



APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA FINS NÃO POTÁVEIS, NA FUNDAÇÃO PADRE AMÉRICO EPIFÂNIO PEREIRA DE PITANGUI-MG

Wesley Almeida Teixeira⁽¹⁾, Elaine Gonçalves da Costa⁽²⁾, Felipe de Faria Pires⁽³⁾, Márcio Henrique franco⁽³⁾ Rafael de Carvalho Gonçalves⁽³⁾

⁽¹⁾ Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental - Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG) - Campus Bambuí. ⁽²⁾ Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental - Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG) - Campus Bambuí; Professora do Centro Universitário Una Bom Despacho. ⁽³⁾ Graduandos em Eng. Civil, Centro Universitário Una Bom Despacho

RESUMO

Com a escassez de chuva decorrida nos últimos anos, o aproveitamento de água tem sido muito importante, não só para a economia financeira, mas também para a conservação da água potável. Muito tem-se comentado sobre este assunto, mas pouco está sendo feito para evitar o mau uso e o desperdício de água nos meios urbanos. Neste cenário o aproveitamento de águas pluviais é uma das alternativas aplicadas em todo o mundo, utilizando esta água para fins não nobres, que não necessitam de uma água de boa qualidade. Com isso, o presente trabalho discute dados de precipitação da região e apresenta sugestões de medidas que visam a mitigação dos aspectos e impactos que levam a escassez de água, através de um modelo de captação e utilização das águas pluviais para fins não potáveis e finalizando com apresentação de valores de retorno do investimento realizado com a implementação do sistema além de demonstrar a viabilidade ambiental e econômica.

Palavras-chave: Escassez, Aproveitamento, Águas pluviais.

1 INTRODUÇÃO

A água é um elemento essencial para sustentação da vida no planeta Terra e sua escassez é um assunto cada vez mais discutido. Muitos desses problemas são causados pela sociedade, onde falta a conscientização em relação ao uso consciente. O crescimento populacional acelerado e a industrialização provocam poluição de rios e nascentes, desmatamentos e consumismo.

Segundo Lima (2001), apesar de se ter uma superfície terrestre composta por um volume total de 1386 milhões de Km³ de água, apenas uma pequena parcela de 0,007% está disponível para consumo humano. Perona (2011), estima que um terço da população mundial sofre com algum tipo de escassez. Seja ela escassez física, quando os recursos hídricos não



conseguem suprir a demanda da região, quanto escassez econômica, gerada pela falta de infraestrutura de abastecimento, distribuição, além da qualidade dos corpos hídricos que torna muitas das vezes o tratamento inviável economicamente.

Pessoas de vários países do mundo e não apenas de grandes potências, estão sendo conscientizadas de que a água é uma necessidade básica e que em um futuro próximo, será uma das maiores riquezas existentes, visto sua iminente escassez. Práticas para evitar o desperdício, ou de aproveitamento da água devem ser adotadas pela sociedade, para que as pessoas não sofram com a escassez parcial, ou mesmo total deste recurso. Em algumas regiões do Brasil, as pessoas têm se conscientizado da importância de preservar os recursos hídricos, embora apenas nas capitais as medidas de preservação estejam sendo mais utilizadas.

A captação das águas pluviais já é uma prática constante em algumas residências ao redor do globo, principalmente em cidades europeias, onde existem vários projetos de captação, visando uma maneira simples e com custo baixo, além de benefícios, como a redução do consumo de água tratada para fins não nobres. Embora este recurso também já exista em algumas cidades do Brasil, sua divulgação e crescente prática têm aumentado somente nos últimos anos, após a escassez da água se tornar mais evidente e a preocupação em relação a este assunto ter atingido proporções maiores.

As águas pluviais podem ter várias utilidades, porém em contrapartida a chuva é um recurso disponível apenas em épocas distintas do ano. Apesar de longos meses de seca, ainda pode-se obter alguns ganhos como o seu reaproveitamento, a redução do consumo e no gasto mensal. O aproveitamento das águas pluviais traz outros benefícios, como a redução de alagamentos ou enchentes, pois a água que cai no telhado e escorre pelas ruas, com o sistema de aproveitamento ficará retida em reservatórios para posterior utilização.

Este projeto foi realizado na Fundação Padre Américo Epifânio Pereira, que é a denominação Jurídica da Instituição Beneficente chamado de "Asilo Padre Américo". Este foi construído com recursos que o Padre Américo conquistou em vida.

Este trabalho teve como objetivo propor um sistema de captação de águas pluviais na Fundação Padre Américo Epifânio Pereira na cidade de Pitangui- MG, para fins não potáveis. Avaliando o consumo de água fornecida pela concessionária, afim de estimar a redução do custo mensal com consumo de água tratada.



2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Disponibilização dos recursos hídricos

Conforme Vasconcelos e Ferreira (2007), sempre que se fala o termo água, refere-se ao elemento natural, enquanto recurso hídrico é a consideração da água, vinculado ao seu uso ou utilização. Para Perona (2011), a presença de água no planeta Terra é uma fonte de vida, pois pode ser considerado que os seres vivos surgiram devido a existência da mesma. Os primeiros seres viviam dentro d'água e sua migração para a terra surgiu somente após muito tempo. CARVALHO (2014), afirma que a constituição do planeta Terra é de aproximadamente 71% de água, embora somente 3%, aproximadamente, sejam de água doce. E de toda essa água doce existente, os rios e lagos constituem aproximadamente 0,3%, e 30,1% sejam encontradas em reservatórios subterrâneos.

Amorim e Pereira (2008), citam que a água pode ser considerada como um elemento primordial para que se tenha vida sobre a Terra e o ser humano trata a água como um bem inesgotável, utilizando-a frequentemente de forma não racional. Segundo Lima *et al.* (2011) e Rodrigues (2010), devido ao aumento da população e a degradação dos recursos hídricos, a disponibilidade de água está diminuindo rapidamente, com isto, ela ganhará mais importância na economia global, pois passará de bem inesgotável a bem escasso, afetando grande parte da população mundial.

