

## **Análise da viabilidade de implantação de captação de águas pluviais em escola pública no Recife-PE**

*Analysis of feasibility of implementation of rainwater harvesting system in public school in Recife-PE*

*Análisis de viabilidad de implantación de captación de aguas pluviales en escuela en Recife-PE*

**Kleyton Luan Barbosa de Andrade Lima**

Engenheiro Civil  
talciclano@usp.br

**Luiz Gustavo Costa Ferreira Nunes**

Mestrando em Engenharia Civil, UPE, Brasil.  
l.gustavo.nunes@hotmail.com

**Simone Rosa da Silva**

Professora Doutora, UPE, Brasil.  
simonerosa@poli.br

**RESUMO**

As cidades passam por cada vez maiores dificuldades para garantir o abastecimento público de água potável. Uma alternativa para reduzir a demanda de água tratada é a utilização do sistema de aproveitamento de água pluvial. Este trabalho analisa a viabilidade econômica da implantação de um sistema de captação, armazenamento e distribuição de água de chuva em uma escola pública estadual na cidade de Recife-PE. Para isso, foram analisados os dados pluviométricos locais, a área de contribuição e a demanda de água não potável na edificação, a fim de dimensionar um reservatório e as instalações de drenagem pluvial. O custo da implantação do sistema foi estimado em R\$ 38.715,48, e comparado à economia anual de R\$ 6.381,24, trazida pela substituição de 59,6% da água potável pela pluvial, resulta num período de retorno do investimento estimado em 6 anos e 25 dias. As vantagens resultantes desse sistema não são apenas financeiras, mas ainda ambientais e culturais. A redução do volume de precipitação, graças à parte armazenada, pode atenuar o impacto de precipitações capazes de gerar alagamentos no prédio.

**PALAVRAS-CHAVE:** Aproveitamento de água pluvial. Dimensionamento de reservatórios. Escolas públicas.

**ABSTRACT**

Cities go through growing difficulties to guarantee the public potable water supply. Rainwater harvesting systems are alternatives to decrease the drinking water demand. This paper evaluates the economic feasibility of installing a rainwater harvesting system in a state public school in Recife. Data on local precipitation indexes, rainfall capturing area and non-potable water demand were obtained to estimate the rainwater tank size as well as its drainage system. The estimated cost for the rainwater harvesting system was R\$ 38,715.48, that compared to the annual savings of R\$ 6,381.24, brought by the potential potable water savings calculated in 59.6%, results in a payback period estimated in 6 years and 25 days. The benefits from employing this system are not only monetary, but also environmental and cultural. The decrease of precipitated rainwater, thanks to the stored amount, can mitigate the effects of extreme precipitations in the building.

**KEYWORDS:** Rainwater harvesting. Rainwater tank sizing. Public schools.

**RESUMEN**

Las ciudades pasan cada vez mayores dificultades para garantizar el abastecimiento público de agua potable. Una alternativa para reducir la demanda de agua tratada es la utilización del sistema de aprovechamiento de agua pluvial. Este trabajo analiza la viabilidad económica de la implantación de un sistema de captación, almacenamiento y distribución de agua de lluvia en una escuela pública estatal en la ciudad de Recife-PE. Para ello, se analizaron los datos pluviométricos locales, el área de contribución y la demanda de agua no potable en la edificación, a fin de dimensionar un depósito y las instalaciones de drenaje pluvial. El costo de la implantación del sistema fue estimado en R\$ 38.715,48, y comparado a la economía anual de R\$ 6.381,24, traída por la sustitución del 59,6% del agua potable por la pluvial, resulta un período de retorno de la inversión estimado en 6 años y 25 días. Las ventajas derivadas de este sistema no sólo son financieras, pero también medioambientales y culturales. La reducción del volumen de precipitación, gracias a la parte almacenada, puede atenuar el impacto de precipitaciones capaces de generar inundaciones en el edificio.

**PALABRAS CLAVE:** Aprovechamiento de agua pluvial. Dimensionamiento de depósitos. Escuelas públicas.

## 1. INTRODUÇÃO E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Cada vez mais, a água se torna um elemento central nas discussões sobre o futuro do planeta por ser essencial ao desenvolvimento e preservação de todos os seres vivos. Sua relevância é justificada não somente por uma questão de sobrevivência humana, mas também pelo seu papel fundamental no progresso das sociedades (SCHERER, 2003).

O crescimento desenfreado dos centros urbanos aumenta significativamente a demanda por água potável. Para abastecer a população, os governos precisam buscar mananciais em locais cada vez mais distantes, o que resulta no encarecimento do processo e consequente impacto econômico no consumidor final. Para Carvalho (2011), parte da solução envolve a redução do uso de água potável através do aproveitamento de fontes alternativas, utilização de sistemas e aparelhos mais eficientes e a sensibilização da sociedade quanto ao uso racional.

