

PROJETO DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA FINS NÃO POTÁVEIS EM USO RESIDENCIAL

Luiza Martins Lima^{1*}
Luana Ferreira Mendes

RESUMO

Este trabalho aborda o aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em uso em uma residência situada na cidade de Coqueiral - MG. O objetivo deste trabalho é elaborar um projeto de aproveitamento de água pluvial para economizar o uso de água potável. Será feito um projeto hidráulico, através de revisão bibliográfica, o qual visa atender as necessidades da residência em relação a descargas, limpeza da lavagem de carro. A água coletada será conduzida através de calhas para o reservatório, esta será conduzida através de bombas para o ponto de abastecimento.

O trabalho demonstrou que o aproveitamento de água pluvial tem caráter sustentável de aplicação na edificação. Independente do período de retorno do investimento, sua implantação permite a economia de água potável na edificação, evitando o desperdício em atividades que podem ser efetivadas pelo uso de água cinza.

Palavras-chave: Aproveitamento de água pluvial. Projeto Hidrossanitário de água pluvial. Sustentável.

1 INTRODUÇÃO

A água se faz necessária em todos os segmentos da sociedade, desde fins mais nobres como consumo, higienização própria e de alimentos, além de fins não potáveis como construção de obras, limpeza de carros, irrigação, descargas sanitárias, entre outros. A construção civil tem demonstrado cada dia mais interesse sobre a importância de gerenciar a

^{1*} Luiza Martins Lima. Aluna do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas UNIS-MG. Email: luizamlima_coq@hotmail.com

utilização da água, proporcionando a racionalização e o combate ao desperdício através de adoção de práticas mais sustentáveis, sobretudo o aproveitamento de água pluvial.

Segundo Tomaz (2003), essa prática é milenar e já foi empregada em vários países. A captação de águas pluviais é uma prática ambientalmente sustentável, pois com o armazenamento e a utilização dessas águas para fins menos nobres, gera economia de água potável, além de impedi-las de serem escoadas nas vias evitando alagamentos.

Segundo Campos; Azevedo (2013), pesquisas da Organização das Nações Unidas (ONU) apontam que até 2025 há possibilidade de que dois terços da população do planeta sofra escassez moderada ou grave de água, caso seja mantido o padrão de consumo e os altos índices de poluição. Além disso, há previsão de que em 2050 “ apenas um quarto da humanidade terá água para satisfazer suas necessidades básicas”. (CAMPOS; AZEVEDO, 2013).

O presente projeto tem por finalidade a reutilização da água pluvial para fins não potáveis, como lavagem do carro com a torneira do jardim, da área externa da casa e uso de descarga em uma residência na cidade de Coqueiral – MG, a qual possui 5 moradores. Os materiais utilizados no projeto serão dimensionados visando, qualidade, eficiência e custo benefício, tendo como base as normas pertinentes NBR 15527, NBR 10844, NBR 12213 e NBR 5626. O trabalho será realizado em casa residencial, onde o consumo médio de água mensal é de 20m³. Com a conclusão do projeto estipula-se reduzir o consumo mensal, conseqüentemente, o armazenamento de água irá conter as enchentes.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Utilizações da água potável

Com o grande consumo de água no país e sua baixa reposição nos reservatórios hídricos, faz se necessário economizar e também propor novos métodos de reaproveitamento, um desses métodos é a reutilização de água pluvial, a mesma pode ser utilizada para fins não potáveis. Com isso, estimula-se a redução do consumo de água, que atualmente é fornecida por uma empresa terceirizada, a qual cobra certo valor, que será calculado na próxima etapa do projeto. O consumidor irá reduzir a sua fatura e conseqüentemente ajudará o meio ambiente com o seu reaproveitamento. Além do consumo particular, a água possui um

consumo elevado em algumas outras aplicabilidade, como geração de energia, vendas e comércio, agricultura, mineração e indústrias.

2.2 Estimativa de Precipitação

O reaproveitamento da água pluvial é uma importante estratégia, contribuindo com a economia de água, ajuda a contornar os problemas de escassez e evita inundações urbanas. A água é um recurso limitado e precioso. Embora cerca de 3/4 da superfície da Terra seja ocupada pela água, deste total apenas 3% são de água doce, dos quais apenas 20% encontram-se imediatamente disponíveis para o homem. (BRUNA, 2008).

A tabela 1 apresenta dados fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), referentes a precipitações mensais registradas na cidade de Lavras-MG, de janeiro do ano de 2008 até dezembro de 2018, possibilitando estimar um valor médio referente ao quanto pode ser precipitado em cada mês do ano.

