

IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE REAPROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM UM COLÉGIO DA REDE ESTADUAL DE CAMPINA DA LAGOA-PR: UM ESTUDO DE CASO

TRINDADE, Fernanda da.¹
SANDERSON ADAME, Karina.²

RESUMO

Tendo em vista que a água é um recurso natural escasso e fundamental a vida, quesitos sobre o diálogo e preservação dos recursos hídricos vêm sendo cada vez mais destacados na contemporaneidade. O presente trabalho tem por objetivo, dimensionar um sistema de reaproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis. O alvo de estudo foi um colégio estadual localizado na cidade de Campina da Lagoa – PR. Para o projeto de dimensionamento do sistema de captação de água da chuva, proposto neste trabalho, utilizou-se a NBR 10.844 (ABNT, 1989), onde este demonstrou ser tecnicamente aplicável. Realizaram-se levantamentos da edificação, estipulou-se a quantidade de água em (m³) que a edificação utiliza, calculou-se qual a quantidade de água em (m³) que seria captada com a implantação do sistema de reaproveitamento de águas pluviais. Já para obter valores como a média mensal utilizada pelo colégio em volume de água (m³), foi analisada antigas faturas de água da companhia fornecedora, usos finais da água e o consumo médio diário da edificação escolar também foram analisados. Com base nos resultados obtidos, foi possível observar que a implantação do sistema gerará cerca de 13% de economia na edificação escolar, mostrando-se um sistema vantajoso para ser implantado.

PALAVRAS-CHAVE: Água. Reaproveitamento. Uso racional da água.

1. INTRODUÇÃO

A quantidade de água disponível para consumo humano foi motivo de preocupação de povos em todas as épocas. A sujeição do homem com relação à água e a sua aplicação tanto para a alimentação quanto para o transporte, procederam de forma de que quase todas as cidades fossem instituídas juntas ao mar, rios e lagos (FIGUEIREDO, 2007).

É de vital relevância que se elaborem alternativas que direcionem ao reaproveitamento ou economia de água. Silva (2008) em seus estudos indica que um desses parâmetros é fazer uso de água de chuva disponível na natureza. Giacchini (2009), também relata que o aproveitamento da água da chuva é uma nova possibilidade de abastecimento, estando no contexto do desenvolvimento sustentável, que propõe o emprego dos recursos naturais de maneira equilibrada e sem prejuízos para as futuras gerações.

As escolas em geral são alguns dos maiores consumidores constantes de água potável, já que possuem considerável número de frequentadores e grandes áreas a serem mantidas. Considera-se

¹ Acadêmica do 8º período de Engenharia Civil do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz. E-mail: fernandaeng@outlook.com

² Engenheira Química e Doutora em Engenharia Química de Engenharia Civil do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz. E-mail: ksanderson@fag.edu.br

então um ambiente com vasto potencial para comprovar a eficácia de programas de conservação de água potável (MAZER, 2010).

Estes métodos para captação da água de chuva podem ser direcionados facilmente para o uso de água não potável, podendo ser utilizada em descarga de vasos sanitários, hortas, jardins, lavagem de calçadas e serviços domésticos em geral. Segundo Ywashima (2005), tecnologias economizadoras para reduzir o consumo de água potável devem ser implantadas. Os métodos para a captação de água da chuva podem reduzir consideravelmente a quantidade em metros cúbicos de água potável utilizada nas edificações em geral, trazendo economia financeira e preservação do meio ambiente. Considerando a importância de se planejar um sistema de águas pluviais visando a economia de água, o presente trabalho tem como objetivo, analisar o aproveitamento de águas pluviais em uma edificação escolar da rede estadual do Paraná na cidade de Campina da Lagoa.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Água no mundo e no Brasil

Atualmente, a escassez de água já afeta 1,1 bilhão de pessoas, principalmente no Oriente Médio e na África Setentrional, sendo que nesta, 95% das reservas de água doce já se mostram comprometidas. Evidencia-se também o problema da escassez afirmando que, atualmente em onze países da África e nove do Oriente Médio a escassez hídrica é uma realidade constante e situação semelhante se encontra no México, Hungria, Índia, China, Tailândia e Estados Unidos, onde os níveis de água estão bem abaixo do necessário para atender as necessidades da população (SEIXAS, 2004). Conforme retrata Tomaz (2003), se, por um lado, em algumas regiões do globo, a escassez de água é uma realidade bastante presente e sentida, por outro sua presença se faz em abundância, fato que provoca, em muitos casos, a desvalorização desse bem tão precioso e indispensável à vida.

A América do Sul é responsável pela segunda maior fonte de recursos hídricos do mundo, com 23,1%, sendo superada apenas pela Ásia, que detêm 31,6% dessa vazão. Do volume total de água do planeta, considera-se que apenas 2,5% seja de água potável, ou simplesmente que grande parte do volume de água não está de fácil acesso. Estima-se que apenas 0,007% de toda a água doce mundial encontra-se em locais de simples acesso para o consumo humano (UNIAGUA, 2006).