Uma das alternativas para reduzir o uso de água tratada é a utilização de um sistema de captação de águas pluviais para fins não potáveis, no qual a água é coletada, geralmente na cobertura de uma edificação, armazenada e pode ser posteriormente utilizada (TOMAZ, 2003). Após a coleta, a água pluvial armazenada pode ser utilizada em descarga de bacias sanitárias, torneiras de jardins, lavagem de roupas, de calçadas e de automóveis (MARINOSKI; GHISI, 2008).

A cidade do Recife, segundo dados pluviométricos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2016), possui precipitação média anual de 2.305,3 mm, um dos maiores índices entre as capitais brasileiras, o que representa um potencial a ser explorado. Contudo, percebe-se o aproveitamento da água pluvial em prédios públicos ainda é incipiente na cidade.

Neste contexto, a escola se torna um ponto chave dessa discussão a partir do momento em que é uma instituição responsável pela formação dos cidadãos. Por meio de sua abrangência, pode ser o vetor do desenvolvimento de práticas cotidianas sustentáveis entre os estudantes, professores, funcionários e comunidade em geral (SCHERER, 2003; OLIVEIRA, 2013; NUNES, 2015; SOARES, 2016).

Um prédio escolar demanda significativa quantidade de água para usos não potáveis, como nas caixas de descarga dos banheiros, lavagem do piso e jardinagem. Além disso, tratam-se de edificações que comumente apresentam grandes áreas de cobertura, passíveis de captação de águas pluviais (MARINOSKI; GHISI, 2008). Uma maior atenção deve ser prestada aos prédios públicos, pois neles, o usuário não participa diretamente dos gastos com a manutenção dos aparelhos hidrossanitários e com a conta de água e, por isso, tende a se sentir menos responsável pela sua conservação (GONÇALVES *et al.*, 2005; MARINOSKI, 2007; NUNES, 2015).

Vale salientar também que a implantação de sistema de captação de águas pluviais pode ainda reduzir o impacto de precipitações capazes de gerar alagamentos, já que parte desse volume de água é armazenada, e atenua esse tipo de problema.

O objeto de estudo deste trabalho trata-se de uma escola pública estadual, localizada no bairro de San Martin, no Recife. A instituição foi escolhida por ser uma escola de referência e também por já haver desenvolvimento de outras atividades nesta escola (extensão), além de sua localização, suficientemente próxima da universidade para facilitar a realização de visitas, e a

boa receptividade da administração da instituição. Esta mesma escola também foi objeto de estudo de Nunes (2015), que monitorou o consumo de água da mesma em diversos pontos, a fim de diagnosticar e quantificar os indicadores de consumo, vazamentos e quanto ao uso racional da água.

Além disso, a escola sofre de eventuais alagamentos no interior da edificação, ocasiões em que as aulas são interrompidas, tornando assim, a captação da água da chuva em uma alternativa para minimizar as deficiências das instalações de drenagem pluvial da escola.

## 2. METODOLOGIA

Segundo Thomas (2001), o reservatório representa entre 50% e 85% do valor total do sistema de aproveitamento de água pluvial e, por ser o item mais caro, o seu dimensionamento deve ser criterioso. Assim, sua escolha influencia diretamente na viabilidade financeira deste.

### 2.1 Métodos para o dimensionamento do volume do reservatório de água pluvial

Para estimar o volume do reservatório de água pluvial foram levantadas as seguintes informações: demanda de água não potável da escola, através da instalação de hidrômetros nos aparelhos sanitários e estimativas de consumo com jardinagem e lavagem do piso; pluviometria local, com dados históricos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET); e de área de cobertura da edificação. Os dados referentes ao consumo de água dos aparelhos sanitários da escola em estudo foram obtidos dos resultados apresentados por Nunes (2015), que monitorou o consumo destes pontos no período entre abril a dezembro de 2014.

A norma NBR 15527 (ABNT, 2007) define os parâmetros e requisitos para o aproveitamento de água de chuva coletada em coberturas de áreas urbanas para fins não potáveis. Entre esses parâmetros estão os métodos para o dimensionamento de um reservatório de água pluvial. São eles: *Rippl*, Azevedo Neto, Simulação, Métodos práticos (Alemão, Inglês e Australiano).

#### 2.1.1 Método de *Rippl*

Este método consiste num balanço de massa. Os dados de precipitação aplicados podem ser mensais ou diários. O uso de séries históricas mensais resulta em reservatórios de maior volume.

