

# ANÁLISE DA VIABILIDADE DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA FINS NÃO POTÁVEIS DE UM CLUBE RECREATIVO, NA CIDADE DE MARINGÁ-PR

VIABILITY OF RAINWATER HARVESTING FOR NON POTABLE PURPOSES IN A RECREATION CLUB, IN MARINGÁ - PR

TAIS MARMENTINI DE SOUZA<sup>1\*</sup>, LUZIA MARA MENDES FERRER AMORIM<sup>2\*\*</sup>

I. Acadêmica do curso de graduação em Engenharia Civil da UNINGÁ; 2. Engenheira civil, Especialista em Gestão Ambiental e Segurança contra Incêndio e Pânico pela Universidade Estadual de Maringá, docente do curso de graduação em Engenharia Civil da UNINGÁ.

\* Rua São João, 08, Zona 07, Maringá, Paraná. Brasil. CEP: 87030-200. [taismaza@hotmail.com](mailto:taismaza@hotmail.com)

\*\* Rua Néo Alves Martins, 2999, sala 47, Maringá, Paraná. Brasil. CEP: 87013-060. [eng@sancarengenharia.eng.br](mailto:eng@sancarengenharia.eng.br)

Recebido em 13/08/2016. Aceito para publicação em 25/10/2016

## RESUMO

O aumento demográfico mundial gerou a temática da sustentabilidade nas reflexões sobre as práticas socioeconômicas e socioambientais, no suprimento das necessidades, sem comprometer as gerações futuras, abrangendo os recursos naturais utilizados pelo homem, inclusive a água. Há uma crise hídrica no mundo devido à poluição das reservas de água potável, das perdas nos sistemas de distribuição de água tratada e da impermeabilização do solo. O Brasil comporta as maiores reservas de água doce do planeta. Isso requer a conservação da água e diminuição das perdas na distribuição de água potável. A falta de água potável pode ser suprida pelo aproveitamento da água da chuva. No Paraná, há enorme intensidade pluviométrica, mais especificadamente em Maringá, o aproveitamento de água da chuva se tornou lei em 2008, trazendo benefícios, como a redução: do desperdício de água potável; do risco de inundações urbanas e de sobrecargas do sistema de galerias de águas pluviais. As exigências legais e a crise hídrica norteiam as novas edificações, na descrição das características físicas de implementação e implantação do sistema proposto no projeto, com o objetivo de apontar uma alternativa sustentável. O Clube Recreativo, objeto do presente estudo, atendendo à demanda, optou pela construção desse sistema.

**PALAVRAS-CHAVE:** Aproveitamento de água pluvial, sustentabilidade, crise hídrica.

## ABSTRACT

The world population growth led to the issue of sustainability in the reflections on the socioeconomic and environmental practices in the supply needs without compromising future generations, covering the natural resources used by humans, including water. There is a water crisis in the world due to pollution of potable water supplies, the loss in the treated water distribution systems and soil sealing. Brazil holds the largest water reserves on the planet. This requires water conservation and reduction of losses in the distribution of water. The lack of potable water can be supplied by the use of rainwater. In Paraná, the rainfall intensity is huge, more specifically in Maringá, the use of rainwater became law in 2008, bringing benefits

such as reduction of: waste of drinking water; the risk of urban flooding and the overload of the urban drainage system. The legal requirements and the water crisis guide the new buildings, the description of the physical implementation and deployment of the system proposed in the project, with the objective of identifying a sustainable alternative. The Recreational Club, present study object, given the demand, opted for the construction of this system.

**KEYWORDS:** Rainwater Harvesting, sustainability, water crisis.

## 1. INTRODUÇÃO

O aumento demográfico mundial acarretou inúmeros problemas ao meio ambiente. Dentre estes, destacam-se o crescimento da população mundial, o desmatamento, as mudanças climáticas e o aquecimento global que provocaram aumento significativo quanto à preocupação com o uso consciente dos recursos naturais, renováveis ou não, bem como a procura de alternativas sustentáveis para amenizar os impactos causados por conta da utilização inconsciente dos mesmos recursos.

Os anos 70 do século passado, marcaram o início das reflexões sobre as práticas socioeconômicas e socioambientais. As mesmas vêm sendo abordadas nas convenções mundiais de ecologia e sustentabilidade. A primeira conferência realizada foi a de Estocolmo em 1972, reunindo 113 países participantes na capital da Suécia<sup>1,2</sup>. Após toda discussão sobre os impactos gerados e ações para minimizá-los, surgiram relatórios, protocolos e convenções, com o intuito de conscientizar e aconselhar as sociedades a “fazerem as pazes com a natureza” e caminhar para um desenvolvimento mais sustentável.

Somente no final do século XX, a problemática da sustentabilidade assumiu um papel central na reflexão em torno do desenvolvimento mundial. Em 1992, houve uma importante convenção realizada no Rio de Janeiro. Participaram representantes de 173 países. A referida

ficou conhecida como Eco-92 e RIO-92. Durante a Eco-92, realizaram uma análise dos progressos obtidos desde a Conferência de Estocolmo, além do destaque para o conceito de sustentabilidade. Também, ficou definido que sustentabilidade se resume em suprir as necessidades no tempo presente, sem comprometer as gerações futuras, abrangendo todos os recursos naturais utilizados pelo homem, inclusive a água. A água é o recurso mais importante, mais utilizado e mais desperdiçado pela população mundial<sup>1</sup>.