Conforme Lima (2001), em 30 anos haverá 5,5 bilhões de pessoas sofrendo com a falta de água, pois se estima que mais de um bilhão de pessoas já vivem com suficiente indisponibilidade de água para consumo doméstico. Vasconcelos e Ferreira (2007) e Baldessar (2012), afirmam que a humanidade vem passando por diversos problemas globais, socioambiental e financeiro. Diante disso, discussões sobre o meio ambiente, em especial sobre a água devem ser tratadas com especial importância, pois o aumento da demanda de água está relacionado proporcionalmente com o crescimento populacional. Todas as cidades que mais se deparam com problemas ambientais, se encontram em constante crescimento. Toda nova construção afeta o meio ambiente, embora essas consequências nem sempre sejam perceptíveis ou imediatas.

Segundo Lima (2001), desde o início dos tempos a humanidade vem alterando o ciclo hidrológico da Terra para satisfazer a demanda de água, construindo açudes, barragens, poços, aquedutos, sistemas de drenagem e de abastecimento, além de projetos de irrigação, dentre



outras estruturas. Cardoso (2010), cita em pesquisa que apesar de a água ser abundante no planeta, em algumas regiões a existência de água doce é raro, sendo que a maior parte desta água encontrada no mundo está localizada em apenas dez países, dentre eles o Brasil. Estima-se que cerca de 27% dos recursos hídricos do país estejam disponíveis para 95% dos brasileiros e 73% esteja concentrada na região da Amazônia, onde a população é menor do que em qualquer outra região no Brasil. Do volume de água ofertado à população, estima-se que 45% desse volume esteja sendo desperdiçado. Isto representa por ano cerca de aproximadamente 3,78 bilhões de metros cúbicos de água.

Pereira, Pasqualetto e Minami (2008), afirmam que o Brasil também enfrenta em determinadas regiões problemas hídricos, como baixo índice pluviométrico e/ou água de má qualidade. Em alguns estados do Brasil, como por exemplo, Espírito Santo e Paraná, medidas para diluir a vazão da chuva e evitar enchentes são fatores obrigatórios, porém, conforme Perona (2011), destaca, sua reutilização ainda não é exigida. Cardoso (2010), afirma que em algumas regiões do Brasil, como no Nordeste e Sudeste, se nenhuma atitude for tomada para preservar a água, a disponibilidade hídrica poderá chegar a condições catastróficamente baixa.

Amorim e Pereira (2008), afirmam que a melhor forma de se identificar os períodos de dias consecutivos sem chuva e até mesmo sua taxa de repetição é o levantamento dos registros pluviométricos de anos anteriores, principalmente de décadas anteriores. Embora esse levantamento histórico seja extremamente importante, dependendo da localidade é difícil de conseguir, ou até mesmo inexistente.

2.2 Escassez de água

Para VASCONCELOS e FERREIRA (2007), os altos padrões de conforto e bem-estar da vida moderna, associado ao crescimento acelerado da população mundial tem intensificado a escassez de água em algumas regiões do mundo. Perona (2011), destaca que é muito importante que a sociedade entenda o quanto a água é importante para a vida humana. Com a água se tornando mais escassa para consumo, os processos para seu tratamento serão mais complexos e o preço para seu consumo também será maior.

Segundo Lima et al. (2011), outro fator que leva a escassez da água é a modificação do clima e até mesmo da paisagem, pois altera o ciclo de renovação, sua qualidade e quantidade. O autor destaca também que o potencial de aproveitamento durante a estação chuvosa é de 100%, enquanto durante a estação de seca, pode ter meses em que a precipitação e o aproveitamento da água da chuva podem chegar à zero.



Rodrigues (2010), cita que com a água se tornando cada vez mais escassa, a tendência é que em um futuro próximo parte da população não terá acesso fácil aos recursos hídricos. Para Lima (2001), a nível global os recursos hídricos ainda não chegaram a escassez, embora a má distribuição destes recursos faça com que algumas regiões sofram com a falta de água permanentemente.

Segundo Goldenfum (2015), uma forma de reutilização da água e a sua conservação tem sido adotado através de sistemas de coleta e utilização de água da chuva. Sua utilização tem sido adotada tanto para fins potáveis, quanto para não potáveis, como forma alternativa para enfrentar a carência dos recursos hídricos, e sua escassez. Para CARVALHO (2014), estima-se que, atualmente, 100.000.000 de pessoas ao redor do mundo utilizam a água pluvial de alguma forma.

1.1. Aproveitamento da água da chuva

Segundo Minikowski e Maia (2009), as características pluviométricas da região, o volume do reservatório de armazenamento e a área impermeável de captação são fatores que estão diretamente relacionadas para o bom funcionamento de um sistema de aproveitamento de águas pluviais. De acordo com Rodrigues (2010) e Cardoso (2010), a água pluvial pode ser utilizada para as seguintes finalidades: rega de plantas e plantações, descargas, usos industriais, bem como lavagem de roupas, de pavimentos e de automóveis. A média de água consumida em uma residência é de 40% para usos não potáveis.

Para MINIKOWSKI e MAIA (2009), o risco de escassez tem aumentado à conscientização da população em relação à utilização da água. Embora a coleta e o armazenamento de águas pluviais sejam uma realidade antiga, de acordo com Cardoso (2010), o aproveitamento de água pluvial quase não existia no Brasil e apenas há aproximadamente 20 anos atrás se tem feito projetos no sentido de reaproveitar a água da chuva.

Segundo Goldenfum (2015), uma das fontes de água mais puras que se pode ter é a água da chuva, pois sua origem através das precipitações quase não contém impurezas. Sua contaminação ocorre após o contato com a superfície terrestre, pois neste momento há inúmeras formas de contaminação diferentes que podem atingir a água. Pereira, Pasqualetto e Minami (2008), afirmam que somente as primeiras águas, após a precipitação das chuvas carregam poluentes atmosféricos, microrganismos e ácidos

De acordo com Cardoso (2010), embora sejam necessários alguns pequenos cuidados para que os sistemas de captação da água sejam mais seguros e de fácil manutenção, o processo para reaproveitamento pluvial não tem mistérios. Segundo Moruzzi, Carvalho e



Oliveira (2012), para efetuar o aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis, a maioria dos projetos de reservatórios são efetuados com base apenas em critérios empíricos. Amorim e Pereira (2008) destacam que para a montagem do sistema utilizado para aproveitamento de águas pluviais são necessários, geralmente, coberturas para área de captação, calhas e tubos para os componentes de transporte, e o reservatório. Para MINIKOWSKI e MAIA (2009), é de fundamental importância o dimensionamento adequado do reservatório de armazenamento para a viabilidade técnico-econômica da implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais.

