

IV-314 - APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA FINS NÃO POTÁVEIS EM EDIFICAÇÕES - ESTUDO DE CASO EM RIBEIRÃO PRETO (SP)

Rodrigo Martins de Almeida⁽¹⁾

Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Mestre em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Professor dos cursos de Engenharia Civil e Engenharia Ambiental na FESCG. Professor do curso de Engenharia Civil FacSul.

Endereço⁽¹⁾: Rua Pestalozzi, 596, Bl. B, Ap. 202 – Vila Miguel Couto - Campo Grande - MS - CEP: 79040-220 - Brasil - Tel: (67) 9 8164 6864 - e-mail: rodrigoalmeidamartins007@gmail.com

RESUMO

A baixa disponibilidade de água doce acessível para consumo humano, combinada com a deterioração das fontes superficiais de água e com o elevado custo para tratamento deste recurso natural traz uma questão que deve ser levada em consideração atualmente e que deve ser inserida no dia a dia das pessoas e dos profissionais da área: a reutilização das águas pluviais para fins não potáveis, por meio da captação dessas águas, a fim de diminuir o uso da água potável, tratada, para atividades como descargas em vasos sanitários (não há necessidade de água potável), lavagem de calçadas, jardinagem, etc. Este estudo verifica a viabilidade econômica da instalação de um sistema de captação de águas pluviais para reutilização em vasos sanitários, em um edifício já construído, de pequeno porte, localizado na cidade de Ribeirão Preto-SP. Para o cálculo da vazão captada foi considerado o método Australiano. Foram levadas em considerações informações como séries históricas de precipitação no município e média de consumo de água nas bacias sanitárias do edifício, dentre outras. Para anos de alta pluviometria, a utilização da água pluvial captada é capaz de suprir o consumo para fins não potáveis (uso em descargas sanitárias) praticamente em todos os meses do ano, ocorrendo o oposto para anos de baixa pluviometria. Há redução no impacto ambiental no que diz respeito à drenagem urbana, pois a água captada deixa de ir para o sistema de drenagem e passa a ser reutilizada e, finalmente, encaminhada à rede pública coletora de esgoto. Ao considerar que o investimento do sistema de captação retorna em menos de vinte anos, este se torna viável.

PALAVRAS-CHAVE: Reúso, Águas Pluviais, Não Potáveis.

INTRODUÇÃO

A água, um recurso hídrico natural e imprescindível para a vida humana, encontra-se cada vez mais limitada e reduzida por ações degradadoras e indevidas do homem, fatos que comprometem sua qualidade e disponibilidade, seja pela falta de monitoramento e controle e/ou pela falta de investimentos na correta disposição de resíduos (CARVALHO; MELLO; SILVA, 2007).

Sabe-se que aproximadamente 97,5% da água existente na Terra estão nos oceanos. O restante, cerca de 2,5%, estão em algum estágio do ciclo hidrológico e em diferentes estados físicos, químicos e biológicos. Assim, 70% da água doce estão nas calotas polares e 30% estão presente nos continentes. No entanto, menos que 1% da água dos continentes está diretamente acessível ao uso humano, o que corresponde a 0,007% do total de água na Terra. Além disso, grande parte da água disponível em fontes superficiais encontra-se com sua qualidade deteriorada. (HAGEMANN, 2009)

De acordo com o relatório publicado pela Organização das Nações Unidas (ONU), avalia-se que se o descuido e a má utilização dos recursos hídricos aumentarem, a partir do ano de 2025 metade da população do planeta sofrerá com a falta dele. Ainda segundo relatórios da ONU, a população mundial atual é de aproximadamente 7,2 bilhões de pessoas e nos próximos quarenta anos esta população terá um acréscimo de dois a três bilhões de pessoas, aumentando assim as pressões sobre os recursos hídricos disponíveis (CARVALHO; MELLO; SILVA, 2007; ONU, 2013).

Associado ao crescimento populacional acelerado e desordenado nos grandes centros populacionais, tem-se uma diversificação crescente dos usos múltiplos da água nas diferentes atividades humanas (MANCUSO; SANTOS, 2003; TUNDISI, 2003).

Para minimizar os efeitos da crescente escassez de recursos hídricos, principalmente em grandes centros populacionais, algumas alternativas de sistemas de gestão estão sendo utilizadas. Dentre os diversos sistemas, destaca-se o aproveitamento de águas pluviais, sendo este um sistema que objetiva armazenar águas provenientes de chuvas para utilizá-las para fins não potáveis ou até para consumo humano, em casos extremos, mediante tratamento simplificado. Os sistemas de aproveitamento de águas pluviais são tecnologias muito disseminadas em países da Europa e América do Norte, mas ainda pouco convencionais no Brasil, principalmente em regiões com alta densidade demográfica (MANCUSO; SANTOS, 2003; CARDOSO, 2013).

A aplicação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais apresenta fatores positivos como, por exemplo, redução nos volumes de águas pluviais recebidas pelos sistemas de drenagem das cidades, com consequente redução no volume das enchentes. Há também uma redução na demanda de água fornecida pelos sistemas de abastecimento público quando estes sistemas são aplicados, principalmente em grandes obras (BUFFON, 2010; DORNELLES, 2012). Reforça Vasconcelos (2007) que a viabilidade do uso de água da chuva para usos básicos em uma residência domiciliar certamente resultará na diminuição do uso de água fornecida pelas companhias de saneamento, na demanda dos custos com o uso de água potável e na redução dos riscos de enchentes em caso de chuvas intensas.