O Brasil situa-se em cenário privilegiado em relações á recursos hídricos, detendo cerca de 12% de toda água doce presente no planeta Terra. Todavia, quanto a distribuição de água no país é possível observar grandes inexactidões, pois, áreas de menor concentração de população é a mais abundantes em água, a região norte do país e detém cerca de 70% de toda água doce presente no Brasil (ANA, 2010). A maior parte de tal recurso encontram-se nos rios da Bacia do Amazonas e, principalmente, no Aquífero Áltér do Chão, restrito a região e com volume de água superior ao Aquífero Guarani, que distribui-se entre as regiões brasileiras, exceto o Nordeste. A região nordestina, contem elevada densidade demográfica e baixas reservas de água, cerca de 3,3 % do volume do Brasil, o que no entanto seria suficiente, se houvessem políticas públicas de combate à seca nesta região (IBGE, 2010).

2.2. Conceito de reuso de água

No passado, a água de chuva foi largamente utilizada pela humanidade para diversas atividades. Contudo, com o passar dos anos foram surgindo novas formas de obtenção de água limpa, aparentemente mais vantajosas, e, por isso, o homem aos poucos foi perdendo o interesse pela captação de água pluvial. Atualmente, entretanto, diversos fatores estão contribuindo para que a humanidade volte novamente os seus olhos para a água de chuva, o que prova que, na verdade, ela nunca perderá realmente sua importância, ou sendo esquecida (FENDRICH, 2002). O reuso da água nos tempos atuais é de vital importância, pois cerca de 88% são utilizadas na agricultura, 7% na indústria, 5% no comércio e para consumos individuais (FIGUEIREDO, 2014).

Ao implantar o sistema de reaproveitamento de águas pluviais a edificação estará contribuindo de forma significativa para o uso racional da água, gerando economia tanto financeira, quanto de preservação ao meio-ambiente. A importância do reaproveitamento de águas pluviais se tornam de maior relevância, pois, concretizam a ideia de que a humanidade estará contribuindo para o desenvolvimento de novas alternativas que visam a sustentabilidade (TOMAZ, 2011).

2.3. Classificação e qualidade da água pluvial

A reutilização da água pode ser classificada em duas esferas, sendo elas potáveis e não potáveis. A água potável é aquela que reúne características que a coloca em condição própria para o consumo humano, portanto, ela deve estar livre de qualquer tipo de contaminação. Já a água não

potável, possui alteração em sua potabilidade, denominada contaminação, que são causados pela presença de agentes patogênicos vivos, isto é, vermes, bactérias (SOUZA e MACEDO, 2014).

A categoria não potável que é a de interesse especial no contexto, pode ser dividida em: reuso não potável para fins agrícolas, industriais e de uso doméstico, que pode ser utilizada em hortas, jardins, serviços gerais, reservas de incêndio nas edificações e descargas sanitárias (SOUZA e MACEDO, 2014).

Segundo Ywashima (2005), realizam-se estudos para verificação da qualidade das águas pluviais utilizadas para consumos não potáveis, e com base nos estudos desenvolvidos recomendam-se o descarte dos primeiros 15 a 20 minutos de precipitação, para que seja possível a limpeza do telhado, devido a concentração de poluentes ali depositados.

É recomendado também que a água de chuva armazenada seja utilizada somente para consumo não potável. Tendo potencial para utilização em serviços gerais, vasos sanitários e irrigação. A manutenção e higienização dos equipamentos que integram o sistema de reaproveitamento de águas pluviais é de extrema importância, para a preservação e conservação da água (MAZER, 2010).

Outros cuidados especiais deverão ser tomados, tais como, evitar a entrada da luz do sol no reservatório devido ao crescimento de algas e a tampa de inspeção deverá ser hermeticamente fechada. A saída do extravasor (ladrão) deverá conter grade para que não entrem animais pequenos, pelo menos uma vez por ano, deverá ser feita uma limpeza no reservatório e havendo a suspeita de que a água do reservatório esteja contaminada, deve-se adicionar hipoclorito de sódio a 10% ou água sanitária (TOMAZ, 2003).

2.4. Legislação de reuso de águas pluviais

O Brasil conta com norma técnica específica sobre a temática que envolve a construção de sistemas de captação de águas pluviais, mais conhecida como cisterna. A NBR 15.527 (ABNT, 2007), aborda o Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. Tal norma apresenta os requisitos para o aproveitamento da água de chuva de coberturas, portanto, sua aplicação procede para usos não potáveis, em que a água pluvial pode ser utilizada após tratamento adequado (ABNT, 2007).

Outras normas vigentes que devem ser atendidas são as NBR 5.626 (ABNT, 1998) Instalação predial de água fria e NBR 10.844 (ABNT, 1988) Instalações prediais de águas pluviais.

