

**PROJETO DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PARA A ESCOLA  
ESTADUAL PADRE JOSÉ RIBEIRO DA CIDADE DE SANTANA DA VARGEM -  
MG**

Felipe Augusto Vasconcelos 1\*  
Prof. Laisa Cristina Carvalho

**RESUMO**

Este trabalho trata-se de um projeto relacionado a sistemas de aproveitamento de água da chuva. Tal abordagem se justifica pelo fato dos sistemas de aproveitamento de água serem ferramentas com elevada capacidade de amenizar inundações, de combater a falta de água e de diminuir gastos financeiros, além de contribuir de maneira significativa para a preservação do meio ambiente. Sendo assim, o objetivo deste estudo é verificar se um projeto de captação de água de chuva para uma instituição de ensino é economicamente viável, tendo em vista que a escola escolhida é foi a Escola Estadual Padre José Ribeiro, situada no município de Santana da Vargem - MG, que é uma instituição modelo e muito antiga na cidade. Sendo que ao final do estudo foi constatado que um projeto de captação de águas da chuva seria algo economicamente viável para ser implantado na escola, gerando economia nos gastos mensais e reduzindo o impacto ambiental além de auxiliar na conscientização das crianças que frequentam a instituição. Foi escolhida a escola para elaboração do projeto pelo fato de ser uma instituição com uma área de telhado favorável onde se tem maior área de telhado consegue-se captar um volume maior de água.

**Palavras-chave:** Projeto, Captação, Água pluvial.

## 1 INTRODUÇÃO

Este trabalho busca analisar a viabilidade de um projeto de captação e reuso de água de chuva em escola pública, tendo em vista que se é necessário avaliar se tal projeto é ou não viável economicamente para a escola.

Tal abordagem justifica sua execução, devido à escassez de água que se torna cada vez mais presente no dia-a-dia, ocorrendo assim uma grande necessidade de se fazer o reaproveitamento de água. E a instalação desse projeto em uma escola, se torna bem interessante, pelo fato da escola ser um local onde há grande demanda de água diária, porém deve ser analisado se o projeto de reaproveitamento de água será ou não viável para a instituição.

É importante ressaltar que o uso sustentável da água também contribui para a sua conservação, pois ela é um recurso considerado essencial para a sobrevivência da vida no planeta Terra. Além disso, ela é indispensável para o desenvolvimento do ser humano tanto para sua sobrevivência, quanto para as atividades que ela se torna indispensável.

Segundo Almeida (2007), acredita-se que em um futuro não tão distante, a água alcançará o mesmo patamar que o petróleo representa nos dias de hoje em termos de importância para a população e economia mundial. O acesso à água será motivo de competição por parte do setor privado, que irá competir também pelo custo da mesma, dado a dimensão de sua importância.

Segundo Tundisi (2008) nos últimos anos o crescimento populacional acelerado e a urbanização desordenada também acabaram influenciando no aumento da demanda de água, havendo um maior desperdício e despejo de resíduos nas fontes hídricas, reduzindo os s de água potável disponível para a população.

O objetivo geral deste trabalho é de verificar se é economicamente viável a instalação de projeto de captação de água de chuva para uma instituição de ensino, e assim analisar a importância do uso da metodologia na gestão de projetos, sendo na elaboração de um projeto de captação da água da chuva eficiente, no dimensionamento do reservatório inferior de água de chuva e nos demais elementos que participam de um sistema de aproveitamento de água e além disso aplicar método payback para verificar a viabilidade econômica do projeto.

Este propósito será alcançado através de um estudo de caso para identificar a capacidade de se instalar um projeto de captação de água de chuva na instituição Escola

Estadual Padre José Ribeiro, situada no município de Santana da Vargem - MG onde serão feitas pesquisas e cálculos para atestar a viabilidade da instalação do projeto.

## **2 REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1 Captação e utilização da Água da chuva**

Para a reutilização da água da chuva, existe o que é chamado de sistema de captação de água, que consiste em um reservatório que faz a captação e o armazenamento da água da chuva. Ele é considerado como um equipamento economicamente sustentável e seguro utilizado para o reaproveitamento da água no uso doméstico.

Segundo Bertolo (2006), os sistemas de captação de água da chuva tem como as principais vantagens: promover a redução do consumo de água potável e dos custos gerados por ela, controlar enchentes, uma vez que estes auxiliam na distribuição da carga da água precipitada nos sistemas de drenagem. Por outro lado, a autora ressalta como desvantagens o custo de instalação desses sistemas e a necessidade de frequente manutenção. Portanto, essas desvantagens podem, futuramente, se tornar irrelevantes por meio do desenvolvimento de novas tecnologias e da maior procura e disponibilização destes sistemas no mercado.

De acordo com a NBR 15527 (ABNT, 2007), ao receber um tratamento adequado, a água da chuva pode ser utilizada para fins não potáveis, como, por exemplo, para descargas de sanitários, regar gramados e plantas, para lavagem de veículos e lavagem de calçadas e pátios.

### **2.2 Tipos de Sistemas de Captação de água da chuva**

Os sistemas de captação e aproveitamento de água pluvial estão se expandindo cada dia mais, no ramo da construção civil em diversas regiões do planeta devido às condições hidrológicas e as necessidades e, como consequência disso, já podemos encontrar sistemas que utilizam os mais variados métodos de funcionamento.

Contudo, Herrmann e Schmida (1999 apud ANNECCHINI, 2005), ressaltam quatro métodos de se desenvolverem sistemas de aproveitamento de água da chuva, sendo eles descritos a seguir.

#### **2.2.1 Sistema de Fluxo Total**

O Sistema de Fluxo Total, é um tipo de sistema, onde toda a água coletada pela cobertura durante o período da chuva é encaminhada até um filtro ou até uma tela e continua sua trajetória até chegar ao reservatório onde será armazenada. Toda a água que extrapolar as condições de armazenamento do reservatório acaba sendo direcionada para o sistema de drenagem.

### **2.2.2 Sistema com Derivação**

O Sistema com derivação, é o tipo de sistema onde se utiliza o método *first flush*, ou seja, ele funciona através de uma derivação que liga a tubulação vertical ao sistema de drenagem, a primeira água da chuva é descartada reduzindo o risco de contaminação da água coletada. Em alguns casos este sistema utiliza filtro ou tela na derivação e, como o sistema anterior, toda a água excedida será direcionada ao sistema de drenagem.

### **2.2.3 Sistema com Volume Adicional de Retenção**

Este sistema dispõe de um reservatório maior, com capacidade de armazenar o volume necessário de água para suprir a demanda e armazenar também um volume extra de água, com o propósito de evitar possíveis inundações. Logo, esse sistema possui uma válvula que controla a saída de água referente ao volume extra de retenção para o sistema de drenagem.

