# ESTUDO DOS MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIOS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA UM EMPREENDIMENTO DE USO MISTO EM MANAUS-AM

MARIA JULIANA DE MELO MONTE[1]*, FERNANDO DE FARIAS FERNANDES[2], SAMANTHA COELHO PINHEIRO[3],

[1] Engenharia Civil, Manaus-AM. Fone: (92) 981063344, juliana.monte@outlook.com
[2] Ms. Professor Engenharia Civil, UEA, Manaus-AM. Email: fernandoffernandes@uol.com.br
[3] Dra. Professora Engenharia Civil, UEA, Manaus-AM. Email: spinheiro@uea.edu.br

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2018
21 a 24 de agosto de 2018 – Maceió-AL, Brasil

**RESUMO**: O presente projeto pretende estudar qual melhor método de dimensionamento de reservatório de água da chuva em um empreendimento de uso misto na cidade de Manaus. A metodologia consiste em: a primeira etapa do projeto consiste na caracterização do empreendimento, definindo a água de captação, para em seguida ser estimada a população e o consumo diário de água, e fazer a coleta dos dados pluviométricos. Esses dados serão utilizados no dimensionamento do reservatório por 5 métodos distintos, sendo 4 deles encontrados na ABNT NBR 15527:2007. Os resultados mostram que, por mais que não haja um dimensionamento ideal, há o dimensionamento que melhor se encaixa com as características locais. A área de captação encontrada foi de 1556,85 $m^2$, a intensidade foi de 208,74 mm/h e os volumes dos reservatórios encontrados foi de 15,75; 16,06; 39,68; 152,06 e 387 $m^3$.
**PALAVRAS–CHAVE**: Dimensionamento, reservatório, água da chuva, coleta.

## STUDY OF THE METHODS OF A RESERVOIR FOR RAINWATER HARVESTING'S DESING IN A MIXED-USE BUILDING IN MANAUS

**ABSTRACT:** The present project intends to study the best method of rainwater reservoir design in a mixed-use building project in the city of Manaus. The methodology consists in: the first stage of the project consists in the characterization of the building, defining the catchment area, to then be estimated from the population and the daily water consumption, and collect the rainfall data. These data will be used in the reservoir design by 5 distinct methods, with 4 of them found in ABNT NBR 15527: 2007. The results show that, even if there's no ideal dimensioning, there's the one whose fits better with the local characteristics. The catchment area was 1556,85 $m^2$, the intensity was 208,74 mm/h and the reservoir volumes found were 15,75; 16,06; 39,68; 152,06 and 387 $m^3$.
**KEYWORDS:** Desing, reservoir, rainwater, harvesting.

## INTRODUÇÃO

Segundo Green et al. (2015) a água que é destinada ao desenvolvimento agrícola e industrial e que atende às necessidades da população tem apresentado sua disponibilidade comprometida em função do aumento da sua demanda, resultando na escassez e na poluição dos seus mananciais, gerando assim um aumento da necessidade de recursos de água subterrâneos (Wada & Bierkens, 2014).

Bogardi et al. (2011) dizem que alguns países, em vista da crise de água em âmbito mundial, passaram a oferecer melhorias e opções diferentes no fornecimento de água por possuírem condições financeiras para proporcionar soluções que não são acessíveis em qualquer país do mundo.

A realidade brasileira em relação ao uso da água não é bastante animadora. No final de 2015 até o primeiro trimestre de 2016, algumas cidades brasileiras, principalmente na região Sudeste,

entraram em estado de emergência e precisaram aderir ao racionamento até mesmo em dias da semana (Andrade et al., 2016). No Nordeste, região que dispõe de apenas 3% dos recursos hídricos brasileiros (May, 2004), diversos pesquisadores procuram implantar um sistema simples e barato, que vise uma fonte alternativa de água, sem desperdício ou falta da mesma, como o sistema de captação e aproveitamento de água de chuva.