Em projeto é necessário que conste informações como o alcance de projeto, a população a ser atendida, a determinação da demanda, e estudos das precipitações da região analisada (ABNT, 2007).

A Lei de nº 9.433 (1997) Política Nacional de Recursos Hídricos, trata-se do incentivo a captação, preservação e aproveitamento das águas pluviais, demonstrando-se a importância de tal legislação. Os objetivos são: assegurar a atual e as futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos; e utilização racional e integrada dos recursos hídricos (BRASIL, 2010).

2.5. Sistemas de aproveitamento de águas pluviais e dimensionamento do reservatório para o armazenamento

Segundo a Associação Brasileira de Águas Subterrâneas (ABAS) existem uma gama de variedades de sistemas construtivos de cisternas, dentre eles tem-se: reservatório do tipo apoiado, enterrado, semienterrado e elevado. Os mais usuais no ramo da construção civil são os reservatórios semienterrados e elevados. Existem diferentes tipos de cisternas no mercado, podendo variar desde os modelos mais rústicos feitos em alvenaria, até as versões provenientes da fibra de vidro e as mais modernas de plástico rotomoldado (ABAS, 2004).

Para o dimensionamento do reservatório de armazenamento e uso das águas pluviais, o volume máximo médio anual das águas da chuva que poderá ser aproveitado não será o mesmo que o volume precipitado total. Existem perdas de água por evaporação, limpeza dos telhados e de outras áreas de coleta, vazamentos ou ainda, perdas na autolimpeza dos sistemas que representam cerca de 5% até 30 % de perdas do volume precipitado total (FENDRICH, 2002).

Para dimensionar o reservatório é realizado um estudo prévio, para que seja possível proceder com uma estimativa sobre o volume de água necessário na edificação. Este volume, em primeiro plano é previsto com o auxílio de tabelas que fornecem o valor do coeficiente de escoamento superficial, possibilitando o cálculo estimado da quantidade em volume (m^3), que o usuário e a edificação necessitam para que seja considerada autossuficiente. Posteriormente é realizado o dimensionamento do reservatório tendo como base a NBR 5.626 (1998), Instalação predial de água fria, e a NBR 10.844 (ABNT, 1989), Instalação predial de água pluvial, seguindo o passo a passo demonstrado pelas normas.

3. METODOLOGIA

3.1. Área de estudo

A instituição de ensino objeto de estudo do presente trabalho foi o Colégio Estadual Alberto Santos Dumont, localizado na Avenida Brasil, 110, no centro da cidade de Campina da Lagoa-PR.

O colégio possui um pavimento térreo com cerca de 10.660 m², dividido em quatro blocos, onde estão distribuídos cerca de 12 banheiros, e todos possuem vasos sanitários com descargas do tipo válvula em parede, laboratórios, refeitório, salas de aula, quadra de esportes, horta e cozinha.

A implantação do sistema será utilizada para fins não potáveis a fim de atender torneiras de jardins, hortas, lavagem de calçadas e descargas sanitárias de banheiros.

3.2. Área de contribuição

Para o cálculo da área de contribuição (Ac) (Figura 01), deve-se considerar a área da cobertura, com base no projeto e o número de condutores a serem implantados na edificação. A NBR 10.844 (ABNT, 1989) indica a utilização da (Equação 01) para superfície plana horizontal.

$$Ac = \frac{A \times B}{n}$$

Eq. 01

Ac = Área de contribuição (m²);

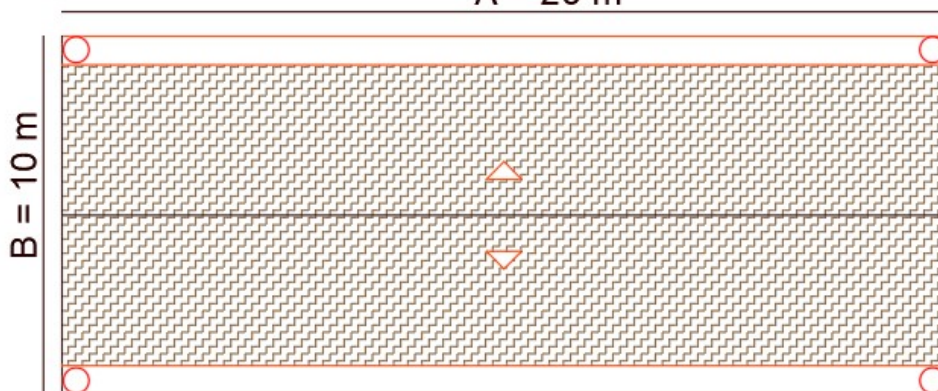
A = Área da edificação (m);

B = Área da edificação (m);

N = Número de condutores.

Figura 01 – Área de contribuição da edificação (A_c)

$A = 25 \text{ m}$



Fonte: Adaptada, NBR 10.844 (ABNT, 1989).