### **2.2.4 Sistema com infiltração no solo**

É um tipo de sistema, onde toda a água coletada pela cobertura durante o período da chuva é encaminhada até um filtro ou uma tela e continua sua trajetória até chegar ao reservatório onde será armazenada. Portanto, quando o reservatório atinge seu limite de armazenamento, a água excedente é conduzida até o solo através de um sistema de infiltração.

De acordo com a NBR 10844 (ABNT, 1989), define-se como área de contribuição a “soma das superfícies que, interceptando a chuva, conduzem as águas para determinado ponto da instalação”.

Para calcular a área de contribuição, a NBR 10844 (ABNT, 1989) destaca que devem-se considerar os incrementos referentes à inclinação da cobertura e às paredes que retêm água de chuva que também deva ser drenada pela cobertura.

### **2.3 Materiais que compõem um sistema de captação de água**

Os itens que compõem um sistema de captação de água de chuva para o reaproveitamento são: as calhas que têm a função de coletar a água recolhida pelo telhado e os coletores que enviam a mesma até o reservatório para serem armazenadas.

As calhas, podem ser de vários materiais, como alumínio, PVC e concreto, sendo instaladas nas extremidades dos telhados, que transmitem aos tubos coletores. Estes, geralmente, são de PVC e enviam as águas até os reservatórios. O dimensionamento é feito de acordo com as variáveis do projeto, como precipitação e demanda do local, isso evita o superdimensionamento que resultará no gasto financeiro excessivo ou no subdimensionamento que resulta na ineficiência do aproveitamento das águas precipitadas.

### **2.4 Normas de Referência para desenvolver um sistema de captação e aproveitamento de água de chuva**

Para se desenvolverem sistemas de captação e aproveitamento de água da chuva usa-se como base a NBR 15527 (ABNT, 2007), referente ao aproveitamento da água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. Essa norma define que, ao receber tratamento adequado, a água da chuva pode ser utilizada para fins não potáveis, como, por exemplo, para descargas em vasos sanitários, fazer a irrigação de jardins e/ou plantas, lavar veículos, lavar calçadas e pátios, etc.

Além de definir parâmetros, valores específicos e expor métodos, essa norma ainda indica outras normas necessárias para o desenvolvimento de todos os elementos que compõem este tipo de sistema, sendo elas: a NBR 5626 (ABNT, 1998) referente a instalação predial de água fria; a NBR 10844 (ABNT, 1989) referente a instalações prediais de águas pluviais; a NBR 12213 (ABNT, 1992) referente a projeto de captação de água de superfície para abastecimento público; a NBR 12214 (ABNT, 1992) referente a projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público; e a NBR 12217 (ABNT, 1994) referente a projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público.

### **2.5 Partes que Compõem um Sistema de Aproveitamento de Água da Chuva**

As partes que compõem um sistema de captação são: os processos de captação, filtração, armazenagem e distribuição da água proveniente de precipitações. Abaixo será descrito um sistema por vez.

### 2.5.1 Área de Contribuição

A NBR 10844 (ABNT, 1989), define que uma área de contribuição se diz respeito a “soma das superfícies que, interceptando a chuva, conduzem as águas para determinado ponto da instalação”.

Segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989), para calcular a área de contribuição, deve-se considerar os incrementos referentes à inclinação da cobertura e às paredes que retêm água de chuva que também deva ser drenada pela cobertura.

### 2.5.2 Vazão de Projeto

A NBR 10844 (ABNT, 1989) define que vazão de projeto é a vazão de referência para se fazer o dimensionamento de calhas e condutores.

De acordo com a NBR 10844 (ABNT, 1989), deve ser obtida a vazão de projeto através da seguinte fórmula:

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

Onde:

$Q$  → é a vazão de projeto, expressa em litros por minuto (L/min);

$I$  → é a intensidade pluviométrica, expressa em milímetros por hora (mm/h);

$A$  → é a área de contribuição, expressa em metros quadrados (m<sup>2</sup>).

### 2.5.3 Dimensionamento de calhas

De acordo com a NBR 10844 (ABNT, 1989), as calhas são definidas como canais que fazem o recolhimento de água de terraços, de coberturas e similares e as conduzem para um determinado ponto.

Essa norma, também destaca três tipos diferentes de calhas, sendo: a calha de beiral, a calha de água furtada e a calha de platibanda. Além disso, esta norma define que calhas de beiral e platibanda devem ter inclinação constante com o valor mínimo de 0,5%, serem

posicionadas sempre que possível centralmente sob a extremidade da cobertura e o mais próximo desta e quando não possuírem saída em uma de suas extremidades, considerar como vazão de projeto a vazão referente à maior das áreas de contribuição.

Já para calhas de água furtada, a NBR 10844 (ABNT, 1989) apenas enfatiza que esta deve estar sempre com sua inclinação paralela à inclinação da cobertura. A norma também enfatiza que em calhas de beiral ou platibanda, quando a saída estiver posicionada a menos de 4 metros de alguma mudança de sentido, a vazão de projeto deve ser multiplicada pelos coeficientes apresentados na tabela 1.

**Tabela 1** - Coeficientes multiplicativos da vazão de projeto.

Tipo de curva	Curva com menos de 2m da saída da calha	Curva de 2 - 4m da saída da calha
Canto reto	1,2	1,1
Canto arredondado	1,1	1,05

Fonte: Adaptado de ABNT (1989).

Segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989), o dimensionamento das calhas deve ser feito utilizando a fórmula de Manning-Strickler, ou utilizando qualquer outra fórmula que seja equivalente a ela.

A Fórmula de Manning-Strickler e a fórmula do raio hidráulico estão indicadas a seguir:

$$Q = K \times \frac{S}{n} \times Rh^{2/3} \times I^{1/2}$$

$$Rh = \frac{S}{P}$$

Onde:

$Q$  → é a vazão de projeto, expressa em litros por minuto (L/min);

$S$  → é a área da seção molhada, expressa em metros quadrados (m<sup>2</sup>);

$n$  → é o coeficiente de rugosidade (tabela 3);

$Rh$  → é o raio hidráulico, expresso em metros (m);

$P$  → é o perímetro molhado, expresso em metros (m);

$I$  → é a declividade da calha, expressa em metros (m/m);

$K$  → valor igual a 60.000.

A tabela 2 indica os valores dos coeficientes de rugosidade dos materiais que são comumente utilizados para a fabricação de calhas.

**Tabela 2** - Coeficiente de rugosidade.

<b>Material</b>	<b>n</b>
Plástico, aço, fibrocimento, metais não ferrosos	0,011
Ferro fundido, alvenaria revestida, concreto alisado	0,012
Cerâmica, concreto não-alisado	0,013
Alvenaria de tijolos não revestida	0,015

Fonte: Adaptado de ABNT (1989).