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

$$Q_{(t)} = C \times \text{precipitação da chuva}_{(t)} \times \text{área de captação}$$

$$V = \sum S_{(t)}, \text{ somente para valores } S_{(t)} > 0$$

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

Onde:

$S_{(t)}$  é o volume de água no reservatório no tempo  $t$ , expresso em metros cúbicos ( $m^3$ );

$Q_{(t)}$  é o volume de chuva aproveitável no tempo  $t$ , expresso em metros cúbicos ( $m^3$ );

$D_{(t)}$  é a demanda ou consumo no tempo  $t$ , expressa em metros cúbicos ( $m^3$ );

$V$  é o volume do reservatório, expresso em metros cúbicos ( $m^3$ );

$C$  é o coeficiente de escoamento superficial.

### 2.1.2 Método de Azevedo Neto

Este método não leva em conta a demanda de água não potável, considerando apenas o volume captado e a quantidade de meses com pouca chuva ou seca. Neste trabalho, os meses com pouca chuva ou seca são considerados os meses cuja precipitação média é inferior a 100 mm. O volume do reservatório é obtido pela equação:

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (2)$$

Onde:

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

T é o valor numérico do número de meses de pouca chuva ou seca;

A é o valor numérico da área de coleta em projeção, expresso em metros quadrados (m<sup>2</sup>);

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

### 2.1.3 Método da Simulação

No método da Simulação, os dados de precipitação média mensal simulam o balanço hídrico no reservatório, e seu volume será definido através do maior déficit obtido nesse cálculo. A norma NBR 15527 (ABNT, 2007) faz as seguintes observações: a simulação considera o reservatório cheio no início da contagem do tempo “t”; os dados históricos são representativos para as condições futuras; e a evaporação de água é desconsiderada. Para um determinado mês, aplica-se a equação da continuidade a um reservatório finito:

$$S_{(t)} = Q_{(t)} + S_{(t-1)} - D_{(t)} \quad (3)$$

$Q_{(t)} = C \times \text{precipitação da chuva}_{(t)} \times \text{área de captação}$

Sendo que:  $0 < S_{(t)} < V$

Onde:

$S_{(t)}$  é o volume de água no reservatório no tempo t, expresso em metros cúbicos (m<sup>3</sup>);

$S_{(t-1)}$  é o volume de água no reservatório no tempo t – 1, expresso em metros cúbicos (m<sup>3</sup>);

$Q_{(t)}$  é o volume de chuva no tempo t, expresso em metros cúbicos (m<sup>3</sup>);

$D_{(t)}$  é o consumo ou demanda no tempo t, expressa em metros cúbicos (m<sup>3</sup>);

V é o volume do reservatório fixado, expresso em metros cúbicos (m<sup>3</sup>);

C é o coeficiente de escoamento superficial.

#### 2.1.4 Método Prático Alemão

Neste método o reservatório terá o menor volume entre 6% do volume anual de consumo e 6% do volume anual de precipitação aproveitável.

$$V_{\text{adotado}} = \text{mínimo de (volume anual precip. aproveitável e volume anual de consumo)} \times 0,06$$
$$V_{\text{adotado}} = \text{mín (V; D)} \times 0,06 \quad (4)$$

Onde:

V é o valor numérico do volume aproveitável de água de chuva anual, expresso em litros (L);

D é o valor numérico da demanda anual da água não potável, expresso em litros (L);

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

#### 2.1.5 Método Prático Inglês

Esse método dimensiona o reservatório para um volume de 5% do total captado de águas pluviais. O volume do reservatório é obtido pela seguinte equação:

$$V = 0,05 \times P \times A \quad (5)$$

Onde:

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

A é o valor numérico da área de coleta em projeção, expresso em metros quadrados (m<sup>2</sup>);

V é o valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água da cisterna, expresso em litros (L).

#### 2.1.6 Método Prático Australiano

O volume de chuva é obtido pela seguinte equação:

$$Q = A \times C \times (P - I) \quad (6)$$

Onde:

C é o coeficiente de escoamento superficial, geralmente 0,80;

P é a precipitação média mensal, expressa em milímetros (mm);

I é a interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação, geralmente 2 mm;

A é a área de coleta, expressa em metros quadrados (m<sup>2</sup>);

Q é o volume mensal produzido pela chuva, expresso em metros cúbicos (m<sup>3</sup>).

O cálculo do volume do reservatório é realizado por tentativas, até que sejam utilizados valores otimizados de confiança e volume do reservatório.

$$V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t \quad (7)$$

Onde:

$Q_t$  é o volume mensal produzido pela chuva no mês t, expresso em metros cúbicos (m<sup>3</sup>);

$V_t$  é o volume de água que está no tanque no fim do mês  $t$ , expresso em metros cúbicos ( $m^3$ );  
 $V_{t-1}$  é o volume de água que está no tanque no início do mês  $t$ , expresso em metros cúbicos ( $m^3$ );  
 $D_t$  é a demanda mensal, expressa em metros cúbicos ( $m^3$ ).