Tabela 1 - Precipitação mensal de janeiro de 2008 a dezembro de 2018 (mm)

| MÊS | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | NOV | DEZ |
|------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| 2008 | 263,00 | 243,30 | 194,20 | 110,60 | 2,80 | 14,40 | 0,00 | 13,90 | 87,60 | 106,70 | 190,10 | 419,40 |
| 2009 | 320,50 | 181,70 | 165,10 | 130,00 | 19,90 | 24,50 | 13,90 | 30,50 | 127,80 | 124,80 | 102,40 | 382,50 |
| 2010 | 107,50 | 68,50 | 97,70 | 51,40 | 10,40 | 3,40 | 13,90 | 0,00 | 43,40 | 143,50 | 303,40 | 288,70 |
| 2011 | 349,20 | 103,50 | 319,10 | 60,60 | 9,60 | 35,20 | 0,00 | 11,40 | 0,60 | 132,40 | 178,20 | 441,20 |
| 2012 | 529,20 | 80,40 | 133,10 | 38,80 | 41,80 | 94,60 | 16,00 | 0,40 | 17,10 | 46,90 | 152,70 | 140,40 |
| 2013 | 499,70 | 70,00 | 170,60 | 55,10 | 63,50 | 14,40 | 12,80 | 1,90 | 64,40 | 85,60 | 180,40 | 162,20 |
| 2014 | 219,70 | 34,40 | 77,90 | 123,40 | 20,10 | 3,70 | 45,30 | 8,60 | 33,70 | 59,70 | 224,40 | 236,70 |
| 2015 | 71,50 | 201,10 | 181,10 | 15,30 | 50,20 | 31,50 | 1,70 | 36,60 | 127,60 | 22,70 | 273,80 | 232,90 |
| 2016 | 400,60 | 114,90 | 122,80 | 22,20 | 4,30 | 84,20 | 0,00 | 22,60 | 8,60 | 125,20 | 190,20 | 145,00 |
| 2017 | 157,90 | 64,10 | 158,60 | 108,30 | 57,60 | 29,00 | 0,00 | 1,40 | 32,60 | 125,30 | 126,40 | 325,80 |
| 2018 | 240,20 | 85,50 | 59,40 | 3,20 | 10,30 | 19,90 | 0,20 | 66,10 | 52,60 | 201,30 | 223,50 | 323,20 |

Fonte: INMET, 2019.

2.3 Componentes do sistema de captação e utilização de água pluvial

Sistemas de aproveitamento de água da chuva devem ser compostos basicamente por elementos capazes de realizar, com eficiência, os processos de captação, filtração, armazenagem e distribuição da água proveniente de precipitações.

Um dos elementos é superfície de captação, na qual, os telhados são mais utilizados para captação devido a melhor qualidade da água que este fornece. A água da chuva captada pela superfície da cobertura é direcionada para os condutores e calhas

Outro elemento são as calhas e tubulações, que são utilizados para transportar a chuva coletada, podem ser encontrados em diversos materiais, porém os mais utilizados são em PVC e metálicos (alumínio e aço galvanizado). De acordo com a NBR 10844 (ABNT, 1989), calhas são canais que recolhem e conduzem a água de coberturas, terraços e similares, para um determinado ponto. A NBR 10844 (ABNT, 1989), destaca três tipos diferentes de calhas, sendo a calha de água furtada, a calha de beiral e a calha de platibanda.

Segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989), as calhas devem ser dimensionadas utilizando a fórmula de Manning-Strickler indicada a seguir ou utilizando qualquer outra fórmula que seja equivalente a ela.

$$Q = K \times \frac{S}{n} \times Rh^{2/3} \times I^{1/2}$$

$$Rh = \frac{S}{P}$$

Onde:

Q é a vazão de projeto (L/min);

S é a área da seção molhada (m²);

n é o coeficiente de rugosidade;

Rh é o raio hidráulico, (m);

P é o perímetro molhado (m);

I é a declividade da calha, (m/m);

K tem valor igual a 60.000.

Para calcular a vazão de projeto, a água da chuva captada pela superfície da cobertura é direcionada para os condutores e calhas. A NBR 10844 (ABNT, 1989) define que vazão de projeto é a vazão de referência para se dimensionar calhas e condutores e deve ser obtida através da seguinte fórmula:

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

Onde:

Q é a vazão de projeto (L/min);

I é a intensidade pluviométrica (mm/h);

A é a área de contribuição (m²).

Os filtros, de acordo com Rodrigues (2010), são dispositivos instalados na maioria dos casos na tubulação anterior ao reservatório, com o objetivo de remover da água o maior número possível de sedimentos e detritos de pequeno porte, permitindo, posteriormente, o armazenamento de uma água com melhor qualidade, com menor índice de microrganismos. Segundo Tomaz (2010) o first flush é um descarte auto-limpante da água da chuva, pois a sujeira contida no telhado se desloca conjuntamente contaminando a água dos primeiros minutos. A NBR 15527 (ABNT, 2007) recomenda que na falta de dados para o dimensionamento, pode-se utilizar um descarte de 2 mm, ou seja, 2 L/m², visto que não obriga o uso desse sistema, ficando a critério do projetista.