A tabela 4 expressa valores referentes à capacidade de calhas semicirculares utilizando coeficiente de rugosidade  $n = 0,011$  para determinados valores de declividade. Todos os valores apresentados foram obtidos através da fórmula de Manning-Strickler e considerando uma lâmina de água igual à metade do diâmetro interno.

**Tabela 3** - Capacidade de calhas semicirculares (Vazão em L/min).

Coeficientes de rugosidade  $n = 0,011$

<b>Diâmetro Interno (mm)</b>	<b>Declividades</b>		
	0,5%	1%	2%
100	130	183	256
125	236	333	466
150	384	541	757
200	829	1.167	1634

Fonte: Adaptado de ABNT (1989).

A NBR 15527 (ABNT, 2007), determina a instalação de dispositivos de remoção de detritos nas calhas e nos condutores verticais e horizontais, como por exemplo, grades e telas que atendam as especificações da NBR 12213 (ABNT, 1992).

#### **2.5.4 Dimensionamento dos Condutores Verticais**



Conforme a NBR 10844 (ABNT, 1989), condutores verticais são tubulações verticais designadas para receber águas das calhas, coberturas e terraços e encaminhá-las para a parte inferior da edificação.

A NBR 10844 (ABNT, 1989) destaca que sempre que possível, estes devem ser projetados e instalados em apenas uma prumada e que, em casos de mudanças de direção, devem-se utilizar curvas de 45° ou curvas de 90° com raio longo. A norma também define que condutores verticais não devem ter diâmetro interno inferior a 70 mm.

De acordo com a NBR 10844 (ABNT, 1989), os condutores verticais devem ser dimensionados considerando os dados apontados a seguir:

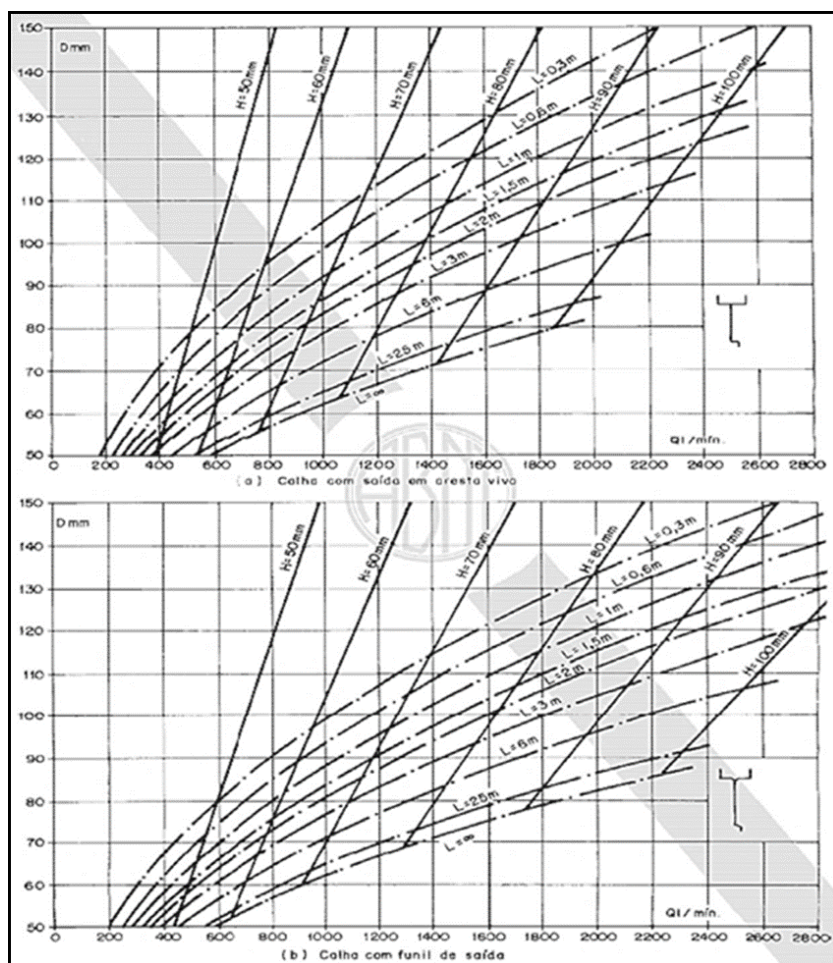
$Q \rightarrow$  é a vazão de projeto, expressa em litros por minuto (L/min);

$H \rightarrow$  é a altura da lâmina de água na calha, expressa em milímetros (mm);

$L \rightarrow$  é o comprimento do condutor vertical, expresso em metros (m).

Posteriormente, ao obter o valor dos dados definidos, a NBR 10844 (ABNT, 1989) fornece os ábacos que devem ser utilizados para a determinação do diâmetro interno do condutor vertical, estes indicados na figura 1.

**Figura 1:** Ábaco para determinação do diâmetro interno da tubulação vertical.



Fonte: (ABNT, 1989).

### 2.5.5 Dimensionamento dos Condutores horizontais

Segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989), são tubulações horizontais com a função de receber águas pluviais e conduzi-las para locais permitidos por dispositivos legais.

Para condutores horizontais, a NBR 10844 (ABNT, 1989) determina que devem ser projetados sempre priorizando manter uma inclinação contínua e com valor de no mínimo 0,5%. A norma determina também, que ao dimensionar condutores horizontais circulares, deve-se considerar um escoamento com lâmina de água de altura equivalente a  $2/3$  do diâmetro interno ( $D$ ) do tubo.

A NBR 10844 (ABNT, 1989) também chama atenção para situações em que houver tubulações aparentes e enterradas, determinando que, para tubulações aparentes devem ser previstas inspeções sempre que tiver conexões com outras tubulações, quando houver mudança de inclinação ou sentido e, também, a cada seguimento de 20 metros nos trajetos retilíneos. Para tubulações enterradas deve-se prever caixas de areia sempre que tiver conexões com outras tubulações, mudanças de inclinação, mudanças de sentido e, também, a

cada segmento de 20 metros em trajetos retilíneos. A norma também destaca que as ligações entre condutores horizontais e verticais devem ser constituídas por curvas de raio longo, prevendo inspeções ou caixas de areia, independente dos condutores estarem aparentes ou enterrados.

Sobretudo, a NBR 15527 (ABNT, 2007) ressalta que em sistemas de coleta de águas da chuva não devem ser utilizadas caixas de areia nessas tubulações, e sim caixas de inspeção.