3.3. Dimensionamento de calhas

Para o cálculo da vazão de projeto do escoamento das águas pluviais utilizou-se a Equação 02, descrita pela NBR 10.844 (ABNT, 1989).

Devido à cidade de Campina da Lagoa - PR não possuir índices registrados em norma, utilizou-se o valor da intensidade pluviométrica (i) da cidade de Curitiba-PR (204 mm/h), com $T = 5$ anos e duração da precipitação $t = 5$ minutos.

$$Q = i \times A_c$$

Eq. 02

Q = Vazão (L/h);

I = Intensidade de precipitação média (mm/h);

A_c = Área de contribuição (m^2).

As calhas e condutores obedeceram à NBR 10.844 (ABNT, 1989). Para o dimensionamento das calhas utilizou-se a fórmula de Manning-Strickler (Equação 03), onde foi estabelecido o uso de calhas em chapas de alumínio dobradas com formato quadrado em que a declividade (I) foi de 0,5 %.

$$Q = \frac{A_m \times R_h^{2/3} \times I^{1/2}}{n}$$

Eq. 03

Q = vazão de projeto (L/h);

A_m = Área molhada ($A_m = 2 \times h^2$) (m²);

N = coeficiente de rugosidade de Manning;

R_h = raio hidráulico ($R_h = A_m / h + 2h + h$) (m);

I = declividade (m/m);

Para o cálculo de área molhada (A_m) utilizou-se a (Equação 04):

$$A_m = 2 \times h^2$$

Eq. 04

A_m = Área molhada da edificação (m²);

H = Altura da edificação (m).

Para o cálculo do raio hidráulico (R_h), utilizou-se a (Equação 05):

$$R_h = \frac{A_m}{P_m} = \frac{A_m}{h+2h+h}$$

Eq. 05

Q = vazão de projeto (m³/h);

A_m = área molhada (m²);

P_m = perímetro molhado (m)

R_h = raio hidráulico (m);

I = declividade (m/m).

n = coeficiente de rugosidade da calha (conforme o tipo de material, Tabela 01);

Tabela 01 – Coeficiente de rugosidade da calha (n)

Material	n
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: Adaptada, NBR 10.844 (ABNT,1989).

3.4. Dimensionamento dos condutores verticais e horizontais

Através da Tabela 02 (adaptada da NBR 10.844, 1989) pode-se determinar o diâmetro do condutor vertical utilizando a intensidade de precipitação média da cidade de Curitiba-PR, com $T = 5$ anos e duração da precipitação $t = 5$ minutos e a área de contribuição. Segundo a normativa, o diâmetro interno mínimo de condutores verticais de seção circular deve ser de 75 mm.

Tabela 02 – Dimensões dos condutores verticais

Diâmetro (mm)	Velocidade máxima (m/s)	Vazão máxima (l/s)	Área plana em m ² para precipitação em mm/h					
			50	75	100	125	150	200
50	0,95	1,86	134	89	68	53	45	33
60	1,08	3,37	241	161	121	97	80	60
75	1,28	5,66	408	272	204	164	137	102
100	1,5	11,8	853	570	427	342	285	214
125	1,81	22,3	-	-	801	642	534	402
150	1,97	34,9	-	-	-	-	836	628
200	2,38	74,8	-	-	-	-	1770	1330

Fonte: Adaptada, NBR 10.844 (ABNT, 1989).

Segundo a NBR 10.844 (ABNT, 1989), os condutores horizontais são dimensionados conforme a (Tabela 03), que apresenta a capacidade de condutores horizontais de seção circular. Os condutores horizontais devem ser projetados com declividade uniforme e valor mínimo de 0,5%. O dimensionamento de seção circular deve ser realizado considerando o escoamento com lâmina de altura igual a 2/3 do diâmetro interno do tubo, sendo e o coeficiente de rugosidade determinado pelo material utilizado.

Tabela 03 – Capacidade dos condutores horizontais

D (mm)	n = 0,011				n = 0,012				n = 0,013				
	0,50%				0,50%				0,50%				
	1	2	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
1	50	32		64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
2	75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
3	100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
4	125	370	521	735	1040	339	478	674	956	313	441	622	882
5	150	602	847	1190	1690	552	777	1100	1550	509	717	1010	1430
6	200	1300	1820	2570	3650	1190	1670	2360	3350	1100	1540	2180	3040
7	250	2350	3310	1660	6620	2150	3030	4280	6070	1990	2800	3950	5600
8	300	3820	5380	7590	10800	3500	4930	6960	9870	3230	4550	6420	9110

Fonte: Adaptada, NBR 10.844 (ABNT, 1989).