Os reservatórios, acordo com a NBR 15527 (ABNT, 2007), para dimensionar reservatórios de água de chuva pode-se usar seis métodos diferentes, que, por sua vez, caberá ao projetista definir qual dos métodos se adequará melhor ao tipo de projeto que está sendo desenvolvido e avaliar a capacidade, estrutura necessária, viabilidade técnica, custo, disponibilidade local. Para o dimensionamento do reservatório de descarte da primeira água de chuva será seguida a recomendação da Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água de Chuva – ABCMAC. Esta, especifica que o descarte seja de 1 a 2 litros por m² de telhado, ou seja, 1 a 2 mm da primeira precipitação. Neste caso, será adotado o descarte de 2 litros de água por m² da cobertura em projeção.

A bomba transfere energia suficiente para a água permitindo que esta se eleve de um ponto a outro no interior da tubulação. Para o aproveitamento de água pluvial deve-se buscar a utilização de reservatórios elevados e o encaminhamento da água coletada diretamente para este, quando possível evitando o bombeamento e aumentando assim a eficiência energética do sistema. Para que todo o conjunto elevatório seja dimensionado, destaca-se as seguintes equações:

$$\emptyset \text{ recalque} = k \times \sqrt{Q}$$

$$\emptyset \text{ recalque ABNT} = 1,3 \times X^{0,25} \times \sqrt{Q}$$

$$Hf = \frac{10,641}{C^{1,85}} \times \frac{Q^{1,85}}{D^{4,87}} \times L$$

$$Hman = Hg + \sum Hf$$

$$P = \frac{\gamma \times Q \times Hman}{75 \times \mu}$$

Onde:

K é o coeficiente = 1,2;

Qp é a vazão de projeto, devendo ser expressa em metros cúbicos por segundo (m^3/s);

X é a relação entre horas de funcionamento diário e 24 h;

Hf é a perda de carga, devendo ser expressa em metros (m);

C é o coeficiente Hazen-Williams;

D é o diâmetro das tubulações, devendo ser expresso em metros (m);

P é a potência da bomba, devendo ser expressa em cavalos (cv);

$Hman$ é a altura manométrica, devendo ser expressa em metros (m);

Hg é a altura geométrica, devendo ser expressa em metros (m);

γ é o peso específico da água;

μ é o rendimento do conjunto motor-bomba.

Tabela 2 - Modelos de bombas indicadas

| Marca | Tipo | Modelo | Potência (CV) | Tipo de motor |
|-----------|------------|----------|---------------|---------------|
| Dancor | Centrífuga | CAM-W4C | 0,25 | Elétrico |
| Schneider | Centrífuga | BCR-2000 | 0,25 | Elétrico |
| Schulz | Centrífuga | SHX | 0,25 | Elétrico |

Fonte: O autor.

O Coeficiente de Runoff, segundo a NBR 15527:2007, o coeficiente representa a relação entre o volume total do escoamento superficial e o volume total precipitado.

Tabela 3 - Coeficientes de *runoff* médios.

| MATERIAL | COEFICIENTE DE <i>RUNOFF</i> |
|----------------------------|------------------------------|
| Telhas cerâmicas | 0,8 a 0,9 |
| Telhas esmaltadas | 0,9 a 0,95 |
| Telhas corrugadas de metal | 0,8 a 0,9 |
| Plástico | 0,9 a 0,95 |

Fonte: (TOMAZ, 2010).

A fórmula que deve ser usada para encontrar o volume de água aproveitável aplicando o coeficiente de *runoff*, como apresentado a seguir:

$$V = P \times A \times C \times \eta$$

Onde:

V é o volume da cisterna em litros;

P é a precipitação média anual (mm);

A é a área do telhado em projeção (m²);

C é o coeficiente de *runoff* do telhado (adimensional);

η é o rendimento do dispositivo de carga de lavagem do sistema.

