

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

**MIGUEL AUGUSTO MALTZAHN**

**PROPOSTA DE SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA PARA  
HABITAÇÃO POPULAR: AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE PROJETO**

PORTO ALEGRE  
Janeiro de 2020

**MIGUEL AUGUSTO MALTZAHN**

**PROPOSTA DE SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA PARA  
HABITAÇÃO POPULAR: AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE PROJETO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: **Miguel Aloysio Sattler**

PORTO ALEGRE

Janeiro de 2020

**MIGUEL AUGUSTO MALTZAHN**

**PROPOSTA DE SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA PARA  
HABITAÇÃO POPULAR: AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE PROJETO.**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de Engenheiro Civil e aprovado pela banca examinadora e, em sua forma final, pelo Professor Orientador e Coorientador da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 07 de janeiro de 2020

Professor Miguel Aloysio Sattler (UFRGS)  
PhD. Pela University of Sheffield, Inglaterra  
Orientador

**BANCA EXAMINADORA**

**Professor Miguel Aloysio Sattler (UFRGS)**  
PhD. Pela University of Sheffield, Inglaterra

**Professor Gino R. Gehling (UFRGS)**  
Dr. Em Engenharia Ambiental pela Universidade Politécnic de Catalunya, Espanha

**Professor José Alberto Azambuja (UFRGS)**  
Dr. Pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho aos meus pais, que sempre me apoiaram e sustentaram, principalmente ao longo do curso.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, em primeiro lugar a Deus, que sempre providenciou todo o necessário para enfrentar todos os desafios da vida e sempre esteve do meu lado.

Aos meus pais, Mauro e Agnes, que sempre me incentivaram e impulsionaram na busca por novas conquistas e para a realização de meus sonhos.

Ao meu irmão, César Roberto, que me acompanhou durante todo o curso.

À minha namorada, Lohayne Carvalho, que me apoiou em todos os momentos de dificuldade que surgiram ao longo da realização deste trabalho.

Aos meus amigos, pelo interesse e apoio ao longo da pesquisa.

Ao professor Miguel Aloysio Sattler pela orientação no trabalho.

À Melnick Even e, principalmente, ao engenheiro Nicolas Fraga, que prontamente disponibilizou os projetos utilizados neste trabalho.

Aos colegas de turma, que estiveram dispostos a compartilhar vivências e conhecimentos importantes para este trabalho.

## RESUMO

O presente trabalho visa avaliar a viabilidade econômica da implantação de sistemas de aproveitamento de água da chuva em edificações do programa Minha Casa Minha Vida, em uma tentativa de tornar mais atrativa esta tecnologia que tem, em sua concepção, foco na sustentabilidade e preservação da água, como recurso natural. O levantamento de dados pluviométricos para a cidade de Porto Alegre possibilitou o entendimento da disponibilidade de água da chuva para captação nos telhados das edificações, colocando-a como alternativa para o suprimento parcial das demandas de edificações residenciais. Por meio de pesquisas sobre o funcionamento, características e limitações dos componentes destes sistemas foi possível determinar os principais custos de implantação deste tipo de sistema e entender a economia gerada por eles, o que permite a definição de um fluxo de caixa para este tipo de projeto. Para melhor compreensão dos assuntos abordados no trabalho, foram analisados dois casos práticos, localizados na cidade de Porto Alegre. O primeiro projeto foi dimensionado para uma torre de 20 apartamentos, enquanto o segundo caso estudado se refere a uma residência unifamiliar. Visando a determinação da viabilidade econômica dos projetos, serão avaliados os indicadores de período de retorno do investimento inicial (*payback*) e o valor presente líquido.

**Palavras chave:** Água da chuva, dimensionamento, viabilidade econômica, estudo de caso, sustentabilidade.

## Lista de Figuras

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 - Aqueduto de Segóvia .....  | 12 |
| Figura 2 - Transposição do rio São Francisco .....                                | 13 |
| Figura 3 - Danos Causados por Secas e Estiagens no Nordeste .....                 | 14 |
| Figura 4 - Edifício Eurobusiness.....   | 15 |
| Figura 5 - Desenvolvimento da pesquisa .....                                      | 17 |
| Figura 6 - Esquema hidráulico de distribuição do Sistema Moinhos de Vento.....    | 18 |
| Figura 7 – Sistema de Esgotamento Sanitário de Porto Alegre .....                 | 19 |
| Figura 8 - Águas coletadas no primeiro escoamento das chuvas.....                 | 24 |
| Figura 9 - Dispositivo de descarte do primeiro escoamento.....                    | 25 |
| Figura 10 - Exemplo de reservatório elevado .....                                 | 27 |
| Figura 11 - Reservatório no nível do solo.....                                    | 27 |
| Figura 12 - Reservatório enterrado .....  | 28 |
| Figura 13 - Filtro Coletor 3P.....  | 30 |
| Figura 14 - Filtro VF-1 .....   | 30 |
| Figura 15 - Consumo de água por atividades domésticas.....                        | 34 |
| Figura 16 - Modelo de cálculo para área de contribuição do telhado .....          | 38 |
| Figura 17 - Ábaco para dimensionamento de condutores verticais .....              | 40 |
| Figura 18 - Fluxo de caixa do projeto da torre.....                               | 43 |
| Figura 19 - OPEN Canoas Centro.....   | 51 |
| Figura 20 - Esquema de instalação de cisterna para água da chuva .....            | 53 |
| Figura 21 - Divisão de áreas para cálculo da área de contribuição do telhado..... | 57 |
| Figura 22 - Ábaco para dimensionamento do condutor vertical.....                  | 59 |

## Lista de Tabelas

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1 - Consumo de água em situações com e sem medição individualizada..... | 21 |
| Tabela 2 - Coeficiente de <i>Runoff</i> para materiais de telhados.....        | 29 |
| Tabela 3 - Padrão microbiológico de consumo de água.....                       | 31 |
| Tabela 4 - Padrão de turbidez para consumo de água.....                        | 32 |
| Tabela 5 - Padrão de consumo para a água.....                                  | 32 |
| Tabela 6 - Coeficientes de rugosidade.....                                     | 39 |
| Tabela 7 - Vazão de projeto por aparelho.....                                  | 41 |
| Tabela 8 - Informações de distribuição e consumo de água em Porto Alegre.....  | 46 |
| Tabela 9 - Consumo de água por habitante.....                                  | 47 |
| Tabela 10 - Domicílios por número de habitantes.....                           | 48 |
| Tabela 11 - Valor da conta consumo por número de habitantes no domicílio.....  | 49 |
| Tabela 12 - Média de chuvas em Porto Alegre entre 1961 e 1990.....             | 49 |
| Tabela 13 - Média de chuvas em Porto Alegre entre 2009 e 2018.....             | 50 |
| Tabela 14 - Demanda de água não potável por ocupação do apartamento.....       | 51 |
| Tabela 15 - Demanda de água não potável para uma torre de 20 apartamentos..... | 52 |
| Tabela 16 - Volume do reservatório para a torre.....                           | 52 |
| Tabela 17 - Comprimento equivalente das peças da tubulação.....                | 54 |
| Tabela 18 - Altura manométrica do sistema de bombeamento.....                  | 54 |
| Tabela 19 - Tabela de seleção para modelo de bomba BCR-2010.....               | 55 |
| Tabela 20 - Área de contribuição do telhado estudado.....                      | 58 |
| Tabela 21 - Vazão conforme diâmetro e declividade da calha.....                | 58 |
| Tabela 22 - Dimensionamento da coluna de distribuição (a).....                 | 60 |
| Tabela 23 - Dimensionamento da coluna de distribuição (b).....                 | 60 |
| Tabela 24 - Custo do sistema para a torre.....                                 | 61 |
| Tabela 25 - Potencial de redução da conta consumo para a torre.....            | 62 |
| Tabela 26 - VPL para a torre MCMV.....   | 63 |
| Tabela 27 - Características de empreendimentos MCMV.....                       | 64 |
| Tabela 28 - Demanda de água não potável para casas.....                        | 65 |
| Tabela 29 - Volume do reservatório para a casa.....                            | 65 |
| Tabela 30 - Tabela de seleção para bomba modelo BCR-2000.....                  | 67 |
| Tabela 31 - Custo do sistema para a casa.....                                  | 68 |
| Tabela 32 - Potencial de redução da conta consumo para as casas.....           | 68 |
| Tabela 33 - VPL para a casa MCMV.....  | 69 |



## **Lista de Siglas**

ANA – Agência Nacional de Águas.

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde.

DMAE – Departamento Municipal de Água e Esgotos.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

MCMV – Minha Casa Minha Vida.

LEED – Leadership in Energy and Environmental Design.

PMPA – Prefeitura Municipal de Porto Alegre.

EBAB – Estação de Bombeamento de Água Bruta.

ETA – Estação de Tratamento de Águas.

SMSA – Secretaria Municipal de Saneamento Ambiental.

ETE – Estação de Tratamento de Esgotos.

SNIS – Sistema Nacional de Informações de Saneamento.

NBR – Norma Brasileira.

PVC – Policloreto de Vinila.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

CEIC – Centro Integrado de Comando.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia.

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina.

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

OMS – Organização Mundial da Saúde.

SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisas e Índices da Construção Civil.

VPL – Valor Presente Líquido.

TMA – Taxa Mínima de Atratividade.

CORSAN – Companhia Riograndense de Saneamento.

## SUMÁRIO

|  |    |
|--|----|
| <b>1. INTRODUÇÃO</b>   | 12 |
| <b>2. DIRETRIZES DA PESQUISA</b>                                 | 16 |
| 2.1. OBJETIVOS   | 16 |
| 2.2. METODOLOGIA   | 16 |
| <b>3. DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA TRATADA</b>                           | 17 |
| 3.1. CONTA CONSUMO   | 17 |
| 3.2. MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA                                     | 20 |
| <b>4. SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA</b>            | 22 |
| 4.1. CALHAS E CONDUTORES   | 23 |
| 4.2. ESCOAMENTO INICIAL  | 23 |
| 4.3. RESERVATÓRIOS   | 26 |
| 4.4. CAPACIDADE DE CAPTAÇÃO                                      | 28 |
| <b>5. CONSUMO DE ÁGUA EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS</b>            | 30 |
| <b>6. DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS DE REUSO DE ÁGUAS PLUVIAIS</b> | 34 |
| 6.1. RESERVATÓRIO  | 34 |
| 6.2. BOMBAS DE RECALQUE  | 36 |
| 6.3. CALHAS  | 37 |
| 6.4. CONSUTOR VERTICAL   | 39 |
| 6.5. REDE DE DISTRIBUIÇÃO  | 40 |
| <b>7. CUSTOS DO SISTEMA</b>                                      | 42 |
| <b>8. POTENCIAL DE REDUÇÃO DA CONTA CONSUMO</b>                  | 42 |
| <b>9. ANÁLISE ECONÔMICA</b>                                      | 43 |
| 9.1. VALOR PRESENTE LÍQUIDO                                      | 44 |
| 9.2. <i>PAYBACK</i>  | 45 |
| <b>10. ESTUDOS DE CASO</b>                                       | 45 |
| 10.1. CONSUMO DE ÁGUA  | 45 |
| 10.1.1. Consumo Per Capita                                       | 46 |
| 10.1.2. Habitantes por Domicílio                                 | 48 |
| 10.1.3. Período de Consumo                                       | 48 |
| 10.2. REGIME PLUVIOMÉTRICO E CAPTAÇÃO                            | 49 |
| 10.3. CASO 1 – OPEN CANOAS CENTRO                                | 50 |
| 10.3.1. Definição da Demanda                                     | 51 |

|   |    |
|---|----|
| <b>10.3.2. Dimensionamento do Sistema</b> .....   | 52 |
| 10.3.2.1. Reservatório .....                      | 52 |
| 10.3.2.2. Bomba de Recalque .....                 | 53 |
| 10.3.2.3. Calhas .....                            | 56 |
| 10.3.2.4. Conductor Vertical .....                | 59 |
| 10.3.2.5. Rede de Distribuição .....              | 59 |
| 10.3.2.6. Custos do Sistema.....                  | 61 |
| <b>10.3.3. Economia Gerada</b> .....              | 62 |
| <b>10.3.4. Análise Econômica</b> .....            | 62 |
| <b>10.4. CASO 2 – HABITAÇÃO UNIFAMILIAR</b> ..... | 63 |
| <b>10.4.1. Definição da Demanda</b> .....         | 65 |
| <b>10.4.2. Dimensionamento do Sistema</b> .....   | 65 |
| 10.4.2.1. Reservatórios .....                     | 65 |
| 10.4.2.2. Bomba de Recalque .....                 | 66 |
| 10.4.2.3. Custos do Sistema.....                  | 68 |
| <b>10.4.3. Economia Gerada</b> .....              | 68 |
| <b>10.4.4. Avaliação Econômica</b> .....          | 69 |
| <b>11. CONCLUSÕES</b> .....                       | 69 |
| <b>12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....       | 72 |

## 1. INTRODUÇÃO

Ao longo da história do desenvolvimento das civilizações como conhecemos, a presença da água e sua relação com o homem sempre desempenhou papel fundamental, não apenas para o suprimento da demanda de consumo direto da população, mas também para a realização de atividades de grande importância, como irrigação e transporte.

As principais civilizações antigas tiveram seu crescimento muito impulsionado pela sua proximidade com grandes corpos d'água, inclusive com uma organização social e política voltada para o controle das águas e da agricultura (WITTFOGEL, 1957). São exemplos as civilizações da Mesopotâmia (localizada entre os rios Tigres e Eufrates), Egito (nos arredores do rio Nilo) e da China (rio Huang He ou rio Amarelo).

Ainda reforçam a importância da água para a sobrevivência e crescimento das sociedades, as obras hidráulicas desenvolvidas por eles. Canais, aquedutos (figura 1) e grandes obras de irrigação permitiram a ocupação humana em locais que, naturalmente, não seriam propícios para o cultivo de alimentos.



Figura 1 - Aqueduto de Segóvia

Um exemplo muito atual desta condição, é a obra de transposição do rio São Francisco, no sertão do Nordeste brasileiro (figura 2). O vale deste rio é conhecido nacionalmente por ser uma região muito fértil, onde são produzidas diversas frutas tropicais, inclusive para exportação.



Figura 2 - Transposição do rio São Francisco

Entretanto, a água, apesar de cobrir cerca de 71% da superfície do Planeta Terra, é um recurso escasso. A água salgada de mares e oceanos requer processos, muitas vezes, caros e de alta tecnologia para se tornar potável. Por isso, a maior parcela da água existente na Terra é considerada inapta para consumo. Apenas 2,5% deste total, é de água doce, sendo que nem toda esta água é de fácil acesso; 1,725% está em estado sólido nas geleiras; e 0,75% se encontra em lençóis subterrâneos. Assim, apenas 0,025% da água existente no planeta é acessível e propícia para o consumo humano (ANA, 2018).

Outra questão relevante é a distribuição desta água, ao longo da superfície do planeta. Segundo a Agência Nacional de Águas, 80% da água doce do Brasil se encontra no norte do país; entretanto, a maior parte da população, segundo o IBGE, vive nas regiões Sudeste (83.976.000 habitantes) e Nordeste (55.475.000 habitantes), sendo esta última conhecida por seus longos períodos de secas. Estes dados apontam o desequilíbrio na disponibilidade e acesso à água doce.

O Sertão Nordestino do Brasil é um forte exemplo da escassez de recursos hídricos e da necessidade de preservação destes. O Atlas Brasileiro de Desastres Ambientais (UFSC, 2013), aponta que 48% das ocorrências de desastres no país estão relacionadas à falta de água, sendo que na região Nordeste, este problema tem uma intensidade muito maior, contemplando 56,68% dos registros feitos. Este tipo de desastre causa impactos que atingem, tanto a esfera social (desabrigados e desalojados), até a esfera da saúde, podendo a desidratação levar, inclusive, ao óbito dos afetados. Os danos causados por secas e estiagens na região Nordeste estão quantificados na figura 3:

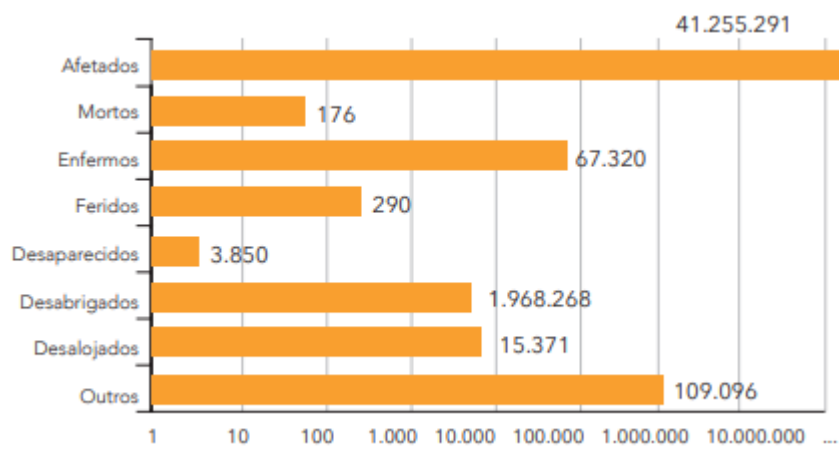


Figura 3 - Danos Causados por Secas e Estiagens no Nordeste

Fonte: Atlas Brasileiro de Desastres Ambientais (2013)

Neste cenário, a partir da segunda metade do século XX, com a explosão demográfica e de consumo, passou-se a ter maior ciência e preocupação com os danos causados pelo homem à natureza e suas consequências (MOURA, 1998). Dentro da construção civil, e no intuito de incentivar a busca por boas práticas voltadas para a sustentabilidade, já existem certificações especiais para edifícios que, em sua concepção, construção e operação, apresentem características de preservação dos recursos naturais e gestão eficiente dos resíduos gerados pelo mesmo. Dentre estas classificações, se destacam a certificação LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*), a certificação Aqqua-HQE e o Selo Casa Azul CAIXA.

A certificação LEED é gerida e concedida pela organização não governamental *Green Building Council* e aponta como principais benefícios, para as edificações aprovadas, a diminuição dos custos operacionais, a valorização do imóvel, o aumento na velocidade de ocupação e aumento da satisfação e bem estar dos usuários (GBCBRASIL, 2019). Já existem, no Brasil, diversos edifícios com esta certificação. Entre eles está o Eurobusiness (figura 4), localizado em Curitiba/PR. Algumas soluções ecologicamente corretas adotadas na construção deste prédio são: a utilização do calor residual gerado pelos equipamentos de ar condicionado, durante o esfriamento de determinada unidade, para aquecimento de água ou de demais módulos do edifício; o uso de telhados verdes na edificação; e o tratamento natural de 100% do esgoto gerado pelo edifício.



Figura 4 - Edifício Eurobusiness

Fonte: Gazeta do Povo, 2019

Entretanto, há uma grande barreira para a utilização de tecnologias sustentáveis na construção civil. Vieira e Weber (2000) apontam que a discussão da sustentabilidade tem caráter essencialmente normativo e que, muitas vezes, não são levadas em conta as condições de viabilidade de aplicação do fruto destes estudos. Neste contexto, uma alternativa muito estudada é a utilização da água proveniente das chuvas, para usos de fins não potáveis. Esta água, captada pelos telhados das edificações, pode ser uma boa solução para amortização da demanda de abastecimento pela rede pública e da carga de esgotos a ser tratada pelas municipalidades.

Este trabalho traz uma avaliação prática da viabilidade econômica da aplicação de um sistema de coleta e aproveitamento de água da chuva, em habitações participantes do programa Minha Casa Minha Vida, que, atualmente, é o segmento com maior volume de unidades lançadas na construção civil. O capítulo dois, traz, de maneira mais detalhada, os objetivos gerais da pesquisa. Em seguida são abordados os serviços de distribuição de água tratada e coleta e tratamento de esgotos prestados pelo DMAE, na cidade de Porto Alegre, bem como o método de cálculo da conta cobrada dos consumidores. Já no capítulo quatro, são tratados temas mais específicos, relacionados aos sistemas de aproveitamento de água da chuva. São descritos os principais componentes e seu funcionamento. Ainda nesta fase da pesquisa, apresenta-se o método normativo brasileiro para cálculo da capacidade de captação de água em telhados. O capítulo cinco trata sobre a relação entre qualidade da água e seus possíveis usos, definindo limites para o aproveitamento da água da chuva.

A partir do capítulo seis, o trabalho começa a assumir características mais práticas. É definido, por meio da revisão das normas brasileiras referentes ao tema, o método de

dimensionamento de sistemas para aproveitamento de água da chuva em edificações residenciais. A sequência do texto define como deve ser feito o levantamento dos custos envolvidos na implantação deste tipo de solução. Os capítulos 8 e 9 abordam o potencial de redução da conta consumo (tratada no capítulo 3), proporcionado pelo uso de água da chuva e estabelecem quais indicadores econômicos devem ser observados, e, também, os critérios utilizados na avaliação econômica de projetos.

Após a revisão bibliográfica, são definidos os estudos de caso, para os quais serão dimensionados e orçados sistemas de aproveitamento de água da chuva. Neste momento, são definidas todas as variáveis que influenciam a conta consumo e a capacidade de captação de água da chuva. Após a especificação dos projetos, são feitos os orçamentos e é feita a verificação da viabilidade econômica dos sistemas propostos. Finalmente, no capítulo 11 é feita a análise dos resultados obtidos e são expostas as considerações finais do trabalho.

## **2. DIRETRIZES DA PESQUISA**

### **2.1.OBJETIVOS**

Este trabalho tem como objetivo principal apresentar um método prático para verificação da viabilidade econômica de um projeto de aproveitamento de água da chuva, frente à redução do consumo (e despesa) mensal com água e esgoto, em edificações do programa Minha Casa Minha Vida.

Em segundo plano, a pesquisa visa trazer uma comparação do custo destes sistemas, quando aplicados em condomínios verticais (prédios de apartamentos) e condomínios horizontais (casas).

### **2.2.METODOLOGIA**

Este trabalho será desenvolvido através de uma análise comparativa entre os custos de instalação, e a economia gerada pelos mesmos, em termos de redução da conta de consumo de água e esgotos. Mas antes, uma revisão bibliográfica sobre a cobrança de água, praticada em Porto Alegre, bem como sobre o funcionamento e dimensionamento de sistemas de aproveitamento de água da chuva e métodos de avaliação econômica de projetos se faz necessária.



A figura 5, representa, esquematicamente o método de pesquisa utilizado neste trabalho:

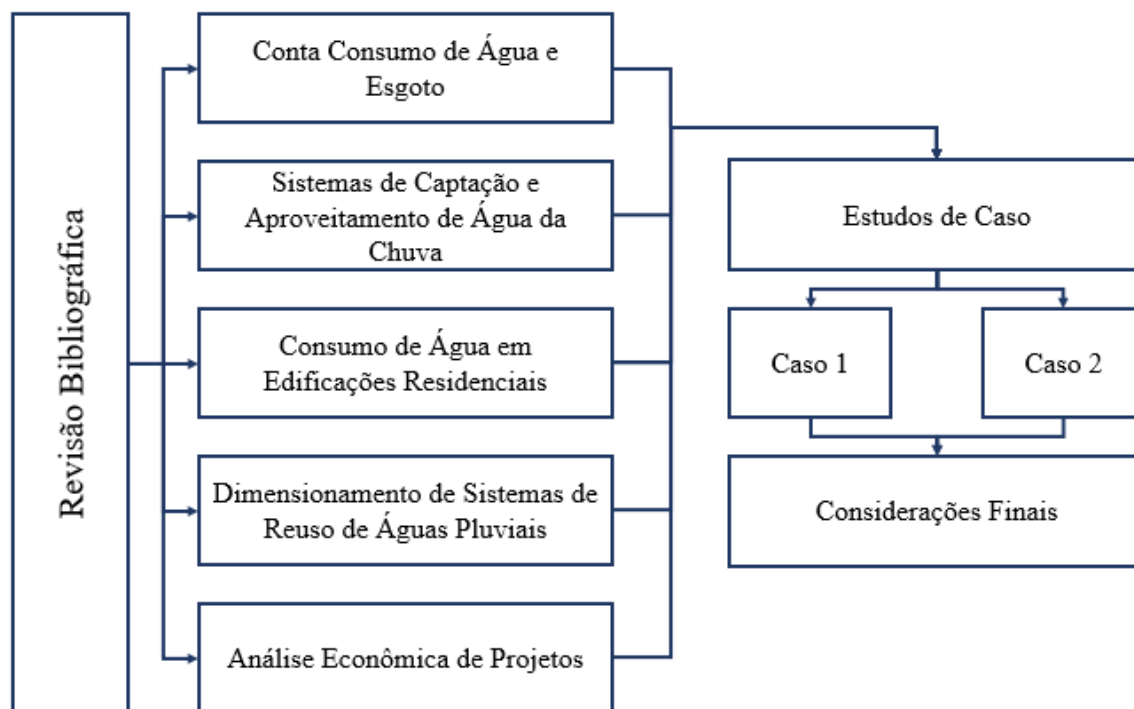


Figura 5 - Desenvolvimento da pesquisa

Fonte: Autor

### 3. DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA TRATADA

#### 3.1.CONTA CONSUMO

Para que se possa fazer a avaliação do impacto financeiro trazido pela captação e reuso de águas pluviais, é necessário entender o funcionamento básico dos serviços de captação, tratamento e distribuição de água, coleta e tratamento de esgotos, bem como o método de cálculo da cobrança destes serviços. Neste trabalho, será adotado o método de cobrança do município de Porto Alegre - RS.