A tabela 4 apresenta a capacidade de vazão dos condutores horizontais de seção circular, onde todas as vazões apresentadas foram calculadas através da fórmula de Manning-Strickler e com altura de lâmina de água referente à 2/3 do diâmetro interno (D).

**Tabela 4** - Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min).

Diâmetro (D) (mm)	$n = 0,011$				$n = 0,012$				$n = 0,013$			
	0,50%	1%	2%	4%	0,50%	1%	2%	4%	0,50%	1%	2%	4%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
125	370	521	735	1040	339	478	674	956	313	441	622	882
150	602	847	1190	1690	552	777	1100	1550	509	717	1010	1430
200	1300	1820	2570	3650	1190	1670	2360	3350	1100	1540	2180	3040
250	2350	3310	4660	6620	2150	3030	4280	6070	1990	2800	3950	5600
300	3820	5380	7590	10800	3500	4930	6960	9870	3230	4550	6420	9110

Fonte: Adaptado de ABNT (1989).

## 2.6 Métodos usados no Dimensionamento de Reservatório

De acordo com a NBR 15527 (ABNT, 2007), para o dimensionamento de reservatórios de água de chuva, podem ser usados seis métodos diferentes, sendo que, caberá ao projetista definir qual dos métodos se melhor se adequa ao tipo de projeto que está sendo desenvolvido. Em sequência, todos os métodos serão demonstrados.

### 2.6.1 Método de Rippl

Nesse método o dimensionamento pode ser desenvolvido utilizando séries históricas, mensais ou diárias.

$$S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)}$$

$$Q_{(t)} = C \times \text{Precipitação da Chuva}_{(t)} \times \text{Área de Captação}$$

$$V = \sum S_{(t)} \text{ Somente Para Valores } S_{(t)} > 0$$

Onde:

$S_{(t)}$  → é o volume de água no reservatório em um certo espaço de tempo;

$Q_{(t)}$  → é o volume de chuva que pode ser utilizado em um certo espaço de tempo;

$D_{(t)}$  → é a demanda ou consumo em um certo espaço de tempo;

$V$  → é o volume necessário para reservatório;

$C$  → é o coeficiente de escoamento superficial.

Sendo que:  $\sum D_{(t)} < \sum Q_{(t)}$

Conforme Tomaz (2011b), devido a sua simplicidade e facilidade de aplicação, o método de Rippl se tornou o mais usual. Normalmente ele apresenta o valor máximo do volume do reservatório, se tornando de importante utilização para que se tenha uma referência do volume limite.

### 2.6.2 Método da Simulação

É um método, onde não se deve considerar a evaporação da água. Para um determinado mês, usa-se a equação da continuidade a um reservatório finito.

$$S_{(t)} = Q_{(t)} + S_{(t-1)} - D_{(t)}$$

$$Q_{(t)} = C \times \text{Precipitação da Chuva}_{(t)} \times \text{Área de Captação}$$

Onde:

$S_{(t)}$  → é o volume de água no reservatório em um certo espaço de tempo;

$S_{(t-1)}$  → é o volume de água no reservatório em um certo espaço de tempo, menos 1;

$Q_{(t)}$  → é o volume de chuva utilizável em um certo espaço de tempo;

$D_{(t)}$  → é o consumo ou demanda em um certo espaço de tempo;  
 $V$  → é o volume do reservatório definido;  
 $C$  → é o coeficiente de escoamento superficial ou coeficiente de *Runoff*.

Logo, a norma ressalta que, para este método, devem-se desenvolver duas hipóteses: no início da contagem do tempo “t” o reservatório deve estar cheio, os dados históricos são demonstrativos para as futuras condições.

### 2.6.3 Método Azevedo Neto

Neste método o volume de chuva é encontrado utilizando a seguinte equação:

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

Onde:

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

$T$  → é a quantidade de meses de pouca chuva ou seca;

$A$  → é a área de captação em projeção, expressa em metros quadrados (m<sup>2</sup>);

$V$  → é o volume de água aproveitável e do reservatório, expresso em litros (L).

### 2.6.4 Método Prático Alemão

Discorre de um método empírico, em que se considera o menor valor do volume do reservatório; empregando 6% do volume anual de consumo ou do volume anual de precipitação aproveitável.

$$V_{\text{adotado}} = \min. (V ; D) \times 0,06$$

Onde:

$V$  → é volume anual aproveitável de água de chuva, devendo ser expresso em litros (L);

$D$  → é a demanda anual da água não potável, devendo ser expresso em litros (L);

$V_{\text{adotado}}$  → é o volume de água do reservatório, devendo ser expresso em litros (L).

### 3.7.5 Método Prático Inglês

Neste método o volume de chuva é encontrado por meio da seguinte equação:

$$V = 0,05 \times P \times A$$

Onde:

$P \rightarrow$  é o valor da precipitação média anual, devendo ser expresso em milímetros (mm);

$A \rightarrow$  é a área de captação em projeção, devendo ser expressa em metros quadrados (m<sup>2</sup>);

$V \rightarrow$  é o volume de água utilizável e de água da cisterna, expresso em litros (L).

### 2.7.6 Método Prático Australiano

Para este método o volume de chuva deve ser encontrado utilizando a seguinte equação:

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

Onde:

$C \rightarrow$  é o coeficiente de escoamento superficial, sendo usualmente 0,8;

$P \rightarrow$  é a precipitação média mensal, expressa em (mm);

$I \rightarrow$  é a interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação, sendo usualmente 2 mm;

$A \rightarrow$  é a área de captação, devendo ser expressa em metros quadrados (m<sup>2</sup>);

$Q \rightarrow$  é o volume mensal gerado pela chuva.

Posteriormente, realiza-se o cálculo do volume do reservatório, cálculo este desenvolvido por meio de tentativas, até que sejam empregados valores aperfeiçoados de confiança e volume do reservatório.

$$V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t$$

Onde:

$Q_t \rightarrow$  é o volume mensal gerado pela chuva no mês t;

$V_t \rightarrow$  é o volume de água encontrado no tanque no final do mês t;

$V_{t-1} \rightarrow$  é o volume de água encontrado no tanque no início do mês t;

$D_t \rightarrow$  é a demanda mensal;

Nota: Para o primeiro mês considerar que o reservatório está vazio.

Quando  $(V_{t-1} + Q_t - D) < 0$ , então  $V_t = 0$

O volume do tanque designado será  $T$ .

Determinação do valor de falha para se encontrar o valor de confiança

$$P_r = N_r / N$$

Onde:

$P_r$  → é a falha;

$N_r$  → é a quantidade de meses em que o reservatório não atendeu a demanda, isto é, quando

$V_t = 0$

$$\text{Confiança} = (1 - P_r)$$

Aconselha-se que os valores de confiança fiquem entre 90% e 99%.