No Método de Rippl, podem ser utilizadas as séries históricas mensais ou diárias. A norma NBR 15527 (ABNT, 2007) apresenta as seguintes equações:

$$S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)}$$

$$Q_{(t)} = C * i_{(t)} * A$$

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

Onde:

$S_{(t)}$ é o volume de água no reservatório no tempo t (litros);

$D_{(t)}$ é a demanda ou consumo no tempo t (litros);

$Q_{(t)}$ é o volume de chuva aproveitável no tempo t (litros);

C é o coeficiente de escoamento superficial (adimensional);

i é a precipitação da chuva (mm);

A área de captação (m²);

V é o volume do reservatório (litros)

A Intensidade de Chuva, conforme os desenvolvedores, a principal forma de caracterizar a intensidade das chuvas é por meio da equação de intensidade, duração e frequência (IDF) da precipitação, sendo esta fórmula demonstrada a seguir:

$$Im = \frac{K \times T^a}{(t + b)^c}$$

Onde:

I_m é a intensidade máxima média de precipitação (mm/h);

T é o período de retorno em anos;

t é a duração da precipitação em minutos;

K é o parâmetro relativo à localidade;

a é o parâmetro relativo à localidade;

b é o parâmetro relativo à localidade;

c é o parâmetro relativo à localidade.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O projeto de reaproveitamento de água pluvial para uso não potável trata-se de um estudo de caso, com análise quantitativa, a proposta do projeto é ser implantado em uma residência, possuindo 5 moradores, a qual está localizada na cidade de Coqueiral, região sudeste de Minas Gerais. A água coletada, será utilizada para uso em descarga, lavagem do carro e da área externa casa. Será necessário dimensionar as calhas ao entorno da casa, os tubos que irão conduzir o fluido para o reservatório, no qual também será dimensionado, de acordo com os estudos levantados sobre quantidade de chuva prevista para os próximos anos, será necessário especificar uma bomba para conduzir a água do reservatório para os pontos onde serão abastecidos.

A residência em estudo tem 73,72m² de área, está situada da Rua Rio de Janeiro, 39 bairro Vila Sônia da Cidade de Coqueiral - MG, possuindo cinco moradores. A mesma possui três quartos, sala, cozinha, banheiro, copa e área externa, como será apresentada na planta baixa.

Imagem 02 - Planta Baixa da Residência



Fonte: O autor.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Estimativa de Precipitação Média Mensal

Para o levantamento da precipitação foi feita a coleta de dados na estação pluviométrica mais próxima, localizada na cidade de Lavras – MG. Conforme a tabela 1 é possível identificar a média mensal histórica dentre os anos de 2008 e 2018, tornando-se possível observar que os valores precipitados no mês de janeiro são na maioria das vezes os maiores registrados dentre todos os meses, gerando para o mês de janeiro a maior média de precipitação mensal.

4.2 Cálculo de Intensidade de Precipitação

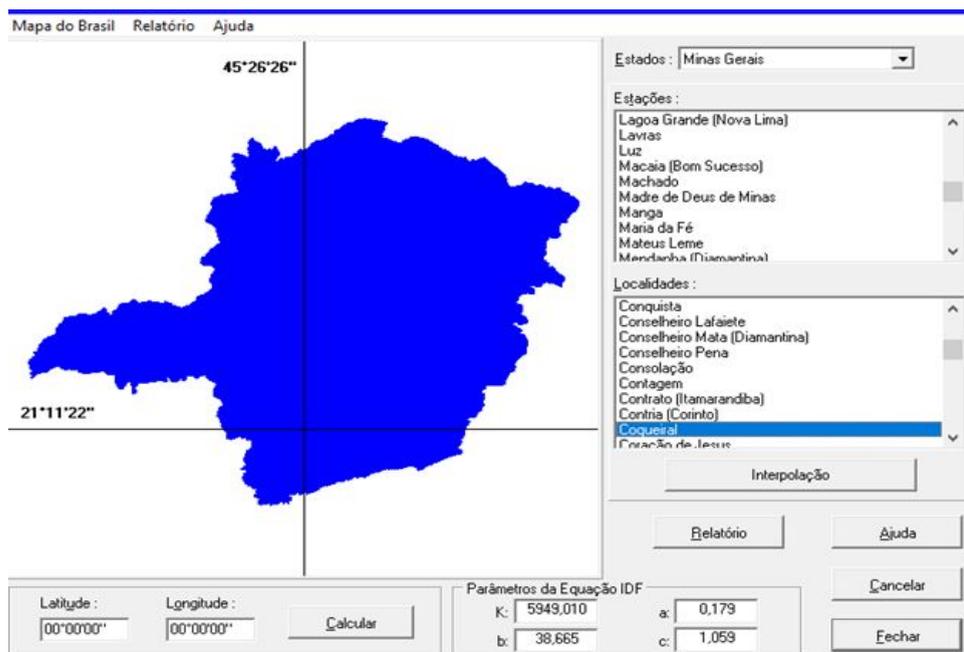
Por meio da equação de (IDF) e dos valores de (K, a, b, c), fornecidos pelo software Plúvio, e também da consideração de um período de retorno de 5 anos e uma duração de 5 minutos, ambos normativos, tornou-se possível a realização do cálculo de intensidade de precipitação para a cidade de Coqueiral/MG, representado a seguir:

$$\rightarrow K = 5949,01 \rightarrow a = 0,179 \rightarrow b = 38,665 \rightarrow c = 1,059$$

$$Im = \frac{5949,01 \times 5^{0,179}}{(5 + 38,665)^{1,059}} = 145,43 \text{ mm/h}$$

O valor de intensidade de precipitação encontrado será fundamental para que, posteriormente, possa ser definida a vazão de projeto da cobertura do edifício em estudo.