3 METODOLOGIA

3.1 Área de Estudo

A pesquisa foi realizada na Fundação Padre Américo de Pitangui-MG. A Fundação atualmente atende 42 idosos sendo 26 mulheres e 16 homens. O local não possui reservatório de armazenamento de água da chuva. Possui uma área total de 12037,64 m² onde 1037,95 m² são de áreas construídas e o restante é dividido entre área de convívio, jardins, hortas e pomares. No estudo foi abordada uma área de captação das águas pluviais de 669,62 m², com telhas francesas e com inclinação de 32°.

Realizou-se uma média nas contas de água junto a concessionária local, sendo constatado um gasto médio de 243000 litros de água potável por mês e os resultados deste consumo mostram um gasto médio mensal de R\$2403,11, tomando por base os valores cobrados pela concessionária de distribuição de água potável do município.

3.2 Coleta de Dados

Foi desenvolvida uma metodologia para o estudo de caso que consistiu nas seguintes etapas: levantamento de dados do consumo de água potável, dados pluviométricos da região, consultas técnicas necessárias para elaboração do projeto, determinação da área de cobertura, dimensionamento de reservatório, análise econômica e viabilidade de implantação do sistema.

Levantou-se mensalmente os gastos médios de água tratada e com os resultados deste consumo os valores gastos, utilizando os valores cobrados pela concessionária de distribuição de água potável do município. É possível obter todo histórico de consumo dos últimos 12 meses conforme mostra as figuras 1 e 2, acessando o site da Concessionária com o número de matrícula que consta na fatura.

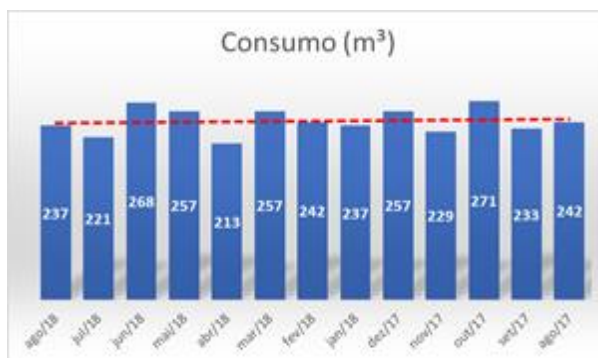


Figura 1 - Histórico de Consumo
Fonte: Adaptado Copasa (2018).



Figura 2 - Histórico de Custo
Fonte: Adaptado Copasa (2018)

3.2.1 Índice Pluviométrico

Para o levantamento do Índice pluviométrico em milímetros como mostra o quadro 1, foram coletados dados de 2010 a 2016 da estação meteorológica mais próxima da cidade de Pitangui, junto ao INMET (2018), de Bom Despacho.

Meses/ Anos	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Janeiro	100,6	128,2	151,2	259,0	76,7	69,4	337,2
Fevereiro	38,4	124,5	58,6	3,8	4,2	175,0	89,3
Março	180,0	399,7	117,0	141,2	118,7	233,6	61,9
Abril	21,4	122,6	43,2	67,8	93,1	37,0	34,2
Mai	54,2	0	39,9	82,8	8,8	49,3	2
Junho	4,0	16,6	100,5	34,0	1,0	9,7	51,6
Julho	0,4	0	1,6	0	58,8	0	0
Agosto	0	0	0	1,4	0	0	3,0
Setembro	75,8	0,8	17,0	35,2	9,4	95,4	20,6
Outubro	132,4	182,0	56,8	132,3	66,3	47,6	110,3
Novembro	280,5	100,6	236,1	237,2	253,9	164,0	245,1
Dezembro	327,4	448,6	71,0	221,7	147,8	203,7	274,4
Média Mensal (mm)	101,3	126,9	74,4	101,4	69,9	90,4	102,5

Quadro 1- Precipitação mensal e anual acumulada de Bom Despacho.

Fonte: Adaptado INMET (2017).

3.2.2 Legislação pesquisada

Os dados para elaboração do projeto foram levantados na ABNT NBR 15527/2007 critérios necessários para garantir funcionalidade, segurança, higiene, durabilidade e economia, que estabelece os parâmetros gerais para instalação de um sistema de aproveitamento de água da chuva, que também deve atender a ABNT NBR 5626/1998 (instalação prediais de água fria) e a ABNT NBR 10844/1989 (instalações prediais de águas pluviais). A ABNT NBR 15527/2007, estabelece que no estudo deve constar o alcance do projeto, a população que utiliza a água da chuva e a determinação da demanda a ser definida pelo projetista do sistema. Durante a concepção do projeto fez-se necessário a consulta de outras normas técnicas para garantir que o mesmo atenda as boas práticas da engenharia.

A ABNT NBR 15527/2007, ainda determina que a água captada deve estar protegida da exposição direta da luz solar e calor, bem como protegida contra invasão de animais pela tubulação.

3.2.3 Área de Contribuição

No dimensionamento dos componentes de vazão e o volume do reservatório, foi necessário o levantamento da área de telhado da Fundação Padre Américo. Com o somatório das áreas de superfície que intercepta a água de chuva, tem-se a área de contribuição. A área de cobertura foi dividida em 4 panos (água do telhado) conforme indicado na figura 3, de modo a facilitar os cálculos.