Para o primeiro mês, o método considera o reservatório vazio. Quando  $(V_{t-1} + Q_t - D_t) < 0$ , então o  $V_t = 0$ .

Confiança:

$$P_r = N_r / N \quad (8)$$

Onde:

$P_r$  é a falha;

$N_r$  é o número de meses em que o reservatório não atendeu à demanda, isto é, quando  $V_t = 0$ ;

$N$  é o número de meses considerado, geralmente 12 meses;

$$\text{Confiança} = (1 - P_r)$$

O Método Prático Australiano é o único que relaciona o volume reservado à garantia de atendimento da demanda de água pluvial, recomendando-se que os valores de confiança estejam entre 90% e 99%.

## 2.2 Análise da viabilidade econômica da implantação do sistema

A análise da viabilidade da implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais considerou a captação, o armazenamento e a distribuição da água de chuva para fins não potáveis, detalhando os custos aproximados com a mão-de-obra para a instalação do sistema, tubulações e conexões, reservatórios e bombas de recalque. Portanto, para este trabalho, foram estimados: os custos da mão-de-obra para a instalação do sistema; tubulações e conexões; reservatórios; e bombas de recalque.

A estimativa dos custos com mão-de-obra foi obtida através do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), da Caixa Econômica Federal; da Tabela de Preços para Contratação de Obras (CEF, 2016) e Serviços de Engenharia da Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana da Prefeitura do Recife (EMLURB, 2016); e pelo Orçamento de Obras de Sergipe (ORSE, 2016), desenvolvido pela Companhia Estadual de Habitação e Obras Públicas de Sergipe. As tabelas citadas estabelecem critérios para a elaboração de orçamentos de referência de obras e também foram utilizadas para a obtenção dos custos da compra dos reservatórios e das bombas de recalque.

Em um estudo similar, Ghisi e Ferreira (2007) estimaram o custo de tubulações e conexões, inclusive internas, em 15% do custo total de implantação do sistema. Posteriormente, comparando-se o custo estimado de implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais com o impacto causado pelo sistema na redução do valor pago pelo uso de água potável, pode-se estimar o período de retorno do investimento. Os dados de consumo de água potável da escola, bem como a tarifa utilizada, foram obtidos com a concessionária local.

### 3. RESULTADOS, ANÁLISE E DISCUSSÃO

#### 3.1. Dados pluviométricos

Através dos dados do INMET (2016) para o posto pluviométrico da Estação Climatológica do Recife (Posto Curado), foi calculada a precipitação média mensal para o local. O posto adotado está localizado cerca de 3 km da instituição objeto de estudo e a série histórica possui dados entre março de 1961 e dezembro de 2015. O resultado encontra-se na Figura 1.

Figura 1: Precipitação mensal média (1961-2015) na Estação Climatológica do Recife (Posto Curado).



Fonte: Elaborado a partir de dados do INMET (2016).

#### 3.2 Área de coleta de água pluvial

O cálculo da área de captação foi realizado por meio da análise da planta baixa da escola, disponibilizada em arquivo digital pela Secretaria de Educação do Estado de Pernambuco. Como resultado, a edificação apresenta área total de cobertura de 2810 m<sup>2</sup>. A coleta de água pluvial a partir de toda a área de cobertura da edificação implicaria em maior custo de implantação do sistema e provocaria desperdícios, uma vez que o volume captado não seria utilizado integralmente. Portanto, para garantir uma maior eficiência do projeto, foram escolhidas as coberturas dos Blocos 1, 2, 3 e 4, indicados na Figura 2, que correspondem, respectivamente, ao bloco da administração, ao bloco da cozinha e refeitório, ao bloco dos banheiros e laboratório, e a um bloco com salas de aula. Desse modo, a área de coleta de água pluvial adotada para este trabalho totalizou 1161,50 m<sup>2</sup>.

Figura 2: Indicação da área de coleta de água pluvial e estrutura existente para abastecimento de água potável na escola.



Fonte: Lima (2016).

### 3.3 Estimativa do consumo de água não potável

A estimativa do consumo de água não potável na edificação foi calculada separadamente com dados reais e estimados de utilização, resultando em um total mensal de 66,14 m<sup>3</sup> que pode ser substituído pela água de chuva.

#### 3.3.1 Dados reais de consumo

O consumo real de água não potável na escola, considerando que essa demanda é proveniente das caixas de descarga, foi calculado através da instalação e leitura de hidrômetros. Os resultados encontrados, detalhados na Tabela 1, indicam o consumo médio total de 3,65 m<sup>3</sup> por unidade de caixa de descarga por mês.

