

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**FELIPE DE MATTOS VIEIRA**

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA  
NA SEDE ECOVILLE DA UTFPR**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**CURITIBA**

**2015**

**FELIPE DE MATTOS VIEIRA**

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA  
NA SEDE ECOVILLE DA UTFPR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, do Departamento Acadêmico de Construção Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Flavio Bentes Freire

**CURITIBA**

**2015**

## **FOLHA DE APROVAÇÃO**

### ***AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NA SEDE ECOVILLE DA UTFPR***

Por

**FELIPE DE MATTOS VIEIRA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, defendido e aprovado em 03 de dezembro de 2015, pela seguinte banca de avaliação:

---

Prof. Orientador – Flavio Bentes Freire, Dr.  
UTFPR

---

Profa. Stella Maris da Cruz Bezerra, Dra.  
UTFPR

---

Prof. André Nagalli, Dr.  
UTFPR

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Prof. Dr. Flavio Bentes Freire, por sua orientação, motivação, parceria, paciência e, principalmente, pela compreensão.

Aos funcionários da equipe de manutenção da sede Ecoville da UTFPR, pelas informações obtidas, das quais sem elas, não seria possível a conclusão sobre grande parte das questões abordadas.

Ao Departamento de Projetos da UTFPR, pelo fornecimento de dados e dos projetos necessários no desenvolvimento das avaliações.

Ao Prof. Dr. Roberto Fendrich, pela disponibilidade para tratar dos assuntos relativos a esse trabalho.

À Eng. Luna Ollin Steffen, pela assistência dada nos momentos finais desse estudo.

Aos colegas de trabalho e amigos, que entenderam as ausências eventuais.

Aos familiares, pela cobrança do comprometimento.

A Deus, pelo foco em momentos de dispersão, pela força em situações difíceis e pela fé em atingir objetivos.

## RESUMO

Este estudo avaliou o potencial de aproveitamento de água da chuva na sede Ecoville da UTFPR, visando a viabilidade econômica do sistema. Para isso, foram estabelecidos como objetivos a estimativa da demanda de água não potável na unidade, o dimensionamento e o levantamento do custo do sistema e por fim, as análises de custo e de benefício de implantação dos mecanismos. Na metodologia, foram consideradas as destinações de uso menos restritivas que não culminassem em elevados custos de tratamento. Para o dimensionamento do volume do reservatório, foram utilizados os métodos sugeridos pela ABNT NBR 15.527/2007, entre os quais dois deles foram selecionados para a verificação dos resultados dos demais. Constatou-se que a edificação cuja cobertura fora escolhida para a coleta possuía uma cisterna para armazenamento da água da chuva, mas que não era utilizada para esse propósito. Analisando esta cisterna, nas avaliações de suprimento de demanda de água não potável, embora o valor obtido para a eficiência do sistema tenha sido brevemente menor em comparação aos outros volumes estimados, foi constatado que o coeficiente de confiança no sistema ficou acima do mínimo estabelecido pela norma. Dessa forma, tornou-se necessário apenas a realização de adaptações da estrutura de instalações pluviais e de drenagem disponíveis e a adição dos equipamentos necessários para o funcionamento correto do sistema. O período estimado para o retorno financeiro do projeto foi de aproximadamente 9 meses.

Palavras-chave: Águas pluviais. Aproveitamento de água da chuva. Dimensionamento de reservatório. Águas não potáveis. Métodos ABNT NBR 15.527.

## **ABSTRACT**

This study evaluated the potential of rainwater harvesting in the Ecoville Campus of UTFPR, aiming the financial viability of the project. For this, it sets as goals the estimation of non-potable water demand in the unit, the budget of the system cost and finally, costs analysis and the deployment benefits. In order to avoid high treatment costs, less restrictive usage allocations were established. The methods suggested by NBR 15527/2007 were used to obtain the dimensions of the water reservoir. Two of them were also selected for verification of the results of the project. The research showed that the selected building already had a cistern for rainwater storage. However, it was not used for this purpose. Assessing the demand of the available rainwater, it was found that the confidence level in the system was above the minimum set by the provision according to the analysis of the existing cistern. Yet, the value obtained for the system's efficiency was briefly lower than other estimated volumes. Along these lines, it only became necessary, adjustments on the structure of the rainwater and drainage facilities, as well as, the addition of the necessary equipment for the proper functioning of the system. The estimated period for the financial return of the investment was less than 9 months.

Key words: Rainwater. Rainwater harvesting. Reservoir sizing. Non-potable water use. NBR 15.575 Methods.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – HISTOGRAMA DE PLUVIOSIDADE MÉDIA DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA CEAPLA/UNESC .....	18
FIGURA 2 – RESULTADO DAS ANÁLISES DO PH DAS AMOSTRAS .....	19
FIGURA 3 – RESULTADO DAS ANÁLISES DE TURBIDEZ DAS AMOSTRAS ...	20
FIGURA 4 – RESULTADO DA ANÁLISE DE COLIFORMES .....	20
FIGURA 5 – COMPONENTES DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA .....	21
FIGURA 6 – ESQUEMA DO DISPOSITIVO DE DESCARTE DAS PRIMEIRAS ÁGUAS DE CHUVA: PRINCÍPIO DO FECHO HÍDRICO .....	22
FIGURA 7 – ESQUEMA DO DISPOSITIVO DE DESCARTE DAS PRIMEIRAS ÁGUAS DE CHUVA: PRINCÍPIO DOS VASOS COMUNICANTES .....	22
FIGURA 8 – FILTRO VOLUMÉTRICO .....	24
FIGURA 9 – DETALHAMENTO FILTRO VOLUMÉTRICO.....	24
FIGURA 10 – FILTRO VORTEX WFF.....	25
FIGURA 11 – CONJUNTO DE SUCÇÃO FLUTUANTE.....	26
FIGURA 12 – INSTALAÇÃO DO CONJUNTO DE SUCÇÃO.....	26
FIGURA 13 – SIFÃO-LADRÃO 3P UNO COM VÁLVULA DE RETENÇÃO.....	27
FIGURA 14 – DISPOSITIVO FREIO D'ÁGUA.....	28
FIGURA 15 – INSTALAÇÃO DO DISPOSITIVO FREIO .....	28
FIGURA 16 – DIAGRAMA DE MASSAS .....	33
FIGURA 17 – IMPLANTAÇÃO DA SEDE ECOVILLE DA UTFPR COM INDICAÇÃO DOS BLOCOS .....	42
FIGURA 18 - ÁREA COBERTA COM PAVIMENTAÇÃO EM BLOCOS DE CONCRETO INTERTRAVADOS .....	43
FIGURA 19 – DETRITOS VISÍVEIS EM ÁREA PAVIMENTADA COM BLOCOS DE CONCRETO INTERTRAVADOS .....	44
FIGURA 20 – DETRITOS VISÍVEIS EM ÁREA PAVIMENTADA .....	44
FIGURA 21 – ACÚMULO DE DETRITOS EM ÁREA PAVIMENTADA COM BLOCOS DE CONCRETO.....	45
FIGURA 22 – JARDIM NO ENTORNO DO BLOCO A .....	46
FIGURA 23 – REGIÃO GRAMADA ENTRE OS BLOCOS A E B .....	46
FIGURA 24 – REGIÃO GRAMADA ENTRE OS BLOCOS B, C E F .....	47
FIGURA 25 – IMAGEM PANORÂMICA DA COBERTURA DO BLOCO B .....	56
FIGURA 26 – PARTE DO TELHADO DA COBERTURA DO BLOCO B .....	56
FIGURA 27 – CISTERNAS PREVISTAS NO PROJETO DE DRENAGEM DO BLOCO B .....	57