Inúmeros trabalhos relacionados à aplicação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais já foram elaborados. São exemplos: o aproveitamento da água de chuva no meio urbano e o seu consequente efeito nos sistemas de drenagem realizado por Dornelles (2012) em Porto Alegre -RS; o estudo da viabilidade destes sistemas para consumo não potável em edificações publicado por May (2004); o aproveitamento de águas pluviais, em que Novakoski (2014) realizou o dimensionamento de reservatórios para aplicação em residências de alto, médio e baixo padrão em Porto Alegre - RS.

Os problemas globais quanto à falta de água para abastecimento público são notórios. Em 2014, nos Estados Unidos, constataram-se dificuldades derivadas da escassez de água em diversos estados, tais como: Califórnia, Arizona, Kansas, Nevada, Novo México, Oklahoma e Texas, (U.S.A. TODAY, 2014). Nesse mesmo ano houve em São Paulo - SP (maior cidade do Brasil) a maior e mais rigorosa estiagem dos últimos oitenta anos (B.B.C., 2015). Já em 2015 a região de Ribeirão Preto, interior do estado de São Paulo, passou por uma crise hídrica devido aos longos períodos de seca na região (G1, 2015). Logo, sabe-se que a escassez de água é um problema que ocorre tanto no Brasil quanto mundialmente, não existindo limitações a nível econômico dos países, sejam estes menos desenvolvidos ou com alto poder econômico (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2011).

Contudo, observa-se que na sociedade atual existem amplas discussões sobre meios de preservação dos recursos hídricos, o que induz a procura de alternativas para minimizar este problema e a prevenção da escassez deste recurso (MAY, 2004).

Com isto, a aplicação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais torna-se um grande mecanismo para a redução do consumo de água potável, haja vista que estes sistemas podem ser aplicados em diversos tipos de edificações. Porém, são sistemas que dependem de uma análise técnica e econômica para sua adequada e correta implementação.

OBJETIVOS

Teve-se como principal objetivo verificar a viabilidade econômica da possível implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis, em um edifício residencial multifamiliar, localizado na cidade de Ribeirão Preto-SP, no ano de 2017.

Outros objetivos foram avaliados/analísados em paralelo ao principal, tais como:

- a) avaliar o consumo per capita dos usuários do sistema convencional empregado na edificação em estudo para o ano de 2017;

- b) calcular a capacidade de captação de águas pluviais a partir do sistema de cobertura da edificação em estudo;
- c) estimar os volumes de alimentação do sistema de aproveitamento apresentado, com base nas séries históricas da região em estudo;
- d) dimensionar os reservatórios (superior e inferior) para o devido armazenamento das águas pluviais coletadas;
- e) dimensionar um conjunto motor-bomba com instalações de sucção e recalque, para o adequado transporte da água, do reservatório inferior para o superior;
- f) verificar, de forma simplificada, a viabilidade econômica do sistema proposto.

METODOLOGIA

Optou-se por apresentar o presente capítulo em duas etapas. Dessa forma, inicialmente apresentar-se-ão o levantamento de dados sobre o consumo de água na edificação em estudo, a caracterização pluviométrica da cidade de Ribeirão Preto-SP, bem como as principais informações sobre o local estudado. Posteriormente, serão apresentadas a aplicação do método mais adequado de dimensionamento dos reservatórios e a análise econômica simplificada da implantação do sistema de aproveitamento de água.

ÁREA DE ESTUDO

O edifício o qual se realizou o estudo localiza-se na República Federativa do Brasil, especificamente no bairro Jardim Irajá, Zona Sul da cidade de Ribeirão Preto - SP, conforme se observa na Figura 1.



Figura 1: Município de Ribeirão Preto - SP.

O condomínio possui apenas dois pavimentos, o térreo (com 3 apartamentos) e o primeiro andar (com 4 apartamentos). Todos os apartamentos têm apenas 1 banheiro e cerca de 40 m² de área interna.

LEVANTAMENTO DOS DADOS

Com base nos dados do Departamento de Água e Esgotos de Ribeirão Preto (DAERP), os relatórios de consumo de água da edificação foram consultados para compreender o consumo mensal da edificação. Na Tabela 1, observa-se o consumo de água potável no edifício, entre os meses de novembro de 2016 e agosto de 2017.

Tabela 1: Consumo de água potável na edificação.

RELATORIO DE CONSUMO - D.A.E.R.P.		
MÊS	APARTAMENTOS OCUPADOS	CONSUMO (M ³)
Nov/16	7	61
Dez/16	7	55
Jan/17	6	46
Fev/17	6	49
Mar/17	7	63
Abr/17	7	61
Mai/17	7	65
Jun/17	7	63
Jul/17	7	65
Ago/17	7	59

Fonte: Carmo et al. (2017)

Ressalta-se que houve pequena variação na ocupação dos apartamentos (de 6 para 7) e, além disso, há nitidamente um menor consumo nos meses de janeiro e fevereiro (períodos de férias/viagens). Após esse levantamento de dados sobre o consumo, realizou-se uma pesquisa de campo com os moradores da edificação por meio de um questionário simplificado para obter a média diária de acionamentos da bacia sanitária em cada apartamento, conforme Tabela 2, realizado no período inicial do estudo.