Tabela 1 - Consumo mensal médio unitário das caixas de descarga da escola.

Mês	Leituras		Consumo médio mensal unitário (m <sup>3</sup> )
	Início	Término	
Abril	03/04/2014	05/05/2014	3,52
Maio	06/05/2014	06/06/2014	4
Julho	04/07/2014	06/08/2014	3,42
Agosto	07/08/2014	05/09/2014	4,16
Setembro	06/09/2014	06/10/2014	4,73
Outubro	07/10/2014	07/11/2014	3,55
Novembro	08/11/2014	05/12/2014	2,15

Fonte: Adaptado de Nunes (2015).

É importante salientar que, durante o estudo, foram notados alguns vazamentos e defeitos nas caixas de descarga, causando consumos de água potável acima do padrão. As leituras dos meses

que registraram esses problemas permaneceram no cálculo da demanda de água não potável, pois o novo sistema a ser instalado deve suprir a demanda real das caixas de descarga e é comum a avaria de aparelhos hidrossanitários em prédios escolares. Portanto, como foi catalogado um total de 12 caixas de descarga na edificação, a demanda de água não potável em estudo corresponde a 43,77 m<sup>3</sup> por mês e 525,24 m<sup>3</sup> por ano.

### 3.3.2 Dados estimados de consumo

A relação entre a finalidade, o local, a frequência, a área e o consumo estimado está indicada na Tabela 2. A taxa de consumo adotada, de acordo com Tomaz (2003), deve ser de 2 L/m<sup>2</sup>/dia. Para o cálculo da lavagem do piso no refeitório, cozinha e banheiros, onde é diária, foram excluídos os meses de férias, correspondentes a janeiro e junho, e foram considerados 22 dias úteis em um mês. As áreas do refeitório, da cozinha, dos banheiros, das salas de aula e da circulação foram calculadas por meio da planta baixa original da edificação e de dados de Nunes (2015). A partir dessas informações, não foi possível calcular a área do jardim, que foi estimada através de software com imagens de satélite.

**Tabela 2 - Dados de consumo estimado de água não potável.**

Finalidade	Local	Frequência	Área (m <sup>2</sup> )	Consumo anual (m <sup>3</sup> )	Consumo mensal (m <sup>3</sup> )
Lavagem do piso	Refeitório, cozinha e banheiros	Diária	431,31	227,73	18,97
	Salas de aula e circulação	2 vezes por ano	2.834,60	11,34	0,95
Rega de jardim		2 vezes por semana	152,88	29,35	2,45

Desse modo, o consumo médio mensal estimado para a lavagem do piso da edificação, bem como para a jardinagem, resulta em 22,37 m<sup>3</sup> por mês ou 268,42 m<sup>3</sup> por ano.

### 3.4 Dimensionamento do reservatório de água pluvial

A partir da demanda total de água não potável da escola foi dimensionado o reservatório de água pluvial a ser instalado na escola. A Tabela 3 apresenta um quadro-resumo com os volumes encontrados de acordo com os métodos indicados pela norma NBR 15527 (ABNT, 2007).

**Tabela 3 - Volumes obtidos para o reservatório de água pluvial.**

Método	Volume
<i>Rippl</i>	52,73 m <sup>3</sup>
Azevedo Neto	337,38 m <sup>3</sup>
Simulação	53,00 m <sup>3</sup>
Prático Alemão	47,62 m <sup>3</sup>
Prático Inglês	133,88 m <sup>3</sup>
Prático Australiano	46,00 m <sup>3</sup>

Pode-se observar certa variabilidade entre os volumes dos reservatórios encontrados e, por isso, a escolha do volume do reservatório de água pluvial deve considerar fatores locais e a finalidade da implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais na escola. Um fator relevante trata-se do custo do reservatório, uma vez que volumes maiores implicam em obras de implantação mais onerosas, podendo inviabilizar o aproveitamento de água de chuva financeiramente. No entanto, a escola possui problemas na sua infraestrutura de drenagem pluvial, causando inclusive alagamentos no interior da edificação. Esses transtornos podem ser minimizados com volumes significativos de captação da água de chuva, condição que exige reservatórios maiores.

Considerando os motivos citados, foi definido o volume dos reservatórios de água pluvial em 50 m<sup>3</sup>, dividido em um reservatório superior com capacidade para 5 m<sup>3</sup>, fabricado em fibra de vidro, e um reservatório inferior com capacidade para 45 m<sup>3</sup>, enterrado e com dimensões 6 m x 3 m x 2,5 m (comprimento x largura x profundidade). No ponto de vista da engenharia, a escolha por um reservatório inferior enterrado se justifica por facilitar o sistema de coleta e de filtragem da água pluvial e suas respectivas instalações de drenagem, dado que a edificação se limita ao pavimento térreo. Além disso, desde que executada corretamente, a cisterna garante um isolamento que pode evitar ações de vandalismo.