A água da cidade é captada, pelo DMAE, diretamente do Lago Guaíba. Segundo a Prefeitura Municipal de Porto Alegre (PMPA), antes de ser bombeada para as estações de tratamento (ETA), a água captada passa por um processo de pré tratamento, que consiste na adição de agentes oxidantes e carvão ativado. Em seguida, a água é bombeada por uma das 6 EBAB espalhadas pela cidade até suas respectivas ETA onde é feito o tratamento completo da água através dos processos de floculação, decantação, filtração cloração, alcalinização e

fluoretação. Após todas as etapas deste tratamento, a água fica armazenada em reservatórios e em seguida é bombeada pela rede de distribuição até os ramais de entrada das edificações. Ao todo, nos 81 bairros da capital gaúcha, existem 104 reservatórios, com uma capacidade de armazenamento de mais de 200 milhões de litros, e uma rede de distribuição com extensão de aproximadamente 4.143km (DMAE, 2018). A figura 6 ilustra todo este processo, desde a captação, até a distribuição:

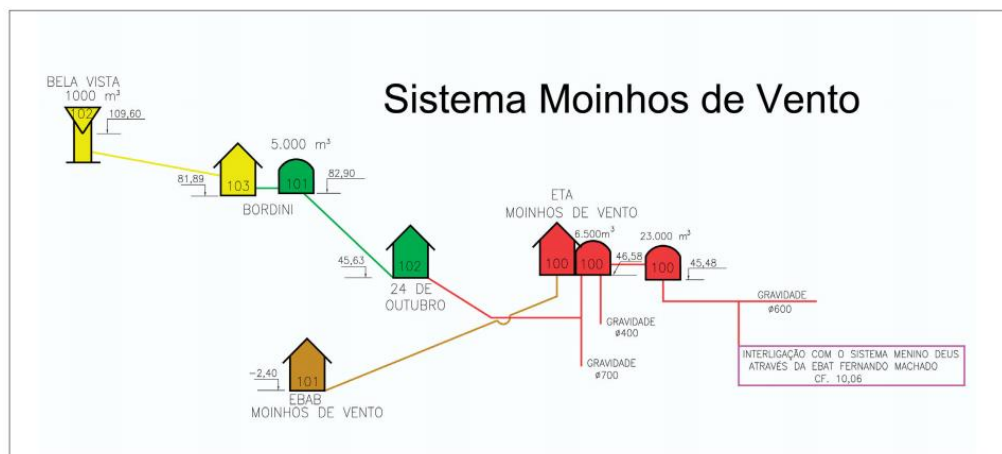


Figura 6 - Esquema hidráulico de distribuição do Sistema Moinhos de Vento

Fonte: PMPA, 2015

O serviço de coleta e tratamento de esgoto no município também é executado pelo DMAE, em parceria com o SMSA. Segundo o Plano Municipal de Saneamento Básico, o serviço de recolhimento, tratamento e descarte de esgotos divide a cidade em 10 subsistemas (PMPA, 2015), que tem suas delimitações regidas pelas bacias hidrográficas localizadas em Porto Alegre, que são apresentados na figura 7.



Figura 7 – Sistema de Esgotamento Sanitário de Porto Alegre

Fonte: PMPA, 2015

Juntos, todos estes subsistemas tiveram um resultado de 58,7 milhões de m<sup>3</sup> de esgoto tratado em 2017 (DMAE, 2018). Visto que o esgoto sanitário pode ser classificado como pluvial e cloacal, a coleta deste resíduo também pode ser feita de maneira mista (ambos os tipos pela mesma rede) ou com separação absoluta. Segundo o DMAE, o recolhimento do esgoto se dá por meio das EBEs, que são 29, ao todo, e atendem cerca de 90,23% da população porto alegreense, sendo 69,51% dos habitantes atendidos com redes coletoras totalmente separadas para esgoto pluvial e cloacal e 20,72% com coleta mista de esgotos.

Após a captação, o volume de esgoto cloacal e misto é conduzido até uma das 10 ETEs, onde é feito um tratamento através de um ou mais dos seguintes processos:

- Lodos Ativados;
- Biodigestor de Fluxo Ascendente;
- Lagoas de Estabilização.

Para a obtenção dos valores de cobrança dos serviços de água e esgoto no município de Porto Alegre, o DMAE faz a distinção do consumo em três faixas distintas:

- Faixa 1 - Para consumos mensais de até 20m<sup>3</sup>, o cálculo da conta consumo é feito através da equação 1:

$$PB \times \frac{C}{E} \times E \quad (1)$$

- Faixa 2 - Para consumos mensais entre 21m<sup>3</sup> e 1000m<sup>3</sup>, a equação que rege o cálculo da conta de água é:

$$[PB \times 0,2711 \times \left(\frac{C}{E}\right)^{1,43577}] \times E \quad (2)$$

- Faixa 3 - A conta de água para consumos mensais acima de 1000m<sup>3</sup> é calculada por:

$$PB \times \left(\frac{C}{E}\right) \times 5,5 \times E \quad (3)$$

Onde, “PB” é o preço básico do m<sup>3</sup> de água distribuído (R\$/m<sup>3</sup>). Este preço é definido na pela Prefeitura Municipal de Porto Alegre e, em 2018, é de R\$3,53/m<sup>3</sup> (três reais e cinquenta e três centavos), para os serviços de distribuição de água e remoção de esgotos sanitários, em economias que têm seu consumo classificado como residencial.

As variáveis “C” e “E” representam, respectivamente, o consumo mensal de água registrado no ramal de entrada (m<sup>3</sup>) e o número de economias atendidas pelo ramal.

A conta consumo do DMAE ainda considera a cobrança relativa ao serviço de retirada e tratamento de esgotos. Segundo o artigo 39, da Lei Complementar 170/87, a taxa de retirada de esgoto sanitário tem seu valor calculado também a partir do consumo de água medido no ramal de entrada, sendo dada pela equação 4:

$$PB \times C \times 0,8 \quad (4)$$

### 3.2.MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA

Nos últimos anos, tem sido estudada a viabilidade e benefícios da medição de água individualizada em condomínios. Até o momento, o padrão é de se tomar uma medição única para todo o condomínio e, em seguida, fazer o rateio do consumo igualmente entre todas as unidades condominiais. Entretanto, este método acaba causando disparidades entre o consumo real de cada unidade e o valor pago efetivamente na conta de água (TABORDA, 2018). A tabela 1, mostra a comparação entre o consumo medido individualmente, em cada unidade, e o consumo geral dividido pelo número de apartamentos, em uma edificação residencial de Porto Alegre:

| Apartamento | Setembro |        |            | Apartamento | Outubro |        |            |
|-------------|----------|--------|------------|-------------|---------|--------|------------|
|             | CV       | CR     | Percentual |             | CV      | CR     | Percentual |
| 301         | 13143    | 14893  | 13,3%      | 301         | 10651   | 19806  | 86,0%      |
| 302         | 13143    | 15237  | 15,9%      | 302         | 10651   | 13963  | 31,1%      |
| 303         | 13143    | 12457  | -5%        | 303         | 10651   | 13827  | 30%        |
| 401         | 13143    | 8526   | -35%       | 401         | 10651   | 3001   | -72%       |
| 402         | 13143    | 11681  | -11%       | 402         | 10651   | 6422   | -40%       |
| 403         | 13143    | 7697   | -41%       | 403         | 10651   | 8140   | -24%       |
| 501         | 13143    | 13265  | 0,9%       | 501         | 10651   | 10648  | 0,0%       |
| 502         | 13143    | 39558  | 201,0%     | 502         | 10651   | 24338  | 128,5%     |
| 503         | 13143    | 17817  | 35,6%      | 503         | 10651   | 15690  | 47,3%      |
| 601         | 0        | 0      | 0,0%       | 601         | 0       | 0      | 0,0%       |
| 602         | 13143    | 6617   | -50%       | 602         | 10651   | 4499   | -58%       |
| 603         | 0        | 0      | 0,0%       | 603         | 0       | 0      | 0,0%       |
| 701         | 13143    | 22793  | 73,4%      | 701         | 10651   | 19272  | 80,9%      |
| 702         | 13143    | 8231   | -37%       | 702         | 10651   | 6233   | -41%       |
| 703         | 13143    | 7314   | -44%       | 703         | 10651   | 5128   | -52%       |
| 801         | 13143    | 14285  | 8,7%       | 801         | 10651   | 13794  | 29,5%      |
| 802         | 13143    | 12013  | -9%        | 802         | 10651   | 9632   | -10%       |
| 803         | 0        | 0      | 0,0%       | 803         | 0       | 0      | 0,0%       |
| 901         | 13143    | 8347   | -36%       | 901         | 10651   | 8372   | -21%       |
| 902         | 13143    | 16041  | 22,0%      | 902         | 10651   | 15678  | 47,2%      |
| 903         | 13143    | 7092   | -46%       | 903         | 10651   | 3804   | -64%       |
| 1001        | 0        | 0      | 0,0%       | 1001        | 0       | 0      | 0,0%       |
| 1002        | 13143    | 12118  | -8%        | 1002        | 10651   | 6965   | -35%       |
| 1003        | 13143    | 6883   | -48%       | 1003        | 10651   | 3807   | -64%       |
| Total       | 262865   | 262865 | 0,0%       | Total       | 213019  | 262865 | 0,0%       |

Tabela 1 - Consumo de água em situações com e sem medição individualizada

Fonte: Taborda (2018)

Onde, CV é o consumo virtual (total medido na edificação, dividido pelo número de unidades) e CR é o consumo real (medido em cada apartamento). O percentual mostrado na tabela é a variação entre o resultado dos dois tipos de medição de água.

Ao examinar a classificação de consumo do DMAE, também é possível entender que, fazendo uma única medição geral de consumo de água para o condomínio, um apartamento que consuma menos de 20m<sup>3</sup>, por mês (limite da faixa 1), ainda terá sua tarifa calculada pelo

método da faixa 2, ou até da faixa 3 (para casos de condomínios muito grandes), o que, na prática, gera valores mais elevados para a conta consumo de água e esgoto.

Além disso, perde-se a percepção de consumo por parte de cada usuário, pois mês a mês, o mesmo recebe apenas um valor médio de volume de água e não seu consumo real.

Segundo Tabora (2018), há indícios de que a individualização da medição de água gera um efeito de conscientização do consumo por parte dos usuários. A partir da análise de consumo de uma edificação residencial de 20 apartamentos, o autor identificou uma redução média de consumo na faixa de 19%.

Em julho de 2016, o Governo Federal sancionou a Lei de nº 13.312, que diz o seguinte: “Art. 1º Esta Lei torna obrigatória a medição individualizada do consumo hídrico nas novas edificações condominiais.”

Ainda no texto base da lei, o artigo 3 define que esta obrigação entra em vigor 5 anos após sua publicação oficial, ou seja, deverá ser aplicada a todos os empreendimentos condominiais entregues a partir de 2021.

Considerando que, em um condomínio, cada unidade habitacional terá sua medição de água individualizada, os registros de consumo, em muitos casos, apontarão valores abaixo dos 20m<sup>3</sup>/mês, que limitam a faixa 1 de cobrança do DMAE. Sendo assim, neste trabalho, cada cenário de consumo deverá ser avaliado quanto à classificação de cobrança. Estima-se que, na maioria das residências, o consumo poderá ser enquadrado na faixa 1, podendo, por vezes, ser classificado como faixa 2. A faixa 3 de consumo fica restrita a indústrias e grandes empreendimentos comerciais, como shopping centers.

Com relação ao cálculo da conta consumo referente aos serviços de distribuição de água e retirada de esgotos, o fato de os edifícios mais novos contarem com a medição individualizada de água nos permite assumir que o valor de “E” (número de economias atendidas pelo ramal), para todos os casos, corresponde a 1 (uma) economia.

#### **4. SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA**

O próximo passo para validar o uso de águas pluviais é verificar a capacidade, método, sistemas e custos da captação. No Brasil, o aproveitamento de água da chuva é regulado pela NBR-15.527:2007, que estabelece as diretrizes e limitações para os sistemas de reuso e ainda estabelece os padrões de qualidade para a utilização da água.

Esta mesma norma define os sistemas de coleta de água como um conjunto de dois subsistemas: Calhas/Condutores e Reservatórios:

#### 4.1.CALHAS E CONDUTORES

O conjunto de calhas e condutores cumpre a função de receber a água que escoar da superfície de captação e conduzi-la até o reservatório. Neste subsistema devem ser instaladas telas e grelhas de proteção, onde ficam retidos os detritos maiores. Existem discussões sobre o melhor posicionamento desta retenção de resíduos sólidos, pois, segundo Ruskin (2001) a colocação da tela na posição horizontal pode acarretar o acúmulo de sujeira sobre a calha, o que pode causar o entupimento das mesmas e afeta a eficiência do sistema de coleta de água. Ainda segundo o autor, a instalação das telas de proteção com uma inclinação próxima à do telhado facilita para que folhas e resíduos sejam arrastados para fora do sistema de captação.

O *Texas Manual on Rainwater Harvesting* (1997) ainda propõe outras formas de fazer esta primeira retenção de folhas e detritos nas calhas de captação, como a adoção de um filtro de PVC ou aço inoxidável, em forma de funil, na entrada do tubo de queda do sistema de calhas. O mesmo manual propõe, também, filtros cilíndricos, esféricos ou de nylon, porém a escolha do sistema de retirada de detritos deve levar em conta, principalmente, a facilidade de manutenção.

#### 4.2.ESCOAMENTO INICIAL

Ainda no sistema de calhas, a NBR (2007) sugere a instalação de um sistema automático de descarte do escoamento inicial das chuvas. Isto se deve ao fato de os primeiros milímetros de chuva carregarem contaminantes atmosféricos (“chuva ácida”) e das impurezas que são “lavadas” das superfícies de captação (contendo folhas, areias, poeira, penas de pássaros, entre outros). A figura 8 mostra a diferença entre a água coletada em diferentes momentos da precipitação, sendo a água das garrafas de tonalidades mais escuras captada no início do escoamento da chuva e a água mais clara ou translúcida, captada após a ocorrência do escoamento inicial.



Figura 8 - Águas coletadas no primeiro escoamento das chuvas

Fonte: Tomaz (2009)

Existem diferentes modelos de equipamentos para o descarte dessas águas, podendo a mesma ser armazenada em reservatórios, para posterior descarte na rede de esgotos e/ou tratamento, ou ainda pode ser feita a remoção diretamente através de uma torneira (dado que seja garantida a não contaminação do lençol freático). Para edificações menores (casas e pequenos edifícios) podem ser utilizados sistemas sem reservatórios, porém, para edifícios de maior porte, devido à grande área de captação, tem-se um grande volume de água para descarte. Logo, torna-se inviável a não adoção de um reservatório para este fim. Dacach (1983) propõe um parâmetro simplificado para o dimensionamento deste tipo de reservatórios, onde segundo o autor, deve ser considerada uma proporção que varia entre 0,8 e 1,5 litros de armazenamento, para cada metro quadrado da área de captação. A variação deste parâmetro tem como base o ambiente em que o sistema de reaproveitamento está inserido. Por exemplo, casas mais próximas de fábricas, pedreiras ou estradas de terra devem praticar uma taxa de descarte maior do que em ambientes de menor contaminação. A figura 9 apresenta um modelo simplificado para descarte do escoamento superficial:



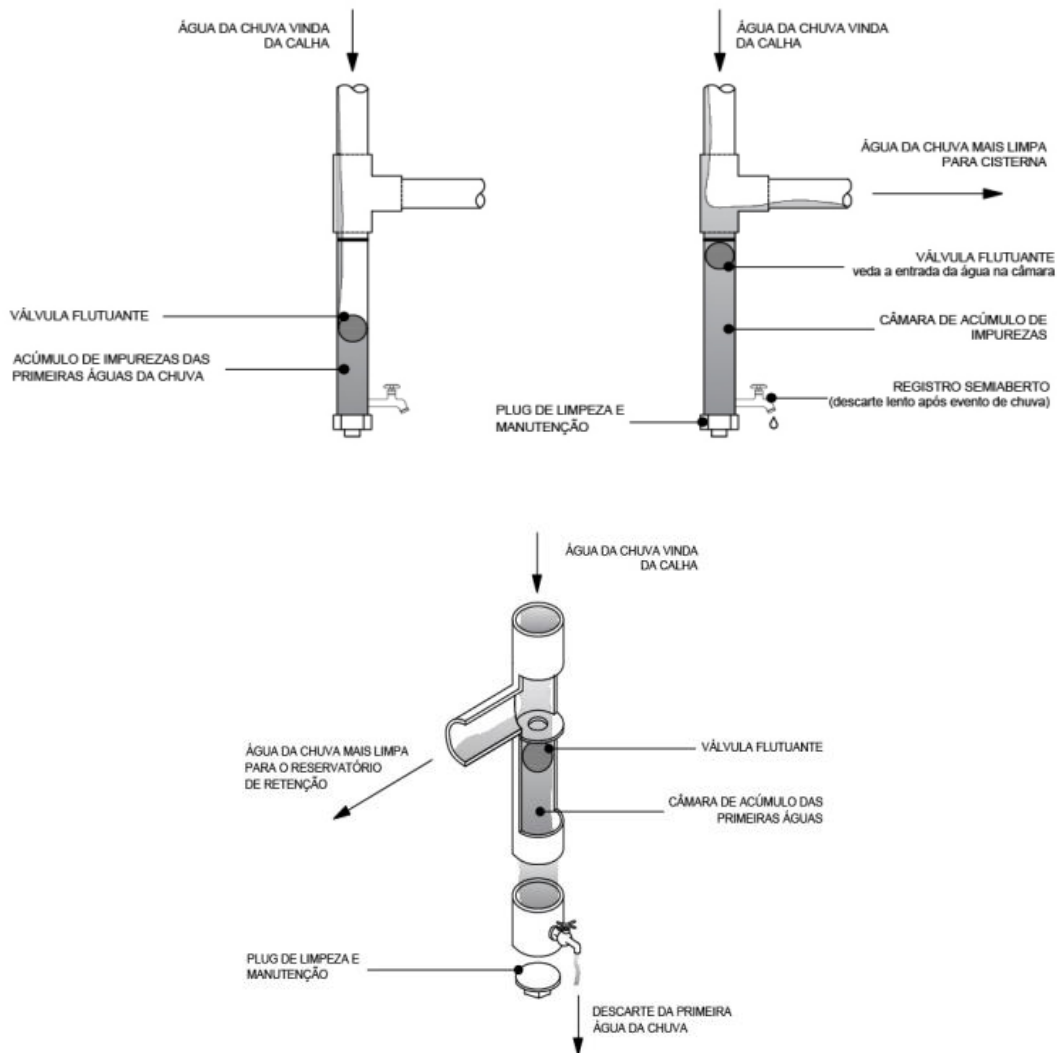


Figura 9 - Dispositivo de descarte do primeiro escoamento

Fonte: Cadernos de Conservação da Água em Edificações (UNB, 2018)

A norma brasileira recomenda que os dispositivos de descarte sejam dimensionados pelo projetista, porém, a mesma não indica parâmetros para o dimensionamento. O conceito de descarte deste escoamento é conhecido como *first flush*, e tem sua origem na literatura sobre o manejo de águas pluviais e de esgoto. Diferentes autores já propuseram métodos de cálculo para este tipo de dispositivo, porém, a maioria destes tem por base um ambiente mais rural, com alta arborização e um grau de contaminação muito menor do que o encontrado em locais de grande densidade urbana (TEIXEIRA, 2016).

Devido à não definição exata de qual proporção do escoamento inicial deve ser descartado, não existe um critério único para dimensionar os dispositivos de descarte. Logo a ABNT NBR 15.527:2007 não impõe requisitos mínimos para o descarte, apenas faz uma recomendação de que, na falta de dimensionamento adequado, sejam evadidos do reservatório

os primeiros 2mm de cada precipitação. Dentre os métodos já existentes, vários parâmetros já foram adotados, como: mm de chuva (DOYLE, 2008), tempo de precipitação (PACEY; CULLIS, 1996) e turbidez da água (THOMAS; MARTINSON, 2007).

### 4.3.RESERVATÓRIOS

Além do sistema de calhas e condutores, a norma brasileira ainda define os reservatórios como parte do sistema de aproveitamento de água da chuva. Dentro do projeto de um reservatório, devem ser considerados todos os elementos necessários para seu funcionamento adequado e manutenção da qualidade da água coletada, como o extravasor, cobertura, dispositivo de ventilação, dispositivo de esgotamento e métodos de inspeção e manutenção. Ainda segundo a ABNT NBR 15.527:2007, deve-se tomar o cuidado de proteger a água armazenada da incidência direta de luz solar, calor e do possível acesso de animais pelo sistema de esgotamento ou ventilação.

Antes do dimensionamento do reservatório, devem ser observadas, no projeto, questões técnicas do sistema de aproveitamento de água da chuva, sendo elas:

- Posicionamento Vertical;
- Posicionamento Horizontal;
- Material.

Visto que os reservatórios e sistemas de distribuição compõe grande parcela dos custos do sistema, justifica-se a importância da precisão e cuidado no momento da elaboração deste item do projeto de captação e uso de águas pluviais (MANO, 2004).

Outro fator que tem grande influência na definição dos custos de implantação, operação e manutenção do sistema de aproveitamento é a necessidade ou não do uso de bombeamento para distribuição da água coletada até os pontos de consumo, porém a adoção de um reservatório elevado do solo pode eliminar essa necessidade, pois a água pode ser transportada por gravidade, sempre que a altura do reservatório seja tal que forneça pressão suficiente para o correto funcionamento dos equipamentos por ele abastecidos. Do ponto de vista de extensão e custo das tubulações de coleta, o posicionamento do tanque em uma cota próxima à cobertura usada para captação não tem impacto significativo e nem oferece grandes empecilhos para o funcionamento do sistema. A grande desvantagem, em termos de custos,

que este tipo de reservatório apresenta, é a necessidade de uma estrutura de sustentação (MANO, 2004). Este item deve ser avaliado em cada projeto separadamente, pois pode ser possível aproveitar parte da estrutura da edificação já existente para apoiar a caixa d'água, reduzindo, assim este acréscimo de custo no sistema.



Figura 10 - Exemplo de reservatório elevado

Fonte: Acqualimp (2019)

Já, a adoção de reservatórios no nível do solo requer bombas para abastecimento dos pontos de consumo, porém, tem sua construção mais simplificada, não sendo necessário nenhum equipamento. A maior dificuldade para o uso deste tipo de reservatório em áreas de alto grau de urbanização é a disponibilidade de espaço no terreno, que, na maioria das vezes, é escasso.



Figura 11 - Reservatório no nível do solo

Fonte: PH7 Filtração (2019)

Outra opção é o posicionamento vertical do armazenamento de água abaixo do nível do solo. Warwick (1999) classifica este tipo de reservatório como cisterna. Segundo o autor, uma das principais vantagens deste sistema é a possibilidade de ocupação de grande parte do solo acima do reservatório. O uso de cisternas ainda possibilita a adoção de paredes mais finas para o reservatório, pois o próprio solo cumpre função estrutural. Além disso, o reservatório enterrado também necessita menos manutenção, devido ao fato de sofrer pouca ou nenhuma interferência de agentes externos.



Figura 12 - Reservatório enterrado

Fonte: Acqualimp (2019)

#### 4.4.CAPACIDADE DE CAPTAÇÃO

Para o dimensionamento de sistemas de captação, é necessário entender a capacidade de coleta para cada edificação. Segundo a ABNT, o volume aproveitável (em litros) depende de quatro fatores e é calculado a partir da equação 5:

$$V = P \times A \times C \times \eta \quad (5)$$

Onde:

- $P$  = Precipitação média anual (mm);
- $A$  = Área de coleta ( $m^2$ );
- $C$  = Coeficiente de escoamento superficial;
- $\eta$  = Eficiência do sistema de captação.

A água da chuva é definida pela ABNT NBR 15.527:2007 como: “a água resultante de precipitações atmosféricas coletadas em coberturas e telhados, onde não haja circulação de pessoas, veículos ou animais”. Partindo desta definição, a área de captação para água da chuva fica restringida aos telhados das edificações residenciais.

A capacidade de captação da cobertura utilizada depende do fator de escoamento superficial, ou, coeficiente de *runoff*. Este fator representa a parcela da precipitação que é convertida em escoamento e pode ser captado pelos telhados e calhas (ABNT, 2007). Mesmo desconsiderando a necessidade de descarte do *first flush*, não é possível coletar toda a água de uma precipitação, devido à existência dos processos de evapotranspiração.

Para a avaliação das superfícies de captação de chuvas, o coeficiente de *runoff* varia conforme o material utilizado na cobertura. Tomaz (2007) apresenta uma tabela com os valores deste parâmetro, para os principais materiais utilizados na execução de telhados:

| <b>Material do telhado</b> | <b>Coeficiente de Runoff</b> |
|----------------------------|------------------------------|
| Telhas cerâmicas           | 0,8 a 0,9                    |
| Telhas esmaltadas          | 0,9 a 0,95                   |
| Telhas corrugadas de metal | 0,8 a 0,9                    |
| Cimento amianto            | 0,8 a 0,9                    |
| Plástico, PVC              | 0,9 a 0,95                   |

Tabela 2 - Coeficiente de *Runoff* para materiais de telhados

Fonte: Tomaz (2007)

Para a sequência deste trabalho, os cálculos de capacidade de captação serão feitos com base na situação mais desfavorável. Para tanto, será adotado um coeficiente de *runoff* de 0,8.