3.5. Dimensionamento do conjunto motor-bomba

O cálculo do conjunto motor-bomba foi baseado nas recomendações da norma NBR 12.214 (ABNT,1992), a qual dispõe sobre projetos de sistema de bombeamento de água para abastecimento público. Além disso, foi também verificada a norma NBR 5.626 (ABNT,1998), que instrui sobre instalações hidráulicas prediais.

Para cálculo da potência do motor-bomba, utilizou-se a (Equação 06), disponibilizada pela NBR 12.214 (ABNT, 1989), e adotou-se como rendimento o valor de $\eta = 70\%$.

$$P \text{ (CV)} = \frac{1000 \times H_{man} \times Q}{75 \times \eta} \quad \text{Eq. 06}$$

Q = Vazão ($\text{m}^3/\text{seg.}$);

H_{man} = Altura manométrica (altura da edificação);

P = Potência do motor (Cavalo Vapor - CV);

η = Rendimento conjunto moto bomba (70%).

Para o dimensionamento da tubulação de recalque foi utilizada a equação de Bresse (Equação 07) com um tempo de funcionamento da bomba de cinco horas, uma vez que o funcionamento do sistema de recalque não será contínuo.

$$D_r = 0,586 \times \sqrt[4]{X} \times \sqrt{Q} \quad \text{Eq. 07}$$

D_r = diâmetro da tubulação de recalque (m);

Q = Q é vazão de recalque (m^3/s);

$X = H$ é número de horas de funcionamento do motor-bomba (horas/dia).

Para a tubulação de sucção foi adotado o diâmetro comercial imediatamente superior ao diâmetro da tubulação de recalque.

3.6. Volume de água aproveitável da chuva por mês

Os cálculos para determinar a capacidade de captação de água pluvial estão diretamente ligados à intensidade de precipitação por mês. Foi considerado o método de Rippl, recomendado pela NBR 15.527 (ABNT, 2007), para calcular o volume de água aproveitável da chuva por mês, conforme (Equação 08).

$$Q(t) = C \times I(t) \times A$$

Eq. 08

$Q(t)$ = volume de chuva aproveitável por mês (l);

C - coeficiente de escoamento superficial (0,7);

$I(t)$ - precipitação da chuva por mês (mm);

A - área de contribuição (m^2).

O valor do coeficiente de escoamento superficial utilizado para a edificação em estudo foi de 0,70, devido o colégio possuir cobertura com telhas de cimento-amianto (FENDRICH, 2002). Para o cálculo do volume de água aproveitável por mês foram utilizados os índices da Estação Climatológica nº 02452001, da cidade de Campina da Lagoa-PR. Os dados de precipitação utilizados foram coletados mensalmente, e referem-se aos últimos 5 (cinco) anos, de 2013 a 2017, como demonstrado na (Figura 02).

Figura 02 – Precipitação na cidade de Campina da Lagoa-PR



Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos

AGUASPARANÁ - Instituto das Águas do Paraná

Sistema de Informações Hidrológicas - SIH



Alturas mensais de precipitação (mm)

Estação:	PONTE DO GOIO BANG	Código:	02452001	Entidade:	ANA
Município:	Campina da Lagoa	Instalação:	01/07/1967	Extinção:	
Tipo:	PPrT	Bacia:	Piquiri	Sub-bacia:	2
Altitude:	320,000 m	Latitude:	24° 34' 53"	Longitude:	52° 54' 07"

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
2013	236,2	495,1	192,4	62,5	219,9	290,3	71,1	14,2	74,1	186,5	114,2	90,8
2014	243,2	61,0	182,7	165,0	203,0	333,3	61,0	15,0	141,6	71,5	140,0	93,3
2015	91,2	163,0	232,4	89,0	165,7	25,7	382,0	4,5	193,8	179,9	386,1	293,7
2016	166,0	130,4	79,5	45,5	251,5	136,4	82,7	249,5	2,5	146,7	89,0	273,5
2017	168,7	144,4	107,0 *	130,9	51,8	136,1	0,0	127,0	47,2	250,1	210,4	248,5

Valores anuais												
ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
MÉDIA	181,1	198,8	158,8	98,6	178,4	184,4	119,4	82,0	91,8	166,9	187,9	200,0
MÍNIMA	91,2	61,0	79,5	45,5	51,8	25,7	0,0	4,5	2,5	71,5	89,0	90,8
MÁXIMA	243,2	495,1	232,4	165,0	251,5	333,3	382,0	249,5	193,8	250,1	386,1	293,7
D. PADRAO	55,4	152,1	56,7	44,0	69,1	112,4	134,4	58,3	68,1	58,3	107,0	89,3

Fonte: PARANÁ (2007).

Para o dimensionamento da tubulação de recalque foi utilizada a (Equação 07) de Forchheimer, uma vez que o funcionamento do sistema de recalque não será contínuo.