Da mesma maneira, também é importante que o reservatório superior de água pluvial seja instalado próximo do reservatório de água potável, como indicado na Figura 3. Essa proximidade possibilita o compartilhamento da casa de bombas do sistema atual, que já possui estrutura física e elétrica. Também se torna possível à instalação de um dispositivo que alimente o reservatório de água de chuva com água potável caso o novo sistema apresente falha. É importante notar que esse dispositivo deve impedir a conexão cruzada.

**Figura 3 - Indicação do local sugerido para os reservatórios de água pluvial.**



Fonte: Lima (2016).

### 3.5 Potencial de economia de água potável

O consumo mensal médio de água potável foi calculado através de levantamento do Histórico de Medição e Consumo da Ligação de Água da escola, fornecido pela concessionária local, no período entre abril e dezembro de 2014, simultâneo ao monitoramento setorizado na instituição. Analisando os dados, detalhados na Tabela 4, conclui-se que o consumo médio mensal da escola, para o período estudado, corresponde a 111,00 m<sup>3</sup>. Como a demanda de água não potável, proveniente do abastecimento das caixas de descarga, equivale a 66,14 m<sup>3</sup>, o potencial de economia de água potável com a instalação do sistema de aproveitamento de águas pluviais é de 59,6%.

**Tabela 4 - Histórico do consumo de água potável na escola.**

Mês/Ano	Consumo (m <sup>3</sup> )
Abril/2014	74
Maio/2014	83
Junho/2014	58
Julho/2014	87
Agosto/2014	90
Setembro/2014	257
Outubro/2014	124
Novembro/2014	113
Dezembro/2014	113

Fonte: Elaborado a partir de dados da concessionária local

### 3.6 Custo de implantação do sistema

Os itens necessários para estimativa de custo dos reservatórios estão listados na Tabela . Os preços indicados incluem também a mão-de-obra para a construção da cisterna e instalação do reservatório superior. Dois dos itens listados na Tabela 5 não foram encontrados nas tabelas de referência e foram orçados em loja especializada em equipamentos para sistema de captação de água de chuva, são eles: o filtro, cujo modelo realiza o desvio do volume inicial de precipitação; e o dispositivo de interligação com o reservatório de água potável existente, para alimentar o sistema de água pluvial caso ocorra falha.

**Tabela 5 - Descrição dos custos para a construção dos reservatórios de água pluvial.**

Item	Descrição	Unid.	Qtde.	Preço Unitário (R\$)	Preço total (R\$)
<b>RESERVATÓRIO SUPERIOR</b>					
10203 (ORSE)	Reservatório elevado com caixa d'água em fibra de vidro de 5.000 litros, apoiado em estrutura pré-moldada de concreto, composta de capitel para apoio da caixa e pilar cilíndrico com altura útil de 6,00m, incluso frete e montagem no local, exceto inst. hidráulica	Un.	1,00	6.595,97	6.595,97
(Orçado)	Kit de interligação automática ¾" com válvula magnética 3m, módulo com registro, válvula e boia	Un.	1,00	2.038,55	2.038,55
<b>RESERVATÓRIO INFERIOR</b>					
05.01.030 (EMLURB)	Escavação manual em terra entre 1,5 m e 3,0 m, sem escoramento	m <sup>3</sup>	63,70	30,17	1.921,83
05.02.090 (EMLURB)	Apiloamento manual de valas em camadas de 20 cm de espessura.	m <sup>3</sup>	4,55	20,95	95,32
83534 (SINAPI)	Lastro de concreto, preparo mecânico, incluso aditivo impermeabilizante, lançamento e adensamento.	m <sup>3</sup>	1,14	421,26	480,24
06.01.055 (EMLURB)	Formas para concreto armado em qualquer tipo de estrutura, com chapa de madeira compensada tipo resinada de 12 mm, inclusive escoramento.	m <sup>2</sup>	54,00	77,87	4.204,98
06.03.092 (EMLURB)	Concreto estrutural, fck 25 Mpa, condição A, lançado em estruturas e adensado.	m <sup>3</sup>	11,07	496,55	5.496,81
06.02.030 (EMLURB)	Ferro cortado, dobrado e colocado na forma, em infraestrutura (CA-60).	kg	664,20	9,31	6.183,70
93382 (SINAPI)	Reaterro manual de valas com compactação mecanizada.	m <sup>3</sup>	15,75	18,26	287,60
74073/001 (SINAPI)	Alçapão de ferro 60x60cm, incluso ferragens.	Un.	1,00	88,29	88,29
Orçado	Filtro WisyVortex WFF 150 sem prolongador – malha 0,28 mm – para telhados de até 500 m <sup>2</sup>	Un.	1,00	2.200,00	2.200,00

Fonte: Elaborado a partir dos dados CEF (2016), EMLURB (2016) e ORSE (2016).