FIGURA 28 – CORTE DA CISTERNA DE CHUVA PREVISTA PARA O BLOCO B	57
FIGURA 29 – INDICAÇÃO DO ALÇAPÃO DE ACESSO À CISTERNA DE ÁGUA DE CHUVA.....	58
FIGURA 30 – ESBOÇO DA DISTRIBUIÇÃO DOS PONTOS DE UTILIZAÇÃO .....	66
FIGURA 31 – FILTRO SUGERIDO PELO PROJETO.....	67



## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - TRATAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA CONFORME SUA UTILIZAÇÃO .....	17
TABELA 2 - ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DE VARIÁVEIS QUALITATIVAS DAS ÁGUAS PLUVIAIS COLETADAS NAS TRÊS ÉPOCAS DISTINTAS DO ANO .....	18
TABELA 3 - ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DE VARIÁVEIS QUALITATIVAS DAS ÁGUAS PLUVIAIS COLETADAS NAS TRÊS ÉPOCAS DISTINTAS DO ANO .....	18
TABELA 4 - PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA DE CHUVA PARA USOS RESTRITIVOS NÃO POTÁVEIS .....	29
TABELA 5 - CAPACIDADE DOS RESERVATÓRIOS DE DETENÇÃO DISTRIBUÍDA DAS ÁGUAS PLUVIAIS EM CURITIBA – PR .....	39
TABELA 6 - SUBSTITUIÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL PELA UTILIZAÇÃO NÃO-POTÁVEL DAS ÁGUAS PLUVIAIS .....	47
TABELA 7 - CONSUMO DE ÁGUA NÃO POTÁVEL NA SEDE ECOVILLE .....	53
TABELA 8 - RELAÇÃO DE CONSUMO .....	53
TABELA 9 - ALTURAS MENSIS DE PRECIPITAÇÃO (MM) .....	54
TABELA 10 - DISTRIBUIÇÃO DAS "ÁGUAS DO TELHADO" DE ACORDO COM AS PRUMADAS .....	59
TABELA 11 - ÁREAS CONSIDERADAS PARA O ESTUDO .....	59
TABELA 12 - RESULTADOS DO MÉTODO PRÁTICO ALEMÃO .....	59
TABELA 13 - RESULTADOS DO MÉTODO INGLÊS .....	60
TABELA 14 - MÉTODO DO PROF. AZEVEDO NETO .....	60
TABELA 15 - RAZÃO ENTRE OS MÉTODOS AZEVEDO NETO E INGLÊS .....	60
TABELA 16 - MÉTODO DE RIPPL .....	61
TABELA 17 - RESULTADOS DA ANÁLISE DOS VOLUMES OBTIDOS .....	61
TABELA 18 - RESULTADOS DA ANÁLISE DOS VOLUMES OBTIDOS .....	63
TABELA 19 - VOLUME EXTRAVASADO .....	64
TABELA 20 - SUPRIMENTO .....	64
TABELA 21 - RELAÇÃO DE MATERIAIS E EQUIPAMENTOS .....	69
TABELA 22 - PERÍODO DE RETORNO .....	70

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 OBJETIVOS.....	14
2.1 OBJETIVO GERAL.....	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
2.3 JUSTIFICATIVA.....	14
3 REVISÃO DA LITERATURA.....	16
3.1 APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA.....	16
3.2 PROGRAMA DE CONSERVAÇÃO E USO RACIONAL DA ÁGUA NAS EDIFICAÇÕES.....	16
3.3 QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA.....	17
3.4 SISTEMA PARA O APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS.....	22
3.4.1 DISPOSITIVOS UTILIZADOS NO SISTEMA.....	23
3.4.1.1 Reservatório de auto-limpeza .....	23
3.4.1.2 Filtro Volumétrico. ....	25
3.4.1.3 Boia para sucção de água.....	27
3.4.1.4 Extravasor .....	28
3.4.1.5 Freio d'Água.....	29
3.5 DIRETRIZES DA ABNT NBR 15.527/2007.....	30
3.5.1 CONDIÇÕES GERAIS PROPOSTAS PELA ABNT NBR 15.527/2007 .....	30
3.5.1.1 Qualidade da Água Pluvial .....	30
3.5.1.2 Calhas e Condutores .....	31
3.5.1.3 Instalações Prediais .....	32
3.5.1.4 Bombeamento da água.....	32
3.5.1.5 Reservatórios .....	32
3.5.2 MÉTODOS PARA O DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO .....	34
3.5.2.1 Método de Rippl.....	34
3.5.2.2 Método da Simulação .....	36
3.5.2.3 Método Prático do Professor Azevedo Neto .....	37
3.5.2.4 Método Prático Alemão .....	37
3.5.2.5 Método Prático Inglês .....	37
3.5.2.6 Método Prático Australiano .....	38
3.6 MÉTODO DE FENDRICH.....	39
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	41
4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	41
4.2 APRESENTAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO.....	41
4.3 DEMANDA DE ÁGUA NÃO POTÁVEL NA SEDE ECOVILLE.....	43
4.4 QUALIDADE DA ÁGUA PLUVIAL.....	48
4.5 DADOS PLUVIOMÉTRICOS DA REGIÃO .....	48
4.6 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA .....	49

4.6.1 ESTRUTURA EXISTENTE.....	49
4.6.2 ESTIMATIVA DO VOLUME DO RESERVATÓRIO .....	49
4.6.3 VERIFICAÇÃO DO DECRETO 293/2007 .....	50
4.6.4 RESERVATÓRIO DE AUTO-LIMPEZA .....	50
4.7 LEVANTAMENTO E ANÁLISE FINANCEIRA.....	51
4.7.1 LEVANTAMENTO DE MATERIAIS E EQUIPAMENTOS.....	51
4.7.2 ORÇAMENTO E PERÍODO DE RETORNO DO INVESTIMENTO.....	51
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	52
5.1 DEMANDA DE ÁGUA NÃO POTÁVEL NA SEDE ECOVILLE.....	52
5.2 DADOS PLUVIOMÉTRICOS DA REGIÃO .....	52
5.3 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA .....	53
5.3.1 SISTEMA EXISTENTE.....	53
5.3.2 ESTIMATIVA DO VOLUME DO RESERVATÓRIO .....	56
5.3.2.1 Método Prático Alemão .....	57
5.3.2.2 Método Inglês e Método do Professor Azevedo Neto .....	58
5.3.2.3 Método de Rippl .....	59
5.3.2.4 Método da Simulação e Método Australiano.....	60
5.3.3 VERIFICAÇÃO DO DECRETO 293/2007 .....	63
5.3.4 RESERVATÓRIO DE AUTO-LIMPEZA .....	63
5.4 ORÇAMENTO E ANÁLISE FINANCEIRA.....	63
5.4.1 LEVANTAMENTO DE MATERIAIS E EQUIPAMENTOS.....	63
5.4.1.1 Bomba.....	65
5.4.1.2 Filtro .....	65
5.4.1.3 Freio d'água .....	66
5.4.1.4 Sifão-Ladrão.....	66
5.4.1.5 Conjunto de sucção .....	66
5.4.1.6 Reservatório de auto-limpeza .....	66
5.4.2 ORÇAMENTO E PERÍODO DE RETORNO DO INVESTIMENTO.....	67
6 CONCLUSÕES	
REFERÊNCIAS.....	72
APÊNDICE A – DIVISÃO DA COBERTURA DE BLOCO B.....	75

## 1 INTRODUÇÃO

As preocupações com os recursos hídricos tomaram proporções globais. Segundo dados do Banco Mundial, oitenta países sofrem problemas considerados graves por falta ou escassez de água. No Brasil, os avanços alcançados na gestão destes recursos foram significativos, ampliando seus sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário para uma população de 100 milhões e de 50 milhões, respectivamente, nos últimos 40 anos. Entretanto, ainda enfrentam-se grandes desafios, principalmente com a poluição das águas nas proximidades de grandes cidades, que além causar danos ambientais, eleva o custo de tratamento para a população a jusante (COSTA, 2003).

