

SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA: ESTUDO DE VIABILIDADE FINANCEIRA EM COLÉGIO ESTADUAL NO MUNICÍPIO DE CORBÉLIA-PR

ZYDEK, Fabiano Carvalho.¹

BEDIN, Janaína.²

RESUMO

Segundo previsão da ONU, a população mundial superará os nove bilhões até a metade do século XXI. Levando em consideração que os recursos hídricos são limitados no mundo, o aumento populacional causará falta de água, agravando ainda mais a fome e a violência. (ONU, 2002). Este trabalho é o desenvolvimento de um estudo de caso de aproveitamento da água da chuva em um colégio estadual da cidade de Corbélia – PR, tendo por objetivo principal a análise da viabilidade técnica e econômica do aproveitamento da água da chuva, dentro dos padrões estabelecidos pela ABNT NBR 15527/2007 e ABNT NBR 10844/1989. Primeiramente, foram realizados levantamentos do custo unitário do sistema (materiais, equipamentos e peças) e o custo de sua instalação. Também foi analisada a aplicação das normas em vigência, considerando que o sistema foi instalado conforme as normas exigem. E por fim, realizada a previsão de retorno do investimento do sistema e a análise dos dados obtidos através de consultas in loco, coletados com o auxílio de um hidrômetro instalado na saída do reservatório, a fim de ter uma estimativa da demanda de água da chuva necessária para que o sistema se mostre potencialmente satisfatório e verificando se o reservatório comporta um volume ideal para a demanda de água pluvial, tendo a conclusão de que o potencial do sistema depende muito das épocas em que as precipitações são mais incidentes e do volume do reservatório, que não atendeu na totalidade a demanda de água necessária para os dias em que não há precipitações relevantes. Através da análise econômica, pôde-se concluir que o retorno do investimento do sistema de aproveitamento da água da chuva seja de aproximadamente 5 anos.

PALAVRAS-CHAVE: Reaproveitamento pluvial. Captação. Viabilidade técnica e econômica.

RAINWATER TREATMENT SYSTEM: STUDY OF FINANCIAL FEASIBILITY IN STATE SCHOOL IN THE MUNICIPALITY OF CORBÉLIA-PR

According to the UN forecast, the world population will exceed nine billion by the middle of the 21st century. Taking into account that water resources are limited in the world, increasing population will cause water shortages, further aggravating hunger and violence. (UN, 2002). This work is the development of a case study on the use of rainwater at a state school in the city of Corbélia - PR, with the main objective being the analysis of the technical and economic viability of the use of rainwater, within the standards established by ABNT NBR 15527/2007 and ABNT NBR 10844/1989. First, the unit cost of the system (materials, equipment and parts) and the cost of its installation were surveyed. It was also analyzed the application of the standards in force, considering that the system was installed as required standards. Finally, the prediction of the return of the investment of the system and the analysis of the data obtained through in situ consultations, collected with the aid of a hydrometer installed at the exit of the reservoir, in order to have an estimate of the rainwater demand Necessary for the system to be potentially satisfactory and verifying if the reservoir contains an ideal volume for the rainwater demand, concluding that the potential of the system depends greatly on the times when precipitations are more incident and the volume of the reservoir, Which did not fully meet the demand for water necessary for the days when there are no relevant rainfall. Through the economic analysis, it was possible to conclude that the investment return of the rainwater harvesting system is approximately 5 years.

KEYWORDS: Rainwater reuse. Capitation. Technical and economic feasibility.

¹Acadêmico do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Assis Gurgacz – PR. Link para o Currículo Lattes: fabianocarvalho_@hotmail.com.

²Docente do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Assis Gurgacz – PR, graduada em Arquitetura e Urbanismo pela Faculdade Assis Gurgacz, Mestre em Engenharia de Energia pela UNIOESTE. Link para o Currículo Lattes: < http://buscavc.cnpq.br/buscavc/#/espelho?nro_id_cnpq_cp_s=6012818937096075> jana_bedin@hotmail.com

1. INTRODUÇÃO

Segundo previsão da ONU, a população mundial superará os nove bilhões até a metade do século XXI. Levando em consideração que os recursos hídricos são limitados no mundo, o aumento populacional causará falta de água, podendo induzir falta de alimentos. A escassez de água e alimento poderá agravar ainda mais a fome e a violência, podendo causar até guerras (ONU, 2002).

Um grande passo para o desenvolvimento sustentável das cidades é não depender somente dos reservatórios da rede pública de água potável. Para isso, há a necessidade de promover a troca de informações práticas sobre o aproveitamento da água da chuva, uma solução simples, que consiste em um sistema composto de filtros, tubos de descida e reservatórios de polietileno. A tecnologia que dá suporte para o aproveitamento da água da chuva é uma somatória das seguintes técnicas:

- Coleta da água da chuva que cai no telhado;
- Armazenamento da água em tanques e/ou reservatórios;
- Tratamento ou melhora da qualidade da água da chuva;
- Drenagem do excesso da água da chuva devido, no caso de chuvas intensas;
- Completar a falta de água com água da rede, em tempos de estiagem longa;
- Eliminação da água no início da chuva, extinguindo possíveis contaminações;

Embora existam diversos problemas relacionados à água em centros urbanos, a escassez de água potável e seu uso em excesso (desperdício), que são fenômenos contrários em termos de quantidade, podem ser os principais e os mais sérios dos problemas. Entretanto, um estudo técnico de engenharia, aplicado a uma solução simples e eficaz, pode ser capaz de resolvê-los simultaneamente: o sistema de aproveitamento de água da chuva.