“Ninguém parou para pensar que a água que existe no planeta é a mesma, desde que a Terra existe. Não se produz água. Ela não vem de outros planetas, mas a sua conservação advém do uso moderado. Só que a humanidade não quer mais saber de moderação. Tudo tem de ser consumido em abundância. A agressão destinada do ambiente já alterou as condições climáticas globais. O desperdício anormal de água desequilibrou as reservas que pareciam intermináveis”<sup>3</sup>.

A agenda 21, resultado da Eco-92, estabelece algumas alternativas para a conservação de água, mas apesar das orientações para os governos e cidadãos, ficou a critério de cada um qual alternativa adotar. Vinte anos após a Eco-92, foi realizada outra conferência no Rio de Janeiro: a Rio+20 (com a presença de representantes de 193 países). “O documento final da Rio+20 apresenta várias intenções e joga para os próximos anos a definição de medidas práticas para garantir a proteção do meio ambiente”. A tomada de decisões práticas foi prejudicada por conta da crise econômica mundial<sup>1,34</sup>.

Constata-se que apesar da realização de convenções e apresentação de melhorias relacionadas ao desenvolvimento sustentável, muitos países sofrem pela falta de recursos básicos como a água. A crise hídrica é mais presente no mundo todo, e existe pelo fato de possuírem uma grande população e não terem muitas reservas de água doce potável, como os países do MENA (Egito, Líbano, Síria, Emirados Árabes e etc.). Já em outros países como os Estados Unidos e o Brasil, há grandes populações e grandes reservas de água, ou pequenas populações e grandes reservas de água e a crise hídrica existe por conta da poluição das reservas de água potável, das perdas nos sistemas de distribuição de água tratada e da impermeabilização do solo. Independente de qual seja a explicação para a crise hídrica, é necessária a aplicação das soluções pautadas na agenda 21 citadas anteriormente, sem deixar de levar em consideração a viabilidade ambiental, social e econômica que cada uma das possíveis soluções sugeridas proporciona para cada caso específico<sup>5,6,7,8</sup>.

Segundo Nalini (2010)<sup>3</sup>, o Brasil detém 8% das reservas de água doce do planeta e 80% desse volume está disponível na Bacia Amazônica, onde vivem apenas 7% da população brasileira. Os outros 20% distribuem-se desigualmente pelo país. Por isso, é preciso aplicar al-

ternativas para a conservação de água no país, bem como para a diminuição das perdas no sistema de distribuição de água potável e no tratamento de esgoto, pois apenas 16% do esgoto gerado no país é tratado, sendo que o restante vai para os rios sem nenhum tratamento, poluindo ainda mais os mananciais e colaborando com o impacto ambiental e a falta de água<sup>3,9,11</sup>.

Assim, outro ponto importante é o uso consciente da água, considerando a água tratada pelas concessionárias de saneamento, atendendo aos exigentes tratamentos para atingir determinados padrões de potabilidade, como: beber, higiene, alimentação, limpeza em geral, uso nos vasos sanitários, dentre outros fins. Para este fim, as edificações deveriam priorizar as instalações hidráulicas separadas em duas categorias: a categoria de água potável e água não potável. Dessa maneira, a água potável se destinaria para cozinhar, beber e higiene pessoal, enquanto a água não potável teria como destino o uso em descargas, lavagens de pátios e irrigação de jardins<sup>13</sup>.

Na tentativa de minimizar a problemática da falta de água potável, muitos países têm adotado políticas para o aproveitamento da água da chuva, tanto em residências quanto em estabelecimentos comerciais e indústrias, pois é um atenuante da crise hídrica. A capacidade de aproveitar a água da chuva, tem benefícios positivos para a implementação de programas de reutilização e aproveitamento. Tais benefícios incluem a redução do consumo de energia, associado ao tratamento e distribuição de água e benefícios ambientais significativos, como: a diminuição de escoamento superficial e de efluentes lançados nos rios e aumento da disponibilidade de água<sup>9,12</sup>.

No Reino Unido, o incentivo do uso de águas pluviais é intensificado, pois a economia de água é baseada no volume de água potável substituída pela água da chuva. O consumo chega a 30% em uma residência de água pelos vasos sanitários do consumo total. É visível a economia que o sistema de substituição de água potável por água da chuva para fins não potáveis pode trazer. Em Berlim, na Alemanha, é cobrada uma taxa pela introdução de água da chuva no sistema de esgoto desde o ano 2000. Essa taxa desempenha o papel de estimular a implantação de sistemas de reuso de água para a economia de água potável, além de não sobrecarregar o sistema de esgoto. No entanto, nos Estados Unidos, a água de reaproveitamento é destinada à lavagem de vasos sanitários e de automóveis, na irrigação e resfriamento evaporativo. No estado da Califórnia há financiamentos para os interessados em colocar sistemas de captação e aproveitamento da água de chuva nas suas residências<sup>9,13</sup>.