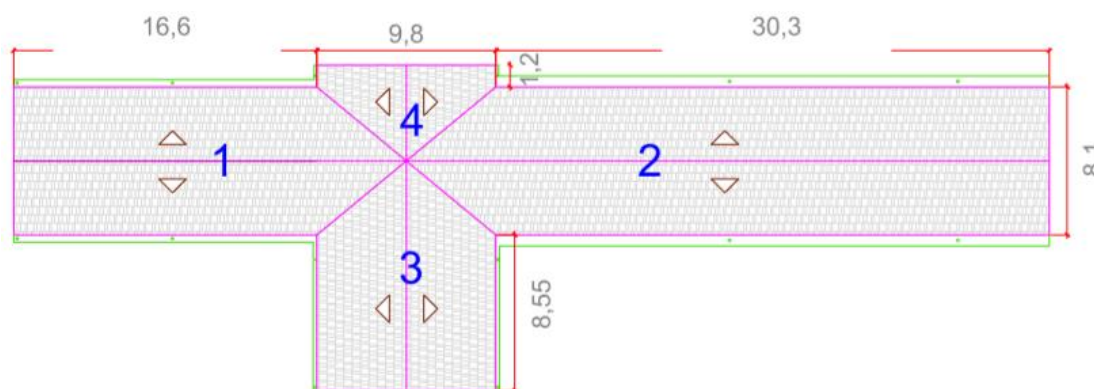


Figura 3 - Cobertura dividida por panos
Fonte: Autores (2018).

Para o cálculo destas áreas foram utilizados critérios técnicos de acordo com a ABNT NBR 10844/1989, que define a área de contribuição para telhados inclinados. Onde foram encontrados em cada pano as áreas de contribuição listadas no quadro 2, a partir da equação (1).

$$AC = \left(a + \frac{h}{2} \right) * b \quad (1)$$

Onde:

AC = área de contribuição

a= largura do telhado em (m)

h= altura da cumeeira do telhado em (m)

b = comprimento do telhado em (m)



PANO	1	2	3	4
AC (m ²)	93,82	161,30	61,07	18,62

Quadro 2 - Áreas de Contribuição
Fonte: Autores (2018).

Importante lembrar que a área de contribuição total é encontrada somando todos os panos e deve ser duplicada, visto que a cobertura da edificação possui telhado de 2 águas, assim a área de contribuição total é de 669,62 m².

O volume de água aproveitável não é o mesmo do volume precipitado. Segundo Tomaz (2003), uma parte da água precipitada na superfície de captação é evaporada e/ou retida no telhado essa perda é chamada na equação de coeficiente de *Runoff*, que é a relação entre a precipitação que escoar pela área de captação e o total precipitado. Assim, o volume aproveitável de água é dado pela equação (2).

$$V = \frac{(P * A * C)}{1000} \quad (2)$$

Em que:

V = volume de água de chuva (m³);

P = precipitação (mm);

A = área de contribuição (m²);

C = coeficiente de Runoff.

Com a aplicação da equação citada acima, obteve-se o valor em m³ de água que pode ser aproveitada, e que pode ser visto na tabela 3.

PANO	1	2	3	4
V aprov. (m ³)	11,41	18,27	22,58	15,72

Quadro 3 - Volume de água aproveitável
Fonte: Autores (2018)

3.2.4 Vazão de projeto

Para o dimensionamento dos condutores e calhas segundo orientação da ABNT NBR 10844/1989, a vazão de projeto foi calculada pelo produto da intensidade pluviométrica que é estipulada pela norma em 227 mm/h e área de contribuição, dividindo o resultado por 60 minutos. Desta forma, obteve-se como resultado para cada pano do telhado as vazões de projeto que são descritas na quadro 4.



PANO	1	2	3	4
Qproj (L/min)	354,95	610,25	231,05	70,45

Quadro 3 - Vazão de projeto
Fonte: Autores (2018)

3.2.5 Condutores horizontais - Calhas

Como nos outros elementos do projeto, o dimensionamento das calhas deve seguir parâmetros que garantam seu funcionamento eficaz, evitando assim, o transbordo de água que pode comprometer as etapas seguintes de dimensionamento. A ABNT NBR 10844/1989 estabelece a fórmula de Manning-Strickler representada na equação (3), para o dimensionamento dos condutores horizontais.

$$Q = 60000 * \left(\frac{A}{n}\right) * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2} \quad (3)$$

Onde:

Q = Vazão de projeto (L/min)

A = Área de seção molhada (m²)

n = coeficiente de rugosidade do material

Rh = Raio hidráulico (m)

S = inclinação da calha (m/m)

60000 = coeficiente para transformar a vazão em m³/s para l/min

Para o projeto foi proposto a utilização de calha de aço galvanizado. Segundo Carvalho Junior (2017), a largura da calha é dimensionada em função do comprimento do telhado, onde até 5 metros usam-se largura de 15 cm, de 5 a 10 metros usa-se largura de 20 cm, de 15 a 20 metros usa-se largura de 40 cm, e 30 metros ou mais usa-se largura de 60 cm. Com essas informações foi possível obter as dimensões das calhas, demonstradas no quadro 5. As calhas têm altura de 7,5 cm, porém a altura da lâmina de água adotada no projeto é de apenas 5cm que é o valor mínimo estabelecido na ABNT NBR 10844/1989.

PANO	1	2	3	4
Dimensões Calhas (cm)	40 x 7,5	60 x 7,5	20 x 7,5	15 x 7,5

Quadro 5: Dimensões das calhas em função do comprimento do telhado
Fonte: Autores (2018).

Após encontradas as dimensões das calhas, foram aplicadas as informações na fórmula de Manning-Strickler, encontrando as vazões das mesmas, conforme mostra o quadro 6.

PANO	1	2	3	4
Vazão Calha (L/min)	902,22	1420,2	396,81	279,29

Quadro 6: Vazões Da Calhas
Fonte: Autores (2018)

Como pode ser observado as vazões das calhas dimensionadas são superiores as vazões de projetos, o que permite um escoamento da água sem que ocorra o transbordo. A norma ainda ressalta que as calhas devem ter inclinação constante de 0,5%, para garantir o escoamento até os pontos de drenagem.

Para um sistema de captação pluvial, nas calhas, devem-se usar dispositivos para remoção de detritos como grelhas ou grades que atendam à ABNT NBR 12213/1992. E também admite-se ser instalado no sistema de aproveitamento da água pluvial, um dispositivo de descarte da água do escoamento inicial. Recomenda-se que tal dispositivo seja automático conforme Figura 4.