Desse modo, a estimativa do custo de construção dos reservatórios de água pluvial é de R\$ 29.593,29. Com os reservatórios prontos, os custos de mão-de-obra para a implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais e adequação das instalações hidrossanitárias foram estimados a partir dos preços de referência estabelecidos pelo SINAPI/Caixa para a cidade do Recife no mês de setembro de 2016, indicados na Tabela 6. Para isso, foi considerado que uma equipe com três pedreiros e um auxiliar de pedreiro realiza o serviço no período de dez dias, com uma jornada de trabalho de oito horas diárias. A instalação ainda deve contar com encanadores e eletricitas, mas, como o custo diário é o mesmo de um pedreiro, para efeitos de cálculo foram desconsiderados. É importante notar que o custo com tubulações e conexões utilizadas, inclusive internamente, foi estimado em 15% do custo total.

**Tabela 6 - Descrição do custo estimado de mão-de-obra.**

Item	Descrição	Unidade	Quantidade	Preço Unitário (R\$)	Preço total (R\$)
4750(SINAPI)	Pedreiro	h	240	11,40	2.736,00
2696(SINAPI)	Auxiliar de pedreiro	h	80	8,29	663,20

Fonte: Elaborado a partir dos dados SINAPI/Caixa (2016).

Assim, o custo total com a mão-de-obra para a instalação do sistema corresponde a R\$ 3.399,20. As bombas de recalque tiveram seu custo estimado por meio dos preços de referência estabelecidos pelo SINAPI/Caixa para a cidade do Recife no mês de setembro de 2016, indicados na Tabela 7. A operação do conjunto de bombas escolhido representa impacto muito pequeno no consumo de energia elétrica da edificação e, por isso, teve suas despesas desconsideradas.

**Tabela 7 - Descrição do custo estimado do conjunto de bombas de recalque.**

Item	Descrição	Unid.	Qtde.	Preço Unitário (R\$)	Preço total (R\$)
731(SINAPI)	Bomba centrífuga motor elétrico monofásico 0,49 CV bocais 1" x 3/4", diâmetro do rotor 110mm, HM/Q 6m / 8,3 m <sup>3</sup> /h a 20m/ 1,2 m <sup>3</sup> /h	Und.	2	558,26	1.116,52

Fonte: Elaborado a partir dos dados SINAPI/Caixa (2016).

Conclui-se então que o custo estimado do conjunto de bombas de recalque é de R\$ 1.116,52. A Tabela 8 é um quadro-resumo com as estimativas parciais do custo de implantação do sistema de aproveitamento da água da chuva.

**Tabela 8 - Quadro-resumo com o custo estimado do sistema de aproveitamento de águas pluviais.**

Item	Custo estimado
Reservatórios	R\$ 29.593,29
Conjunto de bombas de recalque	R\$ 1.116,52
Total parcial	R\$ 30.709,81
Tubulações e conexões (15% do total parcial)	R\$ 4.606,47
Mão-de-obra	R\$ 3.399,20
<b>Total geral</b>	<b>R\$ 38.715,48</b>

### 3.7 Estimativa do período de retorno do investimento

Para estimar o período de retorno do investimento realizado no sistema de aproveitamento de águas pluviais, foi comparado o custo de sua implantação ao impacto econômico na conta de água causado pela redução no consumo de água potável. A estrutura tarifária da concessionária local, para a escola (prédio público), estabelece o custo de R\$ 52,95 para os primeiros 10 m<sup>3</sup> mensais, e R\$ 8,04 para cada metro cúbico excedente. A partir desses dados, a Tabela apresenta um comparativo entre o custo médio atual da conta de água e o custo estimado com o uso de água da chuva para fins não potáveis, indicando a economia gerada.

**Tabela 9 - Economia gerada pela implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais.**

	Consumo médio mensal de água potável (m <sup>3</sup> )	Custo médio mensal (R\$)	Custo médio anual (R\$)	Economia mensal (R\$)	Economia anual (R\$)
Sem aproveitamento de água pluvial	111,00	864,99	10.379,88	-	-
Com aproveitamento de água pluvial	44,86	333,22	3.998,69	531,77	6.381,24

Fonte: Elaborado a partir de dados da concessionária local

Como o custo de implantação do sistema é de R\$ 38.715,48 e o valor da economia anual gerada por ele é de R\$ 6.381,24, define-se o período de retorno como 6,07 anos, ou seja, 6 anos e 25 dias.