O Brasil inova com o sistema de coleta de água da chuva, com uma técnica popular nas regiões semiáridas brasileiras, que após a Rio+20, possibilitou a criação do Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência no Semiárido: Um Milhão de Cisternas

Rurais (P1MC), oferecendo cisternas para o uso de famílias em propriedades rurais. A água coletada é para uso doméstico, inclusive beber ou cozinhar. Nos últimos anos, observa-se um grande interesse pelo uso da água da chuva em todas as regiões do Brasil, pois a água coletada pelo sistema de aproveitamento pode ser usada tanto em residências quanto em indústrias ou estabelecimentos comerciais. Nas residências, essa água é comumente utilizada para lavagem de vasos sanitários, irrigação de jardins e hortas, lavagens de veículos e pisos e cisternas de controle de incêndio. Nas indústrias e estabelecimentos comerciais, ela pode ser utilizada para resfriamento de máquinas e telhados, lavagem de vasos sanitários, climatização interna, lava jatos de veículos, limpeza industrial e etc.

O aumento da ocorrência de eventos naturais extremos no Brasil, reforça a necessidade do aproveitamento a nível nacional. A seca em São Paulo em 2013 e 2014 é um grande exemplo, pois o Sistema Cantareira da SABESP passou a fazer uso do seu volume morto (reserva emergencial) por conta da diminuição das chuvas. A cidade tem um elevado consumo de água e os mananciais da bacia que abastecem o Cantareira estão poluídos. Isso provocou a falta de água para a população. Há um contraste: sempre que a cidade era atingida por precipitações, ocorriam enchentes e a chuva não era suficiente para aumentar significativamente o volume dos reservatórios da Cantareira. O uso da água da chuva por moradores daquela região pode ser uma ótima alternativa para tentar suprir a falta de água e uma boa opção de economia no consumo, pois a água da chuva é usada para atividades que não requerem água potável. Além disso, a captação e o uso dessa água seriam fatores que colaborariam com a diminuição do volume de água escoada que provocam enchentes. Em relação à normativa brasileira, existe apenas uma, a NBR 15527:2007- Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos, que trata apenas de condições gerais métodos para dimensionamento de reservatórios<sup>4,11,13,14,15,16,17</sup>.

O Paraná é um estado com alta intensidade pluviométrica e essa condição torna favorável o reuso da água da chuva para consumo residencial, comercial ou industrial. Por isso, é crescente a adoção desse sistema para a economia de água em todos os setores. Na cidade de Curitiba existe uma legislação própria para o reuso de águas pluviais desde 2007. As novas edificações devem atender ao Decreto Municipal nº176/2007, no que diz respeito aos volumes de contenção de águas pluviais em funções das áreas impermeabilizadas<sup>18,19</sup>. Em Maringá, o reuso de água da chuva se tornou lei. O artigo 3 da seção IX do Decreto Municipal nº 1.311/2008 incluso na lei Complementar nº 685/2007, exige que qualquer edificação nova ou que esteja passando por reformas, com área de cobertura superior a 500m<sup>2</sup>, possua um sistema de

reaproveitamento de água da chuva<sup>10,20</sup>.

Entre os benefícios que o sistema de aproveitamento de água da chuva proporciona, destacam-se: a redução do uso de água potável, a diminuição do risco de inundações urbanas e de sobrecargas do sistema de galerias de águas pluviais, mostra-se como uma alternativa econômica, pois é um sistema composto, basicamente em de diversos materiais, relativamente simples:

- 1) Captar a água precipitada com descarte inicial;
- 2) Filtrar a água e tratar de acordo com padrões mínimos da NBR 15575 Água da chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos;
- 3) Armazenar água em reservatórios próprios para água da chuva;
- 4) Distribuir a água precipitada;
- 5) Drenar o excesso de água em caso de chuva intensa;
- 6) Completar a falta de água em caso de estiagem prolongada<sup>11,9,21</sup>.

O crescimento da área urbana de Maringá vem provocando um grande aumento na demanda por água potável advinda do abastecimento do rio Pirapó. De acordo com o Instituto de águas do Paraná, a Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar), tem a permissão do Instituto Ambiental do Paraná (IAP) para a captação de 1440 litros de água por segundo do rio Pirapó. Hoje, a captação de água nos horários com maior demanda varia entre 1050 e 1060 l/s. Devido a projeção de crescimento da cidade, em breve, o limite de captação será atingido. O aumento da população tem como consequência o aumento da urbanização e da impermeabilização do solo da cidade. A perfuração de poços artesianos para ajudar na demanda de água não é uma alternativa viável para todas as regiões, pois algumas partes de determinadas bacias hidrográficas podem não ter vazão suficiente. Tal problema poderia ser amenizado pelo aproveitamento da água precipitada, pois a cidade possui um bom índice de chuvas durante a maior parte do ano<sup>20</sup>.

Por referir-se a uma água que seria drenada diretamente para o rio, o uso da água de chuva se mostra uma ótima alternativa para diminuir o impacto ambiental e reduzir a quantidade de água potável usada para fins não potáveis. Tal uso permitiria uma flexibilidade no processo como um todo, mantendo apenas suas características básicas de composição do sistema de reaproveitamento de água. Esses sistemas são caracterizados pelo baixo custo inicial, bem como a facilidade e simplicidade de manutenção e controle, tornando-se uma boa opção para a conservação e valorização do uso da água<sup>5,21,22</sup>.