Manaus, capital do Amazonas, é situada na maior bacia hidrográfica do país e possui um regime de chuvas intenso; porém, em contraste com o resto do país, a enorme quantidade de água proveniente da precipitação é simplesmente direcionada para a rede de drenagem pública, que por sua vez não consegue comportar o volume. Os problemas de drenagem em Manaus são tão frequentes, que em 2007 entrou em vigor a lei 1.192: Programa de Tratamento e Uso Racional das Águas nas edificações – PRO-ÁGUAS.

A lei 1.192/07 não aborda somente sobre o uso racional da água, mas também exije que em empreendimentos cuja área impermeabilizada superior a 500 $m^2$ seja implantado um sistema de captação e armazenamento de águas pluviais, para retardar o escoamento da água na rede de drenagem pública. A lei ainda prevê incentivos para empreendimentos já instalados antes da data de vigência da lei que adotarem o sistema de captação e armazenamento.

Segundo Tomaz (2007), o aproveitamento da água da chuva é bastante antigo, e confirma que a necessidade de conservação da água são, em suma, as regiões com escassez hídrica e exigência de lei. A utilização da água da chuva para fins não potáveis é uma excelente alternativa, principalmente em empreendimentos com alto uso de água não potável, como por exemplo, em irrigação, serviços de limpeza de áreas comuns e limpeza de automóveis, podendo até ser destinada para fins que exijam um tratamento da água, como a lavagem de roupas.

A água proveniente das empresas de abastecimento atende a rigorosos padrões de qualidade, porém seguem para todos os destinos, desde pontos onde é essencial o uso de água potável, como em chuveiros, até pontos onde pode haver o uso de água não potável, como em vasos sanitários (Annecchini, 2005).

Ao criar um sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais em edificações de grande porte, a utilização dessa água reduz a demanda das empresas de abastecimento de água e diminui significativamente os riscos de enchentes nas vias urbanas (Urbano, 2014 apud Alves et al., 2016). Em lugares de período chuvoso intenso, a água armazenada poderá servir como uma forma de *backup* para períodos de estiagem.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Caracterização da área de estudo

O edifício Soberane Live + Work situa-se no bairro Adrianópolis na cidade de Manaus, estado do Amazonas e atualmente situa-se em estado de construção. É composto por duas torres; Residence de 13 andares e cobertura, apenas residencial, e Corporate, de 21 andares, possuindo serviços como academia, escritórios e o shopping, caracterizando-se assim como um empreendimento de uso misto (Figura 1).

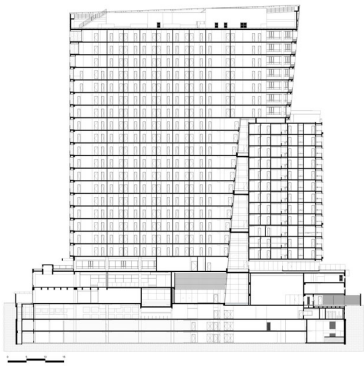

Figura 1: Corte esquemático Soberane Live + Work

### Procedimentos

O dimensionamento é feito de acordo com 4 itens (Cohim et al., 2008):

- Regime de chuvas: é necessário ter conhecimento da média anual e da sua distribuição da precipitação ao longo do ano, atentando às variações de cada ano;
- Área de captação: área em metros quadrados projetada na horizontal da superfície impermeável da cobertura (ABNT NBR 15527/2007). Corresponde aos telhados ou lajes impermeabilizadas;
- Demanda: consumo médio, mensal ou diário a ser atendido (ABNT NBR 15527/2007). Ligado diretamente à população residente, aos hábitos de usos e consumos, e tipo do uso da edificação: residencial, comercial ou industrial;
- Nível de risco aceitável: corresponde ao tipo de consumo e se há outras fontes que possam suprir o abastecimento de água.