4. ANÁLISES E DISCUSSÕES

Com base no projeto arquitetônico (Figura 01) e na metodologia da NBR 10.844 (ABNT, 1989), obtiveram-se as áreas de contribuição (A_c), onde se encontram os banheiros, calçadas e horta a serem beneficiados pelo sistema. O colégio utilizará a água do reservatório somente para fins não potáveis, sendo assim não foi necessário considerar toda área da edificação.

Para o cálculo da área de contribuição (A_c), utilizou-se a (Equação 01), e considerou-se as dimensões da edificação e que a mesma possuiria quatro condutores verticais, apresentando os seguintes resultados:

$$A_c = \frac{A \times B}{n}$$

$$A_c = \frac{10 \times 25}{4} = 62,50 \text{ m}^2$$

A obtenção da vazão de projeto para uma chuva crítica, foi determinada empregando sua área de contribuição de 62,5 m² com a intensidade pluviométrica da cidade de Curitiba-PR (204 mm/h). Adotou-se o período de retorno de T = 5 anos e duração da precipitação t = 5 minutos, determinado pela NBR 10.844 (ABNT, 1989), foi estabelecida a vazão de projeto com valor de 12.750 L/h (Equação 02).

$$Q = I \times A_c$$

$$Q = 204 \times 62,5 = 12.750 \frac{\text{L}}{\text{h}} = 212,5 \frac{\text{L}}{\text{min}} = 3,54 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Para o presente estudo foi estabelecido o uso de calhas em chapas de alumínio dobradas com formato quadrado em que a declividade (I) foi de 0,5 %, valor mínimo permitido pela NBR 10.844 (ABNT, 1989). Para o dimensionamento das calhas, que são responsáveis pela coleta de água pluvial do telhado da edificação aos condutores, considerou-se o valor do coeficiente de rugosidade igual a 0,011, como sugere a NBR 10.844 (ABNT, 1989), pois o material do telhado é de fibrocimento (telhas de cimento-amianto). A vazão de projeto utilizada foi 3,54 x 10⁻³ m³/s (12.750 L/h), para o cálculo de área molhada (Am) usou 2.h² e para o raio hidráulico (Rh) utilizou-se a (Equação 05). Logo, o valor da altura da calha foi de 0,055 m (5 cm), conforme (Equação 03) (Manning-Strickler):

$$R_h = \frac{2 \cdot h^2}{h + 2h + h} = 0,5 \cdot h$$

$$3,54 \times 10^{-3} = \frac{2 \cdot h^2 \times (0,5)^{2/3} \times (0,005)^{1/2}}{0,011} = 0,055 \text{ m}$$

Para esse projeto será necessários 70 metros de calhas, que é a dimensão da edificação a ser implantada o sistema.

Considerou-se que a altura da calha será de 10 cm, pois, os valores encontrados deveram ser múltiplos de cinco, como demonstra a NBR 10.844 (ABNT, 1989). A disposição da calha terá dimensão de 20 x 10 cm, como demonstra a (Figura 03).

Figura 03 – Representação do condutor horizontal

Fonte: Autora, (2018).

Para os condutores verticais utilizou-se a (Tabela 02), onde foi considerada a intensidade de precipitação média da cidade de Curitiba-PR, com $T = 5$ anos e duração da precipitação $t = 5$ minutos que é de 204 mm/h e a área de contribuição de 62,5 m². De acordo com a (Tabela 02), não existem valores exatos para esses dados do projeto, logo considerou-se valores aproximados, obtendo um diâmetro para os condutores verticais de 75mm.

Os condutores horizontais foram dimensionados a partir da (Tabela 03), onde utilizou-se valor do coeficiente de rugosidade igual a 0,011, declividade mínima de 0,5% e a vazão de projeto de 212,5 l/mim (12.750 L/h). A (Tabela 03) não possui valor exato para a vazão do projeto, logo usou-se valor aproximado, obtendo um diâmetro de 125 mm.

Seguidamente, dimensionou-se o conjunto motor-bomba (Equação 06) que será implantado na edificação seguindo as recomendações da NBR 12.214 (ABNT, 1992). Para os cálculos adotou-se rendimento de 70%, vazão de $3,54 \times 10^{-3}$ m³/s (12.750 L/h) e altura manométrica que é a altura da edificação de 2,80 m. A potência encontrada para o sistema de motor-bomba foi de 0,188 CV. Com os dados de dimensionamento calculados será feito a escolha do modelo da bomba disponível no mercados.

$$P (Cv) = \frac{1000 \times H_{man} \times Q}{75 \times \eta}$$

$$P (Cv) = \frac{1000 \times 2,80 \times 3,54 \times 10^{-3}}{75 \times 0,70} = 0,188 Cv$$

Para o dimensionamento do diâmetro da tubulação de recalque, utilizou-se a (Equação 07), considerando o tempo de funcionamento da bomba de cinco horas e vazão de $3,54 \times 10^{-3}$ m³/s (12.750 L/h), o valor encontrado foi de 0,052 m.

$$Dr = 0,586 \times \sqrt[4]{X} \times \sqrt{Q}$$

$$Dr = 0,586 \times \sqrt[4]{5} \times \sqrt{3,54 \times 10^{-3}} = 0,052 \text{ m}$$

Para a tubulação de recalque foi determinado um diâmetro de 50 mm e para a tubulação de sucção o diâmetro de 75 mm, que é o imediatamente superior ao de recalque.