Tabela 2: Média de uso da bacia sanitária.

USUÁRIO	HABITANTES POR APTO	ACIONAMENTOS POR PESSOA (D)
A	1	4
B	2	3
C	4	4
D	1	3
E	2	3
F	3	4
G	1	4
Total	14	25
	Média de Uso	4

Fonte: Carmo et al. (2017)

Observa-se que, mesmo havendo uma variação considerável de ocupantes em cada apartamento, não houve uma variação considerável nos acionamentos da bacia sanitária por pessoa. Por fim, apresenta-se os dados da pluviometria da cidade de Ribeirão Preto-SP, onde está localizada a edificação em estudo. Os dados da Tabela 3 foram obtidos com base nas séries históricas fornecidas pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) do estado de São Paulo.

Tabela 3: Séries históricas da cidade de Ribeirão Preto-SP.

ANO	JAN (MM)	FEV (MM)	MAR (MM)	ABR (MM)	MAI (MM)	JUN (MM)	JUL (MM)	AGO (MM)	SET (MM)	OUT (MM)	NOV (MM)	DEZ (MM)	MÉDIA ANUAL (MM)	TOTAL
2007	475,1	191,3	150,3	59,6	89,7	0	85,8	0	0	40,0	154,6	91,1	111,46	1.337,5
2008	489,3	141,9	171,2	147,5	48,8	0,5	0	0,8	2,6	26,7	138,1	207,9	114,6	1.375,3
2009	237,0	280,4	121,1	62,7	40,6	27,9	32,3	99,0	131,2	136,7	90,6	397,1	138,05	1.656,6
2010	211,6	89,1	93,9	18,7	9,2	10,5	25,5	0	105,0	33,0	286,8	208,5	90,98	1.091,8
2011	190,1	229,1	300,1	118,9	24,0	40,1	0	1,0	6,4	183,8	202,1	120,4	118,0	1.416,0
2012	286,1	57,3	86,3	83,9	91,1	130,2	11,3	0	69,5	70,9	144,3	88,4	93,27	1.119,3
2013	253,3	133,1	167,1	50,7	111,6	26,1	23,9	0	67,7	90,9	152,3	362,5	119,96	1.439,2
2014	57,6	67,5	145,5	79,7	0,7	2,0	36,7	0	47,9	54,6	198,7	187,8	73,22	878,7
2015	77,0	316,1	132,0	72,0	66,5	20,3	7,9	3,6	106,6	91,7	193,6	226,9	109,52	1.314,2
2016	488,1	227,1	233,2	2,2	73,6	105,6	0	41,5	13,3	133,6	161,6	176,0	138,0	1.655,8
MÉDIA MENSAL (MM)	276,52	173,29	160,07	69,59	55,58	36,32	22,34	14,59	55,02	86,19	172,27	206,7	110,706	-
TOTAL														13.284,4

Fonte: Departamento de Águas e Energia Elétrica (D.A.E.E.) (2017)

Optou-se por realizar uma análise que envolvesse dez anos de dados pluviométricos, pois dessa forma atenuasse a influência de anos chuvosos ou secos e tem-se a caracterização mais representativa da precipitação mensal em longo prazo, que auxilia a tomada de decisão para o dimensionamento.

Posteriormente, para analisar o consumo médio dos usos da bacia sanitária, realizou-se uma pesquisa sobre os consumos de 10, 14 e 20 litros por fluxo (l/fluxo), por uso da descarga do conjunto sanitário (Tabela 4). Estes consumos, representam um conjunto novo (cenário 1), outro com pouco tempo de uso (cenário 2) e um conjunto antigo (cenário 3), respectivamente. Através disso, foi obtido o consumo mensal da edificação em três cenários.

Tabela 4: Consumo para cada conjunto sanitário.

CONSUMO PARA TRÊS CENÁRIOS			
FORMULAÇÃO: $C = Q * D * Hab$			
CONJUNTOS	CONSUMO DIÁRIO (L/DIA)	CONSUMO MENSAL (L/MÊS)	CONSUMO MENSAL (M³/MÊS)
Novo (Vazão 10 l/fluxo)	560	16.800	16,80
Pouco Tempo de uso (Vazão 14 l/fluxo)	784	23.520	23,52
Antigo (Vazão 20 l/fluxo)	1.120	33.600	33,60
Média do consumo	821,33	24.640	24,64

Fonte: Carmo et al. (2017)

Destaca-se para a construção dos cenários: ano de 2009 (ano de maior precipitação média) e o conjunto de descarga novo (cenário 1); a média mensal de precipitação e o conjunto de descarga com pouco tempo de uso (cenário 2) e; ano de 2014 (ano de menor precipitação média) e o conjunto de descarga antigo (cenário 3).