Imagem 1 - Parâmetros de cálculo para intensidade de chuva



Fonte: Pluvio.

4.3 Cálculo da Área Contribuinte

Para utilização da fórmula de declividade, foi utilizado para fins de cálculos telhas colonial, onde o fabricante especifica a inclinação mínima de 30%, sendo assim, determinamos a altura mínima do telhado de acordo com o comprimento do mesmo.

$$\tan \alpha = (30) / 100 = 0,3$$

$$\arctan 0,3 = 16,69^\circ$$

OBS: A cada um metro se faz necessário, uma altura do telhado de 30 cm, a inclinação do telhado, será de 16,69° e sua altura de:

$$h = 0,3 * 3,225 = 0,97 \text{ m}$$

Após encontrado a altura do telhado, partiremos para os cálculos abaixo:

$$\text{Declividade : } I = (H/B) * 100\%$$

$$I = (0,97 / 3,225) * 100\% = 30,0\%$$

$$\text{Área de cobertura : } 6,45 * 12,52 = 80,76 \text{ m}^2$$

$$\text{Área de cobertura contribuinte : } [(3,225 + 0,97 / 2) * 12,52] * 2 = 92,90 \text{ m}^2$$

4.4 Cálculo da Vazão de Projeto

Após serem encontrados os valores referentes a intensidade de precipitação e área contribuinte, foi possível determinar a vazão de projeto apresentada adiante que, na próxima etapa do trabalho, será fundamental para o dimensionamento das calhas e condutores que compõem o sistema.

$$Q = \frac{145,43 * 92,90}{60} = 225,17 \text{ L/min}$$

4.5 Cálculo da Estimativa de Demanda de Água Não Potável

Será estimada a demanda de água não potável considerando o número de 5 moradores na residência.

$$\text{Gasto com descargas} = 10 \text{ L} * 5 * 8 \text{ vezes ao dia} = 400 \text{ L descarga/dia}$$

$$\text{Gasto com descarga mensal} = 400 * 30 = 12000 \text{ L/mês}$$

Gasto mensal com limpeza = 3L x 73,72m² x 8 dias por mês = 1769,28 L/mês

Consumo com irrigação de gramado = 80L x 4 dias por mês = 320L/mês

Consumo para lavagem de veículos = 300 L x 4 lavagem por mês = 1200 L/mês

Total do consumo mensal de água = 15289,28 l/mês

4.6 Cálculo de Estimativa de consumo de Água Potável

Para estimar valores precisos da demanda de água potável, foram realizadas análises das faturas de água emitidas pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Elói Mendes – SAAE.

A partir dos valores apresentados pelas faturas, pôde-se desenvolver a tabela 4, que apresenta o consumo médio mensal, que será utilizado para estimar o quanto de água potável está sendo gasto na edificação e o valor médio mensal pago.

Tabela 4 - Consumo médio de água

| CONSUMO MÉDIO DE ÁGUA | | |
|------------------------------|---------------------------|-------------|
| Mês/ANO | Consumo (m ³) | Valor (R\$) |
| out/18 | 24 | R\$ 74,81 |
| nov/18 | 18 | R\$ 49,26 |
| dez/18 | 22 | R\$ 66,48 |
| jan/19 | 23 | R\$ 70,97 |
| fev/19 | 25 | R\$ 77,95 |
| mar/19 | 21 | R\$ 62,77 |
| abr/19 | 20 | R\$ 58,75 |
| mai/19 | 21 | R\$ 61,35 |
| jun/19 | 20 | R\$ 62,88 |
| jul/19 | 21 | R\$ 62,92 |
| ago/19 | 21 | R\$ 66,12 |
| set/19 | 21 | R\$ 75,08 |
| Média | 21,42 | R\$ 65,78 |

Fonte: O autor.

4.10 Cálculo de Estimativa de Economia de Água Potável

Com o valor total de demanda de água não potável e do valor total do consumo de água potável médio mensal registrado pelo SAAE no período de 10/2018 a 09/2019,

obteve-se um valor teórico referente à porcentagem de água potável que poderia ter sido economizada no mesmo período com a utilização de água não potável, como mostra o cálculo a seguir.

$$\text{Economia de água potável} = \frac{15,29}{21,42} \times 100 = 71,38\%$$

4.11 Dimensionamento das calhas

Para cálculos do dimensionamento das calhas, utilizamos o valor da vazão do projeto de 225,17 L/min.