De acordo com o IBGE (2013), a taxa da população de brasileiros residentes em áreas urbanas, foi de 84,8% em 2012. Tendo em vista que a maior parte da população brasileira tem potencial de sofrer com os problemas relacionados à água, verifica-se a importância da valorização da gestão dos recursos hídricos num país com obstáculos orçamentários, técnicos e institucionais.

O crescimento populacional e a tendência à urbanização surtem diversos efeitos, direta e indiretamente, no ciclo hidrológico. Entende-se que o crescimento das cidades aumenta as áreas de impermeabilização do solo, muitas vezes levando a complicações na drenagem urbana, que podem culminar em alagamentos, dentre outras consequências. De acordo com esta observação, nota-se a necessidade de amenização no despejo de águas pluviais nas redes coletoras (COSTA, 2003; FENDRICH, 2009).

Situada no Oriente Médio, uma das escritas mais antigas já encontradas é a Pedra Moabita, datada de 850 a.C. Nela, o rei Mesha dos Moabitas, sugere que seja construído um reservatório de aproveitamento de água de chuva em cada casa, medida conhecida hoje como detenção distribuída. Em 2000 a.C., no palácio de Knossos na ilha de Creta, a água pluvial já era utilizada para descargas em bacias sanitárias. A fortaleza de Massada, em Israel, tem capacidade de estocar 40 milhões de litros (TOMAZ, 2012). “Embora a prática do aproveitamento de água de chuva no Brasil remonte aos primeiros assentamentos na época do Descobrimento, a atual conjuntura renova a oportunidade dessa medida sob a égide da sustentabilidade” (ALVES *et. al.*, 2008).

A *American Water Works Association – AWWA*, em 1993, definiu a conservação da água como a prática, tecnologias e incentivos que aperfeiçoam a eficiência do uso da água. Segundo levantamento da *Environmental Protection Agency – EPA*, os Estados Unidos conta com mais de 200 mil reservatórios de aproveitamento de água da chuva. No estado da Califórnia, além de países como Alemanha e Japão, são oferecidos financiamentos para a construção deste tipo de sistema. Em Hamburgo, na Alemanha, a água da chuva é sempre utilizada para fins não potáveis em geral, até em usos comerciais e industriais, além de ser oferecido de US\$ 1.500,00 a US\$ 2.000,00 para quem adotar a iniciativa (TOMAZ, 2012).

No Brasil, a detenção de água de chuva foi regulamentada em estados como São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo e Paraná, buscando amenizar os alagamentos que acontecem com frequência em suas capitais ou grandes cidades (PROSAB, 2009). Em 2006, na cidade de Curitiba – PR, foi regulamentada pelo Decreto 293 a Lei Nº 10.785/03, que instituiu o PURAE – Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações. Tal medida passou a exigir a previsão em projeto de mecanismos de captação, armazenamento e utilização de água da chuva para usos não potáveis. Com o Decreto 212/2007, as disposições do PURAE tornaram-se obrigatórias para os processos de licenciamento de construções no município (CURITIBA, 2006).

Tendo em vista a notória importância do tema junto à sociedade e o disposto nas leis municipais, foram estabelecidos como objetivos desse trabalho os itens pertinentes à implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais na sede Ecoville da UTFPR.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Este estudo tem como objetivo principal avaliar o potencial de utilização de água de chuva na sede Ecoville da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, localizada na Rua Deputado Heitor Alencar Furtado, 5000, na cidade de Curitiba-PR.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para análise e conclusão deste estudo, almeja-se atingir os seguintes objetivos específicos:

- Estimar a demanda de uso de água de chuva para fins não potáveis da unidade;
- Planejar e dimensionar o sistema de aproveitamento da água de chuva;
- Levantar o custo das adaptações necessárias ao funcionamento dos mecanismos de captação, armazenamento e utilização da água de chuva;
- Analisar a viabilidade econômica e o benefício da implantação do sistema supracitado.

### 2.3 JUSTIFICATIVA

A água utilizada nas estações de tratamento para o consumo humano é captada de mananciais disponíveis, classificados pela ANA – Agência Nacional de Águas como águas meteóricas (chuvas), águas de superfícies (rios e drenos), reservatórios de acumulações (lagos) e águas subterrâneas (poços semi-profundos e profundos). Dentre essas formas de captação, podem ocorrer diversas situações que dificultam ou inviabilizam o processo, como a redução da vazão de água, devido

à escassez de chuva, por exemplo, além das contaminações por esgoto ou produtos químicos, dentre outros.

Técnicas de aproveitamento da água influenciam em diversas etapas na administração dos recursos hídricos. A estocagem da água de chuva, por exemplo, é uma alternativa que amplia a capacidade de amortecimento de pico das redes coletoras e que, quando utilizada para fins não potáveis, pode garantir o suprimento em períodos de estiagem, além de resultar em redução de despesas financeiras, tanto para o proprietário do imóvel, quanto para a companhia de saneamento. Esta última na redução dos custos com a infraestrutura da estação de tratamento de água, que presumivelmente são repassados ao consumidor em ajustes de tarifa.

A sede Ecoville da Universidade Tecnológica Federal do Paraná possui mais de vinte mil metros quadrados de área construída, incluindo amplas áreas de cobertura capazes de coletar de água da chuva e dispõe das principais formas de utilização da água armazenada para fins não potáveis, como irrigação de jardins, lavagem de calçadas, entre outras destinações que, muitas vezes, resultam na infiltração da água utilizada no solo, contribuindo diretamente para o amortecimento do pico de vazões. Além disso, uma unidade formadora que tem como missão promover educação de excelência e como visão ser um modelo educacional de desenvolvimento social, deve se preocupar em tornar-se referência em bons exemplos à sociedade.

### 3 REVISÃO DA LITERATURA

#### 3.1 APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA

A água da chuva pode ser utilizada para fins não potáveis como em descargas em bacias sanitárias, irrigação de gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios, espelhos d'água e usos industriais (NBR 15.527/2007). No Brasil, essa alternativa já é bastante utilizada em regiões que sofrem com os períodos de seca e vem sendo cada vez mais adotada em centros urbanos, onde a conscientização das questões econômicas, sociais e ambientais tem grande apelo (MAY, 2004).

O conceito baseia-se na individualização do processo de captação da água, ou seja, uma parcela da demanda que partiria das companhias de saneamento e que, conseqüentemente, teria sido submetida ao tratamento convencional, passa a ter apenas um processo de coleta e abastecimento interno, dentro das delimitações do lote. Desta forma, a viabilidade do sistema implica diretamente na diminuição do custo com água potável para o residente, além do mesmo no tratamento da água por parte da concessionária, devido à redução dos custos com a infraestrutura necessária de acordo com a demanda exigida. Além disso, a retenção da água pluvial coletada pelos telhados das edificações contribui no combate aos alagamentos, pois em situações de chuvas intensas, o armazenamento dessas águas em reservatórios particulares gera amortecimento de pico da vazão nas tubulações do sistema público de coleta (MAY, 2004; TUCCI, 2002).