Sendo assim, o presente trabalho teve a finalidade de avaliar o desempenho do sistema básico de coleta de água da chuva em um colégio situado na cidade de Corbélia, interior do Paraná, tendo como objetivo principal analisar a viabilidade técnica e econômica do aproveitamento da água da chuva em um Colégio no município de Corbélia, Paraná e, respectivamente como objetivos específicos a caracterização do cenário de implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva; A Análise quanto a adequação, ou não, dos usos finais da água da chuva em relação a padrões estabelecidos pela ABNT NBR 15527/2007;

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. USO RACIONAL DA ÁGUA

Segundo Murase (2002), os japoneses sabem que o aproveitamento da água da chuva é importante para países com pouca precipitação, mas não entendem como eles deveriam se preocupar com isso no Japão, onde o índice pluviométrico anual médio do país é bastante alto, se equivalendo ao do Brasil.

A precipitação anual do Japão é cerca de 1.800 mm, quase o dobro da média de precipitação mundial. Diferentemente do Brasil, no Japão, 120.000.000 de pessoas vivem numa pequena área, representando apenas 20% da média anual de reserva de água por pessoa. Em Tóquio, 12.000.000 de pessoas vivem em 1.778 km², sendo que a reserva anual por pessoa gira em torno de 207 m³, o que representa menos de 1% da média anual mundial. Por isso, a chuva que cai em grandes cidades como Tóquio, torna-se um recurso importante. Entretanto, no Brasil em grandes cidades como São Paulo ao invés de receber a devida atenção, essa água continua sendo jogada no esgoto. Ao mesmo tempo, sem sérias considerações, pensava-se que mais represas poderiam ser sempre construídas em rios montantes, quando mais água fosse necessária. Em resumo, pode-se dizer que houve um lapso egoísta no Japão, e em São Paulo, tornando-se um grande transtorno quando ocorrem precipitações consideradas nestas capitais, ao invés disso, necessitam que chova bastante em reservatórios de água. (MURASE, 2002).

O custo da instalação do equipamento para aproveitamento de água da chuva atualmente no Japão, utilizando um tanque com capacidade de 10 m³ é de 500.000 ienes (aproximadamente R\$ 14.000,00). (MURASE, 2002).

2.1.2 Aproveitamento de Água Pluvial em Escolas

Em geral, as edificações destinadas ao ensino têm um potencial muito bom para a implantação do sistema de captação de água da chuva, por apresentarem grandes áreas de coleta, como ginásios poliesportivos, que por sua vez, têm sua área de captação localizada em coberturas acima das copas das árvores que circundam as edificações, o que torna o processo mais eficiente, evitando uma possível contaminação com material orgânico mais grosso, o que implicaria em uma manutenção maior e influenciaria diretamente no custo final do sistema. Além disso, as escolas

atendem a um número muito elevado de indivíduos, sendo desta forma, um ótimo meio de divulgação dos benefícios dos processos sustentáveis do reuso de água da chuva, proporcionando também que possíveis futuros usuários habituem-se a estes sistemas (WERNECK & BASTOS, 2006).

No ano de 2006 foi realizado por Werneck e Bastos um estudo para avaliar a viabilidade do uso de água pluvial para fins não potáveis em 77 escolas da cidade de Barra do Piraí, no estado do Rio de Janeiro. Dentro da pesquisa foi constatado, através de um estudo de caso, que em um destes colégios aonde já é utilizado o sistema de captação de água da chuva, haveria em termos financeiros, a economia média anual em contas de abastecimento de água de R\$ 3.355,00 tendo um tempo de retorno do investimento estimado em 21 anos (WERNECK & BASTOS, 2006). Além da implantação de sistemas de aproveitamento de água pluvial em edificações escolares, é possível diminuir ainda mais o gasto de água através do uso de aparelhos economizadores. Com os economizadores e o sistema de aproveitamento de água da chuva utilizado em conjunto no local de estudo, foi estimada uma redução de 64,4% da demanda total de água. Com isso, seria determinada uma economia anual média de R\$ 5.351,17, tendo como tempo de retorno do investimento 12 anos e 6 meses. Sendo assim conclui-se que o uso de aparelhos economizadores combinado com o aproveitamento de água de chuva permite um menor gasto total de água potável nas edificações, aceitando tempos de retorno com limites mais adequados segundo Werneck e Bastos (2006).

2.2 ÁGUA DE CHUVA - APROVEITAMENTO DE COBERTURAS EM ÁREAS URBANAS PARA FINS NÃO POTÁVEIS – REQUISITOS DA NBR 15527/2007

A ABNT NBR 15527 (2007) se aplica ao uso não potável em que as águas de chuva podem ser empregadas após tratamento apropriado como, por exemplo, descargas em bacias sanitárias, irrigação de gramados e plantas em geral, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios, espelhos d'água e usos industriais, e na teoria, se adequam ao estudo de caso do colégio analisado. Para os efeitos da norma, aplicam-se os seguintes termos e definições, que deverão ser acompanhados no presente estudo, conforme ABNT NBR 15527 (2007):

- a) Água de chuva água resultante de precipitações atmosféricas coletada em coberturas, telhados, onde não haja circulação de pessoas, veículos ou animais;
- b) Água não potável água que não atende à Portaria número 518 do Ministério da Saúde;

- c) Área de captação, em metros quadrados, projetada na horizontal da superfície impermeável da cobertura onde a água é captada;
- d) Coeficiente de escoamento superficial coeficiente de runoff (C) que representa a relação entre o volume total de escoamento superficial e o volume total precipitado, variando conforme a superfície;
- e) Demanda - Consumo médio (mensal ou diário) a ser atendido para fins não potáveis;
- f) Escoamento inicial - água proveniente da área de captação suficiente para carregar a poeira, fuligem, folhas, galhos e detritos;
- g) Suprimento - Fonte alternativa de água para complementar o reservatório de água de chuva, quando se alcançam períodos longos de estiagem.