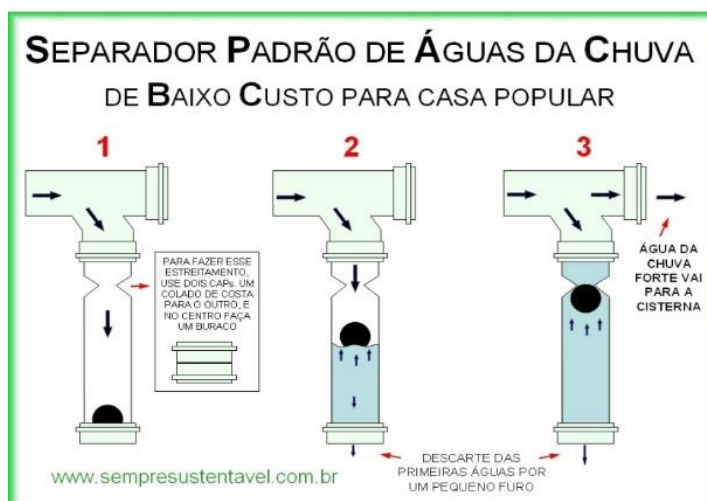


Figura 4: separador padrão de águas da chuva
Fonte: sempre Sustentável (2018)

Quando esse dispositivo é utilizado, o descarte da água deve ser dimensionado pelo projetista, na falta de dados, recomenda-se descartar o primeiro 1 mm da precipitação inicial. Para o projeto. É proposto a utilização de 8 tubos de 150mm, obtendo-se a capacidade de retenção de 760,17 litros de água a ser descartada.

3.2.6 Condutores verticais

Segundo a NBR 10844/1989 condutores verticais são as tubulações que ficam em posição vertical com objetivo de recolher as águas que foram direcionadas da área de captação para as calhas e posteriormente conduzir até os condutores horizontais.

Segundo Carvalho Junior (2017), os diâmetros dos condutores verticais são dimensionados a partir do escoamento em litros por segundo, sendo este obrigatoriamente



maior que a vazão de projeto. Os condutores verticais foram dimensionados, e encontrados os diâmetros apresentados no quadro 7.

PANO	1	2	3	4
Diâmetro (mm)	125	150	125	100

Quadra 7: Diâmetro dos condutores verticais

Fonte: Autores (2018).

Dantas (1989), demonstra que as dimensões dos condutores verticais também podem ser encontradas através da equação (4). A aplicação da equação remete aos mesmos valores citados acima, quando adota-se um valor comercial superior ao encontrado na equação.

$$D = 10,56 * Q^{0,4} \quad (4)$$

Onde:

Q = Vazão de projeto (L/min)

D = Diâmetro da tubulação (mm)

3.2.7 Condutores horizontais

Segundo a NBR 10844/1989, os condutores horizontais são as tubulações que permite o recolhimento de água pluvial captada pela calha, que é direcionada aos condutores verticais. Após o recolhimento, os condutores conduzem as águas pluviais até o reservatório.

Para o dimensionamento dos condutores horizontais, foi escolhido como parâmetro o que mostra na figura 5, adotando condutor com material de PVC com rugosidade $n = 0,011$.

diâmetro interno 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%
50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
63	59	84	118	168	55	77	108	154	50	71	100	142
75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
125	370	521	735	1040	339	478	674	956	313	441	622	882
150	602	847	1190	1690	552	777	110	1550	509	717	1010	1430
200	1300	1820	2570	3650	1190	1670	2360	3350	1100	1540	2180	3040
250	2350	3310	4660	6620	2150	3030	4280	6070	1990	2800	3950	5600
300	3820	5380	7590	10800	3500	4930	6960	9870	3230	4550	6420	9110

Figura 5 - Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazão em L/min).

Fonte: ABNT 10844/1989

Com base nas informações foram somadas as vazões de projeto dos panos do telhado que possuem deságue em comum, conforme mostra as Equações (5) e (6).



$$\Sigma Q = Q_1 + Q_2 + (2 * Q_3) \rightarrow \Sigma Q = 354,95 + 610,25 + (2 * 231,05) = \Sigma Q = 1427,30 \frac{l}{min} \quad (5)$$

$$\Sigma Q = Q_1 + Q_2 + (2 * Q_4) \rightarrow \Sigma Q = 354,95 + 610,25 + (2 * 70,45) = \Sigma Q = 1106,10 \frac{l}{min} \quad (6)$$

Para o projeto baseando-se na tabela explicita na ABNT 10844/1989, foi escolhido o tubo de PVC de 150 mm que possui uma capacidade de vazão de 1690 L/min aplicando a inclinação de 4%, sendo esta vazão superior as vazões encontradas nas equações acima.

3.2.8 Reservatório

O reservatório é um dos componentes mais importantes de um sistema de aproveitamento de água pluvial. Deve ser analisado para seu dimensionamento a demanda de água não potável, áreas de captação, precipitação de chuva e custos totais de implantação. O reservatório deve ser dimensionado com critérios técnicos, econômicos e ambientais pelo projetista utilizando métodos de dimensionamento de acordo com a ABNT NBR 15527/2007, ou outro método devidamente justificado.

O reservatório foi dimensionado pelo Método Azevedo Neto ANBT NBR 15527/2007, também conhecido como Método Prático Brasileiro, é considerado um método empírico e por ser menos complexo e de fácil aplicação é o mais indicado para pequenos estabelecimentos, que pode ser calculado através da equação (7).

$$V = 0,042 * P * A * T \quad (7)$$

V= é o valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório (litros).

P= é o valor numérico de precipitação média, expresso em milímetros (mm).

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

A= é o valor numérico da área de coleta em projeção, expresso em metros quadrados (m²).

O valor médio mensal de precipitação utilizado, foi o maior entre os anos em que os dados foram coletados, sendo 126,9 mm. O valor numérico dos meses de pouca chuva ou seca não é determinado por norma, desta forma consideramos aqueles que tiveram precipitação inferior a 70 mm, chegando ao valor de 6 meses de pouca chuva ou seca. A área de coleta, é o somatório de todos os panos do telhado, sendo o total 669,62 m².