Após esse dado, é necessário utilizar uma calha semicirculares, por isso utilizamos como referência a norma NBR:10844 (1989), conforme imagem abaixo:

Tabela 5 - Capacidades de calhas semicirculares com coeficientes de rugosidade $\eta = 0,011$ (vazão em L/min)

| Diâmetro interno (mm) | Declividades | | |
|-----------------------|--------------|-------|-------|
| | 0,5% | 1% | 2% |
| 100 | 130 | 183 | 256 |
| 125 | 236 | 333 | 466 |
| 150 | 384 | 541 | 757 |
| 200 | 829 | 1.167 | 1.634 |

Fonte: NBR:10844 (1989).

Adotamos a declividade em 1,0% com diâmetro interno de 125mm das calhas. Como a vazão do projeto é de 225,17 L/min, por isso adotamos essa configuração, para que seja reaproveitada em 100% a mesma.

4.12 Dimensionamento dos condutores verticais

Para os condutores verticais utilizamos a norma NBR-10844, onde na mesma cita que o diâmetro mínimo interno da tubulação seja de 70mm, sendo assim, utilizamos o ábaco

composto na norma, onde encontramos o diâmetro ideal, para facilitar a montagem utilizaremos tubulação de diâmetro de 125mm, garantindo o total aproveitamento da água.

4.13 Dimensionamento dos condutores horizontais

Para o dimensionamento dos condutores horizontais, utilizamos o diâmetro interno da tubulação de 125mm para facilitar a interligação dos condutores horizontais com os verticais, a vazão está descrito na imagem abaixo, adotamos 0,5% de declividade.

Tabela 6 - Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazão em L/min).

| | Diâmetro interno (D) (mm) | $n = 0,011$ | | | | $n = 0,012$ | | | | $n = 0,013$ | | | |
|---|---------------------------|-------------|-------|-------|--------|-------------|-------|-------|-------|-------------|-------|-------|-------|
| | | 0,5 % | 1 % | 2 % | 4 % | 0,5 % | 1 % | 2 % | 4 % | 0,5 % | 1 % | 2 % | 4 % |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 1 | 50 | 32 | 45 | 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 | 1.040 | 339 | 478 | 674 | 956 | 313 | 441 | 622 | 882 |
| 5 | 150 | 602 | 847 | 1.190 | 1.690 | 552 | 777 | 1.100 | 1.550 | 509 | 717 | 1.010 | 1.430 |
| 6 | 200 | 1.300 | 1.820 | 2.570 | 3.650 | 1.190 | 1.670 | 2.360 | 3.350 | 1.100 | 1.540 | 2.180 | 3.040 |
| 7 | 250 | 2.350 | 3.310 | 4.660 | 6.620 | 2.150 | 3.030 | 4.280 | 6.070 | 1.990 | 2.800 | 3.950 | 5.600 |
| 8 | 300 | 3.820 | 5.380 | 7.590 | 10.800 | 3.500 | 4.930 | 6.960 | 9.870 | 3.230 | 4.550 | 6.420 | 9.110 |

Fonte: NBR:10844 (1989).

4.14 Volume Aproveitável da Precipitação Média Mensal

Utilizando os valores de precipitação média mensal e da equação de volume aproveitável desenvolver a tabela xxxxx, que estima o volume de chuva que pode ser aproveitado em cada mês do ano.

Tabela 5 - Volume aproveitável da precipitação média mensal.

| MESES | PREC. MED (mm) | ÁREA CAP. (m ²) | RUNOFF | REND. FILTRO | VOLUME (L) | VOLUME (m ³) |
|-----------|----------------|-----------------------------|--------|--------------|-------------|--------------------------|
| Janeiro | 287,18 | 80,76 | 0,85 | 0,8 | 15771,00662 | 15,77 |
| Fevereiro | 113,4 | 80,76 | 0,85 | 0,8 | 6227,56512 | 6,23 |
| Março | 152,69 | 80,76 | 0,85 | 0,8 | 8385,246192 | 8,39 |
| Abril | 63,35 | 80,76 | 0,85 | 0,8 | 3478,97928 | 3,48 |
| Mai | 26,41 | 80,76 | 0,85 | 0,8 | 1450,352688 | 1,45 |
| Junho | 32,25 | 80,76 | 0,85 | 0,8 | 1771,0668 | 1,77 |
| Julho | 9,44 | 80,76 | 0,85 | 0,8 | 518,414592 | 0,52 |
| Agosto | 17,58 | 80,76 | 0,85 | 0,8 | 965,437344 | 0,97 |
| Setembro | 54,18 | 80,76 | 0,85 | 0,8 | 2975,392224 | 2,98 |
| Outubro | 106,74 | 80,76 | 0,85 | 0,8 | 5861,819232 | 5,86 |
| Novembro | 195,05 | 80,76 | 0,85 | 0,8 | 10711,52184 | 10,71 |
| Dezembro | 281,64 | 80,76 | 0,85 | 0,8 | 15466,76755 | 15,47 |

Fonte: O autor.