2.2.1 Condições para a instalação do sistema de aproveitamento de água da chuva

A concepção do projeto do sistema de coleta de água de chuva deve atender a ABNT NBR 5626 (1998) e ABNT NBR 10844 (1989). No caso da ABNT NBR 10844 (1989), não deve ser utilizada caixa de areia, e sim, caixa de inspeção. Incluem-se na concepção os estudos das séries históricas e sintéticas das precipitações da região onde será feito o projeto de aproveitamento de água de chuva.

- As calhas e os condutores horizontais e verticais devem atender à ABNT NBR 10844 (1989);
- Devem ser observados o período de retorno escolhido, a vazão de projeto e a intensidade pluviométrica (ABNT NBR 10844, 1989);
- Devem ser instalados dispositivos para remoção de detritos. Estes dispositivos podem ser, por exemplo, grades e telas que atendam à ABNT NBR 12213 (1998);
- Pode ser instalado no sistema de aproveitamento de água de chuva um dispositivo para o descarte da água de escoamento inicial. É recomendado que tal dispositivo seja automático (ABNT NBR 15527, 2007);
- Quando utilizado, o dispositivo de descarte de água deve ser dimensionado pelo projetista. Na falta de dados, recomenda-se o descarte de 2 mm da precipitação inicial (ABNT NBR 15527, 2007);
- Os reservatórios devem atender à ABNT NBR 12217 (1997);
- Devem ser considerados no projeto: extravasor, dispositivo de esgotamento, cobertura, inspeção, ventilação e segurança (ABNT NBR 15527, 2007);

- Deve ser minimizado o turbilhonamento, dificultando a ressuspensão de sólidos e o arraste de materiais flutuantes. A retirada de água do reservatório deve ser feita próxima à superfície. Recomenda-se que a retirada seja feita a 15 cm da superfície (ABNT NBR 15527, 2007);
- O reservatório, quando alimentado com água de outra fonte de suprimento de água potável, deve possuir dispositivos que impeçam a conexão cruzada (ABNT NBR 15527, 2007);
- O volume dos reservatórios deve ser dimensionado com base em critérios técnicos, econômicos e ambientais, levando em conta as boas práticas da engenharia, podendo, a critério do projetista, serem utilizados os métodos contidos no Anexo A da ABNT NBR15527 (2007), desde que devidamente justificado.
- Os reservatórios devem ser limpos e desinfetados com solução de hipoclorito de sódio, no mínimo, uma vez por ano, de acordo com a ABNT NBR 5626 (1998).
- O volume não aproveitável da água da chuva pode ser lançado na rede de galerias de águas pluviais, na via pública, ou ser infiltrado total ou parcialmente, desde que não haja perigo de contaminação do lençol freático, a critério da autoridade local competente (ABNT NBR15527, 2007).

2.2.2. Instalações prediais

As instalações prediais devem atender à ABNT NBR 5626 (1998), quanto às recomendações de separação atmosférica, dos materiais de construção das instalações, da retrossifonagem, dos dispositivos de prevenção de refluxo, proteção contra interligação entre água potável e não potável, do dimensionamento das tubulações, limpeza e desinfecção dos reservatórios, controle de ruídos e vibrações.

2.2.3 Potencial de captação da água da chuva

Conforme dados do INMET - Instituto Nacional de Meteorologia (2016) a quantidade de chuva que cai da atmosfera é o primeiro fator determinante do potencial de captação. O índice anual de chuva do local onde se deseja instalar o sistema é uma informação fundamental. O índice pluviométrico mede quantos milímetros chove por ano em um m². Na região de Cascavel chove em

média 2.022 mm/m² por ano, que equivalem a 2.022 litros ou 2, 022 m³ por ano, o que multiplicado pela área projetada do telhado fornece o potencial máximo de captação.

Outro fator determinante é a eficiência do sistema de filtragem. Um filtro de boa qualidade, bem dimensionado e em bom estado de conservação não deixa seguir com a sujeira mais do que 10% a 15% da água, ou seja, cerca de 90% de água "limpa" segue para o reservatório. Por outro lado, um filtro improvisado ou que exija muita manutenção pode entupir e descartar mais água do que captar, além de colocar em risco a segurança da drenagem da edificação. No entanto, o aproveitamento efetivo desse potencial dependerá da frequência e intensidade de chuvas (ABNT NBR15527, 2007).

3. METODOLOGIA

3.1 TIPO DE ESTUDO

Trata-se de uma pesquisa qualitativa, pois foi analisada uma edificação na qual já é utilizado o sistema de aproveitamento de água da chuva, averiguando o atendimento às especificações da norma, eficiência do sistema, custo de implantação e uma previsão do retorno do investimento.

A verificação da viabilidade econômica do sistema de aproveitamento de água da chuva no colégio estadual localizado no município de Corbélia-PR, considerou as diretrizes estabelecidas pela ABNT NBR 15527 (2007) - Água de chuva: Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis.

3.1.2 Caracterização do local da pesquisa

O estudo de caso desta pesquisa foi realizado em um colégio da rede pública de ensino, localizado na Rua Margarida, número 504, centro da cidade de Corbélia, Paraná, o qual atende atualmente aproximadamente 1.200 alunos. O colégio é composto de um conjunto de 5 edificações, sendo que o bloco que compõe o sistema de captação de água pluvial é a quadra poliesportiva, cuja cobertura com uma área de 312m², serve para a captação de água do sistema analisado, assim como os demais componentes instalados como, calhas, condutores verticais e horizontais do local.