## 2.7 Captação de água nas Escolas

O volume de água doce é cada vez menor na situação que o planeta se encontra, e por isso existe a necessidade de adotar medidas sustentáveis a fim de preservar a água que ainda nos resta, utilizando de maneira racional e aplicando estratégias de manutenção.

Para FERNANDES et al. (2007), a captação de água é uma prática adaptada a essa realidade. Tendo em vista: A captação de água da chuva, além de contribuir para o uso racional da água minimiza o impacto das precipitações pluviais, podendo, em regiões de maior impermeabilização dos solos, ser enquadrada no conceito de medida não estrutural da drenagem urbana.

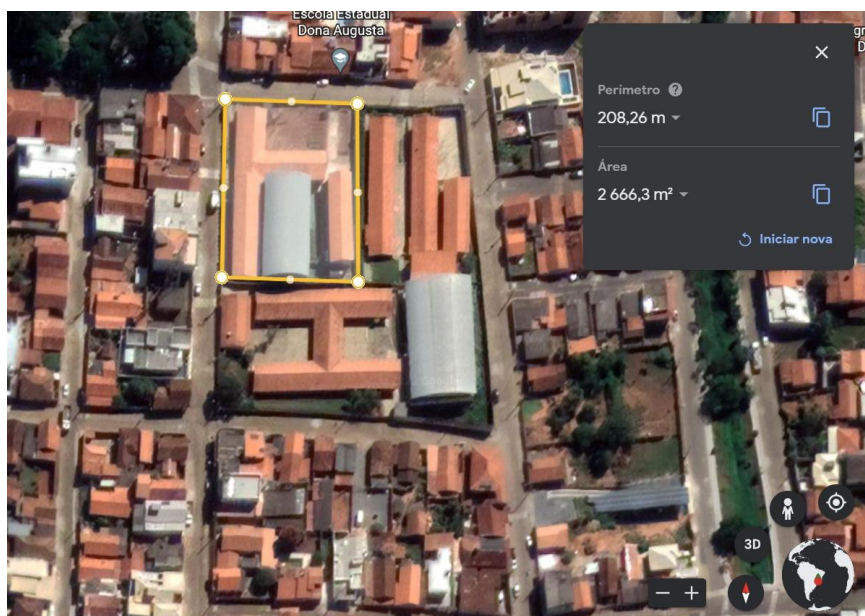
O sistema de captação, mostra eficiência quanto ao volume adquirido de água, podendo ser o mesmo empregado em diversas atividades rotineiras. Dentro de escolas podemos citar a necessidade de água para limpeza e manutenção, o que acarreta uma grande diminuição do desperdício de água potável.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

A ideia central deste projeto foi de obter a minimização de gasto com água e para a viabilização do projeto de captação e aproveitamento de água da chuva na Escola Estadual Padre José Ribeiro, desenvolveu-se a presente metodologia que consiste nas seguintes etapas: local da implantação do projeto; informações sobre a escola; dados das redes de calhas e drenagem pluvial da escola já existentes; média de consumo de água na escola; calculo utilizado para a área de coleta (cálculo da área do telhado); dimensionamento quantitativo de calhas; finalidade do projeto.

#### 3.1 Local da implantação do projeto

O local escolhido para a implantação do projeto foi a Escola Estadual Padre José Ribeiro, situada no município de Santana da Vargem - MG. A instituição escolhida para o projeto possui uma área de 2.666,3m<sup>2</sup> de área. Logo, por meio de visitas técnicas, de entrevistas com colaboradores da escola e de análises do projeto arquitetônico, será possível agregar conhecimentos fundamentais para o desenvolvimento do projeto.



Estimativa de precipitação média mensal para Santana da Vargem-MG (Instituto Nacional de Meteorologia -INMET)

$$I_m = k \cdot t^a / (t+b)^c$$

$$K = 6285,028$$

$$B = 38,967$$



$$A = 0,185$$

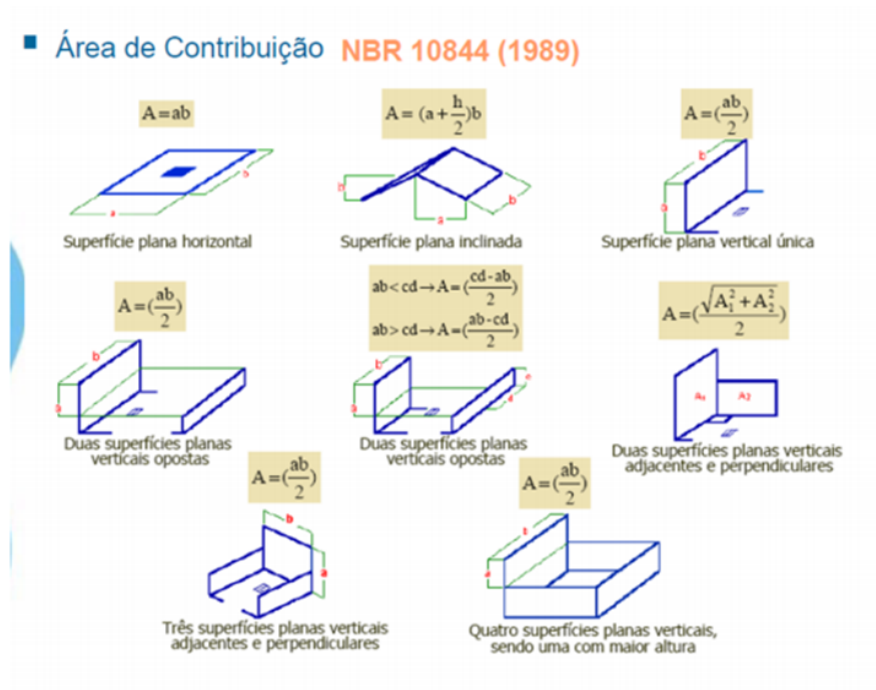
$$C = 1,071$$

$$I_m = 6285,028.5^{0,185} / (5 + 38,937)^{1,071} =$$

$$147,17 \text{ mm/h}$$

### 3.1.1 Área de coleta

A área de coleta é o local onde vai ser capturada essa água a fins de reaproveitamento, no nosso projeto em questão é o telhado. O cálculo desta área a ser coletada é disponível na norma ABNT 10844 (1989) que essa fórmula para determinar essa área varia de acordo com o seu formato:



No nosso projeto foi usado  $A = (a + b/2)b$ , onde o telhado varia a altura.