DIMENSIONAMENTO DOS RESERVATÓRIOS E ANÁLISE ECONÔMICA SIMPLIFICADA

O local apropriado e mais utilizado para captação de águas pluviais é a cobertura (telhado), pois dispõe de grande área de captação, impermeabilização da superfície e conta com sistemas de calhas e tubulações, os quais podem ser, em alguns casos, reaproveitados para o sistema de reaproveitamento da água pluvial. Transporta-se a água até o reservatório de coleta, passando por dispositivos de filtragem e descarte de impurezas conforme Figura 2. Após isto, a água é armazenada em reservatórios para então poder ser utilizada (MAY, 2004).

O telhado como superfície de captação, no entanto, é uma área de acesso por diversos animais, que podem contaminar esta área de captação, assim como poeiras, folhas, pequenos gravetos, etc.. Por este motivo, descarta-se a primeira água da chuva, que escoará sobre a superfície do telhado e carregará diversas impurezas, contaminando assim o recurso hídrico (DACACH, 1990). Assim, um reservatório de autolimpeza com torneira tipo boia e filtro de areia também foi considerado.

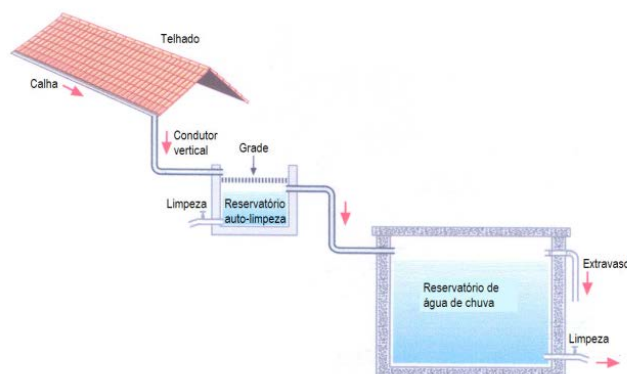


Figura 2: Exemplo de um sistema de aproveitamento de águas pluviais.

Fonte: Tomaz (1998, *apud* May, 2004).

Os métodos para o cálculo do volume mensal coletado, apresentados no anexo da NBR 15527 da ABNT (2007), são majoritariamente empíricos ou baseados em experiências internacionais. Dentre esses, o Método de Azevedo Neto, de Rippl e da Simulação são os mais conhecidos. São citados ainda três outros métodos denominados práticos: Método Prático Alemão, Método Prático Inglês e Método Prático Australiano. Dessa forma, para realizar o presente trabalho adotou-se o Método Australiano pela simplicidade e facilidade de uso para a situação em estudo. Conforme a NBR 15527 (2007), o volume precipitado é obtido pela equação que se segue.

$$Q = A * C * (P - I)$$

equação (1)

Sabe-se que: "Q" é volume mensal produzido pela chuva (m³/mês); "C" é o coeficiente de *Runoff*; "P" é a precipitação média mensal (m/mês); "I" é a interceptação da água que atinge a superfície e perdas por evaporação (0,002 m/mês); "A" é a área de coleta (m²).

Segundo Tomaz (2009), observa-se na Tabela 5 os valores médios dos coeficientes de *Runoff* para diferentes materiais.

Tabela 5: Valores médios do coeficiente de *Runoff*.

MATERIAL	COEFICIENTE DE <i>RUNOFF</i>
Telhas Cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas Esmaltadas	0,9 a 0,95
Telhas Corrugadas Metálicas	0,8 a 0,9
Telhas de Cimento Amianto	0,8 a 0,9
Telhas de Polipropileno	0,9 a 0,95

Fonte: Tomaz (2009).

Por fim realizou-se a análise econômica simplificada, que consiste em verificar quanto tempo levará para haver retorno econômico do investimento total realizado. Considerou-se: a relação entre o consumo total de água potável e o volume de água utilizado em acionamentos das descargas; custo de implantação do sistema; mão de obra; acessórios e; coeficiente de retorno.

RESULTADOS OBTIDOS

Diante dos dados levantados e dos métodos adotados, tem-se que a área de cobertura do edifício é de 206,74 m². O coeficiente de *Runoff* adotado foi em função do material da cobertura do edifício, ou seja, 0,85. Optou-se pelo método Australiano para o cálculo da vazão captada.

Com os dados obtidos pelo DAEE, foram analisados três cenários de pluviometria (melhor cenário, cenário médio e o pior cenário), e com estes dados foram calculados a vazão de captação do sistema de aproveitamento a ser implantado.

Nas Tabelas 6, 7 e 8 estão apresentados os resultados analisando-se os três cenários descritos acima, respectivamente. Na Tabela 6 temos o melhor cenário, ou seja, o melhor ano de chuvas na região (2009) e uso de bacia sanitária nova (10 l/fluxo).

Dessa forma, para a compreensão da Tabela 6 tem-se: os meses de 2009; Precipitação do ano mais chuvoso dentre os analisados (2009); a demanda mensal do uso de conjunto sanitário novo, obtida da Tabela 4; área de captação; vazão captada (método Australiano); vazão disponível ($Q_{disp.} = Q_{cap.} - Q_{cons.}$) nos reservatórios (máximo de 32 m³/mês); coeficiente de *Runoff*; intensidade interceptada recomendada pelo equacionamento Australiano e; forma de uso do conjunto sanitário (ou por água de reúso ou pelo abastecimento da concessionária). Ressalta-se que a vazão de demanda ($Q_{disp.}$) é acumulada para os meses subsequentes, visto que geralmente a captação é maior que o consumo.