3.1.3 Coleta de dados

Os dados foram coletados no local, registrando a leitura de um hidrômetro instalado no reservatório próprio para a água da chuva destinado ao uso e manutenção da escola, onde se verificou o consumo de água durante o período de 28 dias.

3.1.4 Potencial de captação

Para verificação do potencial de captação do sistema instalado, foi realizado o dimensionamento do sistema e verificado os últimos dados referentes aos índices de precipitação da região.

A determinação da intensidade pluviométrica foi realizada através da fixação de valores adequados para a duração de precipitação e o período de retorno, baseado nos dados pluviométricos dos meses de fevereiro de 2015 até março de 2016, coletados junto a SABEP - Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Estado do Paraná, tendo como referência a cidade de Cascavel, Paraná, conforme mostra a Tabela 01, estimou o período de retorno em 5 anos, para coberturas metálicas.

Tabela 1: Índice pluviométrico da região de Cascavel - PR

Precipitações mensais em mm com base no núcleo regional de CASCAVEL (d)	
fev/15	172
mar/15	154
abr/15	102
mai/15	261
jun/15	91
jul/15	385
ago/15	55
set/15	135
out/15	81
nov/15	270
dez/15	318
jan/16	206
fev/16	250
mar/16	149
média anual (mm/h)	219

Fonte: SABEP, 2016

3.1.5 Área de contribuição

No cálculo da área de contribuição, foram considerados os acréscimos devidos à inclinação da cobertura que interceptem água de chuva pela Equação 01, conforme mostra a Figura 01.

$$A = (a + h/2) \cdot b$$

Onde:

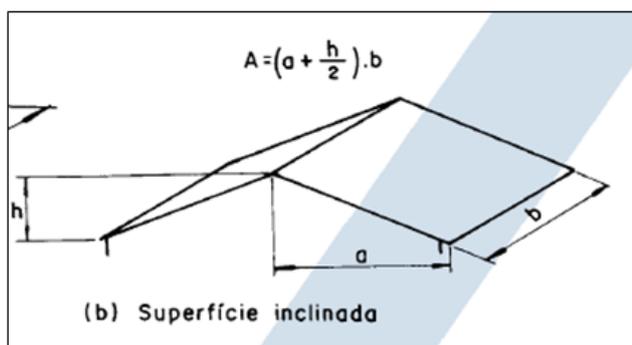
A = Área de contribuição para coberturas inclinadas, em m²

a = distância do oitão até a extremidade da cobertura, em m

h = altura da tesoura, em m

b = comprimento da cobertura, em m

Figura 1: Área de contribuição para coberturas inclinadas



Fonte: ABNT NBR 10844, 1989.

3.1.6 Vazão de projeto

A vazão de projeto foi obtida através da Equação 02:

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

Onde:

Q = Vazão de projeto, em L/min

I = intensidade pluviométrica, em mm/h

A = área de contribuição, em m²

3.1.7 Dimensionamento calhas

Segundo a norma, as calhas devem ser sempre que possível, fixadas centralizadas sob a extremidade da cobertura e o mais próximo dela. A inclinação das calhas deve ser uniforme, com o valor mínimo de 0,5%. Na ocasião desse estudo, foi adotada a inclinação de 1%, não sendo tolerado algum eventual transbordamento ao longo da calha, tendo extravasores instalados como medida de segurança.

A verificação do dimensionamento da calha foi feita através da Equação 03, de Manning-Strickler, indicada abaixo:

$$Q = K \frac{S}{n} RH^{2/3} i^{1/2}$$

Onde:

Q = Vazão de projeto, em L/min.

k = 60.000 (adimensional)

S = Área da seção molhada, em m².

n = Coeficiente de rugosidade (Ver Tabela 2).

RH = Raio hidráulico

Tabela 2: Coeficientes de rugosidade

Material	<u>n</u>
plástico, fibrocimento, aço, metais não-ferrosos	0,011
ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida	0,012
cerâmica, concreto não-alisado	0,013
alvenaria de tijolos não-revestida	0,015

Fonte: ABNT NBR 10844, 1989.

O Raio hidráulico é obtido pela Equação 04:

$$RH = \frac{S}{Ph}$$

Onde:

S = Área da seção molhada, em m²;

RH = Raio hidráulico, em m;

Ph = Perímetro molhado, em m.

O perímetro molhado foi calculado pela Equação 05:

$$Ph = \frac{4}{3} a + b$$

Onde:

a = lateral da calha, em metros;

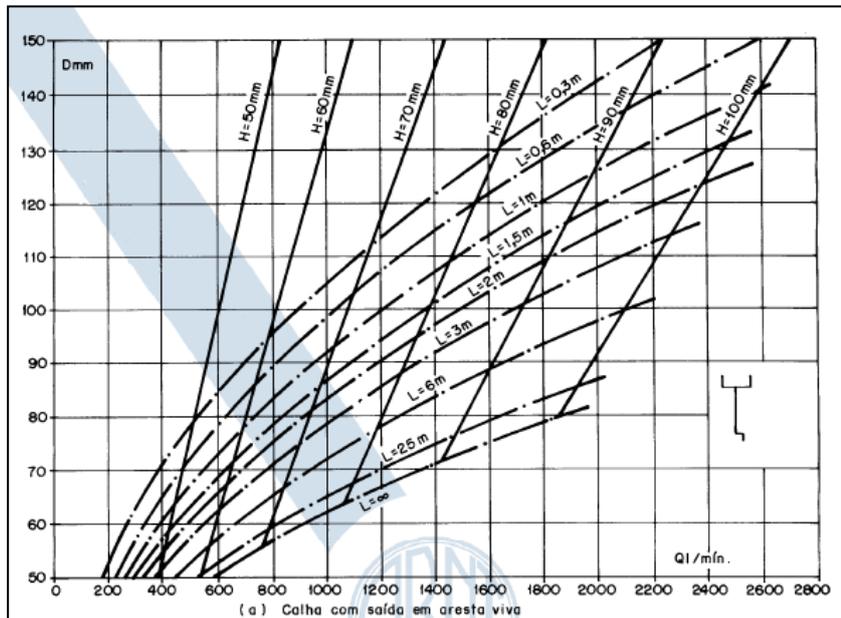
b = base da calha, em metros;

i = Declividade da calha, em m/m.