Assim, estabelecimentos comerciais, que possuem grandes áreas de telhado e elevado consumo de água, situados na cidade de Maringá possuem grande potencial para o uso da água de chuva, pois a cidade tem grandes

precipitações durante todo o ano e o estabelecimento terá uma grande área de captação; caminho fácil e eficaz para a economia de água potável. Os benefícios desse aproveitamento da água de chuva vão além de apenas economizar e conservar água.

As exigências legais e dos problemas causados pela crise hídrica é de conhecimento de todos os setores, inclusive, os clubes sociais na cidade de Maringá. Atualmente, a cidade de Maringá possui seis clubes sociais e nenhum deles faz uso de sistemas de aproveitamento de água da chuva. Clubes estes que são locais com um grande potencial para a implementação de sistemas de aproveitamento de água pluvial, pois se encaixam na descrição das características físicas para a implementação e implantação do sistema proposto no presente projeto.

O Clube Recreativo, objeto de estudo, é um dos clubes mais tradicionais da cidade e inaugurado em 1963. Ele cresce a cada dia e já conta com mais de 20 mil sócios. São 20.624,59 metros quadrados de área construída. Para atender o crescimento constante do clube, a administração optou pela construção de uma nova ala que será composta por um salão de festas, uma academia, uma sala de reuniões e a nova sede da administração do clube. Apesar de contar com um poço artesiano com uma vazão de 5 l/s, o consumo de água para fins não potáveis é bem elevado.

Dentro desse contexto, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo principal de apontar uma alternativa sustentável e economicamente viável para a substituição do uso de água do poço artesiano para fins não potáveis, pelo uso de água da chuva. Reduzindo por consequência o escoamento superficial das águas pluviais e o impacto ambiental.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi dividido em sete etapas, incluindo as cinco etapas propostas pela Agência Nacional de Águas (ANA). Inicialmente, foi feito um levantamento bibliográfico através de livros, artigos e publicações que abordam o mesmo assunto. A primeira etapa foi a determinação da precipitação média mensal e anual local. Na segunda etapa foi estabelecida a área de coleta. A terceira etapa consistiu-se na determinação do coeficiente de escoamento superficial. O cálculo da demanda de água compôs a quarta etapa. A quinta etapa resumiu-se em calcular o volume e projetar o sistema de first flush, enquanto a sexta etapa foi o dimensionamento do reservatório de armazenamento da água. E, por fim, a sétima etapa foi determinado os sistemas complementar e o de tratamento.

### Primeira etapa: determinação da precipitação média anual e mensal local

Na introdução já foi exposto que o tempo de retorno para áreas comerciais e artérias de tráfego é de 10 anos.

Seguindo esse pensamento e fazendo uso dos dados das precipitações mensais ocorridas durante o período de 17 de maio de 2006 até o dia 17 de maio de 2016 e o método aritmético para determinação da precipitação média sobre uma bacia, pode-se calcular a precipitação média anual neste período.

Esses dados foram retirados do site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e tratados com o auxílio do software Excel, onde, para obter a precipitação média mensal, somou-se as dez precipitações de cada mês no período de dez anos e depois dividiu-se por dez o resultado dessa soma. Para a determinação da precipitação média anual, somou-se as precipitações mensais de cada ano e dividiu-se por 12, depois de determinar a média de precipitação de cada ano, somou-se as dez médias utilizadas e dividiu-se por 10 para obter o valor da precipitação média anual do respectivo período<sup>23</sup>.

### Segunda etapa: Determinação da área de coleta

Para efeitos de cálculo, considerou-se duas áreas diferentes para compor a área de coleta, a área de contribuição e a área de coleta. De acordo com a NBR 10844 - Instalações prediais de águas pluviais, a área de contribuição é utilizada no cálculo do dimensionamento dos sistemas complementares. Enquanto a NBR 15527 - Aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis define a área de captação que foi utilizada nos cálculos dos métodos de dimensionamento dos reservatórios<sup>24,25</sup>.

### Determinação da área de captação

Área de captação é a área, em metros quadrados, projetada na horizontal da superfície impermeável da cobertura onde a água é captada. A área de captação considerada foi a área de telhado da ampliação. A determinação desta área foi feita com base no projeto arquitetônico do salão com o auxílio do software AutoCad 2014. Pelo fato do telhado possuir um traçado complexo e ser composto de várias "águas", foi necessário fazer algumas subdivisões para determinar as áreas.

### Determinação da área de contribuição

A área de contribuição é a soma das áreas das superfícies que, interceptando chuva, conduzem as águas para determinado ponto da instalação. No cálculo da área de contribuição, devem-se considerar os incrementos devidos à inclinação da cobertura e às paredes que interceptam água de chuva que também deva ser drenada pela cobertura. Para determinação da área de contribuição, utilizou-se as divisões feitas na área de captação para o cálculo da área de contribuição. Para determinar a áreas de contribuição de superfícies inclinadas e de quatro superfícies planas verticais sendo uma com maior altura, utilizou-se, respectivamente:

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

Em que:

A = área de contribuição;  
a = largura do telhado;  
h = altura do telhado;  
b = comprimento do telhado.

$$A = \frac{a * b}{2}$$

Em que:

A = área de contribuição;  
a = largura do telhado;  
b = comprimento do telhado.