O valor encontrado para o reservatório dimensionado pelo método Azevedo Neto ANBT NBR 15527/2007, foi de 21413,65 litros. Adotou-se um reservatório comercial de



20000 litros, o qual receberá o conjunto elevatório para bombeamento da água ao reservatório superior. O reservatório é dotado de um sistema “ladrão”, caso houver o transbordo do mesmo este sistema é interligado diretamente na rede de drenagem pluvial, ou podendo ser utilizado outro reservatório de porte menor, para que a água seja utilizada na lavagem de calçadas, terreiros e irrigação de horta.

3.2.9 Conjunto elevatório

Para o consumo da água da chuva, essa deve ser bombeada do reservatório inferior para um reservatório superior, onde será distribuída para os equipamentos de uso. Para bombeamento, é necessário que esse sistema atenda a ABNT NBR 12214/1992, onde seguem-se recomendações para tubulações de sucção e recalque, e seleção do conjunto motor-bomba. Através do catálogo dos fornecedores determinou-se o custo com energia elétrica com motor-bomba para o abastecimento do reservatório superior pela equação (8).

$$Ca = E * V \quad (8)$$

Onde:

Ca = custo mensal do sistema motor-bomba;

E = consumo de energia elétrica da motor-bomba (kWh);

V = valor cobrado pela concessionária da energia elétrica consumida (R\$/kWh).

O fabricante informa o consumo médio mensal (Kwh/) para bombas d'água, conforme figura 6.

	Potência Média Watts	Dias estimados Uso/Mês	Média Utilização/Dia	Consumo Médio Mensal (Kwh)
BOMBA D'ÁGUA 1/4 CV	335	30	30 min	5,02
BOMBA D'ÁGUA 1/2 CV	613	30	30 min	9,20
BOMBA D'ÁGUA 3/4 CV	849	30	30 min	12,74
BOMBA D'ÁGUA 1 CV	1051	30	30 min	15,77

Figura 6 - Estimativa de consumo médio mensal
Fonte: Eletrobrás (2018)

Utilizando Bomba d'água de ½ CV, pode-se estimar o gasto mensal de energia elétrica. Utilizando a bomba em média 1 hora por dia, durante os 30 dias mensais. E com o valor cobrado de R\$ 0,81 por Kwh pela concessionária, chegamos à conclusão que o custo de energia elétrica da bomba por mês é de R\$ 14,90, ou R\$ 178,80 anual.

O conjunto elevatório será utilizado para bombear a água do reservatório de águas pluviais para um reservatório superior de concreto, que já se encontra em uso na edificação



com água fornecida pela concessionária. Este reservatório tem uso exclusivo para os banheiros do prédio estudado. O local possui 09 sanitários, divididos em quartos que atendem os idosos.

3.2.10 Tubulações de distribuição

Para o abastecimento de água não potável, as tubulações devem ser totalmente independentes segundo a ABNT NBR 5626/1998. Nesse projeto utilizou-se critérios técnicos normatizados de dimensionamento das tubulações de distribuição. Assim, seus condutores e extravasores devem ser restritos e identificados com placa de advertência com a seguinte inscrição “ÁGUA NÃO POTÁVEL” junto de uma identificação gráfica.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A viabilidade econômica de implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais, depende da economia de água potável, gastos com energia elétrica para o bombeamento da água, investimento do projeto que inclui materiais gastos e mão de obra, e *Payback* (tempo de retorno do investimento).

Para um volume aproveitável de água com a captação no valor 20000 litros, considerando as informações da concessionária que fornece água tratada na região, onde cada m³ de água tem um valor de R\$ 9,762 para uma faixa de utilização entre 20 a 40 m³ mensais. Pode-se então estimar uma redução no custo mensal da conta de água no valor R\$ 195,24 ou R\$ 2342,88 anual.

A estimativa de valores e materiais, foi baseada nas lojas de materiais de construção, e empresas construtoras que além do material fornece mão de obra. Para que fosse economizado no custo final e também facilitar o trabalho, foi recomendado que o reservatório fosse instalado sobre o solo. Para isso é recomendado que o local esteja com superfície plana, nivelada, e isenta de irregularidades que possam provocar danos no reservatório.

Para determinar qual a melhor solução em relação à moto-bomba, buscou as informações nos catálogos de fabricantes, verificando também as alturas de sucção e recalque, além do comprimento da tubulação, e uma vazão desejada levando em consideração um gasto diário na edificação com usos de sanitários. De posse de todos os dados foi possível realizar uma estimativa dos custos totais da implantação do sistema, o que pode ser verificado através do quadro 8.