3.1.8 Condutores verticais

O critério para a verificação do dimensionamento dos condutores verticais foi a partir dos dados que foram utilizados no ábaco representado na Figura 02, para a saída de calhas em aresta viva, caso do objeto de estudo.

Figura 2: Ábaco para determinação diâmetro condutor vertical



Fonte: ABNT NBR 10844, 1989.

3.1.9 Condutores horizontais

Conforme mostra a Tabela 03 o dimensionamento dos condutores horizontais de seção circular deve ser feito de acordo com a característica de rugosidade do material utilizado e pela inclinação adotada, considerando escoamento com lâmina de altura igual 2/3 do diâmetro interno do tubo.

Tabela 3: Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min)

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
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	1.040	339	478	674	956	313	441	622	882
150	602	847	1.190	1.690	552	777	1.100	1.550	509	717	1.010	1.430
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
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
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: ABNT NBR 10844, 1989.

3.1.10 Levantamento de custos

Foi realizado o levantamento dos custos para implantação do sistema, verificando os custos unitários dos materiais, equipamentos e peças, e o custo de instalação.

3.1.11 Análise dos dados

Após a obtenção dos dados, foi realizada a análise do sistema de captação verificando se o mesmo atende a todos os requisitos e se possuem os parâmetros regulamentados na ABNT NBR 15527/2007 e na ABNT NBR 10844/1989, ponderando através de cálculos específicos, índices pluviométricos, dados obtidos através de consultas *in loco* e através da cotação dos equipamentos utilizados.

Após o levantamento dos subsídios para implantação, foi comparado com as despesas de água potável mensal, determinando qual o período de retorno do investimento. Ressaltando que essa análise econômica foi uma estimativa preliminar de custos, que poderá servir como referência para novas instituições de ensino com padrões semelhantes, que desejem implantar um sistema de aproveitamento de água da chuva.

4. ANÁLISES E DISCUSSÕES

Os efeitos do estudo de viabilidade de implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis no colégio da cidade de Corbélia- PR estão dispostos neste capítulo. Espera-se que com a realização desse trabalho, torne-se evidente a importância do potencial de economia de água potável que poderá ser gerada através do uso da água de chuva para empregos não potáveis, incentivando a instalação do sistema de aproveitamento em toda rede pública de ensino do Estado. Almeja-se também, que através da instalação do sistema de aproveitamento de água da chuva seja promovida a consciência sustentável do uso de água potável para as futuras gerações.

4.1.1 Caracterização do sistema de captação de água

Verificou-se junto aos idealizadores do sistema utilizado no objeto de estudo, que a água de chuva em precipitação, acaba sendo contaminada com impurezas aglomeradas nas coberturas como, terra, poeira, galhos, folhas, fezes de aves etc. O sistema analisado no colégio dispensa a intervenção manual diária, pois foi desenvolvido com o método de 4 etapas que asseguram a adequada qualidade da água — sem cheiro e sem cor — em qualquer ocasião:

1º - Antes de ser armazenada, a água é coletada através de um filtro fino auto-limpante (Figura 3) que permite sua oxigenação e descarta folhas, detritos e partículas grandes;

Figura 3: Filtro auto-limpante



Fonte: WISY AG, 2017.

2º - A segunda etapa é a sedimentação na cisterna. O freio d'água (Figura 4) induz a sedimentação e oxigenação da água de forma que as partículas pesadas se depositam no fundo, e os leves flutuam na superfície do tanque. As pesadas acumulam a razão de 1 mm a 2 mm e no fundo da cisterna aonde forma-se um biofilme benéfico para a água.

Figura 4: Freio d'água



Fonte: WISY AG, 2017.

3º - O filtro flutuante (Figura 5) extrai para consumo a água logo abaixo da superfície, que é a mais limpa da cisterna.

Figura 5: Filtro flutuante



Fonte: WISY AG, 2017.

4º- O ladrão da cisterna é desenhado para “desnatar” a água, removendo automaticamente as partículas leves da superfície da água quando o tanque extravasa.

A Norma Brasileira Regulamentadora 10844/1989 de Instalações Prediais fixa exigências e descrições indispensáveis aos projetos das instalações de drenagem de águas pluviais, visando garantir condições aceitáveis de funcionalidade, segurança, higiene, conforto, resistência e

economia, esta norma se aplica à drenagem de águas pluviais em coberturas e demais extensões associadas ao edifício, sendo realizada a aplicação desta Norma.

No levantamento *in loco* foi possível determinar as partes constituintes do sistema (Figura 06) e realizar uma análise se a mesma atende os requisitos determinados pela normativa regulamentadora.

Figura 6: Sistema de captação pluvial



Fonte: AUTOR, 2017

4.1.2 Dimensionamento do potencial instalado

Os dados pluviométricos utilizados neste trabalho foram obtidos através da SABEP - Secretária da Agricultura e do abastecimento do Estado do Paraná, e foram aplicados para dimensionamento do potencial instalado.