A eficiência do sistema de captação representa a razão entre o volume captado pela cobertura e o volume armazenado no sistema. Este parâmetro leva em conta os dispositivos de descarte de sólidos e desvio do escoamento inicial (ABNT, 2007). UFSC (2010) realizou um projeto de casa eficiente, no qual foi aplicado um sistema de reuso de águas pluviais. Nesta

casa foram avaliados sistemas de descarte de sólidos segundo o modelo Filtro Coletor 3P e modelo VF-1, mostrados nas figuras 13 e 14



Figura 13 - Filtro Coletor 3P

Fonte: Technik (2017)



Figura 14 - Filtro VF-1

Fonte: Acquasave (2019)

Os dois sistemas foram ensaiados e apresentaram resultados de eficiência na faixa de 85 a 95%. Porém ainda é necessário considerar uma perda de eficiência do sistema como um todo devido aos dispositivos de descarte do *first flush*, a exemplo do projeto de aproveitamento de água pluvial realizado no Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos (MORUZZI et. al., 2016). No presente trabalho, a eficiência total do sistema será fixada em 80%.

## 5. CONSUMO DE ÁGUA EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS

A utilização de água dentro de uma residência é classificada conforme sua finalidade; assim, os consumos podem ser classificados como para fins potáveis ou para fins não potáveis.

A classificação para usos identificados como potáveis consiste no consumo que requer maior controle da qualidade da água, pois nestes; existem maiores chances de contaminação por agentes patogênicos e minerais presentes na água, o que implica na necessidade de um cuidado maior com o tratamento e a distribuição da água. Dentre os usos classificados como potáveis se destacam: consumo direto (ingestão), preparo de alimentos e higiene pessoal.

A água não potável é definida pelo seu não atendimento à Portaria nº 518, do Ministério da Saúde (2005). Este documento define 3 áreas de análise para verificação da qualidade da água de consumo humano. São eles:

- Padrão microbiológico - Trata da presença de organismos vivos e potencialmente causadores de doenças. A principal forma de avaliação da água neste quesito é a verificação da presença de coliformes. A análise para *Escherichia coli* é feita a partir da observação da mudança de coloração do conjunto água + substrato cromogênico (que são nutrientes hidrolisados por enzimas específicas deste patógeno), após um período de 24 horas de incubação (FUNASA, 2013). Os limites definidos pelo Ministério da Saúde estão identificados na tabela 3:

| Parâmetro  | VMP <sup>(1)</sup>   |
|--|--|
| Água para consumo humano <sup>(2)</sup>                              |  |
| <i>Escherichia coli</i> ou coliformes termotolerantes <sup>(3)</sup> | Ausência em 100ml  |
| Água na saída do tratamento  |  |
| Coliformes totais  | Ausência em 100ml  |
| Água tratada no sistema de distribuição (reservatórios e rede)       |  |
| <i>Escherichia coli</i> ou coliformes termotolerantes <sup>(3)</sup> | Ausência em 100ml  |
| Coliformes totais  | Sistemas que analisam 40 ou mais amostras por mês:<br>Ausência em 100ml em 95% das amostras examinadas no mês.<br>Sistemas que analisam menos de 40 amostras por mês:<br>Apenas uma amostra poderá apresentar mensalmente resultado positivo em 100ml. |

Tabela 3 - Padrão microbiológico de consumo de água

Fonte: Ministério da Saúde (2005)

- Padrão de Turbidez - Avalia a quantidade de partículas em suspensão na água. Estas partículas causam a perda de transparência do líquido e sua análise é complementar à verificação do padrão microbiológico (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2005). Os padrões adotados para as águas, após o processo de filtração, estão identificados na tabela 4:

| <b>Tratamento da água</b>                                  | <b>VMP</b>                 |
|--|----------------------------|
| Filtração rápida (tratamento completo ou filtração direta) | 1,0 UT                     |
| Filtração lenta  | 2,0 UT em 95% das amostras |

Tabela 4 - Padrão de turbidez para consumo de água

Fonte: Ministério da Saúde (2005)

- Padrão de Consumo - Este padrão define os limites dos principais parâmetros que levam à aceitação ou recusa da água para o consumo humano. Os valores estabelecidos são mostrados na tabela 5:

| <b>Parâmetro</b>               | <b>Unidade</b> | <b>VMP</b>    |
|--------------------------------|----------------|---------------|
| Alumínio                       | mg/L           | 0,2           |
| Amônia (como NH <sub>3</sub> ) | mg/L           | 1,5           |
| Cloreto                        | mg/L           | 250           |
| Cor aparente                   | uH             | 15            |
| Dureza                         | mg/L           | 500           |
| Etilbenzeno                    | mg/L           | 0,2           |
| Ferro                          | mg/L           | 0,3           |
| Manganês                       | mg/L           | 0,1           |
| Monoclorobenzeno               | mg/L           | 0,12          |
| Odor                           | -              | Não objetável |
| Gosto                          | -              | Não objetável |
| Sódio                          | mg/L           | 200           |
| Sólidos dissolvidos totais     | mg/L           | 1000          |
| Sulfato                        | mg/L           | 250           |
| Sulfeto de Hidrogênio          | mg/L           | 0,05          |
| Surfactantes                   | mg/L           | 0,5           |
| Tolueno                        | mg/L           | 0,17          |
| Turbidez                       | UT             | 5             |
| Zinco                          | mg/L           | 5             |
| Xileno                         | mg/L           | 0,3           |

Tabela 5 - Padrão de consumo para a água

Fonte: Ministério da Saúde (2005)

Apesar de ser citada como uma possível fonte de água para consumo humano pela OMS, a água da chuva para fins potáveis ainda não é regularizada no Brasil; logo, não existe base legal para o fornecimento de sistemas para este tipo de uso. Uma razão pode ser a dificuldade de controlar os padrões sanitários das instalações e materiais utilizados e o



tratamento mínimo necessário para adequação da água aos padrões de consumo. Os principais usos não potáveis da água, citados pela ABNT NBR 15.527:2007, são: descargas de bacias sanitárias, irrigação de jardins, lavagem de carros, pátios e calçadas, espelhos d'água e usos industriais. Mano (2004) ainda menciona a lavagem de roupas, como uma possibilidade de uso da água da chuva.

Como este trabalho tem como objetivo avaliar a viabilidade da adoção de sistemas de aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis, será necessário entender melhor o consumo doméstico da água e como se dá a divisão entre usos potáveis e não potáveis.

Segundo Mano (2004), os itens que apresentam maior contribuição para o consumo total de água em residências e que poderiam ter sua fonte de abastecimento de água em um sistema de captação de água da chuva doméstico estão as descargas sanitárias, lavagem de roupas e torneiras de jardim. Um trabalho desenvolvido na *University of Hawaii at Manoa*, em 1980, aponta que o consumo de água diário, para uma residência com quatro pessoas, pode ser dividido em 4 usos principais. São eles:

- Cozinha e lavagem de louças;
- Lavagem de roupas;
- Banhos;
- Banheiros;

Estes quatro grupos tem seus consumos estimados, respectivamente, em 75,7 litros, 132,48 litros, 243,06 litros e 302,8 litros. Sendo assim, as utilizações que não necessitam de água potável representam 57,73% do consumo total de uma residência, que poderiam ter sua fonte de água suprida por um sistema de captação de águas de chuva.

Dados mais recentes e mais aplicáveis a este estudo são apresentados no Atlas Ambiental de Porto Alegre (UFRGS, 1998). Na publicação, são apontadas as parcelas do consumo total associadas a cada uso da água, estando indicados na figura 15. A partir da observação dos gráficos, tem-se um valor de 50% do consumo de água destinado a fins não potáveis. Nota-se também que as duas atividades de maior consumo de água são a lavagem de carros e de calçadas, que não requerem água potável.

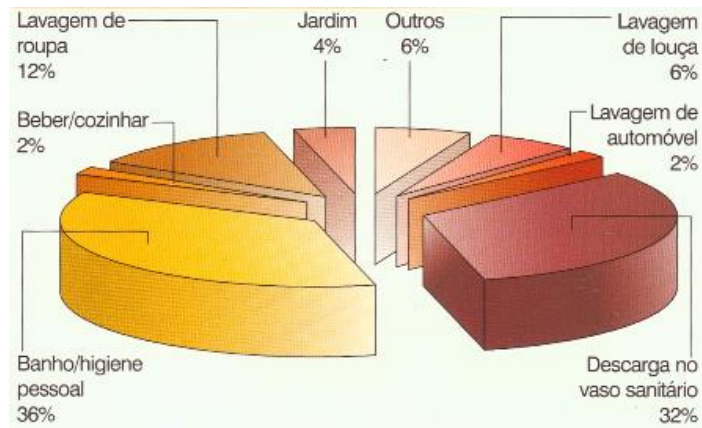


Figura 15 - Consumo de água por atividades domésticas

Fonte: Atlas Ambiental de Porto Alegre

## 6. DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS DE REUSO DE ÁGUAS PLUVIAIS

### 6.1.RESERVATÓRIO

Os reservatórios de água da chuva devem ser dimensionados para o máximo aproveitamento do volume precipitado e para o atendimento da demanda calculada, que pode variar de acordo com as premissas adotadas no desenvolvimento do projeto (usos para a água, perfil de consumo, número de usuários etc.). Por isso, a área de captação e as médias mensais de chuva são fatores de grande importância para a definição do reservatório a ser adotado (AMORIM; PEREIRA, 2008).

O Brasil é um país de dimensões continentais e que apresenta, dentro de seu território (8.515.767,049km<sup>2</sup>), uma vasta gama de climas e paisagens. Este fato faz com que as médias de precipitação variem enormemente de região para região, o que também gera resultados

muito diferentes entre o dimensionamento de um reservatório para uma residência na região sul e na região nordeste, por exemplo.

A ABNT NBR 15.527:2007 estabelece seis métodos padrão para o dimensionamento de reservatórios para água da chuva, são eles:

- Método de Rippl;
- Método da Simulação;
- Método de Azevedo Neto;
- Método Prático Alemão;
- Método Prático Inglês;
- Método Prático Australiano.

Não cabe a este trabalho fazer uma análise comparativa detalhada entre os métodos de dimensionamento; entretanto, para as edificações propostas, foram calculados os volumes de reservatório segundo quatro destas metodologias.

O primeiro dimensionamento foi feito com base no procedimento proposto por Rippl. Também conhecido como Método do Diagrama de Massas, este cálculo considera que o principal fator determinante do tamanho do reservatório é a demanda. Devido a isso, muitas vezes, há extravasamento do sistema e nem toda a água da chuva é aproveitada (AMORIM; PEREIRA, 2008). Devido à sua facilidade de aplicação, este método é o mais presente na literatura referente a este assunto.

Os outros métodos utilizados (Método de Azevedo Neto, Método Prático Alemão e Método Prático Inglês) são métodos empíricos e estabelecem relações entre o volume captado de água da chuva para determinada área de cobertura, a demanda da edificação e, para o método de Azevedo Neto, a duração do período de estiagem (representado pelo número de meses de pouca chuva).

O que se notou durante o processo de dimensionamento dos reservatórios é que a demanda calculada, em quase todos os cenários avaliados, supera o volume de água aproveitável nas edificações propostas. Por isso, para o dimensionamento segundo o método de Rippl, não foi possível obter um volume de reservatório pelo balanço entre consumo e demanda. Neste caso, foi adotado, como volume do reservatório, o volume captado no mês de maior precipitação, que, para o município de Porto Alegre, é o mês de setembro. Este parâmetro foi adotado para garantir aproveitamento de 100% da água da chuva nessas edificações.

Ainda é importante mencionar que o volume de chuva aproveitável utilizado neste método, originalmente não considera a eficiência do sistema de captação (80%); entretanto, neste trabalho, este fator foi incluído no cálculo, para manter coerência com o valor de volume aproveitável de chuva segundo a ABNT (2007).

## 6.2.BOMBAS DE RECALQUE

A escolha da bomba de recalque para o sistema proposto é feita por meio da análise de catálogos de fornecedores, em comparação com a necessidade de altura para a qual é necessário o transporte da água. A altura manométrica é o principal parâmetro para dimensionamento de bombas de recalque. O cálculo deste parâmetro considera as perdas de carga por diferença de nível entre os dois pontos e as perdas de carga localizadas, referentes às diferentes peças presentes no sistema (registros, curvas etc.) e é regido pela equação 6:

$$H_{man} = H_g + h_r + h_s \quad (6)$$

Onde:

- $H_{man}$  = altura manométrica, em m;
- $H_g$  = altura geométrica, em m;
- $h_r$  = altura de recalque, em m;
- $h_s$  = altura de sucção, em m.

A taxa de perda de carga no recalque e na sucção são calculadas pela equação de Fair-Whipple Hsiao (equação 7), conforme indicação da ABNT NBR 5.626:1998 para tubos lisos.

$$J = 869000 \times Q^{1,75} / D^{4,75} \quad (7)$$

Onde:

- $J$  = perda de carga da tubulação, em m/m;
- $D$  = diâmetro da tubulação, em mm;
- $Q$  = vazão existente na tubulação, em L/s.

As alturas de recalque e sucção ( $h_r$  e  $h_s$ ) são calculadas pelas equações 8 e 9, nas quais é considerado o comprimento equivalente da rede. Este parâmetro relaciona a perda de carga

em peças como: curvas, tês e registros, para um determinado comprimento de uma canalização retilínea de mesmo diâmetro.

$$h_r = (L_{real} + L_{eq}) \times J_r \quad (8)$$

$$h_s = (L_{real} + L_{eq}) \times J_s \quad (9)$$

Onde:

- $L_{real}$  = comprimento real da tubulação, em m;
- $L_{eq}$  = comprimento equivalente das conexões, em m.

Definida a altura manométrica, é feita a análise de catálogo de fornecedores que relacionam a potência da bomba com a pressão injetada na rede pela bomba e a vazão obtida.

### 6.3.CALHAS

O dimensionamento das calhas de coleta de água da chuva segue as diretrizes da ABNT NBR 10.844:1989, que estabelece, como principal parâmetro deste cálculo, a vazão de projeto, que pode ser calculada pela equação 10:

$$Q = \frac{C \times i \times A}{60} \quad (10)$$

Onde:

- $Q$  = vazão de projeto, em L/min;
- $C$  = coeficiente de *runoff*;
- $i$  = intensidade pluviométrica, em mm/h;
- $A$  = área de contribuição do telhado, em m<sup>2</sup>.

O coeficiente de *runoff*, assim como em todos os cálculos já apresentados, será fixado em 0,8.

A norma brasileira indica que o valor da intensidade pluviométrica é definido com base na chuva de projeto. Esta tem, para cada objetivo, um período de retorno determinado e também uma duração específica.

A partir da determinação da duração e ocorrência da chuva de projeto, são utilizadas curvas IDF (Intensidade – Duração – Frequência), que determinam a relação entre estes dois parâmetros e a intensidade pluviométrica máxima. O INMET define, no Atlas Pluviométrico do Brasil – Porto Alegre (2015), estas curvas com todos os parâmetros ajustados para a capital gaúcha. A equação que rege a curva IDF para tempos de duração de 5 minutos até 2 horas é:

$$i = \frac{4247,9 T^{0,2097}}{(t+25,2)^{1,1199}} \quad (11)$$

Onde:

- $T$  = tempo de retorno da precipitação, em anos;
- $t$  = duração da chuva, em minutos.

Para o cálculo da área de contribuição da cobertura para a geração do escoamento nas calhas, deve ser considerado um incremento devido à inclinação das águas do telhado (ABNT, 1989). Dentre os modelos de cálculo da área de contribuição apontados pelo documento da norma técnica, o que mais se assemelha aos cenários abordados neste trabalho está representado na equação 12 e tem seus parâmetros apontados na figura 16:

$$A = \left(a + \frac{h}{2}\right) \times b \quad (12)$$

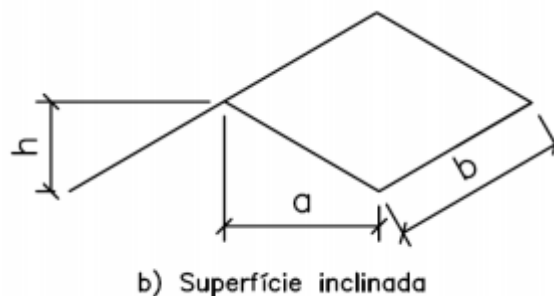


Figura 16 - Modelo de cálculo para área de contribuição do telhado

Fonte: ABNT (1989)

Neste estudo, serão adotadas calhas semicirculares, para as quais, a vazão de projeto se relaciona com as dimensões do coletor, segundo a equação (13) proposta por Strickler Manning (ABNT, 1989):

$$Q = \frac{1}{n} \times S \times R_h^{2/3} \times I^{1/2} \quad (13)$$

Onde:

- $n$  = coeficiente de rugosidade;
- $R_h$  = raio hidráulico, em m;
- $S$  = área da seção molhada, em m<sup>2</sup>;
- $I$  = declividade do condutor, em m/m.

O coeficiente de rugosidade é uma característica que varia de acordo com o material escolhido para a execução das calhas. A NBR (1989) apresenta uma tabela, na qual se observam os materiais mais comumente utilizados para esta finalidade. Para o projeto em questão, são especificadas calhas de PVC, devido ao menor custo deste material. Logo, conforme a tabela 6, obtém-se o valor de  $n = 0,011$ .

| <b>Material</b>                                      | <b>n</b> |
|--|----------|
| Plástico, fibrocimento, aço, metais não ferrosos     | 0,011    |
| Ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida | 0,012    |
| Cerâmica, concreto não alisado                       | 0,013    |
| Alvenaria de tijolos não revestida                   | 0,015    |

Tabela 6 - Coeficientes de rugosidade

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 10.844/1989

#### 6.4.CONDUTOR VERTICAL

O condutor vertical é a tubulação que transporta a água coletada pela cobertura desde as calhas até o reservatório de água da chuva. Este subsistema foi dimensionado segundo as diretrizes da ABNT NBR 10.844:1989. O documento apresenta um ábaco para calhas com saída em aresta viva (figura 17), no qual os parâmetros de entrada são:  $Q$  (vazão de projeto, em L/min),  $L$  (altura de lâmina d'água na calha, em mm) e  $H$  (comprimento do condutor, em m).

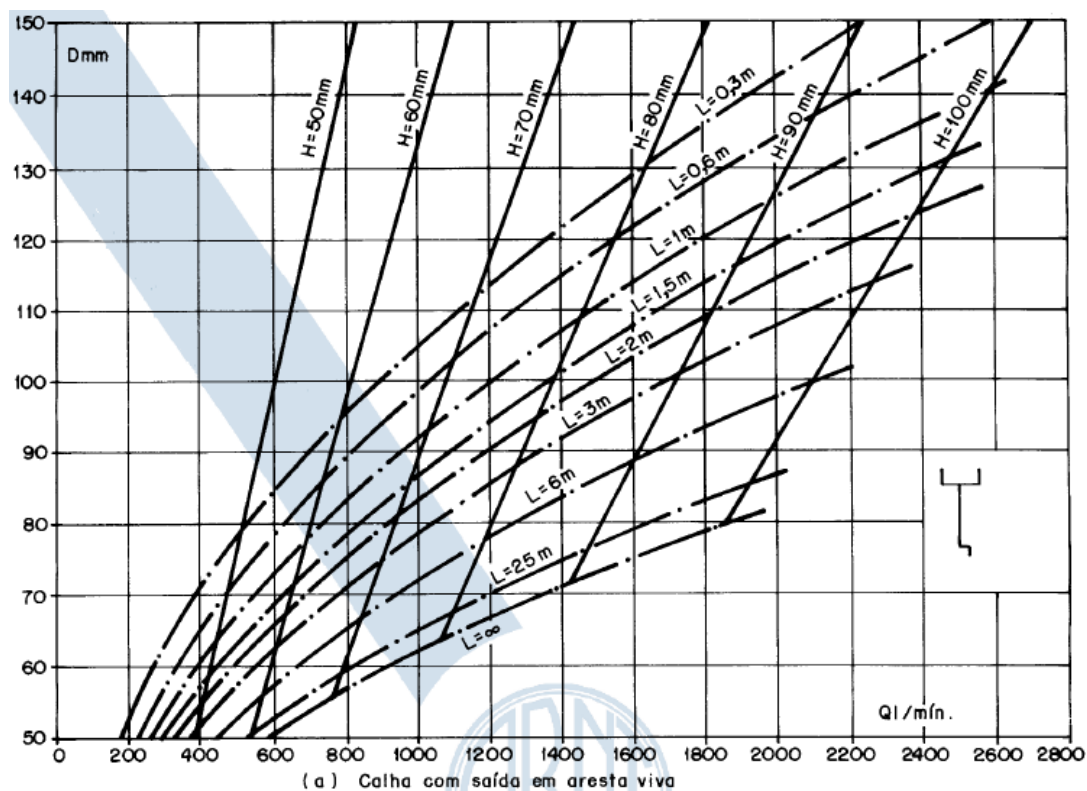


Figura 17 - Ábaco para dimensionamento de condutores verticais

Fonte: ABNT, 1989

## 6.5. REDE DE DISTRIBUIÇÃO

A rede de distribuição cumpre a função de levar a água do reservatório superior até os pontos de consumo dentro das unidades residenciais. Este subsistema também deve ser dimensionado, pois não é possível utilizar a mesma prumada de distribuição de água potável. Portanto, representa um custo extra para a implantação do sistema de coleta e aproveitamento de água da chuva.

A Norma Brasileira de Instalações Prediais de Água Fria (NBR 5.626:1998) apresenta uma rotina para o dimensionamento de tubulações da rede predial de distribuição. Neste procedimento, é necessário definir quais aparelhos serão abastecidos pela rede em questão. Em seguida são calculados os somatórios de pesos, em cada trecho da rede. Para a sequência deste trabalho, serão considerados, para cada unidade residencial, os aparelhos listados na tabela 7.



| Aparelho Sanitário                     | Peça de Utilização  | Vazão de Projeto (L/s) | Peso Relativo |
|--|---------------------|------------------------|---------------|
| Bacia Sanitária                        | Caixa de Descarga   | 0,15                   | 0,3           |
| Lavadora de Roupas                     | Registro de Pressão | 0,3                    | 1,0           |
| Torneira de Jardim ou Lavagem em Geral | Torneira            | 0,2                    | 0,4           |

Tabela 7 - Vazão de projeto por aparelho

Fonte: Adaptado de ABNT (1998)

Definida a demanda da rede, calcula-se a vazão estimada, por meio da equação 14:

$$Q = 0,3 \times \sqrt{\sum P} \quad (14)$$

Onde:

- $\sum P$  = soma dos pesos relativos dos aparelhos alimentados.

A sequência do dimensionamento é um processo iterativo, no qual é adotado um diâmetro para a tubulação e são verificados os parâmetros de velocidade do escoamento (equação 15) e pressão disponível residual (diferença entre a pressão devida à cota e as perdas de carga).

$$v = \frac{4 \times 10^3 \times Q}{\pi \times d^2} \quad (15)$$

Onde:

- $v$  = velocidade, em m/s;
- $d$  = diâmetro interno da tubulação, em mm.

As perdas de carga são calculadas da mesma maneira que no dimensionamento das bombas de recalque (método dos comprimentos real e equivalente, representado pela equação 7).

## **7. CUSTOS DO SISTEMA**

Com o objetivo de avaliar a viabilidade econômica do sistema, é necessário calcular os custos de implantação do mesmo. Para a elaboração do orçamento foi utilizada a base de dados do SINAPI, que é a referência oficial para projetos do programa MCMV (Caixa, 2019). Nela se encontram valores e unidades de medida de diversos insumos e composições de serviços da construção civil. Além do SINAPI, também foi feito o levantamento de custos de itens específicos (como reservatórios e bombas), por meio de consultas diretas com fornecedores. Um dos requisitos do Superior Tribunal de Justiça (2014), para a aceitação de uma pesquisa de preços, é de que sejam obtidos ao menos três orçamentos diferentes, para cada item ou composição. A partir dos diferentes preços obtidos, adota-se, como preço do item, o valor médio, a mediana ou o valor mínimo (de acordo com a dispersão dos orçamentos). Desta maneira, os itens, para os quais não forem encontradas correspondências satisfatórias dentre as composições de serviços apresentadas no SINAPI, serão orçados diretamente com os fornecedores.

A estimativa de custos para a implantação do sistema em habitações unifamiliares será feita com base nos custos dos reservatórios dimensionados e do conjunto motor-bomba. Isto se deve à ausência de projetos mais detalhados que permitissem o dimensionamento preciso dos coletores e da rede de distribuição. A mesma representatividade (em termos de fração do custo total) será adotada para os itens citados, sendo assim, extrapolado o custo total do sistema a ser implantado na casa.

## **8. POTENCIAL DE REDUÇÃO DA CONTA CONSUMO**

O retorno financeiro associado ao sistema proposto se dá devido à redução de entrada de água da rede pública para a edificação. Este volume que deixa de ser fornecido pelo DMAE deve ser convertido em moeda, por meio da equação 1, que calcula o consumo cobrado pelo município de Porto Alegre. Vale lembrar que a medição de água nas unidades residenciais também dá origem à cobrança de esgoto (equação 4). Assim, o volume total de água que deixa de ser consumido da rede pública deve ser majorado em 80%, antes de ser multiplicado pelo preço básico do fornecimento de água potável (R\$3,25).

## 9. ANÁLISE ECONÔMICA

Atualmente, o principal impedimento para a utilização de água da chuva como substituta da água potável (ao menos em uma parcela do consumo total) é o custo dos sistemas. Entretanto, é necessária uma análise profunda de cada caso, para verificar o impacto financeiro que este projeto pode representar em cada edificação.

Após a definição dos custos de implementação dos sistemas especificados para os cenários em estudo, bem como dos valores de economia gerados pelos mesmos, é possível estabelecer um fluxo de caixa do projeto (figura 18). Isto permite que sejam feitas análises econômicas que apontem o retorno real que deve ser esperado.