Pode-se quantificar os volumes pluviométricos considerando os valores apresentados pela Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do Paraná, para a cidade de Campina da Lagoa – PR, através de registros mensais no período dos últimos 5 (cinco) anos, entre 2013 e 2017. Os cálculos para determinar a captação de água pluvial estão diretamente ligados a intensidade de precipitação por mês e foram desenvolvidos considerando o método de Rippl (Equação 08). Na (Tabela 04), são apresentados os volumes calculados através das médias de precipitação entre 2013 e 2017.

Tabela 04 – Volume de água aproveitável da chuva

Meses	Precipitação média mensal (mm)	Volume que pode ser aproveitado no mês (litros)
Janeiro	181,1	31.692,50
Fevereiro	198,8	34.790,00
Março	158,8	27.790,00
Abril	98,60	17.255,00
Mai	178,4	31.220,00
Junho	184,4	32.270,00
Julho	119,4	20.895,00
Agosto	82,00	14.350,00
Setembro	91,80	16.065,00
Outubro	166,9	29.207,50
Novembro	187,9	32.882,00
Dezembro	200,0	35.000,00
Média Anual	154,01	26.951,46

Fonte: Autora (2018).

Os resultados mostram uma economia significativa para a edificação com uma média de redução de 26.951,46 litros mensais, onde o valor economizado poderá ser utilizado para o pagamento dos gastos com a implantação do sistema e outras diversas melhorias na edificação.

Para esse projeto, o reservatório para o armazenamento água da chuva deverá ter um volume de 30.000 a 35.000 litros e ser apoiado ao nível do solo, por questão de praticidade e economia de espaço. Sugere-se que o material empregado seja de Poliéster Reforçado com Fibra de Vidro (PRFV) por dar uma altíssima resistência mecânica e por ser empregado para pequenos volumes (até 35 m³) (GRINGS, 2005).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a base nos resultados apresentados do dimensionamento do sistema de águas pluviais para atender a demanda do Colégio Estadual Alberto Santos Dumont, pode-se dizer que o projeto de reaproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis, proposto neste estudo, demonstrou ser tecnicamente aplicável, tendo em vista que é eficaz o uso da água de chuva.

Frente à escassez de recursos hídricos, tal projeto é de suma importância, devido a gama de aplicações possíveis para a água de chuva, podendo ser utilizada na rega de jardins, lavagem de carros, limpeza de garagens e áreas descobertas, lavagem de sanitários, entre outras. Reafirma-se a obrigatoriedade do uso da água da chuva com filtragem primária apenas para fins não potáveis

Para este estudo de caso, chegou-se a conclusão de que o melhor método construtivo para execução do sistema de reaproveitamento de águas pluviais é um reservatório de modelo apoiado sobre o solo, com material de Poliéster Reforçado com Fibra de Vidro (PRFV), tendo capacidade de 30.000 a 35.000 litros. O local sugerido para a implantação do sistema foi ao lado do pavimento onde estão localizados os banheiros do colégio, horta e calçadas, visando uma economia nos materiais a serem utilizados na implantação. O sistema de motor-bomba deverá possuir potência de 0,188 CV.

Segundo o levantamento do volume de água aproveitável da chuva, constatou-se que o sistema gerará uma economia de 26.951,46 litros por mês na edificação, beneficiando o colégio tanto financeiramente como educacionalmente, e mostrando aos seus alunos e frequentadores a verdadeira importância da preservação deste bem precioso que é a água e o meio ambiente.

Com a realização deste trabalho, constatou que é de suma importância a implantação de um sistema de reaproveitamento de águas pluviais, ainda mais se tratando de uma edificação escolar, que está responsável pela formação de novos cidadãos, onde a mesma trará diversos benefícios ao Colégio, além de pôr em prática as políticas de preservação do meio ambiente.

Uma escola que implante o sistema de reaproveitamento de águas pluviais, certamente estará contribuindo para a formação de cidadãos responsáveis e preocupados com o meio ambiente e então os alunos poderão conhecer o funcionamento do sistema e, a água poderá ser utilizada para a horta, limpeza de calçadas ou descargas de vasos sanitários.