No cálculo da área de contribuição, foram considerados os acréscimos devidos à inclinação da cobertura que intercepta água de chuva e conforme aplicação da Equação 01 descrita no capítulo 03 deste trabalho obteve-se uma área de contribuição de **312,4 m²** instalados no local e a vazão de projeto foi obtida através da Equação 02, foi de **1.140 l/min** para um tempo de retorno T= 5 anos.

Quanto à vazão da calha dimensionada através do ábaco da Figura 03, para a saída de calhas em aresta viva, caso do objeto de estudo, obteve-se o valor para a vazão da calha de **2.063 l/min**, atendendo a demanda da vazão de projeto.

Os condutores verticais foram instalados sempre que possíveis na mesma prumada, e na necessidade de desvio, foram utilizadas curvas de 90° de raio longo, sendo previstas peças de inspeção e também, foram abrigados externamente à edificação, com o diâmetro interno de 110 mm, dentro dos limites estabelecidos pela norma.

Quanto ao dimensionamento o ábaco aplicado determinou para condutores verticais rugosos, em PVC rígido com o coeficiente de atrito de $f = 0,04$, e dois desvios na base, o diâmetro mínimo de 100 mm.

Os condutores horizontais devem ser projetados, sempre que possível com declividade uniforme, de valor mínimo de 0,05%, tendo obtido in loco o valor de inclinação de 3% estando dentro dos limites estabelecidos pela norma. Como visto no objeto de estudo onde a tubulação é aparente, devem ser previstas inspeções sempre que houver conexões com outra tubulação, mudança de direção, e ainda a cada trecho de 20 m. A capacidade do condutor horizontal do sistema em estudo, determinado através do dimensionamento apresentado na Tabela 3, apresentada na metodologia de pesquisa, foi de 480 l/min.

4.1.3 Registro de consumo: potencial do sistema instalado

Este item ratifica a análise dos dados obtidos através de consulta in loco, que, foram coletados com o auxílio de um hidrômetro instalado na saída do reservatório do sistema de aproveitamento de água da chuva. Com a realização dessa análise in loco, foi possível verificar que o potencial do sistema instalado depende muito das épocas em que as precipitações são mais incidentes e também do volume do reservatório, que não atendeu na totalidade a demanda de água necessária para os dias em que não há precipitações relevantes, vale ressaltar que antes do período de coleta dos dados foi feita a limpeza de todo o sistema, tendo sido evacuado totalmente, para a instalação do hidrômetro e para que a coleta fosse a mais precisa possível.

No intervalo de 11 dias, foi possível realizar uma estimativa da demanda de água da chuva necessária para que o sistema se mostre potencialmente satisfatório, quando também foi verificando se o reservatório do sistema comporta um volume ideal para a demanda de água pluvial necessária.

Na Tabela 5, pode ser observado o índice de consumo diário de água da chuva, coletados em dias de uso mais frequente da água da chuva pelo hidrômetro instalado (figura 7).

Tabela 4: Consumo médio da água da chuva

hidrometro reservatório de água da chuva		
data de leitura	leitura (m³)	consumo para o dia*
sexta- feira 31/03/2017	1,11	1,11
segunda-feira 03/04/2017	1,96	0,23
sexta- feira 07/04/2017	2,19	0,88
segunda-feira 10/04/2017	3,07	0,49
quinta-feira 11/04/2017	3,56	0,65
sexta-feira 12/04/2017	4,21	1,56
Quinta feira 18/04/2017	5,77	1,05
Quarta-feira 24/04/2017	6,82	1,05
sexta-feira 28/04/2017	10,08	3,26
terça-feira 02/05/2017	13,97	3,89
segunda-feira 08/05/2017	16,35	2,38
consumo médio		1,50

Fonte: AUTOR, 2017

Figura 7: Leitura do hidrômetro do último dia de coleta



Fonte: AUTOR, 2017

Considerando os dias apresentados na Tabela, o consumo médio diário para esse período de coleta de dados foi de 1,5 m³. Pode-se concluir que para atender a demanda de 1,5m³ mínima por dia, seria necessária uma precipitação de 25 mm, a cada 18 dias ou realizar a instalação de mais um reservatório de 10.000 litros.

Com base nos dados pluviométricos e as áreas de captação, estimou-se através da aplicação da NBR 10844/1989, as vazões reais para os diversos trechos dos condutores de água pluvial até o reservatório, tendo a conclusão de que o sistema se mostra adequadamente instalado e sem possíveis interferências de extravazão em dias de precipitação elevada.

4.1.4 Custos de implantação do sistema

De acordo com o que foi exposto na metodologia, para o estudo das informações a respeito do custo unitário do sistema (materiais, equipamentos e peças) e o custo de instalação do mesmo, foram levantados os orçamentos de acordo com a instalação que foi realizada no mês de fevereiro de 2014.

O orçamento dos custos de materiais e aparelhos necessários foi realizado por meio de uma tomada de preço, onde se verificou o melhor preço de cada item. Os valores dos materiais e serviços instalados, as quantidades e custo total são apresentados na Tabela 05.