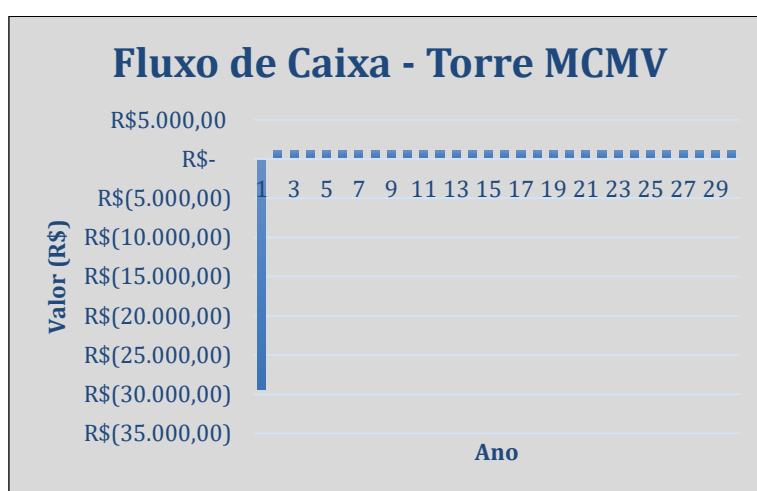


Figura 18 - Fluxo de caixa do projeto da torre

Fonte: Autor

Com o intuito de verificar a viabilidade econômica do investimento em sistemas de reaproveitamento de água da chuva para empreendimento do programa MCMV, serão utilizados dois indicadores: o valor presente líquido (VPL) e o tempo de retorno do investimento (*Payback*).

Ambos indicadores, trabalham com o conceito de TMA (Taxa Mínima de Atratividade), que representa o retorno mínimo aceito por um investidor, no momento de aplicar recursos em determinado projeto. Esta taxa permite entender o resultado financeiro do investimento analisado, quando comparado a outras aplicações. Usualmente, a TMA é utilizada para comparar investimentos de maior risco, com aplicações mais seguras. No Brasil, o investimento considerado “o mais seguro do país” é o Tesouro Direto, devido à garantia de

pagamento dos títulos fornecida pelo governo. Por isto, suas taxas serão adotadas como base comparativa para o projeto proposto neste trabalho. O principal título do Tesouro Direto é o Tesouro Selic, que tem seu rendimento atrelado à taxa Selic, que é a taxa básica definida pelo Banco Central para empréstimos entre instituições financeiras. Esta taxa, em novembro de 2019, é de 5% (BANCO CENTRAL, 2019). Portanto, este será o valor adotado como TMA para as análises deste trabalho.

### 9.1. VALOR PRESENTE LÍQUIDO

O valor presente líquido de um projeto representa o somatório de todo o fluxo de caixa esperado, convertido a valor presente, ou seja, indica quanto valem, hoje, todos os custos e retornos esperados de um investimento ao longo de sua vida (MELLO, 2017).

O cálculo do VPL considera todas as receitas e despesas ao longo da duração do projeto; porém, o dinheiro não tem seu valor constante ao longo do tempo. Por isto, os montantes futuros são descontados de uma taxa  $r$  à medida que se afasta do período inicial (ASSAF NETO, 2012). O resultado do cálculo do VPL é um valor financeiro (em Reais) e sua análise se baseia na interpretação de seu sinal: um valor positivo indica que o projeto traz lucros para o investidor; já, um valor negativo representa prejuízo.

Neste trabalho, a taxa de desconto adotada será a TMA. Desta maneira, um valor positivo para o VPL indica que o investimento tem um retorno maior do que a remuneração do Tesouro Selic.

O cálculo do VPL se dá pela equação 16:

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{Fc_t}{(1+r)^t} \quad (16)$$

Onde:

- $Fc_t$  = fluxo de caixa no período  $t$ , em reais;
- $r$  = taxa de desconto;
- $t$  = período.

## **9.2.PAYBACK**

Hirschfeld (2014) define *payback* como o período necessário para que os rendimentos de um determinado projeto se igualem aos investimentos feitos. Quando o fluxo de caixa é descontado por uma determinada taxa de juros, tem-se o *payback* descontado. Entretanto, o cálculo também pode ser feito por uma soma simples dos valores do fluxo de caixa. Desta maneira, tem-se o *payback* simples.

Neste trabalho, será analisado o *payback* descontado, para dois projetos semelhantes, porém, aplicados a diferentes tipologias habitacionais (casas e torre). A taxa de desconto adotada para o cálculo do período de retorno será, assim como no cálculo do VPL, a TMA, o que faz com que, na prática, o *payback* represente o tempo necessário para que o VPL do projeto passe a ser positivo.

Segundo Taborda (2018), não há um padrão para a determinação do tempo considerado aceitável para o retorno financeiro de um projeto. Logo, esta escolha é arbitrária e depende do investidor.

Um problema da análise deste parâmetro é a grande sensibilidade do resultado ao fluxo de caixa, que pode ser irregular no decorrer do projeto. Isto pode conduzir o investidor a uma interpretação equivocada do resultado obtido (ROSS et. al., 2010, p. 129). Entretanto, o fluxo do projeto proposto neste trabalho é constante. Logo, a análise do *payback* se torna mais precisa e relevante para a tomada de decisão do investidor.

## **10. ESTUDOS DE CASO**

Todos os casos abordados neste trabalho se referem ao município de Porto Alegre. Logo, compartilham as mesmas características de consumo de água, método de cálculo da cobrança de água e esgotos e regime pluviométrico. Por isto, estes parâmetros serão definidos e calculados antes da apresentação dos casos.

### **10.1. CONSUMO DE ÁGUA**

Visto que o objetivo deste trabalho é avaliar a economia, em termos financeiros e volumétricos, no consumo de água, é necessário definir um perfil de consumo padrão para edifícios residenciais.

A determinação da referência consumo de água para uma residência requer a definição de 3 principais parâmetros:

- Consumo estimado por pessoa (l/hab.dia);
- Número de habitantes por domicílio (hab);
- Período de consumo (dias).

### 10.1.1. Consumo Per Capita

O Departamento Municipal de Água e Esgotos de Porto Alegre publica anualmente um relatório de dados gerais sobre o serviço de tratamento e distribuição de água, e de coleta e tratamento de esgotos da cidade, bem como dados da operação interna e financeiros da empresa (DMAE, 2018).

Os resultados apontados no relatório de 2018 se referem (da esquerda para a direita) aos anos de 2014, 2015, 2016 e 2017 e estão identificados na tabela 8:

|  | 2014                  | 2015                  | 2016                  | 2017                  |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| <b>Média de Consumo Micromedido por Economia Residencial</b> | 13m <sup>3</sup> /mês | 13m <sup>3</sup> /mês | 12m <sup>3</sup> /mês | 12m <sup>3</sup> /mês |
| <b>Média de Consumo Micromedido por Pessoa</b>               | 153 litros/dia        | 153 litros/dia        | 149 litros/dia        | 145 litros/dia        |
| <b>Economias Atendidas por Categoria</b>                     | 665.845               | 681.157               | 696.141               | 706.492               |
| <b>Residências</b>   | 582.681               | 595.513               | 607.892               | 608.832               |
| <b>Comerciais</b>  | 80.231                | 87.732                | 84.949                | 94.418                |
| <b>Repartições Públicas</b>                                  | 2.926                 | 2.905                 | 3.293                 | 3.235                 |
| <b>Industrial</b>  | 7                     | 7                     | 7                     | 7                     |

Tabela 8 - Informações de distribuição e consumo de água em Porto Alegre

Fonte: DMAE, 2018

Ao mesmo tempo, o Sistema Nacional de Informações de Saneamento (SNIS) fornece uma base de dados, com medições de consumo efetuadas desde o ano de 1995. Segundo a tabela 9, entre 2008 e 2017, Porto Alegre apresentou uma média de consumo de 217,357 l/hab.dia, enquanto o estado do Rio Grande do Sul, como um todo, teve um consumo médio

de 175,267 l/hab.dia. Esta variação de valores se deve aos diferentes hábitos de consumo em cada cidade.

Também deve ser levado em conta que, nestas medições, estão inclusos comércios, indústrias e serviços, o que distancia esta estimativa da realidade encontrada nos usos residenciais da água potável.

| <b>Local</b>      | <b>Ano</b> | <b>Consumo per capita (l/hab.dia)</b> | <b>Média (l/hab.dia)</b> |
|-------------------|------------|---------------------------------------|--------------------------|
| Porto Alegre      | 2017       | 215,35                                | 217,357                  |
|                   | 2016       | 220,3                                 |                          |
|                   | 2015       | 238,59                                |                          |
|                   | 2014       | 224,14                                |                          |
|                   | 2013       | 222,59                                |                          |
|                   | 2012       | 228,5                                 |                          |
|                   | 2011       | 219,5                                 |                          |
|                   | 2010       | 208,7                                 |                          |
|                   | 2009       | 198,4                                 |                          |
|                   | 2008       | 197,5                                 |                          |
| Rio Grande do Sul | 2017       | 175,267                               | 175,267                  |

Tabela 9 - Consumo de água por habitante

Fonte: Adaptado de SNIS (2019)

As diferenças entre os valores encontrados para as médias de consumo de Porto Alegre e do estado do Rio Grande do Sul podem ser explicadas, principalmente, pelas diferenças de hábitos de uso da água em cada município, visto que os 497 municípios do estado compreendem, desde aqueles com consideráveis populações rurais, até grandes conurbações urbanas. Um fator de grande contribuição para esta disparidade de valores também é a presença de grandes indústrias, que são grandes consumidores de água, em regiões distantes do município de Porto Alegre.

Para a sequência deste estudo, foi adotado um valor de consumo médio de 179,208 L/hab.dia, que representa a média aritmética entre as informações obtidas nas diferentes fontes.

### 10.1.2. Habitantes por Domicílio

Com a finalidade de comparar cenários de viabilidade econômica de implantação de sistemas de reaproveitamento de águas pluviais, serão avaliadas diferentes situações de habitação.

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a maior parte das residências da região Sul (93,3%) são ocupados por 1, 2, 3, 4 e 5 pessoas. Com base nisso, estes serão os 5 cenários avaliados neste trabalho.

| Número de Moradores | Brasil    |      | Região    |      |           |      |           |      |           |      |              |      |
|---------------------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|--------------|------|
|                     |           |      | Norte     |      | Nordeste  |      | Sudeste   |      | Sul       |      | Centro-Oeste |      |
|                     | Nº Abs. * | (%)  | Nº Abs. * | (%)  | Nº Abs. * | (%)  | Nº Abs. * | (%)  | Nº Abs. * | (%)  | Nº Abs. *    | (%)  |
| 1                   | 8616      | 13,5 | 491       | 10,7 | 2014      | 12,1 | 4045      | 14,5 | 1360      | 14   | 706          | 14,6 |
| 2                   | 15583     | 24,4 | 838       | 18,2 | 3642      | 21,8 | 7149      | 25,7 | 2757      | 28,3 | 1197         | 24,7 |
| 3                   | 16319     | 25,6 | 1045      | 22,7 | 4179      | 25   | 7311      | 26,2 | 2577      | 26,5 | 1207         | 24,9 |
| 4                   | 13089     | 20,5 | 986       | 21,4 | 3583      | 21,4 | 5620      | 20,2 | 1878      | 19,3 | 1022         | 21,1 |
| 5                   | 5980      | 9,4  | 613       | 13,3 | 1817      | 10,9 | 2319      | 8,3  | 759       | 7,8  | 472          | 9,7  |
| 6                   | 2413      | 3,8  | 319       | 6,9  | 790       | 4,7  | 897       | 3,2  | 251       | 2,6  | 156          | 3,2  |
| 7                   | 985       | 1,5  | 140       | 3,1  | 373       | 2,2  | 314       | 1,1  | 103       | 1,1  | 55           | 1,1  |
| 8 ou mais           | 784       | 1,2  | 167       | 3,6  | 313       | 1,9  | 214       | 0,8  | 54        | 0,6  | 36           | 0,7  |

\* Números absolutos em 1.000 domicílios

Tabela 10 - Domicílios por número de habitantes

Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Trabalho e Rendimento, Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios 2012-2013 (2013)

### 10.1.3. Período de Consumo

Tendo em vista que as cobranças de água do DMAE são feitas com base em medições mensais de consumo, o período de cálculo adotado será de 30 dias. Para possibilitar uma melhor visualização dos resultados do investimento no longo prazo, também serão apresentados dados com base anual.

Definidos os parâmetros de estimativa de consumo de água, foram calculados os valores médios de tarifa de água, para cada cenário estudado. Estes resultados serão usados



como base comparativa, na avaliação da viabilidade financeira da implantação dos sistemas de captação e reuso de águas pluviais, e se encontram na tabela 11:

| <b>Nº de Moradores</b> | <b>Consumo Mensal Estimado (m³)</b> | <b>Cobrança de Água (R\$)</b> | <b>Cobrança de Esgoto (R\$)</b> | <b>Conta Consumo (R\$)</b> |
|------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|----------------------------|
| 1                      | 5,376                               | R\$ 18,98                     | R\$ 15,18                       | R\$ 34,16                  |
| 2                      | 10,752                              | R\$ 37,96                     | R\$ 30,37                       | R\$ 68,32                  |
| 3                      | 16,129                              | R\$ 56,93                     | R\$ 45,55                       | R\$ 102,48                 |
| 4                      | 21,505                              | R\$ 75,91                     | R\$ 60,73                       | R\$ 136,64                 |
| 5                      | 26,881                              | R\$ 94,89                     | R\$ 75,91                       | R\$ 170,80                 |

Tabela 11 - Valor da conta consumo por número de habitantes no domicílio

Fonte: Autor

## 10.2. REGIME PLUVIOMÉTRICO E CAPTAÇÃO

No município de Porto Alegre, o monitoramento dos índices pluviométricos é feito pelo CEIC, um órgão da PMPA. Diariamente, é medido o volume de chuva em diversos pontos da cidade, sendo estes dados registrados e transformados em médias diárias e mensais. Por padrão, os trabalhos que envolvem cálculos com base em volumes de chuva utilizam bases de dados históricos, que são separados em períodos de 30 anos. A última série histórica de medições completa em Porto Alegre tem base no período entre os anos de 1961 e 1990 e aponta médias mensais de precipitação conforme a tabela 12:

| <b>Média Histórica de Precipitação Pluviométrica de Porto Alegre por mês (mm)</b> |       |       |      |      |       |       |     |       |       |       |       |
|---|-------|-------|------|------|-------|-------|-----|-------|-------|-------|-------|
| Jan   | Fev   | Mar   | Abr  | Mai  | Jun   | Jul   | Ago | Set   | Out   | Nov   | Dez   |
| 100,1   | 108,6 | 104,4 | 86,1 | 94,6 | 132,7 | 121,7 | 140 | 139,5 | 114,3 | 104,2 | 101,2 |

Tabela 12 - Média de chuvas em Porto Alegre entre 1961 e 1990

Fonte: Centro Integrado de Comando da cidade de Porto Alegre (2019)

A partir destes dados, é possível calcular uma média anual de precipitação de 1469,1mm. Dados mais recentes podem ser obtidos por meio da base de dados do INMET, onde é possível encontrar medições mensais de precipitações até o ano de 2018. Com base nas precipitações medidas entre 2009 e 2018 (período de 10 anos), calcula-se uma média de

chuva anual de 1579,09mm, que se distribuem entre os meses do ano segundo exposto na tabela 13:

| Média de Precipitação Mensal entre 2009 e 2018 (mm) |        |        |        |       |        |        |        |        |        |        |        |
|---|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Jan   | Fev    | Mar    | Abr    | Mai   | Jun    | Jul    | Ago    | Set    | Out    | Nov    | Dez    |
| 144,48  | 114,50 | 120,62 | 105,14 | 92,93 | 125,60 | 163,25 | 144,90 | 169,80 | 162,50 | 117,67 | 117,70 |

Tabela 13 - Média de chuvas em Porto Alegre entre 2009 e 2018

Fonte: INMET (2019)

A partir desta definição, podemos ter o volume anual aproveitável de água da chuva para Porto Alegre, como uma função, apenas, da área de captação, que varia de acordo com cada edificação. Esta relação se dá pela equação 17:

$$V = 1579,09 \times A \times 0,8 \times 0,8$$

$$V = 1010,62 \times A \quad (17)$$

### 10.3. CASO 1 – OPEN CANOAS CENTRO

Tendo em vista que o objetivo deste trabalho é simular o aproveitamento de águas pluviais em uma situação real de habitação e verificar seu custo e economia gerada ao longo do tempo, é necessário fazer o dimensionamento do sistema para posterior orçamentação do mesmo.

A avaliação da implantação do sistema em uma torre de 20 apartamentos tomará como base o empreendimento Open Canoas Centro, que está em execução pela empresa Melnick Even e se encaixa no padrão dos empreendimentos participantes do programa Minha Casa Minha Vida.

O empreendimento se localiza na cidade de Canoas (RS), fora do município de Porto Alegre, porém, apenas será utilizada a geometria das torres, que mantém o mesmo padrão dos produtos, deste segmento, comercializados na capital (5 andares, totalizando 20 apartamentos com área entre 40 e 50m<sup>2</sup>). Todos os dados de consumo de água, tarifas de cobrança e volume de precipitação são referentes à cidade de Porto Alegre e são como os descritos nos capítulos anteriores.

O telhado da torre tem 186 metros quadrados de área, e as plantas utilizadas como base para o dimensionamento do sistema estão expostas no Anexo 1.



Figura 19 - OPEN Canoas Centro

Fonte: Melnick Even, 2019

### 10.3.1. Definição da Demanda

Para a definição das demandas de um condomínio vertical multifamiliar, é necessário estimar, primeiramente, a população total residente no edifício. Para isso, serão utilizados os dados do IBGE, relativos à distribuição de unidades residenciais, segundo o número de habitantes (tabela 10, mostrada no capítulo 10.1.2). Na sequência, foram calculadas as demandas totais para cada situação de ocupação dos apartamentos e as demandas totais, potáveis e não potáveis, para a edificação inteira. Os resultados são apresentados nas tabelas 14 e 15:

| Nº de Habitantes | % IBGE | Nº de Apartamentos | Habitantes | Demanda Diária por Habitante (L/hab.dia) | Demanda por Tipologia de Apartamento (conforme ocupação) (L/dia) |
|------------------|--------|--------------------|------------|--|--|
| 1                | 14%    | 3                  | 3          | 179,208                                  | 537,62   |
| 2                | 28,30% | 6                  | 12         |  | 2.150,50   |
| 3                | 26,50% | 5                  | 15         |  | 2.688,12   |
| 4                | 19,30% | 4                  | 16         |  | 2.867,33   |
| 5 ou mais        | 11,90% | 2                  | 10         |  | 1.792,08   |

Tabela 14 - Demanda de água não potável por ocupação do apartamento

Fonte: Autor

| <b>Demanda Mensal do Prédio (m<sup>3</sup>)</b> | <b>Parcela de Consumo Não Potável</b> | <b>Demanda Não Potável Mensal (m<sup>3</sup>)</b> | <b>Demanda Não Potável Anual (m<sup>3</sup>)</b> |
|---|---------------------------------------|---|--|
| 301,07  | 50,00%                                | 150,53  | 1.806,417  |

Tabela 15 - Demanda de água não potável para uma torre de 20 apartamentos

Fonte: Autor

### 10.3.2. Dimensionamento do Sistema

#### 10.3.2.1. Reservatório

Os resultados do dimensionamento da cisterna para coleta de água da chuva, no OPEN Canoas Centro, pelos 4 métodos apresentados, são mostrados na tabela 16:

|   | <b>Método</b> |                     |                       |                       |
|---|---------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|
|   | <b>Rippl</b>  | <b>Azevedo Neto</b> | <b>Prático Alemão</b> | <b>Prático Inglês</b> |
| <b>Volume do Reservatório (m<sup>3</sup>)</b> | 20,21         | 24,67               | 11,28                 | 14,68                 |

Tabela 16 - Volume do reservatório para a torre

Fonte: Autor

Ao se comparar os resultados obtidos com os modelos de cisternas disponíveis no mercado, definiu-se que os valores obtidos através do método de Rippl são os mais eficientes, no sentido de garantir a captação máxima da chuva, mesmo nos meses de maior precipitação.

O desenvolvimento do cálculo do volume do reservatório pelo método de Rippl, para os casos 1 e 2 deste trabalho, são apresentados no Apêndice 1.

Foram escolhidas, para a sequência deste estudo, as cisternas para água da chuva da Acqualimp, visto que estas já apresentam todos os acessórios necessários para o funcionamento deste tipo de reservatório (sifão ladrão, freio d'água, filtro de água da chuva, conjunto de sucção). No caso em questão, foram utilizados dois reservatórios de 10.000L.

Ainda foram adotados reservatórios superiores, com volume baseado no consumo diário de cada tipologia de habitação. A partir dos dados, referentes a consumo mensal de água não potável, apresentados em 10.3.1, nesta torre, o volume diário de consumo de água não potável é de 5.000L, que é o mesmo volume do reservatório a ser adotado.

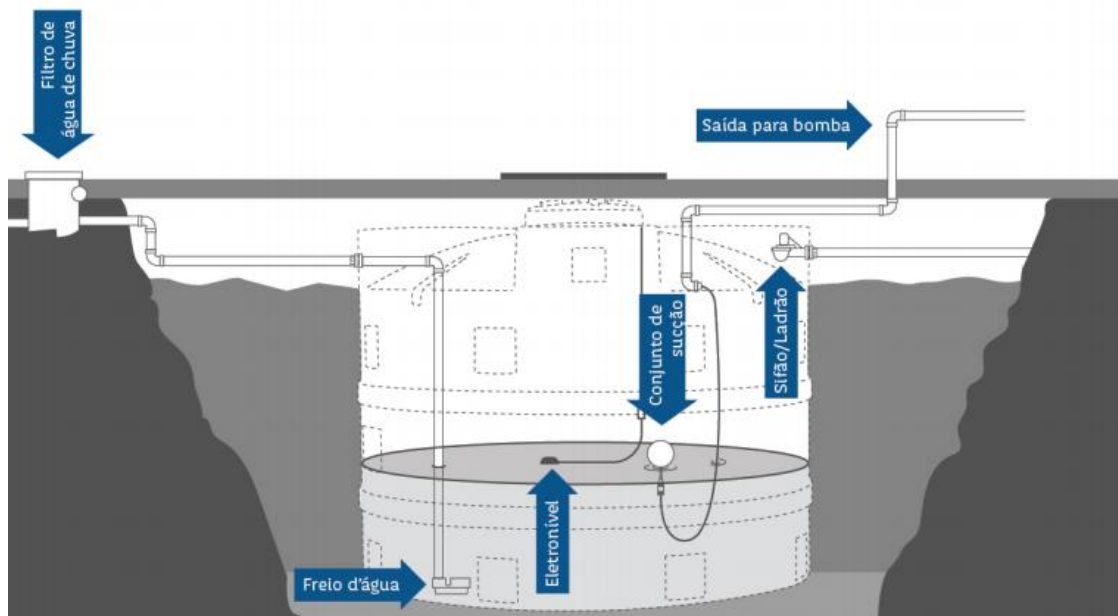


Figura 20 - Esquema de instalação de cisterna para água da chuva

Fonte: Acqualimp

#### 10.3.2.2. Bomba de Recalque

Para o dimensionamento da bomba, é necessário conhecer a vazão conduzida pelo sistema de recalque, que é definida pela relação entre o volume do reservatório superior e o tempo de funcionamento da bomba durante um dia. Para a torre analisada, este tempo será fixado em 2 horas; com isso, tem-se uma vazão de 0,694L/s. Já, o diâmetro das tubulações de sucção e recalque adotado é de 1" (25mm).

Definidos estes parâmetros, é possível calcular a perda de carga unitária (equação 7), para as tubulações de sucção e recalque. O resultado deste cálculo é uma taxa de perda de 0,1 metros de coluna d'água, para cada metro de rede.