Com os dados obtidos, pode-se dimensionar o reservatório para comparar com o existente no projeto atual e definir qual o dimensionamento ideal para o caso estudado. Serão utilizados 5 métodos de dimensionamento, sendo destes quatro presentes na ABNT NBR 15527:2007 – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, e um retirado do artigo de Cohim et al. (2008) para avaliação e escolha do método mais adequado. São eles:

- Método de Rippl;
- Método Azevedo Neto;
- Método prático inglês;
- Método prático alemão;
- Método do maior período de estiagem.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Regime de chuvas

A intensidade pluviométrica para Manaus foi determinada pela equação de 1982, feita por Denardin e Freitas (Equação 1):

$$I = \frac{1387{,}98 \times Tr^{0{,}10}}{(t+12)^{0{,}78}} \qquad \text{(Eq. 1)}$$

Onde *Tr* é o tempo de retorno em anos e *t* é o tempo de duração da chuva, em minutos. Para o dimensionamento de um reservatório, o *Tr* adotado deve ser de 25 anos e *t* deve ser de 5 minutos. *I* corresponde à intensidade de precipitação, em mm/h.

A intensidade encontrada foi de 208,74 mm/h.

### Área de captação

A área de captação encontrada foi de 1556,85 $m^2$, de acordo com a Tabela 1 e com suas áreas ilustradas na Figura 2:

Tabela 1: Área de captação por lugar e total.

| Área em estudo | Dimensões (m) | | Área ($m^2$) |
|---|---|---|---|
| Cobertura Residence | 41,7 | 14,57 | 607,57 |
| Cobertura Residence | 19,59 | 7,98 | 156,33 |
| Cobertura Residence | 70,67 | 2,52 | 178,09 |
| Cobertura Residence | 52,36 | 1,58 | 82,73 |
| Área de Jardim | 29,4 | 26,72 | 196,4 |
| Cobertura Corporate | 15,68 | 9,96 | 156,17 |
| Cobertura Corporate | 3,42 | 2,73 | 9,34 |
| Cobertura Corporate | 26,15 | 6,51 | 170,24 |
| **Área total de captação** | | | 1556,85 |

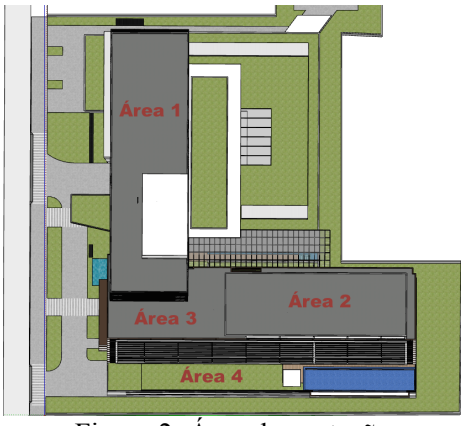

Figura 2: Área de captação

**Demanda**

O projeto do empreendimento Soberane Live + Work possui para irrigação e limpeza o total de 12 torneiras, espalhadas ao redor do empreendimento no térreo. A vazão de cada torneira é de 0,2 L/s; simulando a torneira aberta durante um tempo t = 5 minutos, o volume equivalente de água utilizada seria de 60 L. Para as 12 torneiras, o volume total das torneiras seria de 720 L.

Porém, simulando que em um dia o uso máximo dessas torneiras seria de 40 minutos, o consumo total de cada torneira seria de 480 L/dia, gerando um total de 5760 L. Por estar em um perímetro grande, contou-se que todas as torneiras seriam usadas ao longo de um dia em horários alternados, porém com uso máximo de 40 minutos.

As áreas de jardim consumiriam 294,59 L de água diariamente para irrigação, de acordo com Creder (2006), em que o consume de jardins seria 1,5 L a cada $m^2$; contando que as áreas serão irrigadas duas vezes ao dia, o consumo total seria de 589,18 L.

**Dimensionamento**

Para o dimensionamento do reservatório, é necessário recolher os dados particulares a alguns dos métodos; parte dos métodos necessitam apenas dos parâmetros já citados anteriormente, porém alguns métodos, como o de Rippl e o Prático australiano, necessitam de dados como o coeficiente de escoamento em seus cálculos.

O coeficiente de escoamento (ou de *runoff*) tange a perda de água devido à limpeza do telhado, evaporação, autolimpeza do sistema e eventuais perdas (SOUZA et al., 2016). A Tabela 2 apresenta alguns coeficientes que foram utilizados neste trabalho:

Tabela 2: Coeficientes de escoamento (Adaptado Annecchini, 2005).

| Material | Coeficiente de escoamento |
|---|---|
| Telhado verde | 0,27 |
| Concreto | 0,4 a 0,9 |

A Tabela 3 apresenta os resultados encontrados para os métodos escolhidos.