Tabela 5: Custo total do sistema de água da chuva

PRODUTO	QUANTIDADE	UNIDADE	CUSTO UNITÁRIO	SUBTOTAL
Filtro WFF 100	1,00	UN	1.900,00	1.900,00
Suporte Filtro	1,00	UN	400,00	400,00
Freio d'água Inox 100 mm	1,00	UN	420,00	420,00
Ladrão/Válv Ret 100 mm	1,00	UN	120,00	120,00
Filtro Flutuante 1"	1,00	UN	650,00	650,00
Tubos e Conexões	1,00	GB	900,00	900,00
Motobomba Syllent 3/4	1,00	UN	800,00	800,00
Pressostato Eletrônico	1,00	UN	300,00	300,00
Torneira acionamento restrito	5,00	UN	40,00	200,00
Caixa Fibra 10m ³	1,00	UN	2.500,00	2.500,00
Mão de obra	1,00	GB	1.500,00	1.500,00
TOTAL				9.690,00

Fonte: AUTOR, 2017

4.1.5 Tarifa da concessionária de fornecimento de água

Na pesquisa foram apontados os custos de água potável, considerando a potencialidade de economia de água gerada pelo uso da água pluvial. A SANEPAR, concessionária de fornecimento de água, classifica suas tarifas em categorias: residencial, comercial, industrial, utilidade pública e poder público. Dentre as categorias, há tarifas diferenciadas: tarifa social, tarifa micro e pequeno comércio e tarifa de entidades assistenciais e filantrópicas.

O colégio em estudo se enquadra na categoria de utilidade pública, sendo cobrada a tarifa de entidades assistenciais conforme regimento da SANEPAR. A tabela 06 e 07 apresenta os valores (em reais) cobrados pela SANEPAR para este tipo de categoria, considerando as tarifas do ano de 2013 e 2014 respectivamente, nas faixas de consumo de água para a categoria pública.

Tabela 6: Custo por m³ da água tratada (tarifa de 2013)

Custo da água tratada - tarifa de 2013 (m³):	R\$	4,25
Taxa de esgoto (80% da água tratada):	R\$	3,40
Custo total (m³):	R\$	7,64

Fonte: AUTOR, 2017

Tabela 7: Custo por m³ da água tratada (tarifa de 2014).

Custo da água tratada - tarifa de 2014 (m³):	R\$	4,52
Taxa de esgoto (80% da água tratada):	R\$	3,62
Custo total (m³):	R\$	8,13

Fonte: AUTOR, 2017

Foi possível também verificar o consumo mensal de água, realizado através das tarifas coletadas junto a SANEPAR de outubro de 2012 até o mês de funcionamento efetivo do sistema em Fevereiro de 2014, conforme a Tabela 8.

Tabela 8: Consumo mensal de água (Outubro 2012 a fevereiro 2014)

Mês da leitura	Leitura (m³)	Custo Médio (R\$) *
out/12	147,00	R\$ 1.123,76
nov/12	141,00	R\$ 1.077,89
dez/12	138,00	R\$ 1.054,95
jan/13	87,00	R\$ 665,08
fev/13	-	R\$ -
mar/13	165,00	R\$ 1.261,36
abr/13	169,00	R\$ 1.291,94
mai/13	143,00	R\$ 1.093,18
jun/13	268,00	R\$ 2.048,75
jul/13	222,00	R\$ 1.697,10
ago/13	248,00	R\$ 1.895,86
set/13	209,00	R\$ 1.597,72
out/13	122,00	R\$ 932,64
nov/13	178,00	R\$ 1.360,74
dez/13	153,00	R\$ 1.169,62
jan/14	93,00	R\$ 756,48
fev/14	159,00	R\$ 1.293,34
consumo médio mensal	165,13	R\$ 1.262,31

Fonte: AUTOR, 2017

4.1.6 Previsão estimada do retorno do investimento

A avaliação da potencialidade de economia de água potável obtido através da implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial foi realizada averiguando o percentual de água da chuva utilizada onde antes era utilizada água potável, que era usada para fins não potáveis, ou seja, a quantidade de água potável que foi substituída por água pluvial. Foi demonstrado na Tabela 9 a despesa total com água potável antes do funcionamento efetivo do sistema, e na tabela 9, as despesas totais de água potável após o funcionamento efetivo do sistema (Fevereiro de 2014).

Tabela 9: Consumo mensal de água (Março de 2014 a Fevereiro 2016)

Mês de leitura	Leitura (m ³)	Custo Médio (R\$) *
mar/14	142,00	R\$ 1.155,06
abr/14	154,00	R\$ 1.252,67
mai/14	125,00	R\$ 1.016,78
jun/14	142,00	R\$ 1.155,06
jul/14	105,00	R\$ 854,09
ago/14	147,00	R\$ 1.195,73
set/14	220,00	R\$ 1.789,52
out/14	-	R\$ -
nov/14	135,00	R\$ 1.098,12
dez/14	110,00	R\$ 894,76
jan/15	61,00	R\$ 602,91
fev/15	96,00	R\$ 948,84
mar/15	74,00	R\$ 731,40
abr/15	114,00	R\$ 1.126,75
mai/15	81,00	R\$ 800,59
jun/15	79,00	R\$ 780,82
jul/15	121,00	R\$ 1.195,94
ago/15	122,00	R\$ 1.205,82
set/15	148,00	R\$ 1.462,80
out/15	120,00	R\$ 1.186,06
nov/15	96,00	R\$ 948,84
dez/15	98,00	R\$ 968,61
jan/16	47,00	R\$ 466,15
mensal	115,32	R\$ 1.038,90

Fonte: AUTOR, 2017.

Após a verificação das leituras, foi realizada a análise econômica comparando os dados coletados na Tabela 9, após o funcionamento efetivo do sistema e da Tabela 8, antes do funcionamento do sistema, comparativo demonstrado nas Tabelas 10 e 11.