Tabela 6: Melhor cenário, chuva de 2009 e conjunto sanitário novo.

MESES	CHUVA DE 2009 (MM)	DEMANDA MENSAL ($Q_{cons.}$) (M ³)	ÁREA DE CAPTAÇÃO (M ²)	VAZÃO DE CAPTAÇÃO ($Q_{cap.}$) (M ³ /MÊS)	VAZÃO DE DEMANDA ($Q_{disp.}$) (M ³ /MÊS)	COEF. <i>RUNOFF</i> (ADM)	INTENSIDADE (MM)	FORMA DE USO
Jan.	237	16,8	206,74	41,30	24,50	0,85	2	Captação
Fev.	280,4	16,8	206,74	48,92	32,00	0,85	2	Captação
Mar.	121,1	16,8	206,74	20,93	32,00	0,85	2	Captação
Abr.	62,7	16,8	206,74	10,67	25,87	0,85	2	Captação
Mai	40,6	16,8	206,74	6,78	15,85	0,85	2	Captação
Jun.	27,9	16,8	206,74	4,55	3,60	0,85	2	Captação
Jul.	32,3	16,8	206,74	5,32	-7,87	0,85	2	Concessionária
Ago.	99	16,8	206,74	17,05	0,25	0,85	2	Captação
Set.	131,2	16,8	206,74	22,70	6,15	0,85	2	Captação
Out.	136,7	16,8	206,74	23,67	13,02	0,85	2	Captação
Nov.	90,6	16,8	206,74	15,57	11,79	0,85	2	Captação
Dez.	397,1	16,8	206,74	69,43	32,00	0,85	2	Captação

Fonte: Carmo et al. (2017).

Destaca-se para esse cenário o mês de julho, pois, neste caso, seria o único que necessitaria de abastecimento público para auxiliar o sistema de captação da água de chuva nos acionamentos do conjunto sanitário. Observam-se, ainda, os meses de fevereiro, março e dezembro, meses que, por conta dos grandes índices pluviométricos, o sistema permaneceu com sua capacidade máxima (32 m³/mês).

Para a compreensão da Tabela 7, têm-se algumas informações adicionais, tais como: os meses do ano (coluna 1); precipitação mensal média para os dez anos (2007-2016) analisados (coluna 2); a demanda mensal do uso de conjunto sanitário com pouco uso, obtida da Tabela 4 (coluna 3);

Tabela 7: Cenário médio, precipitação média mensal (2007 - 2016) e conjunto sanitário com pouco uso.

MESES	CHUVA MÉDIA MENSAL (MM)	DEMANDA MENSAL ($Q_{cons.}$) (M^3)	ÁREA DE CAPTAÇÃO (M^2)	VAZÃO DE CAPTAÇÃO ($Q_{cap.}$) ($M^3/MÊS$)	VAZÃO DE DEMANDA ($Q_{disp.}$) ($M^3/MÊS$)	COEF. <i>RUNOFF</i> (ADM)	INTENSIDADE (MM)	FORMA DE USO
Jan.	276,52	23,52	206,74	48,24	24,72	0,85	2	Captação
Fev.	173,29	23,52	206,74	30,10	32,00	0,85	2	Captação
Mar.	160,7	23,52	206,74	27,89	32,00	0,85	2	Captação
Abr.	69,59	23,52	206,74	11,88	20,36	0,85	2	Captação
Mai	55,58	23,52	206,74	9,42	6,25	0,85	2	Captação
Jun.	36,32	23,52	206,74	6,03	-11,24	0,85	2	Concessionária
Jul.	22,34	23,52	206,74	3,57	-19,95	0,85	2	Concessionária
Ago.	14,56	23,52	206,74	2,21	-21,31	0,85	2	Concessionária
Set.	55,02	23,52	206,74	9,32	-14,20	0,85	2	Concessionária
Out.	86,19	23,52	206,74	14,79	-8,73	0,85	2	Concessionária
Nov.	172,27	23,52	206,74	29,92	6,40	0,85	2	Captação
Dez.	206,66	23,52	206,74	35,96	18,85	0,85	2	Captação

Fonte: Carmo et al. (2017).

Destaca-se para esse cenário uma divisão nítida dos meses chuvosos e secos, pois os meses onde há déficit de chuva, há déficit de armazenamento e, consequentemente, o uso do conjunto sanitário com água fornecida pela concessionária. Os meses chuvosos e de estiagem críticos são respectivamente fevereiro/março e julho/agosto.

Para a compreensão da Tabela 8, têm-se algumas informações adicionais, tais como: precipitação do ano menos chuvoso dentre os analisados (2014) (coluna 2) e demanda mensal do uso de conjunto sanitário com muito uso (antigo), obtida da Tabela 4 (coluna 3).

Tabela 8: Pior cenário, chuva de 2014 e conjunto sanitário antigo.