#### 3.2 PROGRAMA DE CONSERVAÇÃO E USO RACIONAL DA ÁGUA NAS EDIFICAÇÕES

O PURAE – Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – foi instituído no município de Curitiba, no Estado do Paraná, pela Lei Nº 10.785/03. Regulamentada através do Decreto Nº 293, em 23 de março de 2006,



a lei prevê medidas que “induzam à conservação, uso racional e utilização de fontes alternativas para captação de água nas novas edificações, bem como a conscientização dos usuários sobre a importância da conservação da água” (CURITIBA, 2006).

Ressalta-se que as disposições do PURAE, que passaram a ser observadas na elaboração e aprovação de projetos de construção de novas edificações enquadradas nas leis nº 9.800/2000 e nº 9802/2000, somente foram efetivamente implantadas através do Decreto Nº 212 de 29 de março de 2007, que estabeleceu o novo Regulamento de Edificações do Município de Curitiba e relacionou as exigências para cada tipo de uso das edificações (CURITIBA, 2006; GIACCHINI, 2010).

De acordo com o Art. 4º do Decreto 293/2007, tornou-se obrigatória a implantação de sistema de captação, armazenamento e utilização da água de chuva em atividades que não exijam o uso de água tratada. O Decreto não trata especificamente sobre prédios públicos, entretanto, o Art. 6º impõe as aplicações às edificações comerciais e industriais com área computável construída igual ou superior a 5.000 m². O Art. 5º apresenta a seguinte equação para o cálculo do volume do reservatório, que deve ser utilizada para tais construções:

$$V = Ac \times 0,75 \quad (1)$$

Em que:

V = Volume em litros

Ac = Área total computável da edificação

### 3.3 QUALIDADE DA ÁGUA DA CHUVA

A qualidade da água pluvial é um dos fatores que devem ser analisados na viabilização do projeto de um sistema de aproveitamento. Está inicialmente ligada aos componentes presentes na água da chuva, que podem variar de acordo com as condições meteorológicas, localização geográfica, presença ou não de vegetação ou qualquer material orgânico e, ainda, com o nível de carga poluidora, se existir (ANA, FIESP, SINDUSCON-SP, 2005). Estes itens estão ligados ao ambiente no qual se prevê o sistema, incluindo a superfície de captação. Desta forma, no manejo de

água de chuva, deve-se descartar a primeira fração, considerada de baixa qualidade por incorporar poluentes ou qualquer tipo de material indesejado durante o escoamento pela superfície (PROSAB, 2009).

Deve-se lançar mão de métodos criteriosos no acompanhamento da execução e funcionamento do sistema de uso de águas pluviais. Assim, obrigatoriamente, a água captada deve ser monitorada periodicamente, de maneira que se mantenha o padrão mínimo de qualidade verificado no início da concepção do projeto (PROSAB, 2009).

As possibilidades de uso da água de chuva dependem da qualidade e do nível de tratamento necessário para cada aplicabilidade. Fendrich (2009) fornece uma Tabela que relaciona o tipo de tratamento de acordo com a utilização dessas águas (Tabela 1).

**Tabela 1 - Tratamento da água de chuva conforme sua utilização**

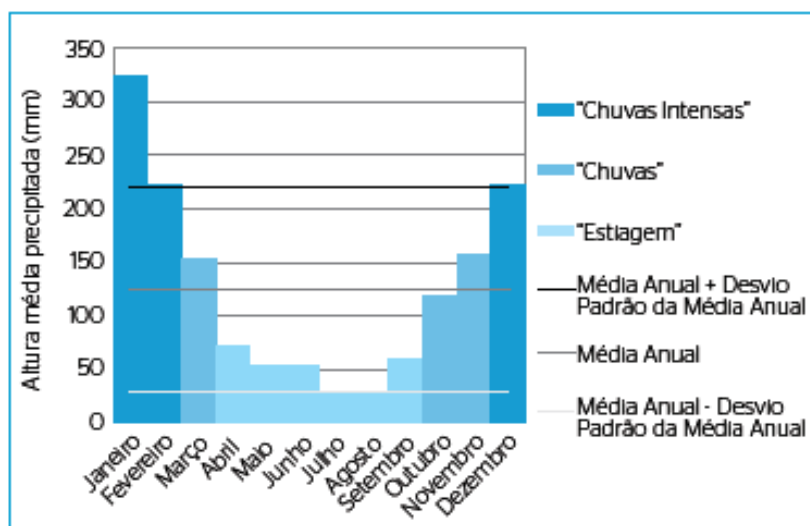
<b>Utilização das Águas Pluviais</b>	<b>Tratamento das Águas Pluviais</b>
Limpeza de pisos, calçadas, pátios de estacionamento Rega de plantas e floreiras	Não é necessário tratamento
Aspersores de irrigação Torres de refrigeração Combate a incêndios	Tratamento simples (sedimentação das impurezas) é necessário, para manter o armazenamento e os equipamentos em boas condições de funcionamento
Lavar veículos Descarga no vaso sanitário Lago/fonte ornamental	Tratamento higiênico é necessário, devido ao possível contato humano com a água
Lavar roupas Banho/Piscina Beber/cozinhar	A desinfecção é obrigatória, porque a água será ingerida direta ou indiretamente pelo usuário

**Fonte: Adaptado de Manual de Utilização das Águas Pluviais (FENDRICH, 2009)**

Nakada e Moruzzi (2004) estudaram a “variabilidade qualitativa de águas pluviais coletadas em telhado e sua importância na concepção do sistema de tratamento”, nas dependências da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, em Rio Claro – SP. Avaliaram parâmetros como cor aparente, turbidez e pH, que são exigidos pela NBR 15.527 para usos restritivos da água de chuva. Os

padrões para esses e outros parâmetros estão dispostos neste trabalho na seção 3.5.1.1.

A partir dos dados apresentados na Figura 1 e nas Tabelas 2 e 3, o estudo citado no parágrafo anterior verificou que variabilidade das variáveis qualitativas é maior durante o período de estiagem e diminui com o aumento da frequência de eventos chuvosos. Para cor aparente o desvio padrão é de 242,59 na época de estiagem, de 27,20 no período de chuvas e de 16,86, durante as chuvas intensas; para turbidez, o desvio padrão é de 51,71; 5,05 e de 1,85, para as épocas de estiagem, chuvas e chuvas intensas, respectivamente.