4.15 Dimensionamento do Reservatório Inferior

Para dimensionar um reservatório capaz de armazenar volume de água suficiente para atender a demanda de água não potável gerada pelo edifício, desenvolveu-se o dimensionamento do reservatório inferior pelo método de Rippl.

Tabela 5 - Dimensionamento pelo método de Rippl.

| MESES | CONSUMO MÉDIO (m ³) | VOLUME (m ³) | VOLUME RESULTANTE (m ³) |
|-------------------------------------|---------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|
| Janeiro | 15,29 | 15,77 | -0,48 |
| Fevereiro | 15,29 | 6,23 | 9,06 |
| Março | 15,29 | 8,39 | 6,90 |
| Abril | 15,29 | 3,48 | 11,81 |
| Mai | 15,29 | 1,45 | 13,84 |
| Junho | 15,29 | 1,77 | 13,52 |
| Julho | 15,29 | 0,52 | 14,77 |
| Agosto | 15,29 | 0,97 | 14,32 |
| Setembro | 15,29 | 2,98 | 12,31 |
| Outubro | 15,29 | 5,86 | 9,43 |
| Novembro | 15,29 | 10,71 | 4,58 |
| Dezembro | 15,29 | 15,47 | -0,18 |
| VOLUME RESERVATÓRIO INFERIOR | | | 109,90 |

Fonte: O autor.

Buscando atender o fornecimento de água, o reservatório será construído em concreto armado, ficará sob o solo e terá dimensões internas 5m x 5m x 5m (comprimento x largura x altura) que será capaz de atender a demanda necessária do volume de água.

4.16 Dimensionamento do Reservatório Superior

Visando atender a demanda de água não potável necessária para os moradores da residência, sem a necessidade de acionamento do sistema elevatório, será utilizado um reservatório de polietileno com capacidade de armazenar 20m³ de água.

4.17 Dimensionamento do Sistema Elevatório

4.17.1 Diâmetros de recalque e sucção:

$$Q_{\text{demanda}} = 20\text{m}^3$$

$$Q_{\text{projeto}} = \frac{(20 \times 1000)}{(3600 \times 2)} = 2,78 \text{ litros/segundos}$$

$$\varnothing_{\text{recalque ABNT}} = 1,3 \times (4 \div 24)^{0,25} \times \sqrt{(2,77 \div 1000)} = 0,043\text{m}$$

$$\varnothing_{\text{recalque}} = 45 \text{ mm}$$

$$\varnothing_{\text{sucção}} = 50 \text{ mm}$$

$$L_{\text{sucção}} = 5,2 \text{ m}$$

$$L_{\text{recalque}} = 34,5 \text{ m}$$

$$C = 140 \text{ (PVC)}$$

$$H_{fs} = \frac{10,641}{140^{1,85}} \times \frac{(2,78/1000)^{1,85}}{0,050^{4,87}} \times (5,2 + 11) = 0,78\text{m}$$

$$H_{fr} = \frac{10,641}{140^{1,85}} \times \frac{(2,78/1000)^{1,85}}{0,045^{4,87}} \times (34,5 + 11,2) = 3,52\text{m}$$

4.18 Potência da bomba

$$H_{g \text{ sucção}} = 0,7 \text{ m}$$

$$H_{g \text{ recalque}} = 6,5 \text{ m}$$

$$\text{Rendimento do conjunto} = 45 \%$$

$$H_{man} = 0,7 + 6,5 + 0,78 + 3,52 = 11,50 \text{ cv}$$

$$Potência bomba = \frac{1000 \times (2,78/1000) \times 11,50}{75 \times 0,45} = 0,95 cv$$

$$Potência bomba + 20\% = 0,95 \times 1,2 = 1,14 cv$$

Através da potência obtida e da tabela de dimensionamento da Schulz, pôde-se sugerir a utilização de uma motobomba Schulz, elétrica, centrífuga, do modelo SM1-420 com 2 Cv de potência e com altura manométrica máxima de 8 m.c.a.