Tabela 10: Comparativo de economia do sistema 2013-2014

mês e ano comparativo	diferença de leitura (m³)
Março 2014-março 2013	23,00
Abril 2014 - Abril 2013	15,00
Mai 2014-maio 2014	18,00
junho 2014-junho 2013	126,00
Julho 2014- Julho 2013	117,00
Agosto 2014- Agosto 2013	101,00
Setembro 2014- Setembro 2013	11,00
Novembro 2014 - Novembro 2013	43,00
Dezembro 2014 - Novembro 2013	43,00
Janeiro de 2015 - Janeiro 2014	32,00
% de economia 2014	27,10

Fonte: AUTOR, 2017

Tabela 11: Comparativo de economia do sistema 2013-2015

mês e ano comparativo	diferença de leitura (m³)
Março 2015-março 2013	91,00
Abril 2015 - Abril 2013	55,00
Mai 2015-maio 2014	62,00
junho 2015-junho 2013	189,00
Julho 2015- Julho 2013	101,00
Agosto 2015- Agosto 2013	126,00
Setembro 2015- Setembro 2013	61,00
Outubro 2015- Outubro 2013	2,00
Novembro 2015 - Novembro 2013	82,00
Dezembro 2015 - Novembro 2013	55,00
Janeiro de 2016 - Janeiro 2014	46,00
% de economia 2015	34,00

Fonte: AUTOR, 2017

Os dados de consumo de água das faturas da SANEPAR possibilitaram verificar o consumo real de água antes e depois da instalação do sistema de reaproveitamento de água da chuva e compará-los, obteve-se uma diferença no consumo de água potável de 27% nos primeiros meses após a instalação (março 2014 – Janeiro 2015) e de 34% no segundo ano (março 2015- Janeiro 2016).

Por meio da análise econômica feita com base nas tarifas de água junto a SANEPAR, pode ser concluído que o retorno do investimento do sistema de aproveitamento da água da chuva será de aproximadamente de cinco anos, considerando que a tarifa de água potável, aumente em 9% todo ano para consumos acima de 10 m³ por mês, e considerando o gasto de bombeamento da água da chuva que segundo o fabricante é de 2,5 kWh (SYLLENT S.A). Com o tempo médio de uso da bomba fixado em 10 min por dia (resultando em R\$ 1,61 com despesa de energia elétrica, segundo a COPEL).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A água é um recurso natural limitado e indispensável à vida, assuntos sobre o custeio e o cuidado dos recursos hídricos vêm sendo cada vez mais destacados na atualidade. Os procedimentos de aproveitamento de água pluvial são recursos sustentáveis que cooperam para uso coerente da água, apropriando à conservação dos recursos hídricos para as futuras gerações.

Através deste estudo de caso foi estimado o potencial de economia de água potável obtido através do sistema de reaproveitamento de água da chuva instalado. Com base nos resultados obtidos pela leitura do hidrômetro foi estimado o consumo médio diário de 1,5 m³ de água da chuva no colégio em estudo.

Os dados de consumo das faturas possibilitaram ver o consumo real de água antes e depois da instalação do sistema, e após a comparação obteve-se uma diferença no consumo de água potável de 27% a menos nos primeiros meses após a instalação, entre março, 2014 e janeiro, 2015 e de 34% a menos no segundo ano, entre os meses de março, 2015 e janeiro, 2016.

Com base nos dados pluviométricos e as áreas de captação, estimou-se através da aplicação da ABNT NBR 10844/1989, as vazões reais para os diversos trechos dos condutores concluindo que o sistema se mostra adequado e sem interferências em dias de precipitação elevada.

Deste modo, com o presente estudo, constatou-se que a implantação do sistema de reaproveitamento de água da chuva mostrou-se economicamente viável, apresentando benefícios mesmo que em longo prazo, bem como benefícios ambientais imediatos por preservar os recursos hídricos da região.

A qualidade da água é certa pela remoção substancial da matéria orgânica e pelos mecanismos contínuos de oxigenação da água, que a deixa livre de mau cheiro ou de coloração mesmo quando armazenada por grandes períodos. A água da chuva é naturalmente “macia”, ideal para lavar roupas uma vez que produz mais espuma do que a água da rede pública. Mantendo a sem adição de cloro, é perfeita para irrigação de jardins e uso paisagístico em lagos.

REFERÊNCIAS

ABNT. **Associação Brasileira de Normas Técnicas**. NBR 15527 – Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos, 2007.

ABNT. **Associação Brasileira de Normas Técnicas**. NBR 12213 – Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público, 1998.

ABNT. **Associação Brasileira de Normas Técnicas**. NBR 12217 – Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público, 1997.

ABNT. **Associação Brasileira de Normas Técnicas**. NBR 12214 – Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público, 1992.

ABNT. **Associação Brasileira de Normas Técnicas**. NBR 5626 – Instalação predial de água fria, 1998.

ABNT. **Associação Brasileira de Normas Técnicas**. NBR 10844 – Instalações prediais de águas pluviais, 1989.

ACBMAC. **Associação Brasileira de Manejo e Captação de Água de Chuva**. Disponível em: <http://www.abcmac.org.br>. Acessado em setembro de 2016.

GROUP RAINDROPS. **Aproveitamento da Água de Chuva**. Editora Organic Trading, 1ª Edição, Curitiba, 2002.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acessado em setembro de 2016.

ONU. **Organização das Nações Unidas**. Disponível em: <http://www.onu-brasil.org.br>. Acessado em setembro de 2016.

EMATER. **Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural**. Disponível em <http://www.emater.pr.gov.br/>. Acessado em outubro de 2016.

WERNECK, G. A. M.; BASTOS, L. E. G. A. **Água da Chuva Como Fonte de Recursos Hídricos para as Escolas de Barra do Piraí e os Reflexos para o Sistema Municipal de Abastecimento**. I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável, Rio de Janeiro 2006.