Fornecimento de material e mão de obra	Unidade	Total	Orçamento 1	Orçamento 2	Orçamento 3	Orçamento 4	Compra selecionando materiais mais baratos
Caixa d'água Fibra de Vidro 20.000L Multiuso Fortlev	U.N	1	R\$ 6.233,00	R\$ 10.000,00	R\$ 7.397,00	R\$ 7.200,00	R\$ 6.233,00
Tubo PVC 150 mm - 6 m	U.N	23	R\$ 3.033,70	R\$ 3.680,00	R\$ 3.174,00	R\$ 2.994,60	R\$ 2.994,60
Joelho 150mm 90° Tigre	U.N	13	R\$ 684,32	R\$ 390,00	R\$ 318,50	R\$ 504,20	R\$ 318,50
Tê 150mm Sold. Tigre	U.N	2	R\$ 134,14	R\$ 60,00	R\$ 75,80	R\$ 91,60	R\$ 60,00
Tê 150mm x125mm Sold. Tigre	U.N	8	R\$ 471,60	R\$ 330,00	R\$ 450,00	R\$ 366,40	R\$ 330,00
Tê 150mm x100mm Sold. Tigre	U.N	2	R\$ 117,90	R\$ 60,00	R\$ 85,00	R\$ 60,80	R\$ 60,00
Tubo PVC 100 mm - 3 m	U.N	1	R\$ 34,74	R\$ 40,00	R\$ 26,10	R\$ 19,75	R\$ 19,75
Tubo PVC 125 mm - 3 m	U.N	1	R\$ 49,41	R\$ 170,00	R\$ 67,00	R\$ 65,00	R\$ 49,41
Adesivo Plástico para tubos e conexões	U.N	10	R\$ 38,50	R\$ 140,00	R\$ 68,90	R\$ 39,90	R\$ 38,50
Bomba Centrífuga 0,5 CV (1/2) monofásica BC-98 SCHNEIDER	U.N	1	R\$ 389,00	R\$ 413,00	R\$ 434,90	R\$ 220,00	R\$ 220,00
Tubo 32mm Sold. 6m Multilit	U.N	5	R\$ 115,85	R\$ 210,00	R\$ 126,35	R\$ 57,00	R\$ 57,00
Tê 32mm Sold. Tigre	U.N	5	R\$ 16,95	R\$ 15,00	R\$ 19,00	R\$ 14,85	R\$ 15,00
Joelho 32mm Sold. 90° Tigre	U.N	4	R\$ 8,80	R\$ 8,00	R\$ 11,60	R\$ 7,80	R\$ 7,80
Registro Esfera PVC 32mm Vs Tigre	U.N	1	R\$ 33,18	R\$ 26,90	R\$ 16,90	R\$ 33,90	R\$ 16,90
Disjuntor Tripolar Curva C 50A 6KA ABB	U.N	1	R\$ 49,44	R\$ 110,00	R\$ 86,50	R\$ 41,80	R\$ 41,80
Mão de Obra	DIA	10	R\$ 2.500,00	R\$ 2.700,00	R\$ 2.500,00	R\$ 2.862,00	R\$ 2.500,00
Cabo bitola 2,5 mm 10 mts	U.N	1	R\$ 18,26	R\$ 13,50	R\$ 11,10	R\$ 13,00	R\$ 11,10
Calhas montada com bocais e materiais para montagem	M	114	R\$ 4.845,00	R\$ 4.322,60	R\$ 3.754,00	R\$ 2.757,30	R\$ 2.757,30
TOTAL			R\$ 18.773,79	R\$ 22.689,00	R\$ 18.622,65	R\$ 17.349,90	R\$ 15.730,66

Quadro 8: Custos com implantação

Fonte: Autores (2018)

Para o cálculo do tempo de retorno do projeto foram utilizados os cálculos demonstrados na figura 7, onde o valor inicial é o valor total do investimento e os valores seguintes são relacionados aos valores de retorno, ou economia durante o ano. Dessa economia foi subtraído do valor do custo de água tratada anual (R\$2342,88), o valor gasto com energia elétrica na moto-bomba anualmente (R\$ 178,80), e um valor de manutenção do sistema (R\$ 150,00), o que totalizou uma redução anual de R\$ 2014,08.



Com base nesses valores, o tempo de retorno do projeto será de 11 anos e 3 meses, considerando um PAYBACK onde foi utilizada a Taxa Selic, que é um dos indicadores econômicos mais importantes, e serve como referência para toda economia. Adotou-se a taxa básica de juros de 6,50%, que é a Taxa Selic Anual pelo Copom até 31/10/2018.

VPL			701,67			taxa de desconto			6,5%		
PAYBACK SIMPLES				PAYBACK DESCONTADO							
O payback simples ocorre em 7,8 anos ou 7 anos e 10 meses				O payback descontado ocorre em 11,3 anos ou 11 anos e 3 meses							
Ano	Fluxo de Caixa Livre (FCL)	FCL acumulado	Ano	Fluxo de Caixa Livre (FCL)	VP do FCL	VP do FCL acumulado					
0	- 15.730,66	15.730,66	0	- 15.730,66	- 15.730,66	- 15.730,66					
1	2.014,08	13.716,58	1	2.014,08	1.891,15	- 13.839,51					
2	2.014,08	11.702,50	2	2.014,08	1.775,73	- 12.063,77					
3	2.014,08	9.688,42	3	2.014,08	1.667,35	- 10.396,42					
4	2.014,08	7.674,34	4	2.014,08	1.565,59	- 8.830,83					
5	2.014,08	5.660,26	5	2.014,08	1.470,04	- 7.360,79					
6	2.014,08	3.646,18	6	2.014,08	1.380,32	- 5.980,47					
7	2.014,08	1.632,10	7	2.014,08	1.296,07	- 4.684,40					
8	2.014,08	381,98	8	2.014,08	1.216,97	- 3.467,43					
9	2.014,08	2.396,06	9	2.014,08	1.142,69	- 2.324,73					
10	2.014,08	4.410,14	10	2.014,08	1.072,95	- 1.251,78					
11	2.014,08		11	2.014,08	1.007,47	- 244,31					
12	2.014,08		12	2.014,08	945,98	701,67					

Figura 6: Payback

Fonte: Autores (2018)

Com um retorno anual de R\$ 2014,08 para um investimento de projeto através de financiamento, a Fundação deverá escolher aquele que tiver um valor de parcela inferior ou igual a R\$ 167,84 mensais. O que remete um pagamento do projeto em 94 meses, ou 7 anos e 10 meses, caso não tenha nenhum valor de juros incidente. Assim é possível afirmar que, durante esse período o somatório da conta de água e do financiamento, será o mesmo valor médio pago pela Fundação hoje somente com a conta de água.

Além da contribuição financeira que a implantação do sistema proporciona, a sua aplicação traz grandes benefícios ambientais, pois ajuda controlar o problema com a escassez.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através deste estudo foi proposto um projeto de economia de água tratada realizado através de sistema de captação de águas pluviais e utilizando-a para fins não potáveis. Com base no cenário atual, onde a escassez de água está cada vez mais eminente, projetos como



este são alternativas viáveis para o equilíbrio ambiental, e redução do consumo com água tratada.