Macintyre (1996) apresenta uma tabela com os comprimentos equivalentes de diversas peças de tubulação, para diferentes diâmetros. A tabela 17 indica as peças necessárias para a instalação do sistema dimensionado.

| Sucção              |               |                 |            |         |
|---------------------|---------------|-----------------|------------|---------|
| Peça                | Diâmetro (mm) | Leq/Unidade (m) | Quantidade | Leq (m) |
| Joelho 90°          | 25            | 1,3             | 2          | 2,6     |
| Registro Gaveta     | 25            | 0,3             | 1          | 0,3     |
| Válvula Pé de Crivo | 25            | 13,3            | 1          | 13,3    |
| Total               |               |                 |            | 16,2    |
| Recalque            |               |                 |            |         |
| Peça                | Diâmetro (mm) | Leq/Unidade (m) | Quantidade | Leq (m) |
| Joelho 90°          | 25            | 1,3             | 2          | 2,6     |
| Registro Gaveta     | 25            | 0,3             | 1          | 0,3     |
| Total               |               |                 |            | 2,9     |

Tabela 17 - Comprimento equivalente das peças da tubulação

Fonte: Autor

Os resultados do cálculo da altura manométrica (equação 6), para qual o sistema de bombeamento será dimensionado, são apresentados na tabela 18:

| Sucção    |         |          |        |
|-----------|---------|----------|--------|
| Lreal (m) | Leq (m) | Js (m/m) | hs (m) |
| 2         | 16,2    | 0,1      | 1,82   |
| Recalque  |         |          |        |
| Lreal (m) | Leq (m) | Jr (m)   | hr (m) |
| 22,5      | 2,9     | 0,1      | 2,54   |
| Hg (m)    |         |          | 13,5   |
| Hman (m)  |         |          | 17,86  |

Tabela 18 - Altura manométrica do sistema de bombeamento

Fonte: Autor

Calculada a altura manométrica do sistema, a escolha da bomba necessária foi feita a partir da análise de catálogos de fornecedores. A bomba que melhor atendeu às especificações calculadas foi o modelo BCR-2010, com potência de 1/2 CV, do fabricante Schneider Motobombas.

| MODELO   | Potência (CV) | Mono-fase | Ø Sucção (pol) | Ø Bocal (pol) | Pressão máxima sem vazão (m.c.a.) | Altura máxima de sucção (m.c.a.) | Ø Rotor (mm) | CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS                               |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
|----------|---------------|-----------|----------------|---------------|-----------------------------------|----------------------------------|--------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
|          |               |           |                |               |                                   |                                  |              | Altura Manométrica Total (m.c.a.)                         |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
|          |               |           |                |               |                                   |                                  |              | Vazão em m <sup>3</sup> /h válida para sucção de 0 m.c.a. |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
| 8        | 9             | 10        | 11             | 12            | 13                                | 14                               | 15           | 16  | 17  | 18  | 19  | 20  | 21  | 22  | 23  | 24  | 26  | 28  |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
| BCR-2010 | 1/2           | x         | 1              | 1             | 25                                | 8                                | 128          | 4,7   | 4,5 | 4,3 | 4,1 | 4,0 | 3,8 | 3,6 | 3,4 | 3,1 | 2,9 | 2,7 | 2,4 | 2,1 | 1,8 | 1,5 | 1,1 | 0,6 |     |     |  |
|          | 3/4           | x         | 1              | 1             | 27                                | 8                                | 128          | *   | *   | 5,1 | 4,9 | 4,7 | 4,6 | 4,4 | 4,2 | 4,0 | 3,8 | 3,5 | 3,3 | 3,1 | 2,8 | 2,5 | 2,2 | 1,8 | 0,8 |     |  |
|          | 1             | x         | 1              | 1             | 29                                | 8                                | 128          | *   | *   | *   | *   | *   | 5,4 | 5,2 | 5,0 | 4,8 | 4,6 | 4,4 | 4,2 | 3,9 | 3,7 | 3,4 | 3,1 | 2,8 | 2,0 | 0,9 |  |

Motor WEG IP-00 com capa de proteção, proteção térmica e capacitor permanente, 2 polos, 60 Hz.  
Rotor fechado de Noryl® com 30% de fibra de vidro (maior resistência).  
Temperatura máxima do líquido bombeado: 55 °C.  
Equipamento desenvolvido para uso exclusivamente residencial.

Tabela 19 - Tabela de seleção para modelo de bomba BCR-2010

Fonte: Schneider Motobombas

### 10.3.2.3. Calhas

Para dimensionamento de calhas para água da chuva, a ABNT (1989) fixa os tempos de duração e período de retorno da chuva de projeto em: 5 minutos, para o tempo de duração, e 5 anos, para o período de retorno. Com isso, ao aplicar a equação 11, obtém-se uma intensidade de chuva de 131,0mm/h.

Com a chuva de projeto definida, foi necessário setorizar a planta de cobertura, conforme a figura 21. A partir desta divisão, foi calculada a área de contribuição das duas águas para duas calhas centrais, que dividem o escoamento igualmente entre os dois lados da edificação. Os cálculos da área de contribuição da cobertura estão apresentados na tabela 20:



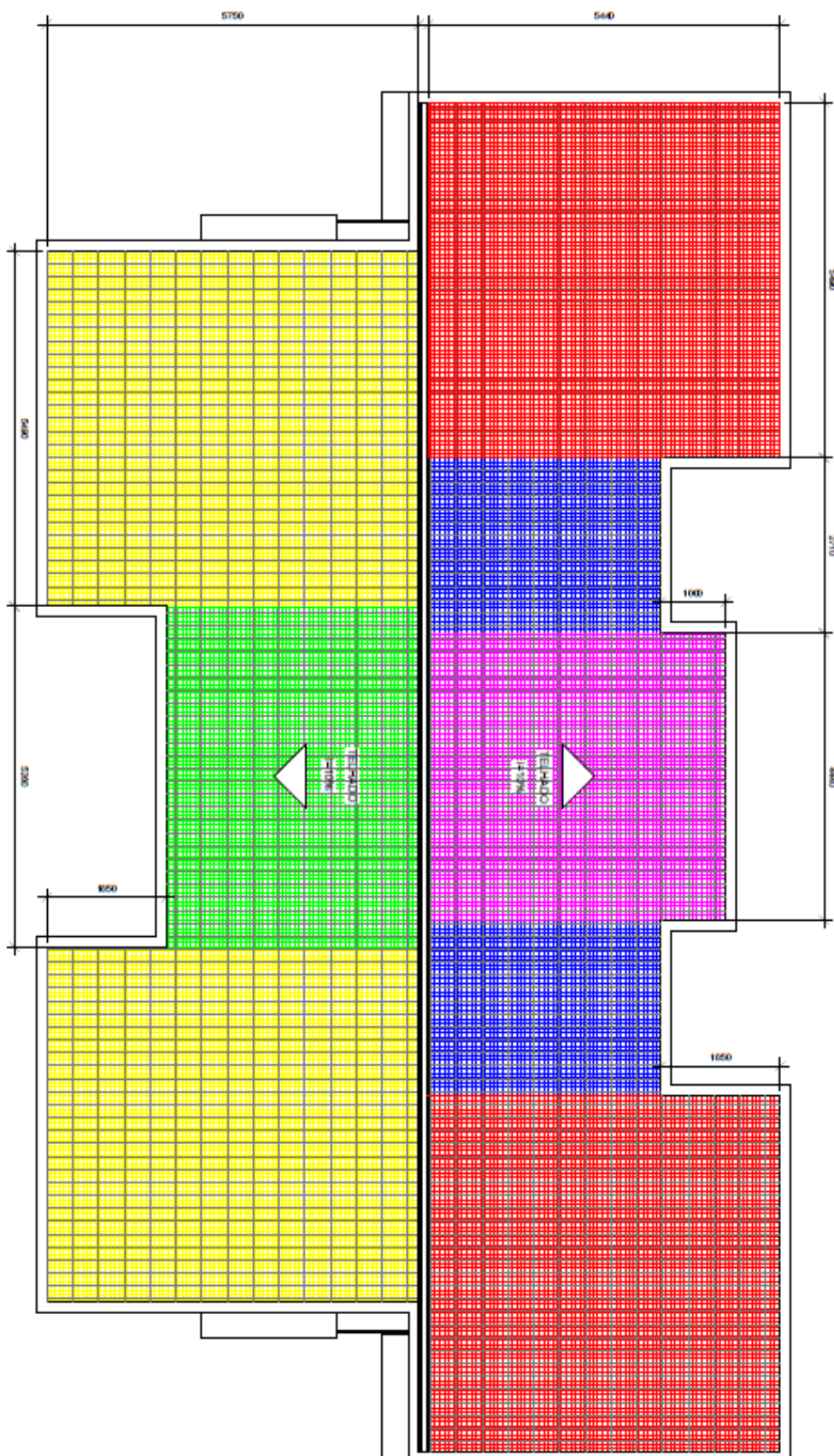


Figura 21 - Divisão de áreas para cálculo da área de contribuição do telhado

Fonte: Adaptado de Melnick Even

| <b>Área de Contribuição do Telhado Para a Calha</b> |              |              |                        |              |                             |
|---|--------------|--------------|------------------------|--------------|-----------------------------|
| <b>Seção</b>  | <b>a (m)</b> | <b>b (m)</b> | <b>Declividade (%)</b> | <b>h (m)</b> | <b>Área (m<sup>2</sup>)</b> |
| Vermelho 1  | 5,44         | 5,49         | 10%                    | 0,54         | 31,36                       |
| Azul 1  | 3,6          | 2,71         | 10%                    | 0,36         | 10,24                       |
| Rosa  | 4,59         | 4,44         | 10%                    | 0,46         | 21,40                       |
| Azul 2  | 3,6          | 2,71         | 10%                    | 0,36         | 10,24                       |
| Vermelho 2  | 5,44         | 5,49         | 10%                    | 0,54         | 31,36                       |
| Amarelo 1   | 5,75         | 5,49         | 10%                    | 0,58         | 33,15                       |
| Verde   | 3,9          | 5,26         | 10%                    | 0,39         | 21,54                       |
| Amarelo 2   | 5,75         | 5,49         | 10%                    | 0,58         | 33,15                       |
| <b>Total</b>  |              |              |                        |              | <b>192,44</b>               |
| <b>Total (dividindo em duas calhas)</b>             |              |              |                        |              | <b>96,22</b>                |

Tabela 20 - Área de contribuição do telhado estudado

Fonte: Autor

Definidos os valores da área de contribuição e da intensidade pluviométrica, calcula-se a vazão máxima de projeto a ser escoada pelas calhas, por meio da equação 13. Para o cenário estudado, obteve-se um escoamento máximo de 168,06 L/min, para cada calha (equação 10).

Em posse do valor da vazão de projeto, foi feita a análise da tabela, com os valores de vazão calculados pela equação de Manning (equação 13), apresentada pela ABNT NBR 10.844:1989. Os cálculos são válidos para calhas semicirculares, com coeficiente de rugosidade  $n = 0,011$  e com lâmina d'água igual à metade do diâmetro interno do condutor.

| <b>Diâmetro Interno (mm)</b> | <b>Declividades</b> |           |           |
|------------------------------|---------------------|-----------|-----------|
|                              | <b>0,50%</b>        | <b>1%</b> | <b>2%</b> |
| 100                          | 130                 | 183       | 256       |
| 125                          | 236                 | 333       | 466       |
| 150                          | 384                 | 541       | 757       |
| 200                          | 829                 | 1.167     | 1.634     |

Tabela 21 - Vazão conforme diâmetro e declividade da calha

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 10.844/1989

Para o projeto do OPEN Canoas Centro, observa-se que a adoção de duas calhas com diâmetro interno igual a 100mm e declividade de 1% (0,01 m/m). O traçado das calhas segue

uma linha reta, que percorre a maior dimensão da torre. Sendo assim, cada condutor tem uma projeção horizontal de 11,34m e, na parte central da cobertura, apresenta altura de 0,11m.

#### 10.3.2.4. Condutor Vertical

Para o objetivo deste estudo, a vazão de projeto (calculada em 6.4) é de 168,06 L/min, enquanto a altura de lâmina d'água é de 50mm e o comprimento do tubo de queda é igual a 13,5m. A vazão do sistema é representada, no ábaco, pelo ponto A, que não permite o traçado de linhas verticais que interceptem as curvas L ou H, como indica o procedimento da norma brasileira. Portanto, entende-se que um diâmetro de 50mm seria suficiente para atender à demanda de escoamento. Entretanto, o mesmo documento ainda indica que o diâmetro mínimo para condutores deste tipo é de 70mm. Com isso, foi adotado o diâmetro comercial, para tubos de PVC, imediatamente acima deste limite, que é de 75mm.

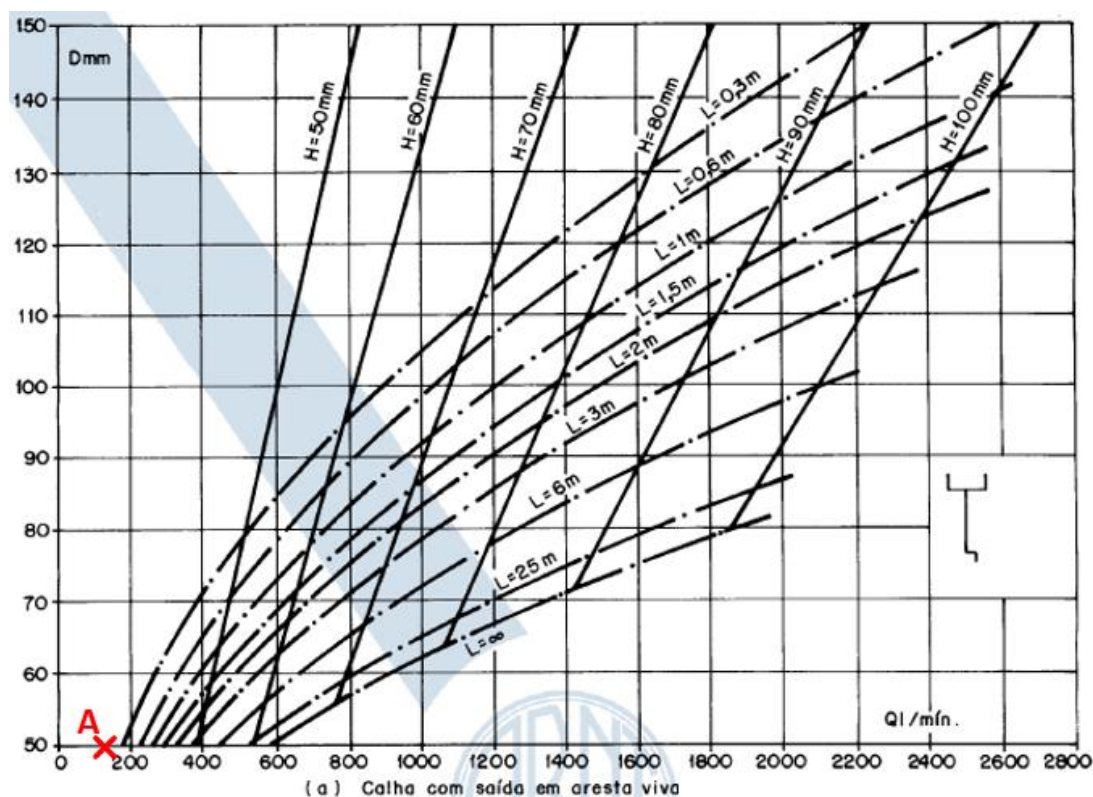


Figura 22 - Ábaco para dimensionamento do condutor vertical

Fonte: ABNT (1989)

#### 10.3.2.5. Rede de Distribuição

No projeto do sistema, as colunas de distribuição conduzem a água da chuva para os shafts já existentes. Isto é uma maneira de reduzir o custo final da instalação, pois facilita o

acesso da rede aos pontos de consumo. Visto que, na planta do pavimento tipo, cada shaft atende a um mesmo número de apartamentos e, conseqüentemente, o mesmo número de aparelhos sanitários, verifica-se a possibilidade de dimensionar apenas uma prumada e replicá-la 4 vezes, para atender toda a edificação. O projeto de captação e bombeamento proposto, em planta, bem como o esquema vertical da coluna de distribuição dimensionada, estão apresentados no Apêndice 2.

Para o cálculo das perdas de carga localizadas, foram consideradas, em cada trecho, as seguintes peças:

- Trecho entre o reservatório e o 5º pavimento: 3 joelhos 90º, 1 tê de passagem bilateral e 2 registros de gaveta abertos;
- Trecho entre cada pavimento (exceto o térreo): 1 tê de passagem bilateral e 1 registro de gaveta aberto;
- Trecho entre o 2º pavimento e o térreo: 1 joelho 90º e 1 registro de gaveta aberto.

Os resultados do dimensionamento da rede de distribuição são apresentados nas tabelas 22 e 23, e indicam que uma tubulação com diâmetro de 25mm é suficiente para atender às demandas de pressão mínima para o correto funcionamento dos aparelhos sanitários:

| Trecho | Soma Pesos | Vazão Estimada | Diâmetro (mm) | Velocidade (m/s) | Perda de Carga Unitária | Diferença de Cota | Pressão Disponível |
|--------|------------|----------------|---------------|------------------|-------------------------|-------------------|--------------------|
| R-5    | 8,5        | 0,875          | 25            | 1,782            | 1,574                   | 3,5               | 35,00              |
| 5-4    | 6,8        | 0,782          | 25            | 1,594            | 1,295                   | 2,6               | 36,05              |
| 4-3    | 5,1        | 0,677          | 25            | 1,380            | 1,007                   | 2,6               | 55,58              |
| 3-2    | 3,4        | 0,553          | 25            | 1,127            | 0,706                   | 2,6               | 76,54              |
| 2-T    | 1,7        | 0,391          | 25            | 0,797            | 0,385                   | 2,6               | 99,01              |

Tabela 22 - Dimensionamento da coluna de distribuição (a)

Fonte: Autor

| Trecho | Comprimento |         | Perdas de Carga                   |                                   |                            | Pressão Disponível Residual (kPa) | Pressão Necessária (kPa) |
|--------|-------------|---------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
|        | Lreal (m)   | Leq (m) | Perda de Carga da Tubulação (kPa) | Perdas de Carga Localizadas (kPa) | Perda de Carga Total (kPa) |                                   |                          |
| R-5    | 10,05       | 5,8     | 15,82                             | 9,13                              | 24,95                      | 10,05                             | 10                       |
| 5-4    | 2,6         | 2,4     | 3,37                              | 3,11                              | 6,47                       | 29,58                             | 10                       |
| 4-3    | 2,6         | 2,4     | 2,62                              | 2,42                              | 5,03                       | 50,54                             | 10                       |
| 3-2    | 2,6         | 2,4     | 1,84                              | 1,69                              | 3,53                       | 73,01                             | 10                       |
| 2-T    | 2,6         | 1,2     | 1,00                              | 0,46                              | 1,46                       | 97,55                             | 10                       |

Tabela 23 - Dimensionamento da coluna de distribuição (b)

Fonte: Autor

Tem-se por prática comum em projetos hidrossanitários deste tipo de edificação a diminuição do diâmetro da coluna de distribuição nos pavimentos inferiores (devido à baixa velocidade de escoamento). Porém, para fins de simplificação, este trabalho adotou o diâmetro constante de 25mm para toda a coluna.

#### 10.3.2.6. Custos do Sistema

A tabela 24 apresenta os quantitativos levantados e o orçamento discriminado, de todo o sistema de captação, recalque e aproveitamento da água da chuva, para a torre do empreendimento Open Canoas Centro.

|             | Item                  | Descrição   | Unidade | Quantidade | R\$ Unitário | R\$ Total    |
|-------------|-----------------------|---|---------|------------|--------------|--------------|
| 1           | Cisterna              | Cisterna de Polietileno Água de Chuva 10.000L Acqualimp     | unid    | 2          | R\$10.630,15 | R\$21.260,30 |
| 2           | Bomba                 | Bomba Schneider Modelo BCR-2010 1/2 CV                      | unid    | 2          | R\$ 467,79   | R\$ 935,58   |
| 3           | Reservatório Superior | Caixa D'água Fibra de Vidro 5000 L C/ Tampa Bakof Tec       | unid    | 1          | R\$ 1.589,00 | R\$ 1.589,00 |
| 4           | Tubulação de Recalque | Rede com Diâmetro 25mm (1" pol.) com Mão de Obra e Conexões | m       | 46,92      | R\$ 31,50    | R\$ 1.477,98 |
| 5           | Calha                 | Calha de PVC com diâmetro 100mm e inclinação de 1%          | m       | 21,32      | R\$ 49,92    | R\$ 1.064,22 |
| 6           | Tubo de Queda         | Tubo com diâmetro 75mm                                      | m       | 27,02      | R\$ 13,38    | R\$ 361,53   |
| 7           | Rede de Distribuição  | Rede com Diâmetro 25mm (1" pol.) com Mão de Obra e Conexões | m       | 82,2       | R\$ 31,50    | R\$ 2.589,30 |
| 8           | Registros             | Registros de Gaveta Incluso Mão de Obra e Conexões          | unid    | 24         | R\$ 46,25    | R\$ 1.110,00 |
| Custo Total |                       |   |         |            |              | R\$30.387,91 |

Tabela 24 - Custo do sistema para a torre

Fonte: Autor

Os itens 1; 2; 3 e 5 da planilha foram orçados diretamente com os fornecedores, porque não foram encontradas correspondências precisas na tabela de composições do SINAPI. Os orçamentos de cada um destes itens estão apresentados no Apêndice 3.

Já, os itens 4; 6; 7 e 8 foram precificados por meio de referências do SINAPI. As composições utilizadas foram:

- Itens 4 e 7 - Composição 91785: Composição representativa do serviço de instalação de tubos de PVC, soldável, água fria, DN 25mm - instalado em ramal, sub-ramal, ramal de distribuição ou prumada, inclusive conexões, cortes e fixações, para prédios;
- Item 6 – Composição 89799: Tubo PVC, serie normal, esgoto predial, DN 75mm - fornecido e instalado em prumada de esgoto ou ventilação;

- Item 8 – Composição 89971: Kit de registro de gaveta bruto de latão ½", inclusive conexões, roscável, instalado em ramal de água fria - fornecimento e instalação.

### 10.3.3. Economia Gerada

Visto que, para o condomínio estudado neste trabalho, a demanda de água para fins não potáveis é superior ao volume aproveitável de água da chuva, considera-se que toda a água captada pelo sistema é utilizada e representa redução no consumo de água potável.

A tabela 25 identifica os valores médios de volume de água da chuva captado a cada mês e sua respectiva correspondência financeira. Estes valores indicam uma redução de R\$1.194,39 nas contas de água totais do condomínio, a cada ano de funcionamento do sistema, o que representa uma economia anual média de R\$59,72, para cada apartamento.

| Mês       | Precipitação (mm) | Área (m <sup>2</sup> ) | Runoff | Eficiência | Volume Aproveitável (m <sup>3</sup> ) | Custo (DMAE) |
|-----------|-------------------|------------------------|--------|------------|---------------------------------------|--------------|
| Janeiro   | 144,48            | 186                    | 0,8    | 0,8        | 17,20                                 | R\$ 109,28   |
| Fevereiro | 114,50            | 186                    | 0,8    | 0,8        | 13,63                                 | R\$ 86,61    |
| Março     | 120,62            | 186                    | 0,8    | 0,8        | 14,36                                 | R\$ 91,23    |
| Abril     | 105,14            | 186                    | 0,8    | 0,8        | 12,52                                 | R\$ 79,53    |
| Mai       | 92,93             | 186                    | 0,8    | 0,8        | 11,06                                 | R\$ 70,29    |
| Junho     | 125,60            | 186                    | 0,8    | 0,8        | 14,95                                 | R\$ 95,00    |
| Julho     | 163,25            | 186                    | 0,8    | 0,8        | 19,43                                 | R\$ 123,48   |
| Agosto    | 144,90            | 186                    | 0,8    | 0,8        | 17,25                                 | R\$ 109,60   |
| Setembro  | 169,80            | 186                    | 0,8    | 0,8        | 20,21                                 | R\$ 128,43   |
| Outubro   | 162,50            | 186                    | 0,8    | 0,8        | 19,34                                 | R\$ 122,91   |
| Novembro  | 117,67            | 186                    | 0,8    | 0,8        | 14,01                                 | R\$ 89,00    |
| Dezembro  | 117,70            | 186                    | 0,8    | 0,8        | 14,01                                 | R\$ 89,03    |
| Total     |                   |                        |        |            |                                       | R\$ 1.194,39 |

Tabela 25 - Potencial de redução da conta consumo para a torre

Fonte: Autor

### 10.3.4. Análise Econômica

Para a torre estudada neste trabalho, o VPL foi analisado para um período de 30 anos, considerando o fluxo de caixa apresentado na figura 18. Desta forma, as entradas e saídas de recursos ao longo do projeto são:

- Custo de R\$30.387,91, no ano inicial (t=0);
- Receitas de R\$1.194,39, a cada ano (incluindo o ano inicial).

Os resultados do cálculo do VPL estão apresentados na tabela 26 e apontam um retorno negativo para o projeto; ou seja, não é economicamente viável.

| Cálculo do VPL - Torre |               |     |               |     |               |
|------------------------|---------------|-----|---------------|-----|---------------|
| Ano                    | VPL           | Ano | VPL           | Ano | VPL           |
| 0                      | -R\$29.193,52 | 11  | -R\$19.272,42 | 21  | -R\$13.880,06 |
| 1                      | -R\$28.056,01 | 12  | -R\$18.607,34 | 22  | -R\$13.471,76 |
| 2                      | -R\$26.972,66 | 13  | -R\$17.973,93 | 23  | -R\$13.082,90 |
| 3                      | -R\$25.940,90 | 14  | -R\$17.370,68 | 24  | -R\$12.712,56 |
| 4                      | -R\$24.958,27 | 15  | -R\$16.796,16 | 25  | -R\$12.359,85 |
| 5                      | -R\$24.022,44 | 16  | -R\$16.249,00 | 26  | -R\$12.023,94 |
| 6                      | -R\$23.131,17 | 17  | -R\$15.727,89 | 27  | -R\$11.704,03 |
| 7                      | -R\$22.282,33 | 18  | -R\$15.231,60 | 28  | -R\$11.399,35 |
| 8                      | -R\$21.473,92 | 19  | -R\$14.758,93 | 29  | -R\$11.109,17 |
| 9                      | -R\$20.704,01 | 20  | -R\$14.308,78 | 30  | -R\$10.832,82 |
| 10                     | -R\$19.970,76 |     |               |     |               |

Tabela 26 - VPL para a torre MCMV

Fonte: Autor

Ao longo dos 30 anos considerados para o projeto, em nenhum momento o valor do VPL deixou de ser negativo. Ou seja, não foi possível encontrar um valor para o tempo de *payback*, o que significa que os retornos trazidos pelo sistema de aproveitamento de água da chuva proposto para a edificação não compensam seu custo de instalação.

#### 10.4. CASO 2 – HABITAÇÃO UNIFAMILIAR

Este estudo tem foco em edificações do programa “Minha Casa Minha Vida”, que consiste em unidades residenciais de baixo custo, visando o aumento ao acesso à habitação para populações de baixa renda. Será estimado o potencial de captação de água da chuva, baseado no padrão construtivo seguido pelas empresas do ramo.