**Figura 1 – Histograma de pluviosidade média da estação meteorológica CEAPLA/Unesc**  
**Fonte: Nakada e Moruzzi (2004)**

**Tabela 2 - Estatísticas descritivas de variáveis qualitativas das águas pluviais coletadas nas três épocas distintas do ano**

Variável	Estiagem				Chuvas			
	Mín.	Máx.	Média	Desvio padrão	Mín.	Máx.	Média	Desvio padrão
Cor Aparente (uH)	11,00	853,33	139,86	242,59	11,00	118,00	54,38	27,20
Turbidez	1,28	140,67	30,03	51,71	1,83	20,30	8,39	5,05
pH	5,90	8,70	6,94	0,76	5,90	7,39	6,64	0,34

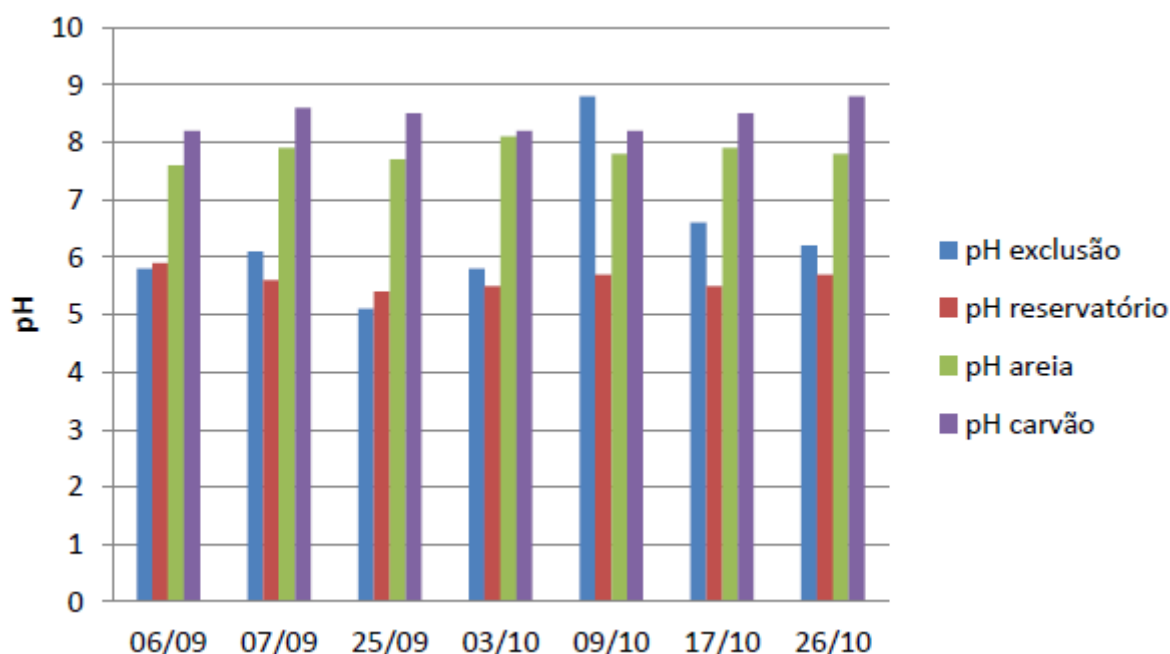
**Fonte: Adaptado de Nakada e Moruzzi (2004)**

**Tabela 3 - Estatísticas descritivas de variáveis qualitativas das águas pluviais coletadas nas três épocas distintas do ano**

Variável	Chuvas Intensas			
	Mín.	Máx.	Média	Desvio padrão
Cor Aparente (uH)	4,33	65,33	20,36	16,86
Turbidez	0,76	7,89	3,10	1,85
pH	6,35	8,30	6,86	0,52

Fonte: Adaptado de Nakada e Moruzzi (2004)

Em um estudo realizado como trabalho de conclusão de curso da UTFPR, por Hirt e Santos (2011), foram avaliados parâmetros físicos, químicos e biológicos da água pluvial para uso não potável, com a utilização de filtros caseiros de material granular. Os resultados obtidos através de amostras de água de exclusão (descarte inicial), do reservatório e dos dois filtros, com material filtrante de areia ou carvão, para valores de pH, turbidez e coliforme, estão apresentados graficamente nas Figuras 2, 3 e 4. Hirt e Santos (2011) concluíram que no quesito turbidez os filtros se mostraram bastante eficazes, mas que a filtração em ambos os meios (areia e carvão) não atingiu o número aceitável de coliformes indicado pela ABNT.



**Figura 2 - Resultado das análises do pH das amostras**  
Fonte: Hirt e Santos (2011)

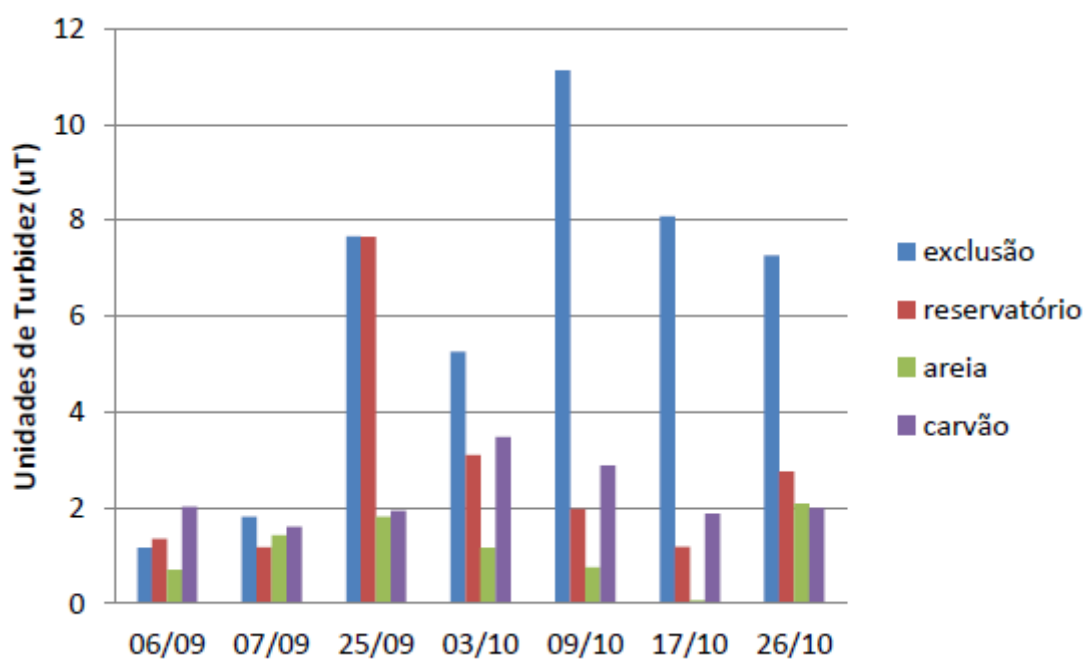


Figura 3 - Resultado das análises de turbidez das amostras  
Fonte: Hirt e Santos (2011)