4.19 Levantamento Quantitativo e Estimativa de Custos

Bomba Schulz = R\$1695,80, Reservatório Inferior em concreto armado = R\$160,00, Reservatório Superior Fortlev = R\$11045,00, Filtro Horizontal (Acquasave/3P Technik) = R\$2199,00, Condutores Verticais = 56 x R\$11,00 = R\$616,00, Condutores Horizontais = 56 x R\$11,00 = 616,00, Calhas = 80,75 x R\$15,50 = R\$1251,63.

Foi cotado os itens necessário para a instalação do sistema de captação de água pluvial e escolhido o menor custo em todos eles, sendo assim, o valor total para instalação desse projeto na residência é R\$17583,43.

4.20 Simulação de faturamento considerando a diminuição do volume, pelo motivo do uso da água de chuva para fins não potáveis, na fatura

A média mensal do consumo de água na residência é de 21,42m³ de água, através dos cálculos realizados, a média do consumo de água mensal que poderia ser reduzido, sendo substituído pela água captada da chuva é de 15,28m³. Com a implementação do projeto de aproveitamento de água pluvial, a residência consumiria apenas 6,14m³ de água por mês, o que resultaria numa média de aproximadamente R\$19,65 mensal, ou seja teria uma redução de aproximadamente 30% do valor pago.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os sistemas de captação e aproveitamento de água da chuva é uma de maneira colaborativa ao homem e ao ambiente, reduzindo inundações em regiões que apresentam déficits nos sistemas de drenagem urbana, e evita o desperdício de água.

A partir das simulações efetuadas e da revisão bibliográfica, conclui-se que a captação e utilização de águas pluviais para fins não potáveis, observando as características locais, evitando a implantação de projetos inadequados, apresenta-se como uma alternativa viável, permitindo o direcionamento deste recurso para atendimento à consumos mais nobres, para uma parcela maior da população.

O resultado obtido através da simulação foi bastante positivo em ambas as partes, tanto em relação ao valor da conta de água pela família, como a economia de água, que traz inúmeros benefícios para a sociedade. Apesar do custo da implantação do projeto ser alto, é preciso pensar sobre o custo-benefício, pois futuramente, trará um grande resultado positivo para todos.

A residência em estudo está apta para receber um sistema de captação e aproveitamento de água da chuva, pois, ao utilizar o sistema, muitos litros de água potável poderão ser economizados e, conseqüentemente, o edifício se tornará mais colaborativo com o meio ambiente.

PROJECT FOR THE APPROVAL OF PLUVIAL WATER FOR NON-POTABLE PURPOSES IN RESIDENTIAL USE

ABSTRACT

This work addresses or uses rainwater from non-potable fins in use in a residence located in the city of Coqueiral - MG. The objective of this work is to develop a rainwater harvesting project to save or use drinking water. It will be made a hydraulic project, through the bibliographic revision, or the visa attend as needs of the residence in relation to discharges, cleaning of the car wash. The collected water will be piped to the reservoir, will be piped to the supply point.

The work demonstrated that the use of water has a sustainable character of application in the building. Regardless of the payback period, its implementation allows saving drinking water in editing, avoiding or wasting activities that may be affected by the use of gray water.

Key-words: Rainwater harvesting. Rainwater Hydrosanitary Project. Sustainable.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Integração e Desenvolvimento Sustentável (ABIDE). **Quanto de água você consome**, 2015. Disponível em: <<http://abides.org.br/quanto-de-agua-voce-consome>>. Acesso em: 15 abr. 2019.

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

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12213**: Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626**: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

CAMPOS, Mônica Maria; AZEVEDO, Flávio Rocha. Aproveitamento de águas pluviais para consumo humano direto. *Jornal Eletrônico das Faculdades Integradas Vianna Junior*. Juiz de Fora, mai. 2013. Edição I. p. 23-42. Disponível em: <http://portal.viannajr.edu.br/files/uploads/20130523_155633.pdf> Acesso em: 16 Out. 2019.

CETESB. **Reúso da água**. São Paulo. SP. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/gesta_reuso.asp>. Acesso em: 16 mai. 2019.

JUREMA, Célia. **Planeta água morrendo de sede**. Editora Edipucrs, Porto Alegre, 2007.

MANCUSO, Pedro Caetano Sanches; SANTOS, Hilton Felício dos (Ed.). **Reuso de Água: A escassez e o reúso de água em âmbito mundial**. Barueri, Sp: Manuele, 2003.

RODRIGUES, José Carlos Moreira Resende. **Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais**. 2010. 112 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2010.

SILVEIRA, Bruna Quick. **Reuso da água pluvial em edificações residenciais**. 2008. 44 f. Dissertação (Monografia) - Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia da UFMG, 2008.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva**. 2. ed. São Paulo: Editora Navegar, 2003.

ANEXOS

ANEXO A - Detalhamento do Projeto