Foi feito um levantamento com as duas maiores empresas atuantes neste segmento da construção civil, em Porto Alegre. Foram analisadas diversas plantas dos últimos empreendimentos lançados pelas mesmas. Nesta análise se buscou encontrar um padrão para as áreas de apartamentos e identificar qual a área de cobertura necessária para realizar a captação das chuvas. Os dados encontrados estão expostos na tabela 27:

| Obra                  | Área do Apartamento (m <sup>2</sup> ) |             |             |             | Apartamentos por Andar | Pavimentos |
|-----------------------|---------------------------------------|-------------|-------------|-------------|------------------------|------------|
|                       | Tipologia 1                           | Tipologia 2 | Tipologia 3 | Tipologia 4 |                        |            |
| Porto Los Andes       | 41,64                                 | 41,78       | 44,32       |             | 8                      | 12         |
| Jardim dos Pampas I   | 39                                    | 42          |             |             | 4                      | 5          |
| Porto Rio Grande      | 40,23                                 |             |             |             | 4                      | 5          |
| Porto São Gabriel     | 41,64                                 | 41,79       | 44,32       | 44,57       | 8                      | 12         |
| Reserva do Sul I      | 40                                    | 50          |             |             | 4                      | 5          |
| Open Canoas Centro    | 43                                    | 44          |             |             | 4                      | 5          |
| Parque Porto Piratini | 40,82                                 | 45,3        |             |             | 4                      | 5          |
| Parque Porto Itália   | 40,82                                 | 45,3        |             |             | 4                      | 5          |
| Porto Amalfi          | 38,4                                  | 45,3        |             |             | 4                      | 5          |

Tabela 27 - Características de empreendimentos MCMV

Fonte: Autor

A partir dos dados obtidos, considera-se uma edificação média do programa MCMV um condomínio com as seguintes características:

- Torre com 5 pavimentos (térreo + 4);
- 4 Apartamentos por andar;
- Área privativa das unidades: 42m<sup>2</sup>;
- Projeção da cobertura: 200m<sup>2</sup>.

Para esta torre, o volume aproveitável de água da chuva, em um ano, é de 202.123,34 litros, o que corresponde a 37,14% do consumo anual total, tendo por referência a estimativa de consumo por pessoa (544.208 litros); porém, em um edifício multifamiliar, a demanda é muito elevada, o que reduz, proporcionalmente, a parcela de água da rede pública que pode ser substituída por água da chuva. Em comparação, para uma casa com área de 45m<sup>2</sup>, calcula-se uma capacidade de captação de 45.477,792 litros, por ano. Contudo, neste caso, este volume atende a uma demanda menor, o que resulta em um impacto mais significativo no balanço hídrico da unidade residencial.

Tendo em vista o exposto acima, também será avaliada a viabilidade da instalação de um sistema, semelhante ao dimensionado para a torre do OPEN Canoas Centro, em uma casa de 45m<sup>2</sup>, seguindo o padrão das unidades do programa MCMV.

Entretanto, devido à falta de um projeto detalhado, que possibilite um dimensionamento preciso de calhas coletoras e um sistema de distribuição para a água da chuva, este sistema será orçado a partir dos valores encontrados para a cisterna, o reservatório



superior e o conjunto motor bomba, que representam 78% do custo total obtido no caso 1 e, por isso, serão detalhadamente especificados.

#### 10.4.1. Definição da Demanda

Partindo de uma razão de 50% entre o consumo de água para fins não potáveis e o consumo total, e do consumo per capita de 179,208L/hab.dia (obtido no capítulo 10.1.1) é possível definir as demandas mensais e anuais, de água da chuva, para diferentes cenários residenciais abordados neste estudo (com base no número de habitantes). Os resultados para as edificações unifamiliares são ilustrados na tabela 28:

| Casa 45m <sup>2</sup> |                    |                                  |                                |  |   |
|-----------------------|--------------------|----------------------------------|--------------------------------|--|---|
| Habitantes            | Demanda Diária (L) | Demanda Mensal (m <sup>3</sup> ) | Parcela de Consumo Não Potável | Demanda Não Potável Mensal (m <sup>3</sup> ) | Demanda Não Potável Anual (m <sup>3</sup> ) |
| 1                     | 179,208            | 5,376                            | 50%                            | 2,688  | 32,257                                      |
| 2                     | 358,416            | 10,752                           | 50%                            | 5,376  | 64,515                                      |
| 3                     | 537,624            | 16,129                           | 50%                            | 8,064  | 96,772                                      |
| 4                     | 716,832            | 21,505                           | 50%                            | 10,752                                       | 129,030                                     |
| 5                     | 896,040            | 26,881                           | 50%                            | 13,441                                       | 161,287                                     |

Tabela 28 - Demanda de água não potável para casas

Fonte: Autor

#### 10.4.2. Dimensionamento do Sistema

##### 10.4.2.1. Reservatórios

Da mesma maneira que na torre do OPEN Canoas Centro, o reservatório inferior (cisterna) foi dimensionado pelos 4 métodos citados no capítulo 6.1. Os resultados estão explicitados na tabela 29:

|  | Método |              |                |                |
|--|--------|--------------|----------------|----------------|
|  | Rippl  | Azevedo Neto | Prático Alemão | Prático Inglês |
| Volume do Reservatório (m <sup>3</sup> ) | 4,89   | 5,97         | 2,73           | 3,55           |

Tabela 29 - Volume do reservatório para a casa

Fonte: Autor

A exemplo da solução definida para o caso anterior, serão adotadas as cisternas para água da chuva da Acqualimp. Novamente, os resultados do método de Rippl serão adotados como base para a especificação do volume do reservatório a ser utilizado. No mercado, são encontradas cisternas com capacidade de 5.000 litros, que atendem satisfatoriamente às necessidades do projeto. Este cálculo também está explicitado no Apêndice 1.

Já, o reservatório superior, dimensionado a partir da demanda diária de água não potável, terá seu volume fixado em 500L, visto que o caso de maior consumo diário (5 habitantes), requer 448,02 litros de água não potável, por dia.

#### 10.4.2.2. Bomba de Recalque

Para estas unidades residenciais, devido à ausência de projetos específicos, foi estimada uma altura manométrica de 10m. Para este cenário, o modelo de bomba adotado foi o BCR-2000, com potência de 1/4 CV, também da Schneider Motobombas. Para este sistema, as tubulações de sucção e recalque são de 3/4" (20mm), conforme indicação do fabricante da bomba.

| MODELO   | Potência (cv) | Módulo | Ø Sucção (pol) | Ø Recalque (pol) | Pressão máxima sem vazão (m.c.a.) | Altura máxima de sucção (m.c.a.) | Ø Rotor (mm) | CARACTERÍSTICAS HIDRAULICAS  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |
|--|---------------|--------|----------------|------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--------------|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|
|  |               |        |                |                  |                                   |                                  |              | Altura Manométrica Total (m.c.a.)  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |
|  |               |        |                |                  |                                   |                                  |              | Vazão em m³/h válida para sucção de 0 m.c.a.   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |
|  |               |        |                |                  |                                   |                                  |              | 2  | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  | 18  | 19 | 20 |
| BCR-2000   | 1/4           | x      | 3/4            | 3/4              | 18                                | 8                                | 106          | 3,5  | 3,4 | 3,2 | 3,1 | 2,9 | 2,7 | 2,6 | 2,4 | 2,2 | 2,0 | 1,7 | 1,5 | 1,2 | 0,8 |     |     |     |    |    |
|  | 1/3           | x      | 3/4            | 3/4              | 20                                | 8                                | 113          | *  | *   | 3,6 | 3,5 | 3,3 | 3,2 | 3,0 | 2,9 | 2,7 | 2,5 | 2,3 | 2,1 | 1,9 | 1,7 | 1,4 | 0,7 |     |    |    |
|  | 1/2           | x      | 3/4            | 3/4              | 22                                | 8                                | 115          | *  | *   | *   | 4,1 | 3,9 | 3,7 | 3,6 | 3,4 | 3,2 | 3,0 | 2,8 | 2,5 | 2,3 | 2,1 | 1,8 | 1,3 | 1,0 |    |    |
| Motor WEG IP-00 com capa de proteção, proteção térmica e capacitor permanente, 2 polos, 60 Hz. |               |        |                |                  |                                   |                                  |              | Rotor fechado de alumínio.<br>Temperatura máxima do líquido bombeado: 55 °C<br>Equipamento desenvolvido para uso exclusivamente residencial. |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |

Tabela 30 - Tabela de seleção para bomba modelo BCR-2000

Fonte: Schneider Motobombas

### 10.4.2.3. Custos do Sistema

Como já definido na introdução deste estudo de caso, o custo do sistema será definido por meio da extrapolação dos orçamentos obtidos para os reservatórios (inferior e superior) e a bomba de recalque, que representam 78% do custo total. A tabela 31 apresenta os custos levantados para estes três itens, bem como a projeção de custo total do sistema. Os orçamentos consultados para este caso também estão expostos no Apêndice 3.

|             | Item                              | Descrição  | Unidade | Quantidade | R\$ Unitário | R\$ Total    |
|-------------|-----------------------------------|--|---------|------------|--------------|--------------|
| 1           | Cisterna                          | Cisterna de Polietileno Água de Chuva 5.000L Acqualimp   | unid    | 1          | R\$ 6.071,79 | R\$ 6.071,79 |
| 2           | Bomba                             | Bomba Schneider Modelo BCR-2000 1/4 CV                   | unid    | 1          | R\$ 460,41   | R\$ 460,41   |
| 3           | Reservatório Superior             | Caixa D'Água em Polietileno com Tampa 500 Litros Fortlev | unid    | 1          | R\$ 138,90   | R\$ 138,90   |
| 4           | Demais Itens - 22% do Custo Total |  |         |            |              | R\$ 1.881,59 |
| Custo Total |                                   |  |         |            |              | R\$ 8.552,69 |

Tabela 31 - Custo do sistema para a casa

Fonte: Autor

### 10.4.3. Economia Gerada

Ao analisar o cenário de condomínios horizontais, verifica-se que o volume de água captado e sua representatividade, em termos de redução na conta de água e esgoto (conforme o cálculo praticado pelo DMAE), é maior do que a relação entre a economia obtida no caso 1, quando dividida entre os 20 apartamentos.

| Mês       | Precipitação (mm) | Área (m <sup>2</sup> ) | Runoff | Eficiência | Volume Aproveitável (m <sup>3</sup> ) | Custo (DMAE) |
|-----------|-------------------|------------------------|--------|------------|---------------------------------------|--------------|
| Janeiro   | 144,48            | 45                     | 0,8    | 0,8        | 4,16                                  | R\$ 26,44    |
| Fevereiro | 114,50            | 45                     | 0,8    | 0,8        | 3,30                                  | R\$ 20,95    |
| Março     | 120,62            | 45                     | 0,8    | 0,8        | 3,47                                  | R\$ 22,07    |
| Abril     | 105,14            | 45                     | 0,8    | 0,8        | 3,03                                  | R\$ 19,24    |
| Mai       | 92,93             | 45                     | 0,8    | 0,8        | 2,68                                  | R\$ 17,01    |
| Junho     | 125,60            | 45                     | 0,8    | 0,8        | 3,62                                  | R\$ 22,98    |
| Julho     | 163,25            | 45                     | 0,8    | 0,8        | 4,70                                  | R\$ 29,87    |
| Agosto    | 144,90            | 45                     | 0,8    | 0,8        | 4,17                                  | R\$ 26,52    |
| Setembro  | 169,80            | 45                     | 0,8    | 0,8        | 4,89                                  | R\$ 31,07    |
| Outubro   | 162,50            | 45                     | 0,8    | 0,8        | 4,68                                  | R\$ 29,74    |
| Novembro  | 117,67            | 45                     | 0,8    | 0,8        | 3,39                                  | R\$ 21,53    |
| Dezembro  | 117,70            | 45                     | 0,8    | 0,8        | 3,39                                  | R\$ 21,54    |
| Total     |                   |                        |        |            |                                       | R\$ 288,97   |

Tabela 32 - Potencial de redução da conta consumo para as casas

Fonte: Autor

#### 10.4.4. Avaliação Econômica

O fluxo de caixa do projeto proposto para o aproveitamento de água da chuva, em casas do padrão MCMV, pode ser descrito por:

- Custo de R\$8.552,69, no ano inicial (t=0);
- Receitas de R\$288,97, a cada ano (incluindo o ano inicial).

Com isso, o VPL pode ser calculado pela equação 16. Os resultados estão apresentados na tabela 33:

| Cálculo do VPL - Casa |               |     |               |     |               |
|-----------------------|---------------|-----|---------------|-----|---------------|
| Ano                   | Acumulado     | Ano | Acumulado     | Ano | Acumulado     |
| 0                     | -R\$ 8.263,72 | 11  | -R\$ 5.863,42 | 21  | -R\$ 4.558,79 |
| 1                     | -R\$ 7.988,51 | 12  | -R\$ 5.702,51 | 22  | -R\$ 4.460,01 |
| 2                     | -R\$ 7.726,41 | 13  | -R\$ 5.549,26 | 23  | -R\$ 4.365,93 |
| 3                     | -R\$ 7.476,78 | 14  | -R\$ 5.403,31 | 24  | -R\$ 4.276,33 |
| 4                     | -R\$ 7.239,05 | 15  | -R\$ 5.264,31 | 25  | -R\$ 4.190,99 |
| 5                     | -R\$ 7.012,63 | 16  | -R\$ 5.131,93 | 26  | -R\$ 4.109,72 |
| 6                     | -R\$ 6.797,00 | 17  | -R\$ 5.005,85 | 27  | -R\$ 4.032,32 |
| 7                     | -R\$ 6.591,63 | 18  | -R\$ 4.885,78 | 28  | -R\$ 3.958,61 |
| 8                     | -R\$ 6.396,05 | 19  | -R\$ 4.771,42 | 29  | -R\$ 3.888,40 |
| 9                     | -R\$ 6.209,77 | 20  | -R\$ 4.662,52 | 30  | -R\$ 3.821,54 |
| 10                    | -R\$ 6.032,37 |     |               |     |               |

Tabela 33 - VPL para a casa MCMV

Fonte: Autor

Visto que este caso apresentou números mais próximos da condição de aceitação do projeto, em termos financeiros, foi feita uma simulação da viabilidade para a tarifa de água praticada pela CORSAN, que é de R\$ 5,61 (CORSAN, 2019). Para esta situação, o potencial de economia anual do sistema passa a ser de R\$ 459,23. A partir da análise do novo fluxo de caixa, o projeto apresentou, após 30 anos, um VPL de - R\$ 1.033,97, ou seja, o projeto ainda não deveria ser aceito. Entretanto, ao extrapolar o período de análise, encontrou-se um *payback* de 44 anos.

## 11. CONCLUSÕES

O objetivo deste trabalho foi avaliar, de maneira prática, a viabilidade econômica da implantação de sistemas de aproveitamento de água da chuva, em habitações integrantes do programa Minha Casa Minha Vida. Entende-se que a proposta foi cumprida.

Apesar do resultado negativo obtido na análise financeira do projeto proposto, a pesquisa se mostrou proveitosa, no sentido de estabelecer uma referência para a análise de novos projetos e no incentivo à avaliação de sistemas de aproveitamento de água da chuva em novas edificações.

O reuso de águas cinzas, no Brasil, é, mais comumente, praticado em edifícios comerciais; entretanto, sua aplicação em condomínios residenciais ainda é pouco discutida, devido ao alto custo de implantação dos sistemas.

Um dos principais fatores identificados como prejudiciais à viabilidade da proposta é a pequena área das unidades habitacionais avaliadas, principalmente no cenário de uma torre com 20 apartamentos, em que a área de captação é compartilhada entre todas as unidades. Com isto, a área de coleta de água, na superfície de telhado, correspondente a cada apartamento, é de apenas 9,3m<sup>3</sup>. Desta forma, a oferta de água não é capaz de suprir a demanda de consumo de água não potável; ou seja, o sistema não se viabiliza em termos do atendimento a tal objetivo. Neste sentido, a pesquisa ainda atingiu o objetivo secundário, que era comparar a eficiência (em termos de atendimento da demanda e viabilidade econômica) deste tipo de sistema, quando utilizado em condomínios verticais e horizontais.

Conforme apontado no capítulo 10.2, cada metro quadrado de telhado, para o regime de chuvas de Porto Alegre, é capaz de coletar 1.010,62 litros de água por ano; por outro lado, a demanda anual de água para usos de fins não potáveis foi calculada em 32.257 litros por pessoa. Logo, entende-se que, para suprir o consumo anual de um habitante, uma edificação deverá ter, pelo menos, 31,92m<sup>2</sup> de área de telhado, o que foge muito do padrão construtivo multifamiliar abordado neste trabalho. Ao mesmo tempo, esta análise permite identificar um potencial, ainda inexplorado, para a redução do consumo de água potável em unidades residenciais.

Outro fator considerado chave que pode ser associado ao resultado alcançado é o baixo custo da água potável no município de Porto Alegre. Entretanto, este resultado se aplica à situação mais desfavorável, visto que a capital gaúcha pratica a menor tarifa de água do estado. Conforme apontado no capítulo 10, outros municípios do Rio Grande do Sul praticam tarifas de R\$ 5,61, que aproximam o investimento da viabilidade econômica, mas ainda com um payback superior aos 30 anos avaliados neste trabalho). A tarifa de água que torna o

investimento, proposto no caso 2, economicamente atrativo, dentro do período analisado, é de R\$ 6,38, sendo assim, o projeto se viabilizaria em estados como o de Goiás, que cobra valores superiores a R\$10,00/m<sup>3</sup> para os serviços de distribuição de água, coleta e tratamento de esgotos.

A partir da avaliação dos indicadores econômicos de VPL e *payback*, foi possível perceber que uma alternativa, na busca por viabilizar projetos que sejam aplicados a unidades multifamiliares seria a redução dos custos de implantação.

Sugere-se, para sequência a este estudo e possível atingimento da viabilidade econômica, a avaliação do balanço diário entre chuva e consumo de água, com a especificação de uma solução mais enxuta para o armazenamento da água coletada nos telhados, pois este se mostrou o item mais significativo no orçamento geral do sistema.

## 12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT. **NBR 5626 - Instalações prediais de água fria**, 1998.
- ABNT. **NBR 10.844 – Instalações prediais de águas pluviais**, 1989.
- ABNT. **NBR 12.214 – Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público**, 1992.
- ABNT. **NBR 15.527 – Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos**, 2007.
- ACQUALIMP. **Cisterna equipada para água da chuva Acqualimp**. Extrema, 2019. Disponível em: <<https://www.acqualimp.com/produto/cisterna-equipada-para-agua-da-chuva-acqualimp/>> Acesso em 27 nov. 2019.
- ACQUASAVE. **Filtro VF1 Aquasave**. Florianópolis, 2019. Disponível em: <<http://acquasave.com.br/produtos/filtro-vf1/>> Acesso em 27 nov. 2019
- AMORIM, S.V.; PEREIRA, D.J.A. **Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial**. Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2008.
- ANA. **Águas no mundo**. Brasília, 2019. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/panorama-das-aguas/agua-no-mundo>>. Acesso em: 29 nov. 2019.
- ASSAF NETO, A. **Matemática financeira e suas aplicações**. 12. Ed. São Paulo: Editora Atlas, 2012.
- BCB – Banco Central do Brasil. **Taxa Selic**. Brasília, 2019. Disponível em <<https://www.bcb.gov.br/controleinflacao/taxaselic>> Acesso em 05 nov. 2019.
- BRASIL; SUPERIOR TRIBUNAL DE JUSTIÇA; SECRETARIA DE CONTROLE INTERNO. **Manual de Orientação: Pesquisa de preços**. Brasília, 2014.
- BRASIL; MINISTÉRIO DA SAÚDE; SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE; COORDENAÇÃO GERAL DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE AMBIENTAL. **Portaria MS n.º 518/2004**. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2005.
- BRASIL; FUNDAÇÃO NACIONAL DA SAÚDE. **Manual prático de análise de água**. 4. ed. Brasília, 2013.
- CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **SINAPI: Metodologias e Conceitos: Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil / Caixa Econômica Federal**. – 7ª Ed. – Brasília: CAIXA, 2019.
- CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Lei nº 13.312, de 12 de julho de 2016**. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2016/lei-13312-12-julho-2016-783353-publicacaooriginal-150766-pl.html>>. Acesso em 12 set. 2019.
- CASAROTTO FILHO, N; KOPITTKE, B. H. **Análise de investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisões e estratégia empresarial**. 10. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- CEPED UFSC. **Atlas brasileiro de desastres naturais: 1991 a 2012**. Florianópolis: CEPED UFSC, 2ª ed., 2013. 120 p.
- COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO. **Tabela tarifária de preços e serviços julho 2019 AGERGS e AGESB**. Porto Alegre, 2019
- DACACH, N. G. **Saneamento Ambiental**, Rio de Janeiro, 1983.
- DMAE. **Dados Gerais 2018**. Porto Alegre, 2018.



- DMAE. **Fórmula de cálculo da conta consumo**. Porto Alegre, 2019. Disponível em <[https://www2.portoalegre.rs.gov.br/dmae/default.php?p\\_secao=363](https://www2.portoalegre.rs.gov.br/dmae/default.php?p_secao=363)> Acesso em 28 ago. 2019.
- DOYLE, K. C. **Sizing the First Flush and its Effect on the Storage-Reliability- Yield Behavior of Rainwater Harvesting in Rwanda**. B.S. Civil Engineering, Villanova University, 2008.
- FOK, Y.; FONG, R. H. L.; HUNF, J.; MURABAYASHI, E. T.; LO, A. **Bayes-Markov Analysis for Rain-Catchment Cisterns**. Manoa: University of Hawaii at Manoa, 1980.
- GAZETA DO POVO. **Prédio de Curitiba é o primeiro do mundo a ganhar certificação de autossuficiência em água**. Curitiba, 2019. Disponível em <<https://www.gazetadopovo.com.br/haus/arquitetura/predio-de-curitiba-e-o-primeiro-do-mundo-a-ganhar-certificacao-de-autossuficiencia-em-agua/>> Acesso em 25 nov. 2019.
- GBCBRASIL. **Benefícios do LEED**. Disponível em: <<https://www.gbcbrazil.org.br/certificacao/certificacao-leed/>>. Acesso em 25 nov. 2019.
- HIRSCHFELD, H. **Engenharia econômica e análise de custos**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2014.
- IBGE. **Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Trabalho e Rendimento, Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios 2012-2013**. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv94414.pdf>>. Acesso em 15 set. 2019.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Brasília, 2019. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em 17 set. 2019
- MACINTYRE, A. J. **Instalações Hidráulicas: prediais e industriais**. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos S. A., 1996.
- MANO, R. S. **A captação residencial de água da chuva para fins não potáveis em Porto Alegre: Aspectos básicos da viabilidade e benefícios do sistema**. Porto Alegre, 2004.
- MELLO, G. **Estudo de Viabilidade Econômica Referente à Sistemas de Micro e Minigeração Fotovoltaica**. Porto Alegre, 2017.
- MELNICK EVEN. OPEN Canoas Centro. Canoas, 2019. Disponível em <<https://www.opencentro.com.br/>> Acesso em 03 dez. 2019.
- MOURA, L. A. A. **Qualidade e Gestão Ambiental: Sugestões para implantação das normas ISSO 14.000 nas empresas**. São Paulo: Editora Oliveira Mendes, 1998.
- MORUZZI, R. B.; JÚNIOR, W. C. S.; ARDUINO, J.; JULIO, M. **Avaliação do aproveitamento de água pluvial para atendimento de uso não potável no Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos**. São Paulo, 2016.
- PACEY, A., CULLIS, A. **Rainwater Harvesting**. The collection of rainfall and run-off in rural areas. 4. ed. – London: IT Publications. 1996.
- PH7FILTRAÇÃO. **Tratamento de água da chuva**. Salvador, 2019. Disponível em: <<https://ph7filtracao.com.br/solucoes/tratamento-de-agua-de-chuva/>> Acesso em 01 dez. 2019
- PREFEITURA DE PORTO ALEGRE - CENTRO INTEGRADO DE COMANDO. **Volume de Chuva**. Porto Alegre, 2019. Disponível em: <[https://www2.portoalegre.rs.gov.br/ceic/default.php?p\\_secao=28](https://www2.portoalegre.rs.gov.br/ceic/default.php?p_secao=28)>. Acesso em 17 set. 2019
- PMPA; DMAE; DEP; DMLU. **Plano Municipal de Saneamento Básico**. Porto Alegre, 2015. Disponível em: <[http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dmlu/usu\\_doc/01pmsb.pdf](http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dmlu/usu_doc/01pmsb.pdf)> Acesso em 02 dez. 2019
- ROSS, S. A.; RANDOLPH W. W.; JEFFREY F. J. **Administração financeira**. São Paulo: Atlas, 2ª ed., 2010.
- RUSKIN, R. H. Coleta de Água em Cisternas 2ª parte: dependências do gotejamento. **Água Latinoamérica**, México, DF, v. 1, n. 3, 2001.
- SCHNEIDER MOTOBOMBAS. **Tabela de Seleção de Bombas e Motobombas**. Joinville, 2019. Disponível em:

- <[https://schneidermotobombas.blob.core.windows.net/media/264019/schneider\\_tabela\\_selecao\\_01-2019\\_rev08.pdf](https://schneidermotobombas.blob.core.windows.net/media/264019/schneider_tabela_selecao_01-2019_rev08.pdf)> Acesso em 03 out. 2019.
- SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL; CPRM. **Atlas Pluviométrico do Brasil: Equações Intensidade-Duração-Frequência**. Município: Porto Alegre. Estação Pluviográfica: Porto Alegre. Porto Alegre: CPRM, 2015.
- SNIS. **Série Histórica**. Disponível em: <<http://app4.cidades.gov.br/serieHistorica/#>>. Acesso em 15 set. 2019.
- TABORDA, A. V. M. **Estudo Sobre a Implantação do Sistema de Medição Individualizada de Água em Condomínios Residenciais Verticais e seus Impactos Financeiros, Ambientais e Sociais**. Porto Alegre, 2018.
- TECHNIK. **3P Filtro coletor marrom**. Campinas, 2017. Disponível em: <<http://www.3ptechnik.com.br/31-2-Filtro-Coletor.html>> Acesso em 27 nov. 2019
- TEIXEIRA, A. D. S., TEIXEIRA, E. P. **Desenvolvimento e montagem de coletor do primeiro escoamento – first flush – para pesquisa em aproveitamento de água da chuva**. São Paulo, 2016.
- TEXAS WATER DEVELOPMENT BOARD; CENTER FOR MAXIMUM POTENTIAL BUILDING SYSTEMS. **Texas Guide to Rainwater Harvesting**. 2ª ed. Austin: B. Hoffman; K. Heroy; J. Hopkins (ed.), 1997.
- THOMAS, T. H.; MARTINSON, D. B. **Roofwater harvesting: a handbook for practitioners**. Delft, The Netherlands, IRC International Water and Sanitation Centre, 2007. Technical Paper Series, n. 49, 160 p.
- TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva de telhados em áreas urbanas para fins não potáveis**. Diretrizes básicas para um projeto. In: 6º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA. jul. 2007
- TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**. Guarulhos, SP, fev. 2009.
- UFRGS; INPE. **Atlas Ambiental de Porto Alegre**. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1998.
- UFSC. **Casa eficiente: uso racional da água / editores: Roberto Lamberts... [et al.]**. – Florianópolis: UFSC/LabEEE; 2010.
- UNB. **Cadernos de conservação de água em edificações: aproveitamento de água pluvial / Daniel Richard Sant'Ana; Lídia Batista Medeiros; Susanna Almeida dos Santos**. Brasília: Editora FAU-UnB 2018. 37 p.
- VIEIRA, P.F.; WEBER, J. (org.) **Gestão de Recursos Naturais Renováveis: Novos desafios para a pesquisa ambiental**. 2ª ed. São Paulo: Cortez, 2000.
- WARWICK – THE UNIVERSITY OF WARWICK. Domestic Roofwater Harvesting Research Programme. Report A1: Current technology for storing domestic Rainwater (part 1). Warwick, 1999. Disponível em: <<http://www.eng.warwick.ac.uk/dtu/rwh/eudocs/al.pdf>>. Acesso em 28 set. 2019
- WITTFOGEL, K. A. **Oriental Despotism: A Comparative Study of Total Power**. Londres: Oxford University Press, 1957.