MESES	CHUVA DE 2014 (MM)	DEMANDA MENSAL ($Q_{cons.}$) (M^3)	ÁREA DE CAPTAÇÃO (M^2)	VAZÃO DE CAPTAÇÃO ($Q_{cap.}$) ($M^3/MÊS$)	VAZÃO DE DEMANDA ($Q_{disp.}$) ($M^3/MÊS$)	COEF. <i>RUNOFF</i> (ADM)	INTENSIDADE (MM)	FORMA DE USO
Jan.	57,6	33,6	206,74	9,77	-23,83	0,85	2	Concessionária
Fev.	67,5	33,6	206,74	11,51	-22,09	0,85	2	Concessionária
Mar.	145,5	33,6	206,74	25,22	-8,38	0,85	2	Concessionária
Abr.	79,7	33,6	206,74	13,65	-28,33	0,85	2	Concessionária
Mai	0,7	33,6	206,74	-0,23	-32,00	0,85	2	Concessionária
Jun.	2	33,6	206,74	0,00	-32,00	0,85	2	Concessionária
Jul.	36,7	33,6	206,74	6,10	-27,50	0,85	2	Concessionária
Ago.	0	33,6	206,74	-0,35	-32,00	0,85	2	Concessionária
Set.	47,9	33,6	206,74	8,07	-25,53	0,85	2	Concessionária
Out.	54,6	33,6	206,74	9,24	-24,36	0,85	2	Concessionária
Nov.	19,7	33,6	206,74	3,11	-30,49	0,85	2	Concessionária
Dez.	187,8	33,6	206,74	32,65	-0,95	0,85	2	Concessionária

Fonte: Carmo et al. (2017).

Por fim, o último cenário há algumas informações relevantes. Percebe-se nitidamente que por ser um ano pouco chuvoso quase não houve captação de água. Destacam-se os meses de junho, maio e agosto, este último não houve chuva nenhuma. Estes meses apresentam valores de captação negativos, devido ao valor da intensidade ser maior que o valor da precipitação, conforme o equacionamento Australiano. Portanto, todos os meses houve necessidade de uso do conjunto sanitário com água fornecida pela concessionária. Outra curiosidade é o valor de volume de $-32 \text{ m}^3/\text{mês}$, como não ocorre captação, logo, não há acionamento do conjunto de bombeamento.

Com base nos resultados obtidos, na NBR 5626 (1998) e utilizando o método prático australiano calcularam-se os volumes dos reservatórios (superior e inferior), os acessórios do sistema a ser implantado na edificação e a potência do conjunto motor-bomba a ser instalado para manter o sistema de aproveitamento. Na Tabela 7 estão descritos todos estes acima citados.

Tabela 7: Materiais necessários para a instalação.

MATERIAIS PARA IMPLANTAÇÃO	UNIDADES
Reservatório Superior	12 m ³
Reservatório Inferior	20 m ³
Tubo Alimentador	100 mm
Acessórios	Joelho 90°; Curvas 90°; Registro de Gaveta
Bomba	300 - 500 Watts

Fonte: Carmo et al. (2017).

A tabela acima apresenta os materiais que foram considerados essenciais para utilização no sistema, sem considerar a quantidade específica de cada material. Foram consideradas duas bombas (funcionando em paralelo) para fins de análise, para caso ocorra algum problema com uma das bombas, a outra bomba garantirá o funcionamento do sistema de bombeamento. O reservatório superior armazena dois quintos (40%) do volume total (32 m³) e o inferior armazena três quintos (60%) do volume total (32 m³).

A Figura 3 mostra uma representação esquemática do sistema de aproveitamento de águas pluviais a ser implantado na edificação em estudo.

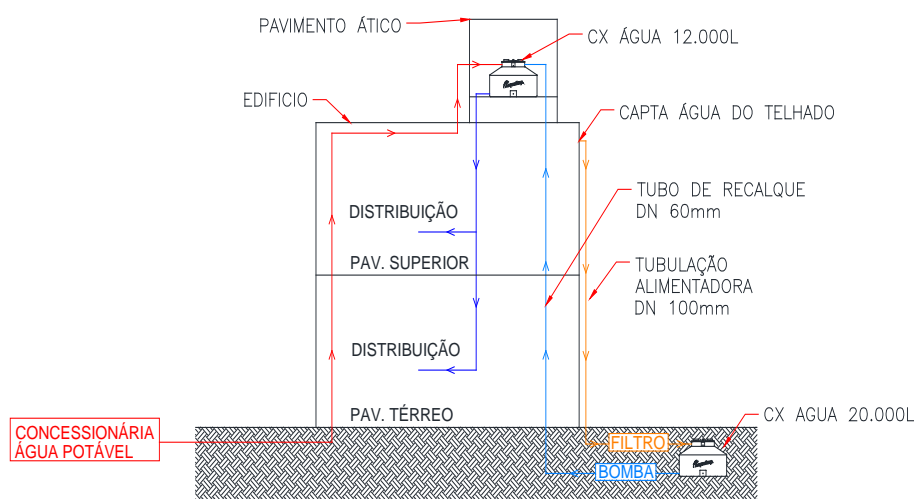


Figura 3: Esquema do sistema de aproveitamento de águas pluviais.

Observa-se nesta última figura a distribuição predial dos acessórios do sistema de captação, com um reservatório subterrâneo (inferior) para armazenamento da água captada, a localização da bomba para elevar a água até o reservatório superior, para posterior distribuição da água de reúso para os conjuntos sanitários dos apartamentos.