Sendo feito o seguinte cálculo:

Telhado 1:

$$A = (4,20 + 1,26/2) \times 56,6 \times 2$$

$$A = 574 \text{ m}^2$$

Telhado 2:

$$A = (4,92 + 1,48/2) \times 20,14 \times 2$$

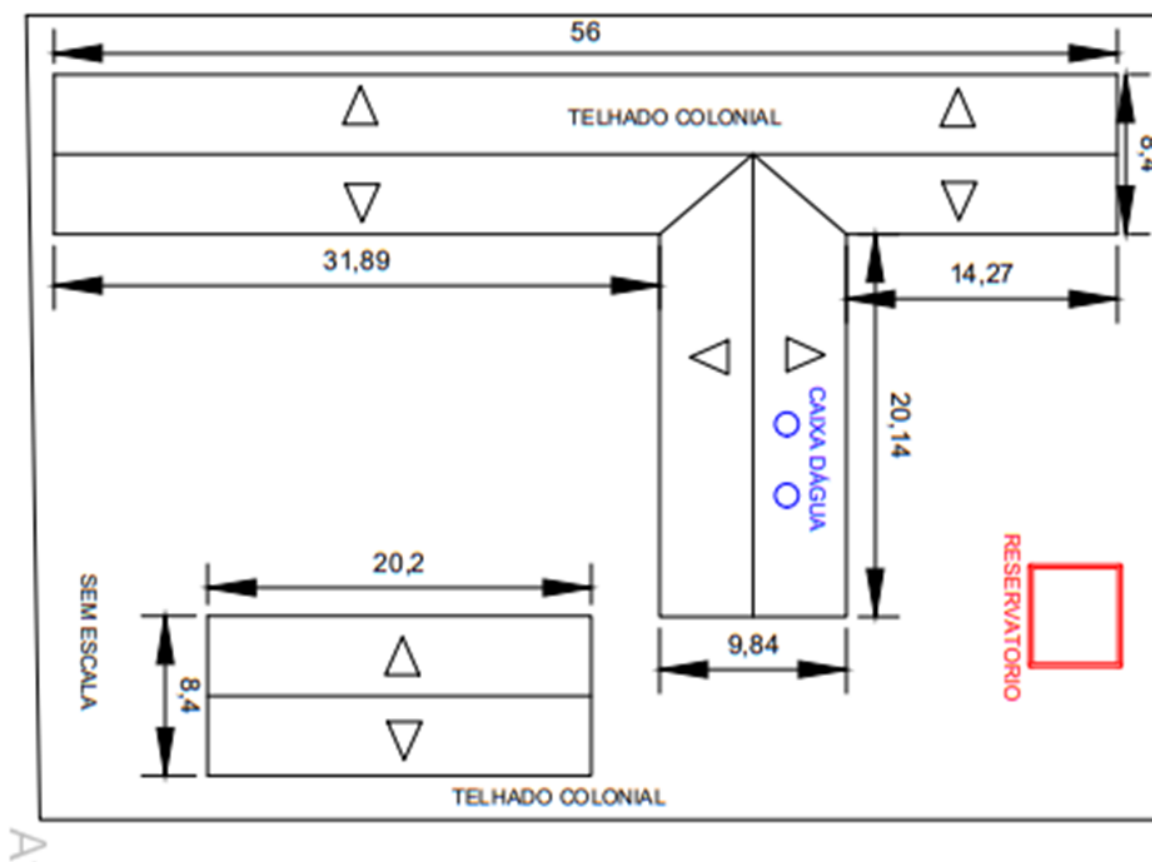
$$A = 146 \text{ m}^2$$

Telhado 3:

$$A = (4,20 + 1,26/2) \times 20,20 \times 2$$

$$A = 195,13 \text{ m}^2$$

$$\text{Área Total} = 574 + 146 + 195 = 888 \text{ m}^2$$



### 3.1.2 Informações sobre a escola (número de alunos e colaboradores)

A instituição recebe diariamente, cerca de 189 alunos e 25 funcionários, desta forma em média 220 pessoas fazem uso da água em diversas atividades ao longo do dia, durante 5 dias semanais, sendo assim observado a importância da utilização de formas sustentáveis para a racionalização da água potável.

### 3.2 Dados das redes de calhas e drenagem pluvial da escola já existentes

Antes de ser feita a implantação do projeto na escola, visitas in loco foram realizadas para a verificação das redes de calhas e drenagem pluvial já existentes no local. E através dessas visitas, percebeu-se que grande parte dos condutores existentes não eram direcionados à drenagem pluvial, sendo que todas as chuvas provenientes da captação com os telhados eram acumuladas nos pátios da escola e acabam escoando para os pontos de drenagem pluvial da cidade.

Sendo assim, foram feitas visitas para colher as seguintes informações: a dimensão do telhado; a forma que o sistema existente se apresenta para a coleta de água da chuva; as dimensões das redes de captação já existentes; o trajeto da água até os reservatórios e posteriormente a distribuição pela a escola; e o escoamento da água não utilizada pela escola para a drenagem pluvial.

### 3.3 Média de consumo de água na escola

A média diária de consumo de água para dimensionamento de sistemas de captação em escola foi encontrada, de acordo com a NBR 5626 - Instalação predial de água fria, que diz que, para escolas e externatos o consumo diário de água está em média de 50L de água por dia.

### 3.4 Vazão de Projeto

A NBR 10844 (ABNT, 1989) define que vazão de projeto é a vazão de referência para se fazer o dimensionamento de calhas e condutores.

De acordo com a NBR 10844 (ABNT, 1989), deve ser obtida a vazão de projeto através da seguinte fórmula:

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

Onde:

$Q$  → é a vazão de projeto, expressa em litros por minuto (L/min);

$I$  → é a intensidade pluviométrica, expressa em milímetros por hora (mm/h);

$A \rightarrow$  é a área de contribuição, expressa em metros quadrados ( $m^2$ ).

$$Q = I \times A / 60 = 147,17 \text{ mm/h} \times 888 / 60 = 2178,11 \text{ litros/min.}$$

### 3.5 Dimensionamento do reservatório

Para o dimensionamento do reservatório foi feito o cálculo para dimensionar a sua vazão. Esse processo visou favorecer o processo construtivo e garantir um eficiente fornecimento de água, sendo que o reservatório ficou embutido no solo e foi construído em concreto armado, desenvolveu-se através do método de Rippl e o método Azevedo Neto, portanto:

#### 3.5.1 Método Azevedo Neto

Precipitação média anual para o sul de Minas Gerais 1 156 mm

Meses de muito pouca chuva: 2

$$V = 0.042 \times 1156 \times 888 \times 2$$

$$V = 86,22m^3$$

#### 3.5.2 Método de Rippl

Coefficiente de deflúvio ( C ) retirado da tabela de Runoff : Telhado perfeito sem fuga entre 0,70 a 0,95, no nosso projeto iremos utilizar 0,70 de coeficiente.

$$Q = 0,70 \times 147,17 \times 888$$

$$Q = 91,37m^3$$

Para o projeto foi escolhido o método de Azevedo Neto.