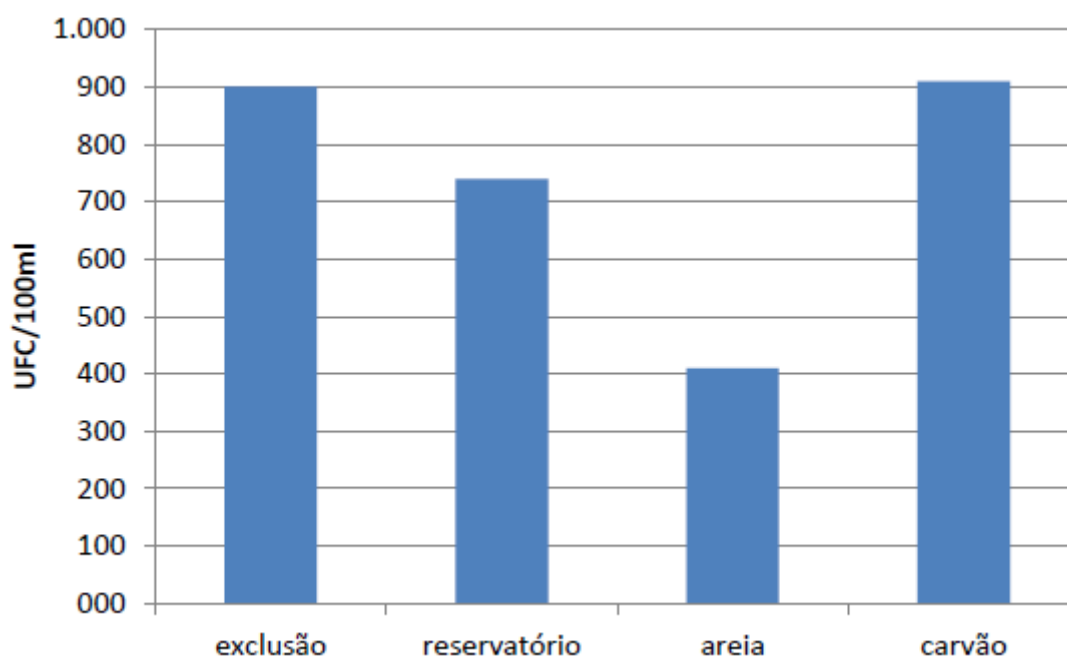
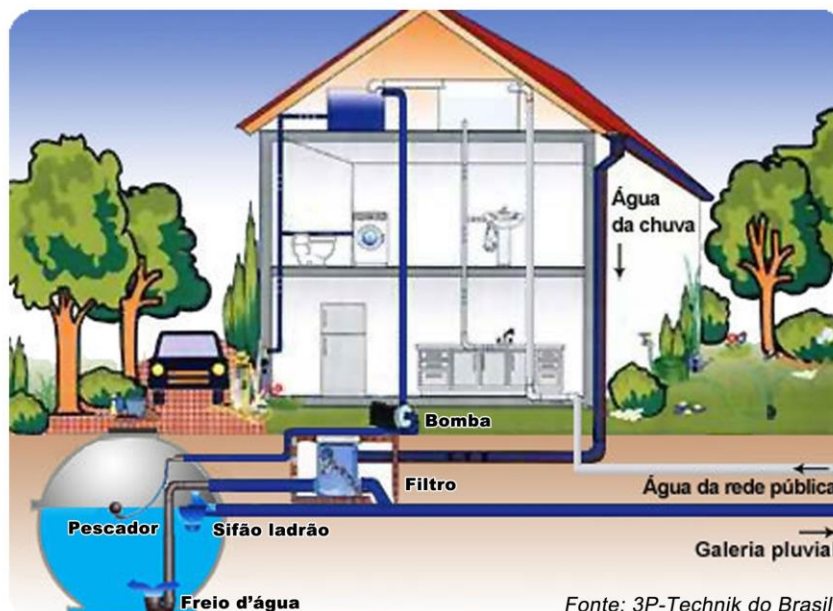


Figura 4 - Resultado da análise de coliformes  
Fonte: Hirt e Santos (2011)

### 3.4 SISTEMA PARA O APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA



**Figura 5 – Componentes do sistema de aproveitamento de água de chuva**  
 Fonte: 3P Technik do Brasil

Os componentes básicos de um modelo de aproveitamento de águas pluviais estão representados na Figura 5. Segundo Fendrich (2009), o sistema para uso da água de chuva nas edificações abrange as seguintes técnicas:

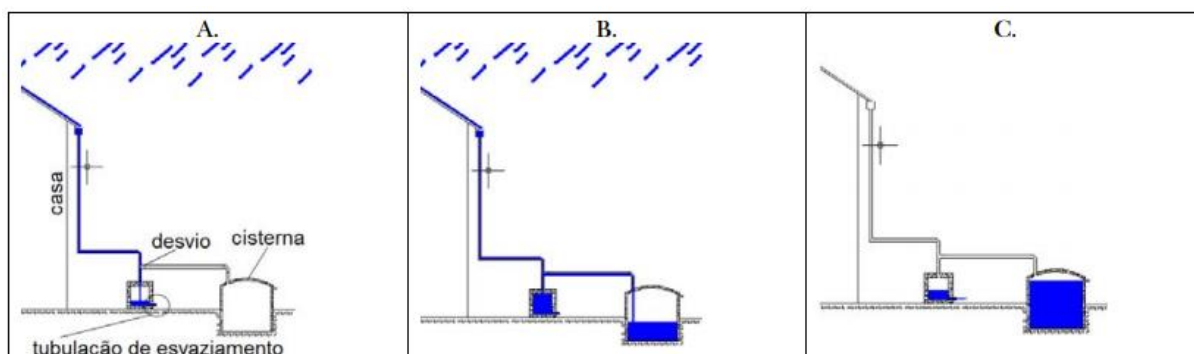
- Coletar a água que precipita no telhado;
- Eliminar a água do início da chuva (descarte inicial);
- Unidades de sedimentação e filtração;
- Tratamento e melhoria da qualidade da água, quando necessários;
- Armazenar a água da chuva em reservatórios;
- Abastecer os locais de uso;
- Drenar o excesso da água de chuva, em caso de chuvas intensas;
- Completar a falta de água em caso de estiagem prolongada.

### 3.4.1 Dispositivos utilizados no sistema

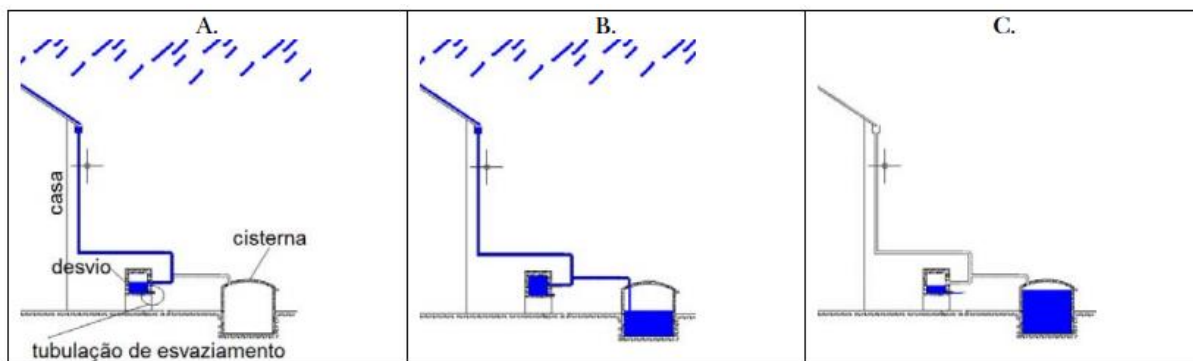
#### 3.4.1.1 Reservatório de auto-limpeza

O reservatório de auto-limpeza é responsável pela retenção da chuva inicial, no qual ocorrerá a sedimentação das impurezas vindas do telhado, como folhas, poeiras, excremento de aves, etc. (Fendrich, 2009).

Pessoa (2011) estudou a eficácia do descarte das primeiras águas em cisternas instaladas no semiárido brasileiro. Trabalho reconhecido pelo Prêmio ANA na categoria de Pesquisa e Inovação Tecnológica em 2015, apresentado no 7º Fórum Mundial da Água. O estudo avaliou dois tipos de dispositivos que se diferenciam pelo princípio físico de funcionamento: fecho hídrico (Figura 6) e vasos comunicantes (Figura 7). Em ambas as situações, a água captada pelo telhado vai para o reservatório de armazenamento somente após o tanque de retenção da chuva inicial estar completamente cheio. Após verificar uma redução de turbidez em 79% no dispositivo instalado com fecho hídrico, contra 58,7% do dispositivo com vasos comunicantes, foi concluído que, além de o primeiro ter sido mais eficiente, reteve todo o material em suspensão lavado. Para o funcionamento correto do sistema, é fundamental que esse tanque seja esvaziado depois de cada “evento de chuva”. Para isso, deve ser prevista uma tubulação de descarga que poderá ser ligada à rede pluvial (PESSOA, 2011).