**APÊNDICE 1**  
**Dimensionamento dos Reservatórios pelo Método de Rippl**

## Dimensionamento dos Reservatórios pelo Método de Rippl

| 1 HABITANTE | Mês     | Chuva Média Mensal<br>(mm) | Demanda Mensal (fins não potáveis)<br>(m <sup>3</sup> ) | Área de Captação<br>(m <sup>2</sup> ) | Volume de Chuva Aproveitável Mensal<br>(m <sup>3</sup> ) | Diferença entre Demanda e Captação<br>(m <sup>3</sup> ) | Diferença Acumulada (valores positivos)<br>(m <sup>3</sup> ) |
|-------------|---------|----------------------------|---|---------------------------------------|--|---|--|
|             | Janeiro | 144,48                     | 2,69  | 45                                    | 4,16   | -1,47   | 0,00   |
| Fevereiro   | 114,50  | 2,69                       | 45  | 3,30                                  | -0,61  | 0,00  |  |
| Março       | 120,62  | 2,69                       | 45  | 3,47                                  | -0,79  | 0,00  |  |
| Abril       | 105,14  | 2,69                       | 45  | 3,03                                  | -0,34  | 0,00  |  |
| Maiο        | 92,93   | 2,69                       | 45  | 2,68                                  | 0,01   | 0,30  |  |
| Junho       | 125,60  | 2,69                       | 45  | 3,62                                  | -0,93  | 0,00  |  |
| Julho       | 163,25  | 2,69                       | 45  | 4,70                                  | -2,01  | 0,00  |  |
| Agosto      | 144,90  | 2,69                       | 45  | 4,17                                  | -1,49  | 0,00  |  |
| Setembro    | 169,80  | 2,69                       | 45  | 4,89                                  | -2,20  | 0,00  |  |
| Outubro     | 162,50  | 2,69                       | 45  | 4,68                                  | -1,99  | 0,00  |  |
| Novembro    | 117,67  | 2,69                       | 45  | 3,39                                  | -0,70  | 0,00  |  |
| Dezembro    | 117,70  | 2,69                       | 45  | 3,39                                  | -0,70  | 0,00  |  |

| 2 HABITANTES | Mês     | Chuva Média Mensal<br>(mm) | Demanda Mensal (fins não potáveis)<br>(m <sup>3</sup> ) | Área de Captação<br>(m <sup>2</sup> ) | Volume de Chuva Aproveitável Mensal<br>(m <sup>3</sup> ) | Diferença entre Demanda e Captação<br>(m <sup>3</sup> ) | Diferença Acumulada (valores positivos)<br>(m <sup>3</sup> ) |
|--------------|---------|----------------------------|---|---------------------------------------|--|---|--|
|              | Janeiro | 144,48                     | 5,38  | 45                                    | 4,16   | 1,22  | 1,22   |
| Fevereiro    | 114,50  | 5,38                       | 45  | 3,30                                  | 2,08   | 3,30  |  |
| Março        | 120,62  | 5,38                       | 45  | 3,47                                  | 1,90   | 5,20  |  |
| Abril        | 105,14  | 5,38                       | 45  | 3,03                                  | 2,35   | 7,55  |  |
| Maiο         | 92,93   | 5,38                       | 45  | 2,68                                  | 2,70   | 10,25   |  |
| Junho        | 125,60  | 5,38                       | 45  | 3,62                                  | 1,76   | 12,01   |  |
| Julho        | 163,25  | 5,38                       | 45  | 4,70                                  | 0,67   | 12,68   |  |
| Agosto       | 144,90  | 5,38                       | 45  | 4,17                                  | 1,20   | 13,89   |  |
| Setembro     | 169,80  | 5,38                       | 45  | 4,89                                  | 0,49   | 14,37   |  |
| Outubro      | 162,50  | 5,38                       | 45  | 4,68                                  | 0,70   | 15,07   |  |
| Novembro     | 117,67  | 5,38                       | 45  | 3,39                                  | 1,99   | 17,06   |  |
| Dezembro     | 117,70  | 5,38                       | 45  | 3,39                                  | 1,99   | 19,04   |  |

| 3 HABITANTES | Mês     | Chuva Média Mensal | Demanda Mensal (fins não potáveis) | Área de Captação  | Volume de Chuva Aproveitável Mensal | Diferença entre Demanda e Captação | Diferença Acumulada (valores positivos) |
|--------------|---------|--------------------|------------------------------------|-------------------|-------------------------------------|------------------------------------|---|
|              |         | (mm)               | (m <sup>3</sup> )                  | (m <sup>2</sup> ) | (m <sup>3</sup> )                   | (m <sup>3</sup> )                  | (m <sup>3</sup> )                       |
|              | Janeiro | 144,48             | 8,06                               | 45                | 4,16                                | 3,90                               | 3,90                                    |
| Fevereiro    | 114,50  | 8,06               | 45                                 | 3,30              | 4,77                                | 8,67                               |   |
| Março        | 120,62  | 8,06               | 45                                 | 3,47              | 4,59                                | 13,26                              |   |
| Abril        | 105,14  | 8,06               | 45                                 | 3,03              | 5,04                                | 18,30                              |   |
| Maiο         | 92,93   | 8,06               | 45                                 | 2,68              | 5,39                                | 23,68                              |   |
| Junho        | 125,60  | 8,06               | 45                                 | 3,62              | 4,45                                | 28,13                              |   |
| Julho        | 163,25  | 8,06               | 45                                 | 4,70              | 3,36                                | 31,49                              |   |
| Agosto       | 144,90  | 8,06               | 45                                 | 4,17              | 3,89                                | 35,39                              |   |
| Setembro     | 169,80  | 8,06               | 45                                 | 4,89              | 3,17                                | 38,56                              |   |
| Outubro      | 162,50  | 8,06               | 45                                 | 4,68              | 3,38                                | 41,94                              |   |
| Novembro     | 117,67  | 8,06               | 45                                 | 3,39              | 4,68                                | 46,62                              |   |
| Dezembro     | 117,70  | 8,06               | 45                                 | 3,39              | 4,67                                | 51,29                              |   |

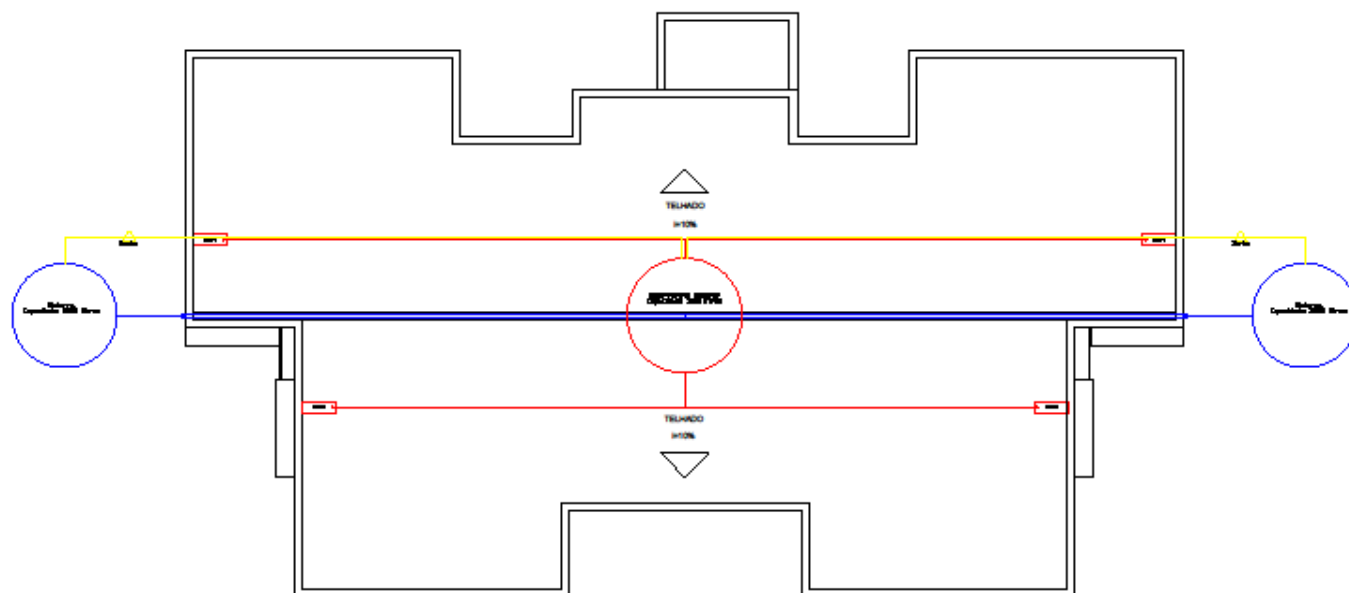
| 4 HABITANTES | Mês     | Chuva Média Mensal | Demanda Mensal (fins não potáveis) | Área de Captação  | Volume de Chuva Aproveitável Mensal | Diferença entre Demanda e Captação | Diferença Acumulada (valores positivos) |
|--------------|---------|--------------------|------------------------------------|-------------------|-------------------------------------|------------------------------------|---|
|              |         | (mm)               | (m <sup>3</sup> )                  | (m <sup>2</sup> ) | (m <sup>3</sup> )                   | (m <sup>3</sup> )                  | (m <sup>3</sup> )                       |
|              | Janeiro | 144,48             | 10,75                              | 45                | 4,16                                | 6,59                               | 6,59                                    |
| Fevereiro    | 114,50  | 10,75              | 45                                 | 3,30              | 7,45                                | 14,05                              |   |
| Março        | 120,62  | 10,75              | 45                                 | 3,47              | 7,28                                | 21,32                              |   |
| Abril        | 105,14  | 10,75              | 45                                 | 3,03              | 7,72                                | 29,05                              |   |
| Maiο         | 92,93   | 10,75              | 45                                 | 2,68              | 8,08                                | 37,13                              |   |
| Junho        | 125,60  | 10,75              | 45                                 | 3,62              | 7,14                                | 44,26                              |   |
| Julho        | 163,25  | 10,75              | 45                                 | 4,70              | 6,05                                | 50,31                              |   |
| Agosto       | 144,90  | 10,75              | 45                                 | 4,17              | 6,58                                | 56,89                              |   |
| Setembro     | 169,80  | 10,75              | 45                                 | 4,89              | 5,86                                | 62,75                              |   |
| Outubro      | 162,50  | 10,75              | 45                                 | 4,68              | 6,07                                | 68,83                              |   |
| Novembro     | 117,67  | 10,75              | 45                                 | 3,39              | 7,36                                | 76,19                              |   |
| Dezembro     | 117,70  | 10,75              | 45                                 | 3,39              | 7,36                                | 83,55                              |   |

| 5 HABITANTES | Mês       | Chuva Média Mensal<br>(mm) | Demanda Mensal (fins não potáveis)<br>(m <sup>3</sup> ) | Área de Captação<br>(m <sup>2</sup> ) | Volume de Chuva Aproveitável Mensal<br>(m <sup>3</sup> ) | Diferença entre Demanda e Captação<br>(m <sup>3</sup> ) | Diferença Acumulada (valores positivos)<br>(m <sup>3</sup> ) |
|--------------|-----------|----------------------------|---|---------------------------------------|--|---|--|
|              | Janeiro   | 144,48                     | 13,44   | 45                                    | 4,16   | 9,28  | 9,28   |
|              | Fevereiro | 114,50                     | 13,44   | 45                                    | 3,30   | 10,14   | 19,42  |
|              | Março     | 120,62                     | 13,44   | 45                                    | 3,47   | 9,97  | 29,39  |
|              | Abril     | 105,14                     | 13,44   | 45                                    | 3,03   | 10,41   | 39,80  |
|              | Maiο      | 92,93                      | 13,44   | 45                                    | 2,68   | 10,76   | 50,57  |
|              | Junho     | 125,60                     | 13,44   | 45                                    | 3,62   | 9,82  | 60,39  |
|              | Julho     | 163,25                     | 13,44   | 45                                    | 4,70   | 8,74  | 69,13  |
|              | Agosto    | 144,90                     | 13,44   | 45                                    | 4,17   | 9,27  | 78,40  |
|              | Setembro  | 169,80                     | 13,44   | 45                                    | 4,89   | 8,55  | 86,95  |
|              | Outubro   | 162,50                     | 13,44   | 45                                    | 4,68   | 8,76  | 95,71  |
|              | Novembro  | 117,67                     | 13,44   | 45                                    | 3,39   | 10,05   | 105,76   |
| Dezembro     | 117,70    | 13,44                      | 45  | 3,39                                  | 10,05  | 115,81  |  |

| PRÉDIO DE 20 APARTAMENTOS | Mês       | Chuva Média Mensal<br>(mm) | Demanda Mensal (fins não potáveis)<br>(m <sup>3</sup> ) | Área de Captação<br>(m <sup>2</sup> ) | Volume de Chuva Aproveitável Mensal<br>(m <sup>3</sup> ) | Diferença entre Demanda e Captação<br>(m <sup>3</sup> ) | Diferença Acumulada (valores positivos)<br>(m <sup>3</sup> ) |
|---------------------------|-----------|----------------------------|---|---------------------------------------|--|---|--|
|                           | Janeiro   | 144,48                     | 150,53  | 186                                   | 17,20  | 133,34  | 133,34   |
|                           | Fevereiro | 114,50                     | 150,53  | 186                                   | 13,63  | 136,90  | 270,24   |
|                           | Março     | 120,62                     | 150,53  | 186                                   | 14,36  | 136,18  | 406,42   |
|                           | Abril     | 105,14                     | 150,53  | 186                                   | 12,52  | 138,02  | 544,44   |
|                           | Maiο      | 92,93                      | 150,53  | 186                                   | 11,06  | 139,47  | 683,91   |
|                           | Junho     | 125,60                     | 150,53  | 186                                   | 14,95  | 135,58  | 819,49   |
|                           | Julho     | 163,25                     | 150,53  | 186                                   | 19,43  | 131,10  | 950,59   |
|                           | Agosto    | 144,90                     | 150,53  | 186                                   | 17,25  | 133,29  | 1083,88  |
|                           | Setembro  | 169,80                     | 150,53  | 186                                   | 20,21  | 130,32  | 1214,20  |
|                           | Outubro   | 162,50                     | 150,53  | 186                                   | 19,34  | 131,19  | 1345,39  |
|                           | Novembro  | 117,67                     | 150,53  | 186                                   | 14,01  | 136,53  | 1481,92  |
| Dezembro                  | 117,70    | 150,53                     | 186   | 14,01                                 | 136,52   | 1618,44   |  |

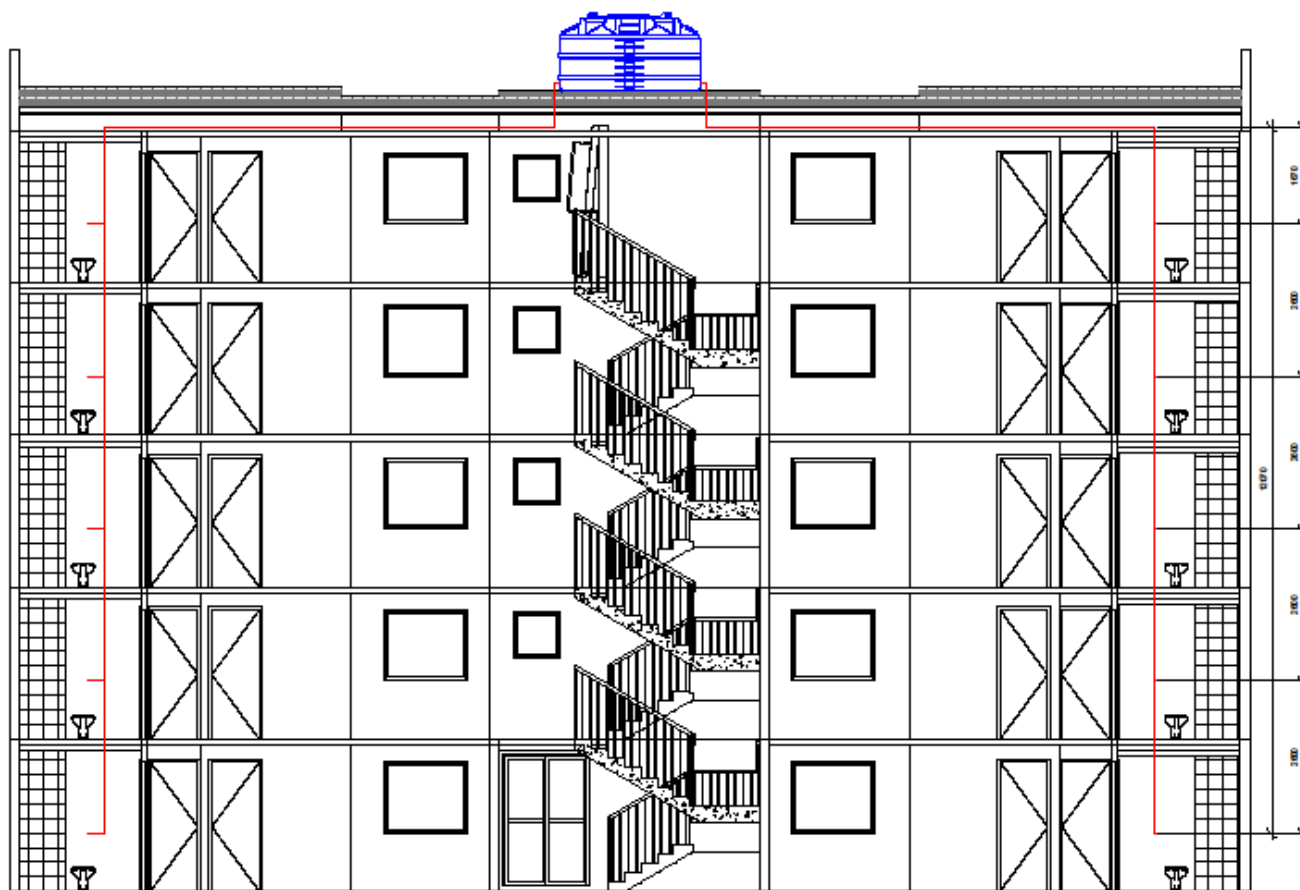
**APÊNDICE 2**  
**Projeto do Sistema Proposto**

## Planta do Projeto Proposto





## Esquema Vertical



## **APÊNDICE 3**

### **Orçamentos Consultados**

Porto Alegre - RS Fale Conosco ou Compre pelo: 4007-1380 (Capitais) - 0800-602-1380 (Demais regiões)

LEROY MERLIN

Buscar

Meu Carrinho Lista de Desejos Entrar Minha conta

Departamentos Coleções Ofertas Projetos Inspire-se Dicas Serviços Benefícios Lojas

Home > Materiais de Construç... > Armazenamento, Capt... > Cisternas > Cisternas Subterrâneas > Cisterna de Polietilen...

Cisterna de Polietileno Água de Chuva 10.000L Acqualimp

★★★★★ (0) Cód. 87304546

**R\$ 13.060,90/cada**  
T2x s/ juros no cartão Celebre!

vendido e entregue por Leroy Merlin

Estoque e Localização na Loja

Comprar Entregamos para você

Comprar Você retira na Loja

**Descrição**

A Cisterna Equipada para coletar Água da Chuva é um excelente sistema para tratamento e armazenamento que acompanha todos os acessórios necessários para a instalação, captação e tratamento da água que pode ser utilizada para uso secundário, como a lavagem de áreas externas, irrigação de jardins e hortas e abastecimento

Ver Mais

Fonte: [https://www.leroymerlin.com.br/cisterna-de-polietileno-agua-de-chuva-10-000l-acqualimp\\_87304546](https://www.leroymerlin.com.br/cisterna-de-polietileno-agua-de-chuva-10-000l-acqualimp_87304546) - Acesso em 02 dez. 2019

Nossas lojas Tenha sua loja Regulamentos Acessibilidade Atendimento Compre no tel: (11) 3508-9900 Meus pedidos

magalu procure por código, nome, marca...

BLACK FRIDAY

Todos os departamentos Ofertas do dia Celulares Móveis Eletrodomésticos Tv e Vídeo Informática Saldão BLACK DAS BLACKS Cartão Luiza

Casa e Construção > -

Cisterna Água de Chuva Acqualimp 10.000L

Código gch4h4kg4f | Ver descrição completa | Acqualimp

★★★★★ Avaliar produto

Vendido e entregue por H2O Solutions

por **R\$ 11.600,00**

Mais formas de pagamento

Adicionar à sacola

Consultar prazo e valor do frete

00000-000 Ok Não sei o CEP

Fonte: [https://www.magazineluiza.com.br/cisterna-agua-de-chuva-acqualimp-10-000l-p/gch4h4kg4f/cj/cxaa/?&utm\\_source=google&utm\\_medium=pla&utm\\_campaign=PLA\\_marktplace&partner\\_id=29439&seller\\_id=h2osolutions&product\\_group\\_id=376808955025&ad\\_group\\_id=48543698555&gclid=Cj0KCQiAiZPvBRDZARIsAORkq7dmwwr5oCqzkgpe-KRXBZKS9DyHEmLm56Ln8ZCrevehF77d90HLe0QaAkK6EALw\\_wcB](https://www.magazineluiza.com.br/cisterna-agua-de-chuva-acqualimp-10-000l-p/gch4h4kg4f/cj/cxaa/?&utm_source=google&utm_medium=pla&utm_campaign=PLA_marktplace&partner_id=29439&seller_id=h2osolutions&product_group_id=376808955025&ad_group_id=48543698555&gclid=Cj0KCQiAiZPvBRDZARIsAORkq7dmwwr5oCqzkgpe-KRXBZKS9DyHEmLm56Ln8ZCrevehF77d90HLe0QaAkK6EALw_wcB) - Acesso em 02 dez. 2019

americanas.com tem tudo, pode procurar :)   olá, faça seu login ou cadastre-se  

empresas cyber monday cupons compra da china cartão americanas.com nossas marcas regras do cupom oferta do dia

compre por departamento ▾ Centauro ar condicionado celulares eletrodomésticos móveis beleza & perfumaria notebooks

 oba, cupom!  :) **10% de desconto** confira as regras. **com o cupom: CAMISA10**

página inicial > casa e construção > materiais hidráulicos > cisterna

favoritar | compartilhar



**Cisterna Equipada P/ Água De Chuva Acqualimp-100001**  
★★★★★ (Cód.82835762)

A Cisterna Equipada para Água de Chuva da Acqualimp é um excelente sistema para armazenamento de água da chuva. A cisterna acompanha todos os acessórios necessários para a instalação e captação da água, que pode ser utilizada para ...