REFERÊNCIAS

FIGUEIREDO, Ricardo Carvalho de. **A dimensão coletiva na criação: o processo colaborativo no Galpão Cine Horto**. 2007. 129 f. Monografia (Especialização) - Curso de Artes, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007. Cap. 03. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/JSSS-7X3GK2/figueiredo_ricardo_carvalho_de._dissertao___mestrado_2007.pdf?sequence=1>. Acesso em: 08 de mai. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 15.527 – **Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis**. Disponível em: <<http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-15.527-Aproveitamento-%C3%A1gua-da-chuva.pdf>>. Acesso em: 23 de abr. de 2018.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva**. 2003. 530 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, Rio de Janeiro, 2003. Cap. 01. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Livro_Aproveitamento_de_agua_de_chuva_5_dez_2015.pdf>. Acesso em: 08 mai. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 5.626/1998 – **Instalação predial de água fria**. Disponível em: <<https://ecivilufes.files.wordpress.com/2013/06/nbr-05626-1998-instalac3a7c3a3o-predial-de-c3a1gua-fria.pdf>>. Acesso em: 23 de abr. de 2018.

UNIÁGUA. **Aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis em instituição de ensino: Estudo de caso em Florianópolis/SC**. 2006. 118 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/sc, 2006. Cap. 05. Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/tccs/TCC_Ana_Kelly_Marinoski.pdf>. Acesso em: 08 mai. 2018.

SILVA, Aparecida Augusta da. **Em busca do diálogo de duas formas distintas de conhecimentos matemáticos**. 2008. 174 f. Monografia (Especialização) - Curso de Matemática, Universidade de

São Paulo, São Paulo, 2008. Cap. 08. Disponível em: <<http://www2.fe.usp.br/~etnomat/teses/em-busca-dialogo-entre-duas-formas.pdf>>. Acesso em: 08 mai. 2018.

YWASHIMA, Laís Aparecida. **Método para avaliação da percepção dos usuários para o uso racional da água em escolas.** 2005. 10 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005. Cap. 01. Disponível em: <http://www.infohab.org.br/entac2014/2006/artigos/ENTAC2006_3480_3489.pdf>. Acesso em: 08 mai. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 12.214/1992 – **Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público.** Disponível em: <<http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=005677>>. Acesso em: 23 de abr. de 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 10.844/1989 – **Instalação predial de águas pluviais.** Disponível em: <<https://ecivilufes.files.wordpress.com/2013/06/nbr-10844-1989-instalac3a7c3b5es-prediais-de-c3a1guas-pluviais.pdf>>. Acesso em: 23 de abr. de 2018.

BRASIL. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Senso 2010.** 2010. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 08 mai. 2018.

BRASIL. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Senso 2012.** 2012. Disponível em: <<https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/perfilmunic/2012/default.shtm>>. Acesso em: 08 mai. 2018.

GIACCHINI, Margolaine. **Uso e reúso da água.** 2009. 32 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Crea-pr, Crea-pr, Curitiba, 2009. Cap. 1. Disponível em: <[file:///C:/Users/Ferna/Downloads/uso e reuso da agua - CREA \(2\).pdf](file:///C:/Users/Ferna/Downloads/uso%20e%20reuso%20da%20agua%20-%20CREA%20(2).pdf)>. Acesso em: 08 mai. 2018.

GRINGS, V. H.; OLIVEIRA, P. A. V. de. **Cisternas para armazenagem para água da chuva.** [S.I.], 2005. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/eventos/seminario_cisternas.pdf>. Acesso em: 01 set. 2018.

PARANÁ. **Sistema de Informações Hidrológicas ÁGUASPARANÁ – Índice de precipitação Pluviométrica.** Disponível em: <<http://www.sih-web.aguasparana.pr.gov.br/sih-web/gerarRelatorioAlturasMensaisPrecipitacao.do?action=carregarInterfaceInicial>>. Acesso em: 01 set. 2018.

SILVA, Aparecida Augusta da. **Em busca do diálogo de duas formas distintas de conhecimentos matemáticos.** 2008. 174 f. Monografia (Especialização) - Curso de Matemática, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. Cap. 08. Disponível em: <<http://www2.fe.usp.br/~etnomat/teses/em-busca-dialogo-entre-duas-formas.pdf>>. Acesso em: 08 mai. 2018.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva.** 2003. 530 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, Rio de Janeiro, 2003. Cap. 01. Disponível em: <[http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/LivroAproveitamento de agua de chuva 5 dez 2015.pdf](http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/LivroAproveitamento%20de%20agua%20de%20chuva%205%20dez%202015.pdf)>. Acesso em: 08 mai. 2018.

UNIÁGUA. **Aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis em instituição de ensino: Estudo de caso em Florianópolis /SC.** 2006. 118 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/sc, 2006. Cap. 05. Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/tccs/TCC_Ana_Kelly_Marinoski.pdf>. Acesso em: 08 mai. 2018.

YWASHIMA, Laís Aparecida. **Método para avaliação da percepção dos usuários para o uso racional da água em escolas.** 2005. 10 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005. Cap. 01. Disponível em: <http://www.infohab.org.br/entac2014/2006/artigos/ENTAC2006_3480_3489.pdf>. Acesso em: 08 mai. 2018.