**Figura 6 — Esquema do dispositivo de descarte das primeiras águas de chuva: princípio do fecho hídrico: início da chuva; B. enchimento da cisterna; C. cessada a chuva. Fonte: Pessoa (2011)**



**Figura 7 — Esquema do dispositivo de descarte das primeiras águas de chuva: princípio dos vasos comunicantes: A. início da chuva; B. enchimento da cisterna; C. cessada a chuva.**  
 Fonte: Pessoa (2011)

Com base em resultados obtidos de pesquisas anteriores (Andrade Neto, 2004; Anecchini, 2005; Melo, 2007), Pessoa (2011) considerou o descarte inicial ideal entre 1 e 2 mm de cada precipitação para o cálculo da capacidade do reservatório de auto-limpeza. Tomaz (1998) adotou 1 mm ao sugerir a seguinte equação:

$$V_s = 1,0 \times A_c \quad (2)$$

Em que:

$V_s$  é o volume do reservatório de auto-limpeza;

$A_c$  é a área de captação da água pluvial.



### 3.4.1.2 Filtro Volumétrico

Como exemplo de dispositivo de filtração (Figuras 8 e 9), tem-se um pré-fabricado, produzido em material de Polietileno ou em aço inox, possui peneira em aço inox com tela de 0,26 mm e altura de 47 cm que elimina continuamente as partículas de sujeitas, além de ser auto-limpante. O desnível entre a entrada e saída de água é de 30cm. A capacidade de processamento é de 350 m<sup>2</sup> de telhado para vazão de até 9 litros por segundo. Os tubos de captação e descarga são de 100 mm (TOMAZ, 2003; 3P TECHNIK, ART.No. 1000500) .



**Figura 8 – Filtro volumétrico**  
Fonte: 3P Technik Art. No. 1000500



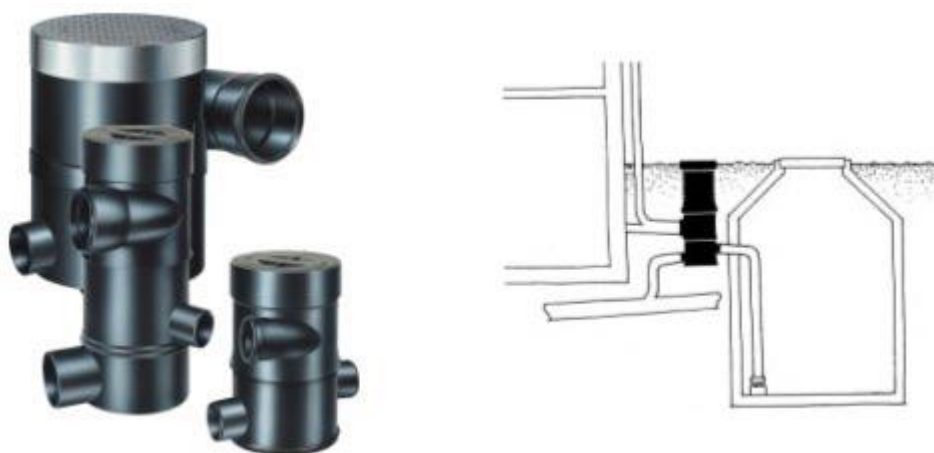
**Figura 9 – Detalhamento filtro volumétrico**  
Fonte: 3P Technik Art. No. 1000500

De acordo com o fabricante 3P Technik, os itens indicados na Figura 9 funcionam da seguinte maneira:

- 1- Parte do filtro que acumula a água provinda das calhas.
- 2- Peneira em aço inox que separa os detritos da água, através do efeito cascata.

- 3- Captação da água após filtragem.
- 4- Tubulação que segue ao reservatório de armazenamento.
- 5- Tubulação que expulsa os sólidos juntamente com pequena perda de água.

Outro exemplo de filtro que segue o mesmo padrão de funcionamento do citado acima é o Vortex WFF (Figura 10), produzido pela WISY. Segundo o fabricante, capta cerca de 90% da água, filtra partículas de até 0,28 mm e possui prolongador que permite a instalação a qualquer profundidade.



**Figura 10 – Filtro Vortex WFF**  
**Fonte: WISY AG**

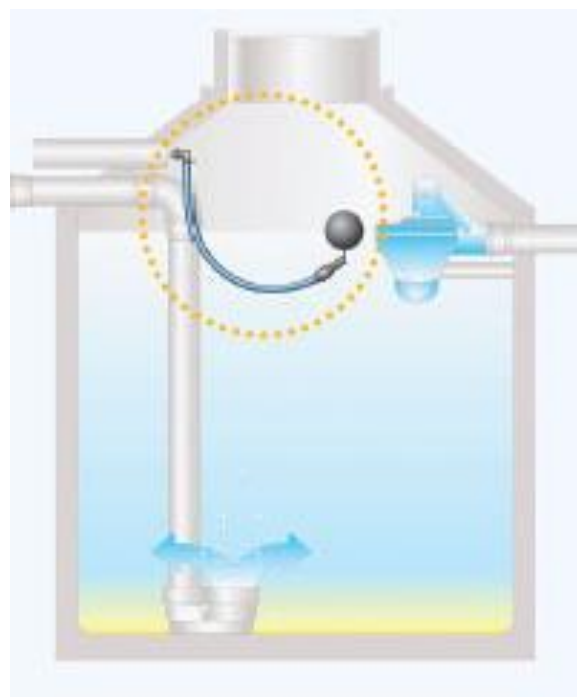
### 3.4.1.3 Boia para sucção de água.

Para evitar que alguns detritos possivelmente depositados no fundo do reservatório entrem na tubulação ligada aos pontos de utilização, uma boia de sucção com filtro de entrada deve fazer parte do sistema de forma que a água seja retirada do reservatório numa região mais próxima à superfície (TOMAZ, 2003).

Como exemplo de boia, tem-se nas Figuras 11 e 12 um conjunto de sucção com mangueira que inclui um filtro-cesta com malha de 1,2 mm e válvula anti-retorno. A boia, com diâmetro de 15 cm, mantém a cesta do conjunto sempre na faixa de 15 a 20 cm abaixo da superfície da água (3P Technik, N<sup>o</sup> Art. 4000620).



**Figura 11 - Conjunto de Sucção Flutuante**  
Fonte: 3P Technik



**Figura 12 – Instalação do Conjunto de Sucção Flutuante**  
Fonte: 3P Technik

#### 3.4.1.4 Extravasor

O extravasor do reservatório deve possuir um sifonamento que mantenha um fecho hídrico, além de uma estrutura em aço para impedir o acesso de ratos. A água captada em excesso pode ser desviada para um poço de infiltração no solo ou para a tubulação ligada à rede pública de coleta (TOMAZ, 2003; FENDRICH, 2009).

Na Figura 13, tem-se um exemplo especial de extravasor já com válvula de retenção embutida, que permite o fluxo de água em apenas uma direção. Essa característica evita que a água flua no sentido oposto ao desejado, situação que, eventualmente, ocasionaria a entrada de partículas de sujeira no reservatório. Tal circunstância pode acontecer em eventos de chuvas intensas, em casos de sobrecarga da rede de coleta urbana e outros.