### Terceira etapa: Determinação do escoamento superficial (coef. de Runoff)

Para a determinação do coeficiente superficial, foi utilizado o valor encontrado na tabela 5.1 – Coeficiente de Runoff médio (Tomaz 2009), que depende do tipo de cobertura a ser utilizada no projeto<sup>26</sup>.

### Quarta etapa: Determinação da demanda mensal de água cinza para uso nos vasos sanitários e mictórios

O cálculo da demanda de água pluvial para uso de água cinza foi feito utilizando como base o cálculo de população por m<sup>2</sup> de cada compartimento que compõem o conjunto da edificação. Após verificar a classificação de cada compartimento, utilizou-se a tabela 1 – NPT 11-Saídas de emergência, para verificar a população máxima permitida por m<sup>2</sup> de acordo com a ocupação. A área de cada cômodo da edificação foi obtida no projeto arquitetônico. Para a determinação da população máxima que utilizará essa edificação, multiplicou-se a área de cada compartimento pela população máxima que pode utilizá-lo. Somando essas populações, obteve-se a população máxima que utilizará a edificação, definida como população total, para o cálculo da demanda dos sanitários foi definida também a população feminina e masculina.

Para os sanitários masculinos, estimou-se que 70% dos homens utilizarão os mictórios e 30% utilizarão o vaso sanitário. Assim, pôde-se multiplicar o valor estimado de descargas pela quantidade de litros que cada descarga gastaria e pela quantidade de dias que o ambiente será utilizado no mês, obtendo assim a demanda mensal.

### Quinta etapa: Determinação do sistema first flush

O cálculo do volume a ser descartado no começo da precipitação foi feito da seguinte forma:

$$V = A * P$$

Em que:

V = volume a ser descartado;  
A = área de captação;  
P = precipitação de 2mm, segundo o item 4.2.5 da NBR 15527.

### Sexta etapa: Dimensionamento do reservatório

O cálculo da captação foi feito levando em consideração a área de telhado, a precipitação e três métodos de dimensionamento de reservatórios disponíveis na NBR 15527:2007 – aproveitamento de água da chuva, adotando o maior volume entre os três. Os métodos utilizados serão:

- Método de Rippl:

$$S(t) = D(t) - Q(t)$$

$Q(t) = C \times \text{precipitação da chuva } (t) \times \text{área de captação}$   
 $V = \sum S(t)$ , somente para valores  $S(t) > 0$

Sendo que:  $\sum D(t) < \sum Q(t)$

Em que:

$S(t)$ , é o volume de água no reservatório no tempo t;  
 $Q(t)$ , é o volume de chuva aproveitável no tempo t (série mensal);  
 $D(t)$ , é a demanda ou consumo no tempo t;  
 $V$  é o volume do reservatório;  
 $C$  é o coeficiente de escoamento superficial (coeficiente de runoff)<sup>14</sup>.

- Método Azevedo Neto ou Método prático brasileiro:

O volume de chuva do reservatório foi obtido pela seguinte equação:

$$V = 0,042 * P * A * T$$

Em que:

P é o valor numérico da precipitação média anual, 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 captação em projeção, expresso em metros quadrados (m<sup>2</sup>);  
V é o valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório em litros (l)<sup>14</sup>.

- Método prático Inglês:

O volume de chuva foi obtido pela seguinte equação:

$$V = 0,05 * P * A$$

Em que:

P é o valor da precipitação média anual, expresso em milímetros (mm);  
A é o valor da área de captação em projeção, expresso em metros quadrados (m<sup>2</sup>);  
V é o valor do volume de água aproveitável e o volume de água da cisterna, expresso em litros<sup>14</sup>.

### Sétima etapa: Dimensionamento dos sistemas complementares

#### Determinação da vazão de projeto

Para a determinação da vazão de projeto, utilizou-se a seguinte fórmula

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

Em que:

- Q = Vazão de projeto, em L/min;
- I = intensidade pluviométrica, em mm/h
- A = área de contribuição, em m<sup>2</sup>

**Dimensionamento das dimensões da área transversal das calhas**

Para o dimensionamento de calhas, usou-se a formula de Manning-Strickler:

$$Q = K * \frac{S}{n} * R^{\frac{2}{3}} * i^{\frac{1}{2}}$$

Em que:

- Q = Vazão de projeto, em L/min
- S= área da seção molhada, em m<sup>2</sup>
- n = coeficiente de rugosidade
- R = raio hidráulico, em m
- i = declividade da calha, em m/m
- K = 60.000

**Determinação do diâmetro dos condutores verticais**

Para a determinação dos diâmetros dos condutores verticais, foi utilizado a Figura 3 - Ábacos para a determinação de diâmetros de condutores verticais da NBR 10844 – Instalações prediais de águas pluviais, levando em consideração a vazão de projeto já calculada anteriormente e o comprimento do condutor vertical obtido através do projeto arquitetônico.

**Determinação dos condutores horizontais**

Os diâmetros dos condutores horizontais e as suas inclinações foram obtidos através da Tabela 4 - Capacidade de condutores horizontais de seção circular, da NBR 10844 – Instalações prediais de águas pluviais, levando em consideração a vazão de projeto de cada condutor.