A viabilidade do projeto depende basicamente de três fatores: índice pluviométrico, área de contribuição (telhado), e utilização da água. Quanto mais elevados forem estes três fatores, menor será o tempo de recuperação do valor investido. Portanto, mesmo que o projeto proposto para a Fundação Padre Américo possua um tempo de retorno de aproximadamente doze anos ainda assim pode ser considerado como viável, pois além de contribuir com o meio ambiente de forma imediata, após o término do tempo de retorno do valor investido haverá benefícios financeiros, como a redução mensal no custo de água fornecida pela concessionária local.

REFERÊNCIAS

- AMORIM, Simar Vieira de; PEREIRA, Daniel José de Andrade. Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial. **Ambiente Construído, Porto Alegre**, v. 8, n. 2, p. 53-66, 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 5626 – Instalação Predial de Água Fria. RJ, 1998.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 10844 – Instalações Prediais de Águas Pluviais. RJ, 1989.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 12213 – Projeto de Captação de Água de Superfície para Abastecimento Público. RJ, 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 15527 – Água de Chuva: Aproveitamento de Coberturas em Áreas Urbanas para Fins Não Potáveis: Requisitos. RJ, 2007.
- BALDESSAR, Silvia Maria Nogueira. Telhado verde e sua contribuição na redução da vazão da água pluvial escoada. 2012.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL. Taxa Básica de Juros da Economia Brasileira (Taxa Selic). Acesso em Outubro de 2018. Disponível em BANCO CENTRAL DO BRASIL: <https://www.bcb.gov.br/pt-br/#!/busca/taxa%2520selic>
- CARDOSO, Daniel Corrêa. Aproveitamento de Águas Pluviais em Habitações de Interesse Social–Caso: “Minha Casa Minha Vida”. **Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) /Colegiado de Engenharia Civil. Feira de Santana, BA**, 2010.
- CARVALHO, Gabriela dos S.; OLIVEIRA, Samuel C. de; MORUZZI, Rodrigo B. Cálculo do volume do reservatório de sistemas de aproveitamento de água de chuva: comparação entre



- métodos para aplicação em residência unifamiliar. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS, 10. 2007, São Carlos. **Anais...** São Carlos: SISPREDE, 2007. p. 1-10.
- CARVALHO, Jean. **Avaliação da qualidade de água de um sistema de captação de água pluvial. Estudo de caso: Laboratório de Ecologia Isotópica/CENA/USP.** 2014. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- CARVALHO JÚNIOR, Roberto de. Instalações hidráulicas e o projeto de arquitetura – 7.^a ed. - São Paulo: Blucher, 2013, p. 178 e 180.
- DANTAS, João Frutuoso Filho. Sistema de coleta de águas pluviais nas edificações. In: Instalações Prediais III. São Paulo: EPUSP, 1989, p. 201.
- ELETOBRAS. Acesso em Agosto e Setembro de 2018. Disponível em ELETOBRÁS: <https://www.eletobras.com/pci/main.asp?View=%7BE6BC2A5F-E787-48AF-B485-439862B17000%7D>
- GOLDENFUM, Joel Avruch. Reaproveitamento de águas pluviais. **Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) –Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, 2015.
- INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Acesso em abril de 2018, disponível em INMET – Instituto Nacional de Meteorologia: <http://www.inmet.gov.br/portal/>
- LIMA, Jeferson Alberto de; DAMBROS, Marcus Vinicius Rodrigues; ANTONIO, Marco Antonio Peixer Miguel de; JANZEN, Johannes Gérson; MARCHETTO, Margarida. Potencial da economia de água potável pelo uso de água pluvial: análise de 40 cidades da Amazônia. 2011.
- LIMA, Jorge Enoch Furquim Werneck. Recursos Hídricos no Brasil e no Mundo. Planaltina, DF, 2001.
- MINIKOWSKI, Marcelo; MAIA, Adalena Gonçalves. Sistemas de aproveitamento de água de chuva no município de Irati (PR). **Revista Acadêmica: Ciência Animal**, v. 7, n. 2, p. 181-188, 2009.
- MORUZZI, Rodrigo Braga; CARVALHO, Gabriela Dos Santos; OLIVEIRA, Samuel Conceição de. Procedimentos para o dimensionamento de reservatório de água pluvial para residências unifamiliares: viabilidade e aprimoramento metodológico. **Teoria e Prática na Engenharia Civil**, v. 12, n. 19, p. 89-99, 2012.
- PEREIRA, Leandro Roncato; PASQUALETTO, Antônio; MINAMI, Marco YM. Viabilidade econômica/ambiental da implantação de um sistema de captação e aproveitamento de água pluvial em edificação de 100 m² de cobertura. **Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) –Pontifícia Universidade Católica de Goiás**, 2008.



PERONA, Jean François. Eficiência do uso da água nas edificações. 2011.

RODRIGUES, José Carlos Moreira Resende. Sistemas de aproveitamento de águas pluviais: dimensionamento e aspectos construtivos. 2010.

SEMPRE SUSTENTÁVEL. Acesso em Abril de 2018. Disponível em SEMPRE SUSTENTÁVEL: <http://www.sempresustentavel.com.br/hidrica/minicisterna/separador-de-agua-de-chuva2.htm>

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

VASCONCELOS, Leonardo Ferreira de; Ferreira, Osmar Mendes. Captação de água de chuva para uso domiciliar: Estudo de caso. **Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) –Pontifícia Universidade Católica de Goiás**, 2007.

USE OF PLUVIAL WATER FOR NON-POTABLE PURPOSES, AT THE FOUNDATION OF PRIEST AMÉRICO EPIFÂNIO PEREIRA DE PITANGUI-MG

ABSTRACT

With the lack of rainfall in recent years, water use has been very important, not only for the financial economy, but also for the conservation of drinking water. Much has been commented on this subject, but little is being done to prevent misuse and waste of water in urban environments. In this scenario the use of rainwater is one of the alternatives applied throughout the world, using this water for non-noble purposes, which do not require good quality water. The present paper discusses rainfall data for the region and presents suggestions for measures to mitigate the aspects and impacts that lead to water scarcity, through a rainwater harvesting and utilization model for non-potable purposes, and finalizing with presentation of values of return of the investment realized with the implementation of the system besides demonstrating the environmental and economic viability.

Key words: Scarcity, exploitation, rainwater