Portanto as dimensões internas de 5m comprimento x 4.5m largura x 4m profundidade, permitindo-se que este seja capaz de armazenar até  $90m^3$  de água pluvial.

$$\text{Média de consumo diário} = 3000L$$

$$\text{Número de dias letivos} = 20$$

$$3000 \times 20 = 60000 = 60m^3$$

### 3.6 Dimensionamento da bomba hidráulica

a) Diâmetro de recalque de sucção:

$$Q_{\text{projeto}} = (2 \times 1000) \div (3600 \div 2) = 0,55L/\text{seg.}$$

$$\varnothing \text{ recalque} = 1,2 \times \sqrt{(0,55 \div 1000)} = 0,02m = 20 \text{ mm}$$

$$\varnothing \text{ recalque} = \text{ABNT} = 1,3 \times (2 \div 24)^{0,25} \times \sqrt{(0,55 \div 1000)} = 0,016m = 16,38 \text{ mm}$$

$$\varnothing \text{ recalque} = 20\text{mm}$$

$$\varnothing \text{ sucção} = 25 \text{ mm}$$

b) Perda de carga:

$$L = \text{Sucção} = 1,5$$

$$L = \text{Recalque} = 14 \text{ m}$$

$$C = 140 \text{ (PVC)}$$

$$H_{fs} = 10,641/140^{1,85} \times (0,55 \div 1000)^{1,85} / 0,025^{4,87} \times 1,5 = 0,10 \text{ m}$$

$$H_{fr} = 10,641/140^{1,85} \times (0,55 \div 1000)^{1,85} / 0,020^{4,87} \times 14 = 2,69 \text{ m}$$

c) Altura manométrica:

$$\text{Rendimento do conjunto: } 35,4 \%$$

$$H_{man} = 14 + 1,5 + 0,10 + 2,69 = 18,29 \text{ m}$$

d) Potência da motobomba

$$1000 \times (0,55 \div 1000) \times 18,29 / 75 \times 0,354 = 0,378 \text{ CV}$$

$$\text{Pot Bomba} + 20 \% = 0,378 + 1,2 = 0,454 \text{ CV}$$

#### 4 RESULTADO E DISCUSSÃO

Com o auxílio da ABNT NBR 10.844 (1989), foi possível quantificar a área de captação da escola, sendo encontrada assim, uma área total correspondente de 888,00 m<sup>2</sup>. Conforme os dados obtidos pela Equação 1 foi obtida a intensidade de precipitação de  $I_m = 147,17 \text{ mm/h}$ , obtendo-se os dimensionamentos das calhas e condutores horizontais e verticais do sistema. Com as dimensões corretas, verificou-se que em alguns pontos o sistema já instalado na empresa se apresenta de forma subdimensionada, assim foi considerado a substituição das calhas nos pontos necessários, obedecendo os requisitos descritos na ABNT NBR 10.844 (1989). Em relação ao dimensionamento do reservatório, foi utilizado o quadro 01 das precipitações médias mensais, para a região, dos anos de 1980 à 2015, e os dados de consumo médio de água mensal da escola entre os anos de 2019 a 2021.

**Quadro 01** - Dados para o dimensionamento do reservatório.

MÊS/ANO	CHUVA MÉDIA (mm) DE 1980 À 2015	CONSUMO (m <sup>3</sup> ) ENTRE 2019 A 2021
---------	------------------------------------	--

JANEIRO	130,3	64,5
FEVEREIRO	226,2	68,3
MARÇO	143,2	76,9
ABRIL	86,5	51,1
MAIO	138,4	54,3
JUNHO	150,9	61,9
JULHO	82,2	64,6
AGOSTO	216,2	74,9
SETEMBRO	109,7	57,6
OUTUBRO	137,2	49
NOVEMBRO	140,3	61
DEZEMBRO	136,5	62,4

Fonte: Autor, 2022.

O sistema foi dimensionado em relação ao consumo da escola que é em média de 62,2 m<sup>3</sup>/mês. Porém o volume de água exigido do sistema será menor pelo fato de abastecer apenas atividades que foram propostas durante o trabalho, sendo no caso, as não potáveis como por exemplo: banheiros, lavagem de jardins, pátios, quadra, salas e gastos durante a

irrigação da horta. Sendo que os únicos sistemas que não se utilizará a água proveniente da chuva são: o setor do refeitório e os bebedouros de água da escola. Sendo assim, foi possível se fazer uma estimativa sobre o gasto correto dentro da escola.

#### 4.1 Custo para a implantação do sistema

De acordo com a Tabela 05 pode-se observar os preços dos componentes a serem utilizados para a instalação do sistema, onde está demonstrando o custo com reservatório de concreto armado.

**Tabela 05:** Custo para a instalação do sistema.

<b>Itens</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Custo Unitário (\$)</b>	<b>Custo total (\$)</b>
<b>Tubos e peças</b>	-	-	3.628,05
<b>Materiais do Reservatório</b>	1	-	12.480,00
<b>Caixa d'água</b>	2	209,99	459,80
<b>Bomba (1CV)</b>	1		899,77
<b>Pedreiro</b>	1	-	4.780,80
<b>Retroescavadeira e caminhão</b>	1	-	3.210,60
<b>Auxiliar de pedreiro</b>	1	-	2.216,80
<b>Mão de obra do bombeiro hidráulico</b>	2	2.403,20	4.806,40

Fonte: Autor, 2022.

O reservatório a ser instalado, terá uma capacidade de 90 m<sup>3</sup> para armazenagem de toda a água coletada e filtrada. Em relação a bomba, ela foi dimensionada para levar a água armazenada até o reservatório de distribuição, com tempo para que o deixe cheio em uma hora de serviço. Os reservatórios de distribuição vão ser utilizados dentro da escola, contando com um externo em cota mais elevada em relação a todos, para que o processo ocorra todo por gravidade.

Onde cada banheiro utilizará uma caixa d'água, totalizando-se duas caixas, e haverá mais uma para a utilização no pátio da escola. Para se obter os custos, com mão de obra, levou-se em consideração os serviços do pedreiro e servente, em prazo de 30 dias, com uma carga média diária de 8 horas de trabalho e além disso o serviço do bombeiro hidráulico, onde se estimou a utilização de dois bombeiro hidráulico em um prazo de 20 dias, com uma carga média diária de 8 horas de trabalho para a realização de todo o serviço de instalação.