**Determinação do sistema de tratamento.**

Para que a água a ser utilizada atinja os Parâmetros de qualidade de água para uso não potável especificados na NBR 15527, foi feita uma pesquisa a respeito dos filtros e estações de tratamento disponíveis no mercado para encontrar uma solução prática e eficaz.

**3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

**Primeira etapa: determinação da precipitação média anual e média mensal local**

A precipitação média anual calculada foi de 1782,4 mm e as precipitações médias mensais calculadas foram colocadas em um gráfico para melhor análise.

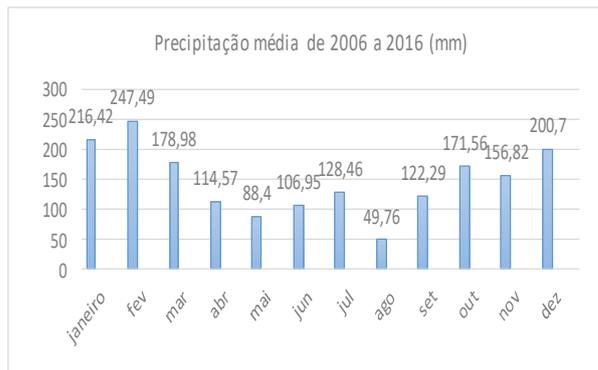


Gráfico 1. Precipitação média mensal do ano de 2006 até 2016

**Segunda etapa:**

**Determinação da área de coleta**

**Determinação da área de captação**

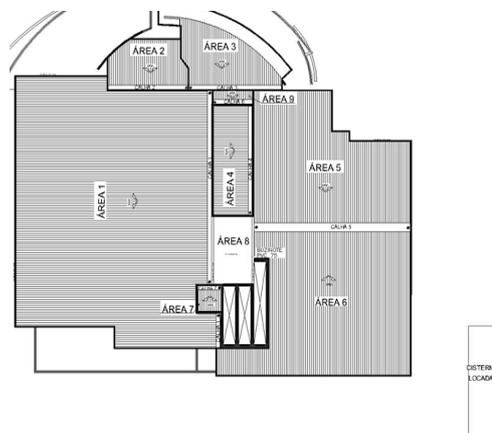


Figura 1. Planta de localização e cobertura com a Divisão das águas do telhado e localização da cisterna.

**Determinação da área de contribuição**

Tabela 1. Áreas de contribuição.

Divisão de áreas	Área de captação (m <sup>2</sup> )	Área de contribuição			
		a (m)	h (m)	b (m)	AC (m <sup>2</sup> )
Área 1	266	7	0,6	18	131,40
Área 2	20	3,6	0,3	5,5	20,63
Área 3	38	6,1	0,5	8	50,80
Área 4	23	3,3	0,35	7,9	27,45
Área 5	94	6	0,75	11,9	76,18
Área 6	120	10	0,6	12	123,60
Área 7	4	1,8	0,2	1,8	3,42
Área 8	14	2,9	-	4,7	6,82
Área 9	1,9	0,95	0,75	3,15	4,17

### Terceira etapa: Determinação do escoamento superficial (coef. De Runoff).

O coeficiente de escoamento superficial ou coeficiente de Runoff adotado foi de 0,8, considerando que as telhas utilizadas serão telhas corrugadas de metal.

### Quarta etapa: Determinação do sistema first flush

O volume a ser descartado da primeira chuva deverá ser de, no mínimo, 1,17 m<sup>3</sup>.

### Quinta etapa: Determinação da demanda mensal de água para os vasos sanitários e mictórios.

Tabela 2. Determinação da demanda mensal por descargas.

Uso	Divisão CSCIP	Pop. por m <sup>2</sup>	Área (m <sup>2</sup> )	Dias de funcionamento semanal	Pop. semanal	Pop. mensal
Salão de festas	F-6	2,00	199,42	2,00	798	3191
Cozinha salão de festas	F-8	0,14	34,66	2,00	10	40
Administração	D-1	0,14	79,44	5,00	57	227
Academia	E-3	0,67	187,60	6,00	751	3002
Sala de reuniões	D-1	0,14	129,04	1,00	18	74
Descargas por mês						6533

Assim que foi determinado o número de descargas mensais, considerou-se que 3267 descargas serão dadas nos banheiros femininos e 3267 descargas serão dadas no banheiro masculino, dividido entre 30% e 70 % das descargas entre os vasos sanitários e os mictórios, obtendo-se as quantidades de descarga de 980 e 2287, respectivamente. Considerando que os vasos sanitários serão do tipo caixa acoplada, cada descarga efetuada terá o consumo de 6 litros, totalizando um volume mensal de 25482 litros, enquanto que cada mictório gastará 2,5 litros por descarga, totalizando um volume mensal de 5718 litros. Assim, a demanda mensal de água calculada foi de 31200 litros.

### Sexta etapa: Dimensionamento do reservatório

Tabela 3. Diferenças entre volumes e métodos.