Tabela 3: Volumes do reservatório encontrados para cada método adotado.

| Método | Volume ($m^3$) |
|---|---|
| Rippl | 387,00 |
| Azevedo Neto | 39,68 |
| Prático inglês | 15,75 |
| Prático alemão | 16,06 |
| Maior período de estiagem | 152,06 |

## CONCLUSÕES

Através do estudo e dimensionamento dos seis métodos de dimensionamento do reservatório, pode-se concluir que os dimensionamentos presentes na NBR 15527/07 não atendem da melhor forma o dimensionamento para o local de estudo deste projeto; caso não houvesse o método proposto fora da NBR, o reservatório teria que trabalhar com volumes muito baixos ou com volumes superdimensionados, mostrando assim a importância do comparativo entre os dimensionamentos.

O reservatório dimensionado pelo método do maior período de estiagem foi bastante próximo ao que já havia sido dimensionado anteriormente para o Soberane Live + Work, que fora dimensionado apenas com a fórmula de volume de água da chuva que a área de captação recebe, que era um total de 103,50 $m^3$; o reservatório calculado neste trabalho apresentou um aumento de praticamente 50% do volume do reservatório previamente calculado.

Pode-se concluir que é viável o uso da água pluvial, já que o empreendimento possui um grande potencial de captação e armazenamento, economizando assim a água potável que seria teria o mesmo uso que uma água não potável, como a limpeza e a irrigação.

## REFERÊNCIAS


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

ALVES, D. V.; NUNES, J. S.; FARIA, L. P. P. Aplicabilidade do aproveitamento de águas pluviais em grandes centros urbanos: estudo de caso aplicado a uma residência de Belo Horizonte (MG). In: *Revista Petra*, 2016.

ANDRADE, A. A.; COELHO, M. T.; QUINTINO, L. F.; FILHO, P. D.; JUNIOR, E. M. C. *Sistema Automatizado de Captação de Água conforme norma NBR.* Universidade Federal do ABC, Centro de Engenharia Elétrica, Pós-graduação em Energia, Santo André, 2016.

ANNECCHINI, K. P. V. *Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória (ES)*. Dissertação de Mestrado, Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, 2005.

BOGARDI, J. J.; DUDGEON, D.; LAWFORD, R.; FLINKERBUSCH, E.; MEYN, A.; PAHL-WOSTL, C.; VIELHAUER, K; VOROSMARTY, C. Water security for a planet under pressure: interconnected challenges of a changing world call for sustainable solutions. In: Current Opinion in Environmental Sustainability, 2001, p1-9.

COHIM, E.; GARCIA, A.; KIPERSTOK, A. Captação e aproveitamento de água de chuva: dimensionamento de reservatórios. In: Anais do IX Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Bahia, 2008.

CREDER, HÉLIO. Instalações hidráulicas e sanitárias. 6.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

GREEN, P.; VOROSMARTY, C.; HARRISON, I.; FARRELL, T.; SAENZ, L.; FEKETE, B. Freshwater ecosystem services supporting humans: Pivoting from water crisis to water solutions. In: *Global Environmental Change*, 2005.

MANAUS. Lei nº 1.192 de 31 de dezembro de 2007. Manaus: Câmara Municipal, 2007.

MAY, S. Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações. 2004. 159 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

SOUZA J. F.; NETO M. R. F.; SOUZA M. A. S.;Veneu D. M. Aproveitamento de água de chuva para usos não potáveis na Universidade Severino Sombra. Revista Eletrônica Teccen. 2016 Jan./Jun.; 09 (1): 35-46.

TOMAZ, P. Dimensionamento de reservatórios de água de chuva. São Paulo, 2007.

WADA, Y.; BIERKENS, M. F. P. Sustainability of global water use: past reconstruction and future projections. In: IOP Science, 2014.