Com auxílio das composições de valores do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI (2022), tendo como referência o mês de março onde o valor já consta com os insumos trabalhistas de direito para cada trabalhador, se obteve o valor de R\$ 15,02/h de trabalho para cada bombeiro hidráulico e um valor de R\$ 19,92/h de trabalho para o pedreiro e um valor de R\$ 13,40h de trabalho para o servente. Com todos os serviços gerados, se estimou um valor final para a instalação do reservatório de R \$32.482,22.

#### **4.2 Análise da viabilização para a instalação do sistema**

Com as informações obtidas no site da COPASA, a tarifa referente ao consumo de água em imóveis destinados ao exercício de atividades pública com consumos acima de 40 m<sup>3</sup> é de R\$ 21,84 fixos mais R\$ 11,52 por m<sup>3</sup> de abastecimento e R\$ 21,25 para a coleta e tratamento de esgoto mais R\$ 8,52 por m<sup>3</sup> excedente. Com isso o custo fica em R \$43,09 fixo mais R \$29,7 por m<sup>3</sup> que exceder.

A Tabela 06 mostra a composição dos valores obtidos para a implantação do sistema de coleta de água da chuva.

**Tabela 06:** Análise de viabilidade econômica do sistema.



<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>VALORES em reais (\$)</b>
Investimento (R\$)	32.482,22
Análise de água (R\$)	400,00
Energia Elétrica (R\$)	150,00
Manutenção (R\$)	400,00
Produtos de limpeza e desinfecção (R\$)	3.500,00
Total de Custeio anual (R\$)	5.150,00
Volume de água captado ano (m <sup>3</sup> )	21.826,51
Economia de água anual (R\$)	94.044,72
Benefício líquido anual R\$	37.632,22
Fator de amortização	2,7
Amortização anual (R\$)	8.038,50
Custo anual (R\$)	10.424,25
Método Payback (meses)	9
Relação Benefício/Custo	4,14

Fonte: Autor, 2022.

Através dos dados obtidos pela Tabela 06, utilizando o método Payback, o retorno do investimento ocorre em 9 meses. A análise entre a relação Benefício/Custo mostra que para o

projeto com 888,00 m<sup>2</sup> de área de captação essa relação é de 4,14, onde segundo Tomaz (2009, p.11), “a relação benefício/custo deve ser maior ou igual a 1”, mostrando que a instalação do sistema é viável pelo ponto de vista financeiro.

Além da questão financeira o sistema se constitui também com alguns benefícios que são de difícil valorização, como as vantagens ao meio ambiente, pois ocorre o reaproveitamento da água da chuva em vez de utilizar o precioso recurso hídrico potável, além disso ocorrem ações de conscientização aos alunos que frequentam a escola e irão desenvolver seus intelectos em um ambiente sustentável, e também ocorre a diminuição do escoamento do alto volume de água nas redes pluviais durante as chuvas fortes.

De acordo com Senra (2004, p.7), “o cuidado com a água é uma das mais nobres ações que podemos realizar em prol das gerações futuras e pela melhoria das condições de vida no presente.” A água é um bem finito e muito importante, a instalação de sistemas alternativos para a utilização da água em fins não tão nobres, como o que se descreve neste trabalho, representa grandes benefícios não apenas para a própria empresa, mas para toda a sociedade, incentivando a utilização desse sistema na região.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Diante do cenário ambiental atual desfavorecido e imprevisível que o planeta se encontra, se vê de grande importância a utilização de recursos sustentáveis capazes de diminuir os impactos que o homem pode causar ao ambiente e que o ambiente pode causar ao homem. Os sistemas de captação e aproveitamento de água da chuva são exemplos significativos desses recursos, pois eles estão aptos a atuar de maneira colaborativa ao homem e ao ambiente, reduzindo inundações em regiões que apresentam déficits nos sistemas de drenagem urbana, fornecendo água de forma mais contínua em regiões que se encontram em crises hídricas ou que possuam menores fornecimentos de água potável e, sobretudo, contribuindo consideravelmente para a preservação de rios e lagos, devido à redução do consumo de água potável que se obtém ao utilizar estes sistemas.

Em vista desse quadro, retomando a pergunta inicial em relação se seria viável economicamente um projeto de captação de águas pluviais para a Escola Estadual Padre José Ribeiro, no presente Trabalho de Conclusão de Curso, pode-se concluir que o sistema de

aproveitamento de água pluvial para esta instituição é viável. Através desse trabalho percebeu-se que a implantação desse sistema de aproveitamento de água em escolas e instituições de grande porte, além de contribuir com o meio ambiente e preservar a água potável, pode servir como modelo para a implantação em outras áreas, conscientizando para a busca de alternativas sustentáveis para a utilização dos recursos renováveis.

Este estudo requer um maior aprofundamento em edificações residenciais comuns, para saber que continua sendo viável em menor escala de demanda e aproveitamento.

## **REFERÊNCIAS**

ANNECCHINI, Karla Ponzo Vaccari. **Aproveitamento da Água da Chuva Para Fins Não Potáveis na Cidade de Vitória (ES)**. 2005. 150 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória - Es, 2005.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15527: **água de chuva: aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis: requisitos**. São Paulo, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10844: **Instalações prediais de águas pluviais**. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12213: **Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público**. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

ALMEIDA, Fernando Alves. **Os desafios da sustentabilidade: uma ruptura urgente**. Elsevier, 2007.

ANNECCHINI, Karla Ponzo Vaccari. **Aproveitamento da Água da Chuva Para Fins Não Potáveis na Cidade de Vitória (ES)**. 2005. 150 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória - Es, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844**: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

BERTOLO, Elisabete de Jesus Peres. **Aproveitamento das águas da chuva em Edificações**. 2006. 204 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia do Ambiente, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2006.

MACÊDO, Jorge Antônio Barros de. **Águas & Águas**. 3. ed. Belo Horizonte: Jorge Macêdo, 2007. 1048 p.

SINAPI, Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil. **Relatório de Insumos e Composições**. Disponível em: <  
[http://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-a-partir-jul-2014-sc/SINAPI\\_ref\\_Insumos\\_Composicoes\\_SC\\_092016\\_NaoDesonerado.zip](http://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-a-partir-jul-2014-sc/SINAPI_ref_Insumos_Composicoes_SC_092016_NaoDesonerado.zip)>. Acesso em: 4 abr. 2022.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis: Capítulo 09 - Método de Rippl**. [s.l]: Plínio Tomaz, 2011b. Disponível em: <  
[http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro\\_aprov.\\_aguadechuva/Capitulo09.pdf](http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Capitulo09.pdf)>. Acesso em: 17 abr. 2022.

WEIERBACHER, Leonardo. **Estudo de captação e aproveitamento de água da chuva na indústria moveleira Bento moveis de alvorada – RS**. Canoas, 2008.