[mais informações](#)

[conheça nossa política de troca](#)

**super cashback**

R\$ 49.620,46 **20%**  
**R\$ 8.511,32**  
em 1x no cartão de crédito com Ame e recebe R\$ 2.127,83 (25% de volta)  
[mais formas de pagamento](#)

Calcular frete e prazo

**comprar**

comprar com  ame

Fonte: [https://www.americanas.com.br/produto/62835762/cisterna-equipada-p-agua-de-chuva-acqualimp-](https://www.americanas.com.br/produto/62835762/cisterna-equipada-p-agua-de-chuva-acqualimp-100001?WT.srch=1&acc=e789ea56094489dff798f86ff51c7a9&epar=bp_pl_00_go_pla_ca_saeconst_geral_gmv&gclid=CjwKCAiAwZTuBRAYEiwAcr67OSXmhdPDGv1P_4TbLUFQ_r7F1IQLT3FkwW4UjC5LQgE-IPmJaBKRyxoCh5YQAvD_BwE&i=584a2f69eec3dfb1f8d30010&o=5cab7f5b6c28a3cb509cfa00&opn=YSMESP&sellerId=25129187000159&sellerid=25129187000159&wt.srch=1)

100001?WT.srch=1&acc=e789ea56094489dff798f86ff51c7a9&epar=bp\_pl\_00\_go\_pla\_ca\_saeconst\_geral\_gmv&gclid=CjwKCAiAwZTuBRAYEiwAcr67OSXmhdPDGv1P\_4TbLUFQ\_r7F1IQLT3FkwW4UjC5LQgE-

IPmJaBKRyxoCh5YQAvD\_BwE&i=584a2f69eec3dfb1f8d30010&o=5cab7f5b6c28a3cb509cfa00&opn=YSMESP&sellerId=25129187000159&sellerid=25129187000159&wt.srch=1 -

Acesso em 02 dez. 2019

**MÉRITO COMERCIAL** Olá, o que você procura?   Central de Atendimento  Televendas 11 4750-2905  Minha conta  Carrinho

Todas as categorias  Bombas De Água  Pressurizadores  Piscinas  Compressores De Ar  Motores Elétricos  Betoneiras  Construção Civil  Marcas  Promoções

Bombas De Água > Bombas Mono Estágio > Bomba Centrífuga Schneider Bcr-2010 1/2 Cv 127V Monofásica



**Bomba Centrífuga Schneider Bcr-2010 1/2 Cv 127V Monofásica**  
COD: 20320084011  (Avalie agora!)

Bomba Centrífuga Schneider BCR-2010 1/2 CV 127V Monofásica. Motobomba Centrífuga Franklin Electric / Schneider BCR-2010 é usado em residências, fontes, cascatas e chácaras. (Motor WEG)Caracteri...

**R\$ 467,79**  
Já com 7% de desconto à vista no boleto ou em até 6x R\$ 83,83

 **Comprar**

[Saiba mais](#)  
[Acesse sua conta](#) para comprar com um clique  
**18 meses garantia**

 Opções de parcelamento

 Calcule o frete

Proposta de Sistema de Aproveitamento de Água da Chuva para Habitação Popular: Avaliação Econômica de Projeto

Fonte: [https://www.meritocomercial.com.br/bomba-mono-estagio-schneider-bcr-2010-1-2-cv-monofasica-110v-p1022131?tsid=42&pht=21031544106926877&gclid=Cj0KCQiAz53vBRCpARIsAPPsz8Wzd2WkbnFyaOM2ndC3U0nh1gne2gdowjf74zcWz2TDjma6a38cM1EaAs4iEALw\\_wcB](https://www.meritocomercial.com.br/bomba-mono-estagio-schneider-bcr-2010-1-2-cv-monofasica-110v-p1022131?tsid=42&pht=21031544106926877&gclid=Cj0KCQiAz53vBRCpARIsAPPsz8Wzd2WkbnFyaOM2ndC3U0nh1gne2gdowjf74zcWz2TDjma6a38cM1EaAs4iEALw_wcB) - Acesso em 02 dez. 2019

**Bomba Shopping** Compre por Categoria Compre por Marca

Home > Bomba de Recalque > Monoestágio > **Bomba Schneider BCR-2010 1/2CV - 127V Monofásica**

**Bomba Schneider BCR-2010 1/2CV - 127V Monofásica**  
 Marca: Schneider | Código Ref: 000000002095  
 ⭐⭐⭐⭐⭐ (Avalie agora!)  
 De: R\$ 786,00  
**Por: R\$ 561,00**  
 ou 5x de R\$ 112,20 sem juros  
 Ou R\$ 532,95 à vista (5% de desconto)  
 Economia de R\$ 28,05

SELECIONE O TIPO DE INDUÇÃO  
 127V Monofásica

**COMPRAR** COMPRA 100% SEG

Fonte: [https://www.bombashopping.com.br/bomba-schneider-bcr--2010-1-2cv-110v-monofasica/p?idsku=585&gclid=Cj0KCQiAz53vBRCpARIsAPPsz8XJUcn4-6GhxvQ4m79JfNXdyjbbEoYZJA\\_euce\\_PG5na79TI4NJoAgZDEALw\\_wcB](https://www.bombashopping.com.br/bomba-schneider-bcr--2010-1-2cv-110v-monofasica/p?idsku=585&gclid=Cj0KCQiAz53vBRCpARIsAPPsz8XJUcn4-6GhxvQ4m79JfNXdyjbbEoYZJA_euce_PG5na79TI4NJoAgZDEALw_wcB) – Acesso em 02 dez. 2019

**americanas.com** tem tudo, pode procurar :) Olá, faça seu login ou cadastre-se

#empresas #fbt red friday compre da china cartão americanas.com Motorolaone pegue hoje regras do cupom oferta do dia

compre por departamento Centauro ar condicionado celulares eletrodomésticos móveis beleza & perfumaria notebooks

**oba, cupom!** :) **10% de desconto** com o cupom: **CAMISA10**  
 \*confira as regras.

página inicial > casa e construção > ferramentas > bombas de água > bomba centrífuga

**Bomba Centrífuga 0,5 CV (1/2) Monofasica BCR-2010 SCHNEIDER**  
 ⭐⭐⭐⭐⭐ (Cód.30888727)

Bomba Centrífuga 0,5 CV (1/2) Monofasica BCR-2010 110V SCHNEIDER Motobomba centrífuga residencial para água limpa e de fácil instalação. Aplicações Gerais Residências Fontes e cascatas Chácaras Detalhes Técnicos do Produto Caracol da motob...

mais informações

voltagem: 110v  
 110V 220V

conheça nossa política de troca

**R\$ 529,90**  
 em até 12x sem juros no cartão de crédito com Ame e recebe R\$ 10,80 (2% de volta)  
 mais formas de pagamento

Calcular frete e prazo

**comprar**  
 comprar com **ame**

Fonte: [https://www.americanas.com.br/produto/30888727/bomba-centrifuga-0-5-cv-1-2-monofasica-bcr-2010-schneider?WT.srch=1&acc=e789ea56094489dff798f86ff51c7a9&epar=bp\\_pl\\_00\\_go\\_pla\\_casaconst\\_geral\\_gmv&gclid=Cj0KCQiAz53vBRCPARIsAPPsz8UkJYqjZd0Fqs9U4mRUIV9GpgyVgdil8JqVugRrjmfvwXgloOypIhEaAuWkEALw\\_wcB&i=573feb78eec3dfb1f802ed7c&o=5a4e8fe7ebb19ac62c18318e&opn=YSMESP&sellerId=68422419000175&sellerid=68422419000175&voltagem=110V&wt.srch=1](https://www.americanas.com.br/produto/30888727/bomba-centrifuga-0-5-cv-1-2-monofasica-bcr-2010-schneider?WT.srch=1&acc=e789ea56094489dff798f86ff51c7a9&epar=bp_pl_00_go_pla_casaconst_geral_gmv&gclid=Cj0KCQiAz53vBRCPARIsAPPsz8UkJYqjZd0Fqs9U4mRUIV9GpgyVgdil8JqVugRrjmfvwXgloOypIhEaAuWkEALw_wcB&i=573feb78eec3dfb1f802ed7c&o=5a4e8fe7ebb19ac62c18318e&opn=YSMESP&sellerId=68422419000175&sellerid=68422419000175&voltagem=110V&wt.srch=1) – Acesso em 02 dez. 2019

Porto Alegre - RS Fale Conosco ou Compre pelo: 4007-1380 (Capitais) - 0800-602-1380 (Demais regiões)

LEROY MERLIN

Buscar

Meu Carrinho Lista de Desejos Entrar Minha conta

Departamentos Coleções Ofertas Projetos Inspire-se Dicas Serviços Benefícios Lojas

Home > Materiais de Construção > Calhas > Calhas de PVC > Calha de Pvc Branco Odem

Calha de Pvc Branco Odem

★★★★★ 5.0 (1) Cód. 88471173

Compre pelo telefone

Utilize nosso tele vendas para **compras com CNPJ**

Das 8h às 20h40 de segunda a sábado, exceto feriados

**4007-1380**  
Capitais

**0800-602-1380**  
Demais regiões

R\$ 59,90/cada  
2x s/ juros no cartão Celebre!

vendido e entregue por Leroy Merlin

Estoque e Localização na Loja

**Comprar**  
Entregamos para você

Retirar na Loja São Leopoldo  
18 itens disponíveis

Comprimento: 1,20m – Fonte: [https://www.leroymerlin.com.br/calha-de-pvc-branco-odem\\_88471173?store\\_code=32&gclid=CjwKCAiAwZTuBRAYEiwAcr67OZFydeuZBdMIEdLCXFp0df0toLhu72ap7kHMXIk59hGh2sdaThy7nhoCVEwQAvD\\_BwE](https://www.leroymerlin.com.br/calha-de-pvc-branco-odem_88471173?store_code=32&gclid=CjwKCAiAwZTuBRAYEiwAcr67OZFydeuZBdMIEdLCXFp0df0toLhu72ap7kHMXIk59hGh2sdaThy7nhoCVEwQAvD_BwE) - Acesso em 02 dez. 2019

taqi

O que você procura?

bem vindo! entre ou cadastre-se

INSTRUÇÃO MÓVEIS FERRAMENTAS TELEFONIA ELETRODOMÉSTICOS ELETRÔNICOS CLIMATIZAÇÃO SERVIÇOS TODAS AS CATEGORIAS

Home > Construção > Telhados | Coberturas > Calhas e complementos

Calha Aquapluv Beiral Tigre 3 metros, Bege

Referência: 048892 promo82011920

avalia este produto ★★★★★ (0)

R\$ 134,91 à vista  
ou até 5x R\$ 26,98 iguais  
Total à prazo: R\$ 134,90

Outras opções de parcelamento

comprar

calcule o prazo e valor deste produto CEP OK

Proposta de Sistema de Aproveitamento de Água da Chuva para Habitação Popular: Avaliação Econômica de Projeto

Fonte: [https://www.taqi.com.br/produto/calhas-e-acessorios/calha-aquapluv-beiral-tigre-3-metros-bege/048692/?utm\\_campaign=google-shopping&utm\\_medium=cpc&utm\\_source=google-shopping&utm\\_term=048692\\_calha-aquapluv-beiral-tigre-3-metros-bege&gclid=Cj0KCQiAiZPvBRDZARIsAORkq7dl71doGfg4dfLPmkMx1bTug8qcWL2RI50MhpRC3KysOoQCNIZUJcaAi0ZEALw\\_wcB](https://www.taqi.com.br/produto/calhas-e-acessorios/calha-aquapluv-beiral-tigre-3-metros-bege/048692/?utm_campaign=google-shopping&utm_medium=cpc&utm_source=google-shopping&utm_term=048692_calha-aquapluv-beiral-tigre-3-metros-bege&gclid=Cj0KCQiAiZPvBRDZARIsAORkq7dl71doGfg4dfLPmkMx1bTug8qcWL2RI50MhpRC3KysOoQCNIZUJcaAi0ZEALw_wcB) – Acesso em 02 dez. 2019

**Ferreira Costa**

O que você está procurando?

Entrar ou criar conta

**Categorias** ofertas da TV ofertas black eletro decoração sua casa banheiro ferramentas construção quadros

Tubos e conexões > Calhas e acessórios > Calhas e acessórios de PVC > Código #60392

**Calha 170 mm Branco PVC 3,0 m - Amanco**

Vendido e entregue por **Ferreira Costa**

~~R\$ 79,90~~ **25% de desconto**  
**R\$ 59,90**

Quantidade: 1 unidade

**Adicionar ao carrinho**

Consultar prazo e valor do frete: 00000-000

Fonte: <https://www.ferreiracosta.com/Produto/60392> - Acesso em 02 dez. 2019

**ACQUAFORT**

Olá, o que você procura?

Bem-vindo Entre ou Cadastre-se

Meu Carrinho (0)

Todas as Categorias Construção Elétrica Climatização Ferramentas e EPI's Hidráulica Casa Prevenção de Incêndio

Hidráulica > Caixas e Reservatórios > Caixa D'água Fibra de Vidro 5000 L C/ Tampa Bakof Tec

**BAKOF TEC**

**Caixa D'água Fibra de Vidro 5000 L C/ Tampa Bakof Tec**

Caixa d'água em P.R.F.V revestidos com gel coat.

**R\$ 1.669,90**  
à vista no Boleto, Depósito ou Transferência ou 12x de R\$ 163,72

Parcelas ▾

Quantidade: 1

**Deixe uma m**

Fonte: [https://www.acquafort.com.br/produto/1389/caixa-dagua-fibra-de-vidro-5000-l-c-tampa-bakof-tec?utm\\_source=google-shop&utm\\_medium=shop&utm\\_campaign=google\\_shop&gclid=CjwKCAiAwZTuBRAYEiwaCr67OTIHK6pp6Hf2thcpSrrIsiE5Xoe\\_V67BNtrE3IOJmIVyH1aHpJf-AhoCkqEQAvD\\_BwE](https://www.acquafort.com.br/produto/1389/caixa-dagua-fibra-de-vidro-5000-l-c-tampa-bakof-tec?utm_source=google-shop&utm_medium=shop&utm_campaign=google_shop&gclid=CjwKCAiAwZTuBRAYEiwaCr67OTIHK6pp6Hf2thcpSrrIsiE5Xoe_V67BNtrE3IOJmIVyH1aHpJf-AhoCkqEQAvD_BwE) – Acesso em 02 dez. 2019

The screenshot shows the Taqi website interface. At the top, there is a search bar with the text "O que você procura?". Below it, a navigation menu lists categories: CONSTRUÇÃO, MÓVEIS, FERRAMENTAS, TELEFONIA, ELETRODOMÉSTICOS, ELETRÔNICOS, CLIMATIZAÇÃO, SERVIÇOS, and TODAS AS CATEGORIAS. The breadcrumb trail reads: Home > Construção > Materiais Hidráulicos > Reservatórios | Caixas d'Água. The main product image is a blue cylindrical tank with "BAKOF TEC" printed on it. To the right, the product title is "Caixa d'água / Reservatório Redondo Bakof, Fibra, 5000 Litros" with a reference number "071916 promo2011820". The price is listed as "R\$ 1.589,00 à vista" or "ou até 5x R\$ 317,80 iguais Total à prazo: R\$ 1.589,00". A "comprar" button is visible.

Fonte: [https://www.taqi.com.br/produto/reservatorios/reservatorio-agua-bakof-redondo-tampa-5000-litros/071916/?utm\\_campaign=google-shopping&utm\\_medium=cpc&utm\\_source=google-shopping&utm\\_term=071916\\_caixa-d-agua-reservatorio-redondo-bakof-fibra-5000-litros&gclid=Cj0KCQiAiZPvBRDZARIsAORkq7cA6tPzMhAu4j7WtN6NOWLjOJD25HqPOG-jBU0FZw4whuui01t9rscaAqF0EALw\\_wcB](https://www.taqi.com.br/produto/reservatorios/reservatorio-agua-bakof-redondo-tampa-5000-litros/071916/?utm_campaign=google-shopping&utm_medium=cpc&utm_source=google-shopping&utm_term=071916_caixa-d-agua-reservatorio-redondo-bakof-fibra-5000-litros&gclid=Cj0KCQiAiZPvBRDZARIsAORkq7cA6tPzMhAu4j7WtN6NOWLjOJD25HqPOG-jBU0FZw4whuui01t9rscaAqF0EALw_wcB) – Acesso em 02 dez. 2019

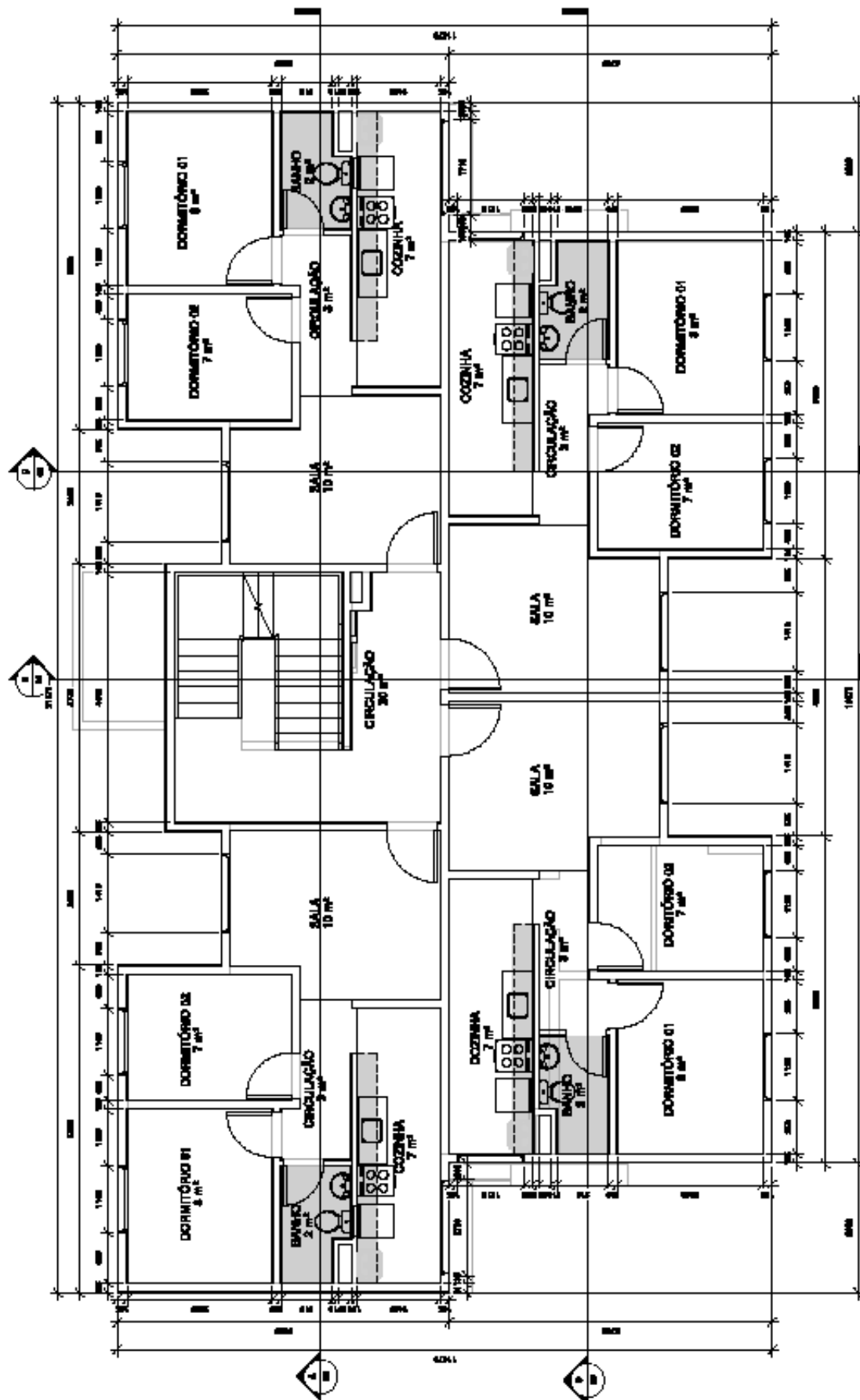
The screenshot shows the Breithaupt website interface. At the top, there is a search bar with the text "digite aqui o que procura?". Below it, a navigation menu lists categories: Todas as Categorias, Construção Civil, Automotivo, Máquinas e Ferramentas, and Promoção. The breadcrumb trail reads: Página Inicial > Caixa Água Fibra 5000L com Tampa - Bakof. The main product image is a blue cylindrical tank with "BAKOF TEC" and "A melhor caixa d'água" printed on it. To the right, the product title is "Caixa Água Fibra 5000L com Tampa - Bakof" with a reference number "538618". The price is listed as "R\$ 1.595,05 no boleto" or "em até 10x de R\$ 167,90 sem juros nos cartões". A "COMPRAR" button is visible. There is also a "Calcule o Frete" section with a "digite o seu CEP" input field and an "OK" button.

Fonte: [https://www.breithaupt.com.br/caixa-agua-fibra-5000l-com-tampa-bakof.html?gclid=Cj0KCQiAiZPvBRDZARIsAORkq7e80OVojdBzguFdJ4dYSyxcBJcBYmSHZuQ5exRovLjk\\_KiT5Ap0HzoaApKQEALw\\_wcB](https://www.breithaupt.com.br/caixa-agua-fibra-5000l-com-tampa-bakof.html?gclid=Cj0KCQiAiZPvBRDZARIsAORkq7e80OVojdBzguFdJ4dYSyxcBJcBYmSHZuQ5exRovLjk_KiT5Ap0HzoaApKQEALw_wcB) – Acesso em 02 dez. 2019

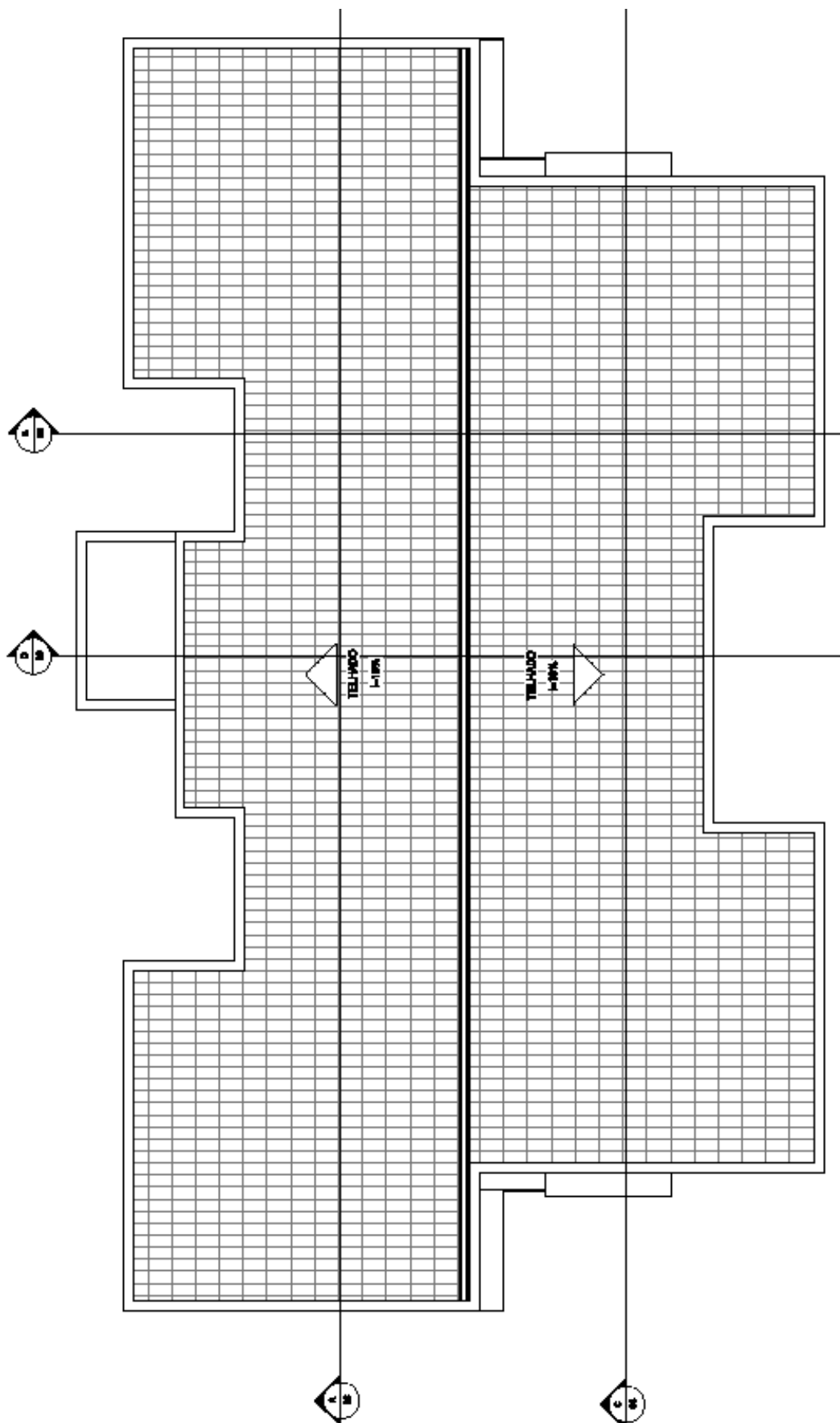


**ANEXO 1**  
**Projetos do OPEN Canoas Centro**

## **Planta do Pavimento Tipo do OPEN Canoas Centro**



## Planta de Cobertura do OPEN Canoas Centro



## Planta de Corte do OPEN Canoas Centro

Proposta de Sistema de Aproveitamento de Água da Chuva para Habitação Popular: Avaliação Econômica de Projeto