RELAÇÃO ENTRE O CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL X VOLUME DE ÁGUA UTILIZADO EM DESCARGAS

Consumo médio de descargas mensal (média obtida na Tabela 4): CM=24,64 m³/mês; Consumo de água potável mensal (média obtida da Tabela 1): 58,70 m³/mês.

Isto é, 41,98% da água potável consumida pelo edifício poderia ser substituída por água de chuva, na utilização das descargas dos vasos sanitários. Além disso, deve-se considerar a taxa paga correspondente ao esgoto sanitário incluso na tarifa, que é proporcional ao consumo de água potável e equivale a 60% do valor consumido de água. Para obter o valor monetário dessa economia mensal (R\$), utilizar-se-á como referência a taxa (em R\$/m³) estipulada pela resolução nº 010, de 08 de novembro de 2011, do DAERP, (para os consumos de 51,00 m³ a 80,00 m³/mês, taxa = R\$ 6,22/m³) multiplicada pelo volume de água utilizado nas descargas

(24,64 m³). Desta forma, a economia mensal seria de R\$ 153,26 (cento e cinquenta e três reais e vinte e seis centavos). Referente ao valor do esgoto, a economia mensal seria de R\$ 91,96 (noventa e um reais e noventa e seis centavos), 60% do valor economizado. Portanto, a economia mensal total seria de R\$ 245,22 (duzentos e quarenta e cinco reais e vinte e dois centavos).

ESTIMATIVA DO CUSTO DE IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA

De acordo com o dimensionamento do sistema de aproveitamento de água de chuva, o custo estimado para sua implantação será obtido através dos insumos necessários para edificação do sistema em assunto (Tabela 7), acrescidos de honorários de profissional habilitado para acompanhamento das obras, entre outros serviços necessários (projeto e aprovações). Os valores serão baseados nas Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos (TCPO) de 2017.

O valor estimado para construção do sistema de aproveitamento de água é de R\$ 27.485,00 (vinte e sete mil, quatrocentos e oitenta e cinco mil reais).

Deve-se mencionar que para o levantamento das estimativas de custos não serão considerados os cálculos dos valores referentes às manutenções gerais (preventiva e corretiva), bem como dos custos de operação (energia elétrica).

TEMPO DE RETORNO

O tempo necessário para o retorno do capital aplicado na construção do sistema de aproveitamento de águas pluviais é de aproximadamente nove anos e quatro meses.. Ao dividir o total investido pelo total economizado, obtém aproximadamente 112 meses, chegando a 9 anos e 4 meses de tempo de retorno.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

RELAÇÃO ENTRE O CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL X VOLUME DE ÁGUA UTILIZADO EM DESCARGAS

41,98% da água potável consumida pelo edifício poderiam ser substituídas por água de chuva, na utilização das descargas nos vasos sanitários.

Referente ao valor do esgoto, a economia mensal seria de R\$ 91,96 (noventa e um reais e noventa e seis centavos), 60% do valor economizado. Portanto, a economia mensal total seria de R\$ 245,22 (duzentos e quarenta e cinco reais e vinte e dois centavos).

ANÁLISE DOS CENÁRIOS DE PLUVIOMETRIA

Com os dados obtidos pelo DAEE, foram analisados três cenários de pluviometria (melhor cenário, cenário médio e o pior cenário) e com estes dados foram calculados a vazão de captação do sistema de aproveitamento a ser implantado, todos eles utilizando um conjunto sanitário novo.

Na Tabela 6 temos o melhor cenário, ou seja, o melhor ano de chuvas na região, neste cenário o abastecimento do edifício será realizado apenas um mês pela concessionária de abastecimento. Na Tabela 7, temos um cenário médio, onde o abastecimento pela concessionária responsável será de cinco meses e os outros sete meses pelo sistema de reaproveitamento. Já na Tabela 8, mostra o pior cenário, ou seja, o pior ano de chuvas na região, neste o abastecimento pela concessionária será realizado ao longo de todo o ano.

ESTIMATIVA DO CUSTO DE IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA

Apesar de o custo para implantação ser elevado, há de se considerar o retorno em longo prazo, visto que edifícios são construídos com a intenção de uso por muitas décadas.

Para minimizar o custo da implantação, o ideal seria contemplar o projeto de captação de águas pluviais logo no primeiro projeto do imóvel, pois assim o custo seria diluído no custo total da obra, a mão de obra já seria aproveitada e o transtorno e imprevistos de uma reforma para adaptação ao sistema seriam evitados e/ou sanados.

Neste estudo não foram considerados os consumos de energia elétrica utilizada na bomba de sucção, fator que aumentaria o custo mensal de uso do sistema e, aumentaria o tempo do retorno financeiro.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos durante a realização deste trabalho, podemos citar as seguintes conclusões:

- a)** os volumes pluviométricos, nos anos de alta pluviometria, conseguem suprir as necessidades do consumo de água para fins não potáveis quase em todos os meses do ano;
- b)** nos anos em que a chuva é escassa, o sistema convencional (abastecido pela concessionária responsável), tem que ocorrer em todos os meses do ano, ou seja, o sistema não será utilizado, tornando-o inviável;
- c)** nos anos em que a chuva tem índices medianos, temos um equilíbrio entre o sistema convencional e o sistema de aproveitamento, tornando-o passível de análise cuidadosa de viabilidade;
- d)** os materiais necessários à implantação (reservatórios, bomba, tubulações e acessórios) são de fáceis de encontrar no mercado;
- e)** o impacto social e ambiental do sistema é de grande proporção, pois a água captada não é encaminhada ao sistema de drenagem da cidade e o consumo de água potável para fins não potáveis é drasticamente diminuído;
- f)** segundo Cardoso (2013), o sistema de aproveitamento de águas pluviais é viável quando o valor do investimento retorna em menos de vinte anos. Assim, considera-se a viabilidade do sistema de aproveitamento para a edificação estudada, uma vez que o tempo de retorno é inferior a 20 anos;
- g)** constata-se ainda que quando o sistema é aplicado em edificações maiores – edificações escolares e edificações públicas – os impactos sociais e ambientais são ainda maiores e o custo de implantação torna-se menor;
- h)** este sistema de aproveitamento é recomendável para edificações que ainda estão em fase de construção, ou seja, estes sistemas devem ser analisados durante a fase de projeto de edificações haja vista que os insumos necessários à sua implantação são modestos em relação ao valor total da obra;
- i)** a análise foi realizada considerando apenas o reúso da água nas descargas dos vasos sanitários, mas poderia ser reutilizada para outros fins, como lavagem de pátios/pisos e jardinagem, fomentando ainda mais a relevância da instalação de tais sistemas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5626: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 1998.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15527: Água de chuva: aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis: requisitos. Rio de Janeiro, 2007.
3. BUFFON, F. T. Aproveitamento de águas pluviais: efeito sobre o sistema de drenagem urbana. 2010. 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Engenharia Civil, Porto Alegre, 2010.
4. CARDOSO, C. E. N. Aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis. 2013. 74 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Guaratinguetá, 2013.
5. CARMO, D. H. de F. et al. Aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis em edificações – estudo de caso. 2017. 45 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Paulista – UNIP, Ribeirão Preto, 2017.
6. CARVALHO, D. F.; MELLO, J. L. P.; SILVA, L. D. B. Hidrologia. 1-30 de maio de 2007. 86 f. Notas de Aula. Impresso.
7. DACACH, N. G. Saneamento básico. 1ª ed. Rio de Janeiro: Editora Didática e Científica, 1990.
8. DAEE. Departamento de Águas e Energia Elétrica. Disponível em: < <http://www.daee.sp.gov.br/>>. Acesso em: 7 agosto 2017.
9. DAERP. Departamento de Água e Esgoto de Ribeirão Preto. Disponível em: < <http://www.ribeiraopreto.sp.gov.br/daerp/i04principal.php>>. Acesso em: 10 agosto 2017.

10. DORNELLES, F. Aproveitamento de água de chuva no meio urbano e seu efeito na drenagem pluvial. 2012. 219 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Porto Alegre, 2012.
11. ESTIAGEM prolongada pode provocar nova crise hídrica na região, diz D.A.E.E. G1, Ribeirão Preto, 18 ago. 2015. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sp/ribeirao-preto-franca/noticia/2015/08/estiagem-prolongada-pode-provocar-nova-crise-hidrica-na-regiao-diz-daee.html>>. Acesso em: 14 mar. 2017.
12. HAGEMANN, S. E. Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso. 2009. 140 f. Tese (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Santa Maria, 2009.
13. HESS, A. E. M; FROHLICH, T. C. Seven states running out of water. USA Today, Nova Iorque, 1 jun. 2014. Disponível em: < <http://www.usatoday.com/story/money/business/2014/06/01/states-running-out-of-water/9506821/>>. Acesso em: 14 mar. 2017.
14. MANCUSO, P. C. S; SANTOS, H. F. Reúso de água. 1ª ed. São Paulo: Manole, 2003.
15. MAY, S. Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações. 2004. 159 f. Tese (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
16. NOVAKOSKI, C. K. Aproveitamento de águas pluviais: dimensionamento do reservatório para aplicação em residências de padrão alto, normal e baixo em Porto Alegre – RS. 2014. 136 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Engenharia Civil, Porto Alegre, 2014.
17. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. População Mundial deve atingir 9,6 bilhões em 2050, diz novo relatório da ONU. Brasília, 13 jun. 2013. Disponível em: < <https://nacoesunidas.org/populacao-mundial-deve-atingir-96-bilhoes-em-2050-diz-novo-relatorio-da-onu/>>. Acesso em: 12 mar. 2017.
18. TOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva de telhados em áreas urbanas para fins não potáveis: Diretrizes básicas para um projeto. Livro digital, 2009. Disponível em: < <http://pliniotomaz.com.br/livros-digitais/>>. Acesso em: 15 maio 2017.
19. TUNDISI, J. G. Recursos Hídricos. Revista MultiCiência, São Carlos, 1 out. 2003. Disponível em: < <http://www.multiciencia.unicamp.br/art03.htm>>. Acesso em: 12 mar. 2017.
20. VASCONCELOS, M. Crise hídrica: São Paulo está preparada para enfrentar a estiagem? BBC Brasil, Londres, 5 maio 2015. Disponível em: < http://www.bbc.com/portuguese/noticias/2015/05/150427_estiagem_sp_mv>. Acesso em: 14 mar. 2017.