MÉTODO	VOLUME DO RESERVATÓRIO (l)
Rippl	5.200
Azevedo Neto	43.490
Prático Inglês	51.770

Considerando as grandes diferenças entre os volumes calculados, adotou-se o resultado do método de Rippl como o volume mínimo que o reservatório terá que ter para atender a demanda dos vasos sanitários e dos mictórios. Porém, decidiu-se que o melhor seria adotar o volume do método Prático Inglês, pois é o maior volume, considerando que há espaço suficiente para a construção do reservatório. Além disso, o reservatório estará posicionado em uma das partes mais altas do clube, tornando possível a distribuição da água por gravidade. A respeito da água remanescente, ela será usada para a lavagem de pátios, irrigação de jardins e do campo de futebol, levando em conta que há um elevado consumo de água potável para esses fins. Após definir o volume do reservatório, determinou-se que o mesmo seria construído in loco de alvenaria estrutural, pois seria mais viável economicamente, uma vez que não existem opções no mercado para atender esse volume necessário e ao espaço disponível. O formato escolhido foi o retangular para facilitar a execução. As dimensões foram definidas pelo espaço disponível para a cisterna enterrada, que foi de 2 metros de largura, 8 metros de comprimento 3,2 metros de profundidade, totalizando um volume de 51,2 m<sup>3</sup> de água.

### Sétima etapa: Dimensionamento dos sistemas complementares

#### Dimensionamento das calhas

Tabela 4. Dimensões das calhas.

Calha	Q (l/min)	a calculado (m)	b calculado (m)	Dimensões adotadas das calhas	
				a (cm)	b (cm)
1	409,53	0,07	0,14	7,5	15
2	64,28	0,03	0,07	7,5	15
3	158,33	0,05	0,10	7,5	15
4	85,56	0,04	0,08	7,5	15
5	622,65	0,08	0,16	10	20
6	10,66	0,02	0,03	7,5	15
7	13,01	0,02	0,04	7,5	15

## Determinação do diâmetro dos condutores verticais

Tabela 5. Dimensões dos condutores verticais.

	Calha 1			Calha 2	Calha 3	Calha 4	Calha 5		Calha 6	Calha 7
	condutor 1	condutor 2	condutor 3	condutor 1	condutor 1	condutor 1	condutor 1	condutor 2	condutor 1	condutor 1
Vazão (l/min)	159,26	159,26	91,01	64,28	158,33	85,56	311,33	311,33	10,66	13,01
Diam. Cond. Verticais (mm)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

## Determinação dos condutores horizontais

Tabela 6. Dimensões dos condutores horizontais.

		Vazão (l/min)	n	Inclinação (%)	Diâmetro condutores horizontais (mm)
calha 1	condutor 1	159,26	0,01	1	100
	condutor 2	159,26	0,01	1	100
	condutor 3	91,01	0,01	1	100
calha 2	condutor 1	64,28	0,01	1	100
calha 3	condutor 1	158,33	0,01	1	100
calha 4	condutor 1	85,56	0,01	1	100
calha 5	condutor 1	311,33	0,01	2	100
	condutor 2	311,33	0,01	2	100
calha 6	condutor 1	10,66	0,01	1	100
calha 7	condutor 1	13,01	0,01	1	100

## Determinação do sistema de tratamento e filtros

Como sistema de tratamento, foi escolhido uma estação de tratamento de água da chuva da com acionamento automático e capacidade de tratamento de até 5000 litros por hora que faz a filtragem e a cloração da água coletada além de fazer o descarte da água resultante do first flush.

## 4. CONCLUSÃO

Diante dos resultados apresentados no artigo, pode-se concluir que a adoção do aproveitamento de água da chuva como parte constituinte do sistema hidráulico da edificação demanda uma análise criteriosa no projeto como um todo, assim como nos índices pluviométricos da região. Estes índices no município de Maringá mostraram-se satisfatórios quanto ao volume de água precipi-

tada e quanto a sua frequência necessários, demonstrando que há um grande potencial para o aproveitamento de água pluvial na cidade.

Referente aos dimensionamentos realizados, apesar dos três métodos serem extremamente confiáveis, notou-se que o volume calculado pelo método prático inglês apresentou-se 90% maior que o volume calculado pelo método de Rippl, definindo o volume mínimo do reservatório baseado na

demanda mensal e na precipitação mensal, e 16% maior que o método Azevedo Neto, considerando os meses de seca. Também constatou-se que a alternativa mais viável do ponto de vista ambiental seria optar pelo método, cujo resultado obtido foi o maior volume, mesmo tendo um reservatório quase que duas vezes maior que a demanda mensal dos vasos sanitários e mictórios. Esse grande volume de água armazenada significará uma redução significativa no escoamento superficial de água pluvial oriundo do clube. A diminuição do escoamento superficial reduz a sobrecarga no sistema de drenagem urbana, consequentemente diminui o risco de enchentes.

Do ponto de vista econômico, o aproveitamento da água da chuva para os fins menos nobres considerados no cálculo, significa o aumento do volume de água potável disponível para o clube, pois mesmo que o clube conte com um poço artesiano, sua crescente população demanda cada vez mais água. Além disso, a água excedente não será desperdiçada, ela poderá ser utilizada para outras necessidades do clube que não foram consideradas inicialmente como lavagem de pátios, rega de jardins e do campo de futebol, pois poderá ficar armazenada por longos períodos, uma vez que a estação de tratamento fará a retirada da matéria orgânica e a cloração desta água.