#### 4. CONCLUSÕES

O sistema de aproveitamento da água de chuva é uma alternativa ao atendimento das demandas não potáveis de uma edificação, principalmente em um momento que requer atenção de toda a sociedade no intuito de utilizar os poucos recursos hídricos disponíveis com responsabilidade. Através deste trabalho, foi possível estimar o impacto da implantação desse sistema em uma escola pública no Recife.

Por meio do histórico de consumo de água da edificação para o período, bem como da estimativa do consumo para fins não potáveis, verificou-se um potencial de economia de água potável de 59,6%. A partir desses dados, aliados aos índices pluviométricos locais e à escolha da área de coleta, foi estimado o volume de reservatório ideal da água pluvial, dividido em reservatórios inferior (cisterna), com capacidade para armazenar 45 m<sup>3</sup>, e superior, para 5 m<sup>3</sup>. A análise da viabilidade econômica da implantação do sistema de captação, armazenamento e distribuição de água de chuva levou em consideração as estimativas de custo dos reservatórios, da mão-de-obra, do conjunto de bombas, e das tubulações e conexões. Esse valor calculado foi de R\$ 38.715,48. Desse modo, com base na economia anual de água potável gerada, estimada em R\$ 6.381,24, foi definido o período de retorno do investimento na instalação do sistema em 6 anos e 25 dias, garantindo benefícios financeiros a médio prazo.

Todavia, as vantagens trazidas pela implantação desse sistema não se limitam ao impacto financeiro, mas também tem grande destaque por possibilitar a redução dos efeitos das precipitações capazes de causar alagamentos no interior da edificação, já que parte desse volume será armazenada. Desse modo, a captação de águas pluviais pode minorar as perdas materiais causadas pelas chuvas intensas, bem como melhorar o bem-estar e as condições de funcionamento da edificação nessas situações extremas. Além disso, os benefícios são ambientais e culturais. Com a redução do consumo de água potável, a escola torna-se exemplo na redução da demanda sobre a rede pública de abastecimento e, conseqüentemente, nos mananciais; além de ajudar na formação de estudantes mais conscientes sobre o seu papel na conservação e no uso racional da água.



Finalmente, é importante que este projeto possa servir como referência para iniciativas futuras em instituições escolares de padrão semelhante.

## REFERÊNCIAS

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

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

CARVALHO, R. C. A. **Uso racional da água em edifícios residenciais na Região Metropolitana do Recife (RMR) - PE**. 2011. 190 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2011.

CEF - CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil. Disponível em: <<http://www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poder-publico/sinapi/Paginas/default.aspx>>. Acesso em out. 2016.

CEHOP - Companhia Estadual de Habitação e Obras Públicas de Sergipe. Orçamento de Obras de Sergipe. Disponível em: <<http://www.cehop.se.gov.br/orse/>>. Acesso em out. 2016.

EMLURB - Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana da Prefeitura do Recife. Tabela de Preços para Contratação de Obras e Serviços de Engenharia. Disponível em: <[www2.recife.pe.gov.br/servico/tabela-de-precos-emlurb](http://www2.recife.pe.gov.br/servico/tabela-de-precos-emlurb)>. Acesso em out. 2016.

GHSI, E.; FERREIRA, D. F. Potential for potable water savings by using rainwater and greywater in a multi-storey residential building in southern Brazil. **Building and Environment**, West Lafayette, v. 42, n. 7, p. 2512-2522, jul. 2007.

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em set. 2016.

LIMA, K. L. B. de A. **Captação de águas pluviais em escola pública no Recife-PE**. 2016. 76 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade de Pernambuco, Recife, 2016.

MARINOSKI, A. K. **Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis-SC**. 2007. 118 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

MARINOSKI, A. K., GHSI, 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.

NUNES, L. G. C. F. **Indicadores de consumo de água, em uma escola estadual de Recife – PE**. 2015. 70 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade de Pernambuco, Recife, 2015.

OLIVEIRA, F. R. G. de. **Consumo de água e percepção dos usuários para o uso racional da água em escolas estaduais de Minas Gerais**. 2013. 193f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2013.

SCHERER, F. A. **Uso racional da água em escolas públicas: diretrizes para secretarias de educação**. 2003. 257 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

SOARES, A. E. P. **Análise do consumo de água em uma escola pública estadual de Recife-PE**. 2016. 74 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade de Pernambuco, Recife, 2016.



# GC

Revista Nacional de  
Gerenciamento de Cidades  
*National Journal of Cities Management*

ISSN 2318-8472

v. 05, n. 36, 2017



TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis**. São Paulo: Navegar, 2003.