## REFERÊNCIAS

- [01] Curi D. Gestão ambiental. 1 ed. São Paulo: Pearson price hall, 2012.
- [02] Costa LG, Damasceno MVN, Santos R De S. A Conferência de Estocolmo e o pensamento ambientalista: como tudo começou. [Acesso 9 mai. 2016] Disponível em [http://www.ambitojuridico.com.br/site/?n\\_link=revista\\_artigos\\_leitura&artigo\\_id=12292](http://www.ambitojuridico.com.br/site/?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=12292).
- [03] Nalini JR. Ética ambiental. 3 ed. Campinas, SP: Millenium, 2010.
- [04] Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento sustentável. Relatório de sustentabilidade da Rio +20. [Acesso 09 mai.2016] Disponível em: [http://www.rio20.gov.br/sobre\\_a\\_rio\\_mais\\_20/participacoes.html](http://www.rio20.gov.br/sobre_a_rio_mais_20/participacoes.html).
- [05] Filho DB, Mancuso PCS. Conceito de reuso de água. In:

- MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H.F. Reuso de água. São Paulo: Manole, 2003.
- [06] Salvador, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org). Abastecimento de água: gerenciamento de perdas de água e energia elétrica em sistemas de abastecimento: guia do profissional em treinamento: nível 2. ReCESA, 2008. 139p.
- [07] Miranda EC. Gerenciamento de perdas de água. In: HELLER, L; PÁDUA, V.L. Abastecimento de água para consumo humano. Belo Horizonte, MG: EDITORA UFMG, 2006.
- [08] Thornton J, Sturm R, Kunkel G, Water Loss Control. 2nd ed. Mc Graw Hill, New York, 2008.
- [09] Mascaró JL, Yoshinaga M. Infra – estrutura urbana. 1. ed. Porto Alegre - RS: Masquatro, 2005.
- [10] Maringá. Câmara Municipal. Lei complementar n. 910. Maringá, PR – 2011. [Acesso 03 fev. 2016]. Disponível em: [http://www2.maringa.pr.gov.br/sistem/a/arquivos/geo/leis/lc\\_910\\_2011\\_edificacoes\\_lei\\_consolidada.pdf](http://www2.maringa.pr.gov.br/sistem/a/arquivos/geo/leis/lc_910_2011_edificacoes_lei_consolidada.pdf).
- [11] Goldenfum JA. Reaproveitamento de águas pluviais. In: II SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE O USO DA ÁGUA NA AGRICULTURA, Passo Fundo. 2006.
- [12] U.S. Environmental Protection Agency. Guidelines for Water Reuse. CDM SMITH, Washington, D.C. ,2012.
- [13] Junior AP, Martins G. Águas de abastecimento. In: JUNIOR, A.P. Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável. Barueri, SP: Manole, 2005.
- [14] Tomaz P. Aproveitamento de água da chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. 2009. [Acesso 10 mai. 2016]. Disponível em: [http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/livro\\_conservacao/capitulo8.pdf](http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/livro_conservacao/capitulo8.pdf).
- [15] Botelho MHC. Águas de chuva: engenharia das águas pluviais nas cidades. 3 ed. São Paulo: Blucher, 2011.
- [16] May S. Estudo da viabilidade do aproveitamento de água da chuva para consumo não potável em edificações. '2004. 159 p. Dissertação (mestrado) – USP. São Paulo, SP: 2004. [Acesso 02 fev. 2016] Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-02082004-122332/en.php>.
- [17] Jaques RC. Qualidade da água de chuva no município de Florianópolis e sua potencialidade para aproveitamento em edificações. 02/03/2005. 102 p. Dissertação (mestrado) – UFSC. Florianópolis, SC: 2005. [Acesso 03 fev. 2016]. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/04campolino.pdf>.
- [18] Souza RCC.de. Reservatório de Contenção de Cheias para Controle de Vazões. Hydro, São Paulo, V 107, Setembro, 2015.
- [19] Giacchini M. Uso e Reuso da água: série de cadernos técnicos. CREA-PR, 2009. [Acesso 03 fev. 2016]. Disponível em [http://www.crea-pr.org.br/index.php?option=com\\_phocadownload&view=category&id=37:cadernos-ecnicos](http://www.crea-pr.org.br/index.php?option=com_phocadownload&view=category&id=37:cadernos-ecnicos).
- [20] Instituto de Águas do Paraná - Elaboração do plano estadual de recursos hídricos. [Acesso 08 out. 2015.] Disponível em: [http://www.aguasparana.pr.gov.br/arquivos/file/PLERH/Produto1\\_1\\_Anexo1\\_RevisaoFinal.pdf](http://www.aguasparana.pr.gov.br/arquivos/file/PLERH/Produto1_1_Anexo1_RevisaoFinal.pdf).
- [21] Santos HF. A escassez e o reuso de água em âmbito municipal. In: MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H.F. Reuso de água. São Paulo: Manole, 2003.
- [22] Mancuso PCS. Tecnologia de reuso de água. In: MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H.F. Reuso de água. São Paulo: Manole, 2003.
- [23] Instituto Nacional de Meteorologia - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. [Acesso 17 Mai. 2016]. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>
- [24] Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10844- Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989.
- [25] Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15527- Aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis. Rio de Janeiro, 2007.
- [26] Tomaz, P. Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis. [Acesso 08 Jul. 2016]. Disponível em: [http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro\\_aprov\\_aguadechuva/Capitulo%2005.pdf](http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov_aguadechuva/Capitulo%2005.pdf).