**Figura 13 – Sifão-ladrão 3P uno com válvula de retenção**  
Fonte: 3P Technik

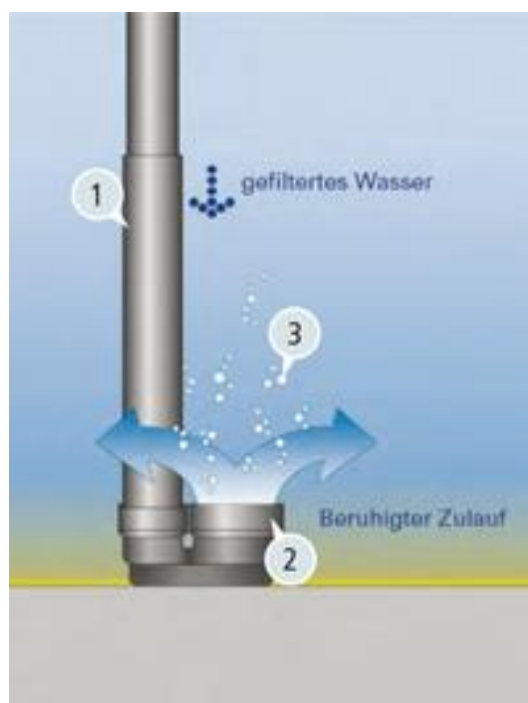
### 3.4.1.5 Freio d'Água

Como explicado por Tomaz (2003), no fundo do reservatório e na superfície da água armazenada, há possibilidade de formação de camada de detritos que por ventura não foram coletados pelo filtro. Como demonstrado anteriormente, a boia é um item essencial no processo de sucção, pois garante que a água aspirada seja proveniente de uma região intermediária do reservatório.

O freio d'água demonstrado nas Figuras 14 e 15 é uma sugestão de dispositivo que evita a agitação das camadas superiores e inferiores do volume de água armazenado, garantindo que as turbulências não revolvam os detritos suspensos e os depositados no fundo do reservatório. Em virtude da entrada de água estar posicionada no ponto mais baixo da cisterna, como demonstrado na Figura 15, há uma frequente recarga de oxigênio também nas camadas inferiores, evitando que ocorram processos anaeróbicos (3P Technik, N° Art. 4000150).



**Figura 14 – Dispositivo Freio d'Água**  
Fonte: 3P Technik



**Figura 15 – Instalação do Dispositivo Freio d'Água**  
Fonte: 3P Technik

### 3.5 DIRETRIZES DA ABNT NBR 15.527/2007

A NBR 15.527/2007 fornece os requisitos para o aproveitamento de água de chuva de cobertura em áreas urbanas para fins não potáveis. Define água de chuva como “água resultante de precipitações atmosféricas coletada em coberturas, telhados, onde não haja circulação de pessoas, veículos ou animais”. Prevê ainda que devam ser especificados pelo projetista o alcance de projeto, a população consumidora e a demanda respectiva, além do histórico e as características de precipitação da região onde o sistema será instalado.

#### 3.5.1 Condições gerais propostas pela abnt nbr 15.527/2007

##### 3.5.1.1 Qualidade da Água Pluvial

A norma deixa a cargo do projetista a definição dos parâmetros e padrões de qualidade da água, de acordo com a utilização prevista. Entretanto, para usos mais restritivos, exige que sejam seguidas as informações da Tabela 4.

**Tabela 4 - Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis**

(continua)

<b>Parâmetro</b>	<b>Análise</b>	<b>Valor</b>
Coliformes totais	Semestral	Ausência em 100 mL
Coliformes termotolerantes	Semestral	Ausência em 100 mL
Cloro residual livre (no caso de serem utilizados compostos de cloro para desinfecção)	Mensal	0,5 a 0,3 mg/L
Turbidez	Mensal	< 2,0 uT, para usos menos restritivos < 5,0 uT (onde uT é a unidade de turbidez)

**Tabela 4 -Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis  
(conclusão)**

<b>Parâmetro</b>	<b>Análise</b>	<b>Valor</b>
Cor aparente (caso não seja utilizado nenhum corante, ou antes da sua utilização)	Mensal	< 15 uH (onde uH é unidade de Hazen)
Deve prever ajuste de pH para proteção das redes de distribuição, caso necessário	Mensal	PpH de 6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado

**Fonte: Adaptado de ABNT NBR 15.527/2007**

Para a desinfecção, a critério do projetista, pode-se utilizar derivado de clorado, raios ultravioleta, ozônio e outros. Em aplicações nas quais se faz necessário um residual desinfetante, deve ser utilizado derivado clorado. Quando utilizado o cloro residual livre, deve estar entre 0,5 mg/L e 3,0 mg/L (ABNT NBR 15.527/2007).

### 3.5.1.2 Calhas e Condutores

As calhas e os condutores, verticais e horizontais, devem atender à NBR 10844/1989, que trata de instalações prediais de águas pluviais. No dimensionamento, deve-se ainda observar o período de retorno escolhido, juntamente com a vazão de projeto e a intensidade de chuva.

Para a remoção dos detritos envolvidos na água coletada pela superfície impermeabilizada, a norma exige que sejam instalados dispositivos como grades e telas que atendam à NBR 12.213/1992 (Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público).

### 3.5.1.3 Instalações Prediais

A NBR 15.527/2007 diz que “as instalações prediais devem atender à NBR 5626/1998, quanto às recomendações de separação atmosférica, dos materiais de construção das instalações, da retrossifonagem, dos dispositivos de prevenção de refluxo, proteção contra interligação entre água potável e não potável, do dimensionamento das tubulações, limpeza e desinfecção dos reservatórios, controle de ruídos e vibrações”. Esclarece ainda que os pontos de consumo devem ser identificados com inscrição “água não potável” e serem de uso restrito aos devidos fins, já citados neste trabalho. Além de não ser permitida a utilização das mesmas instalações hidráulicas para água potável e pluvial, incluindo os reservatórios.

### 3.5.1.4 Bombeamento da água

A NBR 15.527/2007 permite que o esgotamento seja feito tanto por gravidade quanto por bombeamento. No caso da segunda opção, torna-se obrigatório o atendimento à NBR 12.214/1992 (Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público), devendo ser observadas as recomendações quanto à tubulação e velocidades mínimas de sucção e recalque, além da escolha do conjunto motor-bomba.

No caso da utilização de bomba-centrífuga, a norma autoriza a instalação de dosador automático de derivado de clorado, substância que deve ficar em contato com a água por pelo menos 30 minutos, convencionando assim, a construção de um reservatório intermediário para a eficácia do tratamento.

### 3.5.1.5 Reservatórios

A norma exige que os reservatórios para armazenamento de água de chuva devam seguir a NBR 12.217/1994, que estabelece diretrizes para o desenvolvimento de projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público. Diz



ainda que devem ser considerados pelo projetista o extravasor, dispositivo de esgotamento, cobertura, acesso para inspeção, ventilação e segurança.

Ainda de acordo com a NBR 15.527/2007, a captação de água do reservatório deve ser feita próximo à superfície (preferencialmente 15 cm abaixo).

Quanto ao volume de chuva captado, a norma explica que o volume de água de chuva aproveitável depende do coeficiente de escoamento superficial da cobertura, bem como da eficiência do sistema de descarte do escoamento inicial. Este volume pode ser calculado pela seguinte equação:

$$V = P \times A \times C \times \eta_{\text{fator de captação}} \quad (3)$$

Em que:

$V$  é o volume anual, mensal ou diário de água de chuva aproveitável;

$P$  é a precipitação média anual, mensal ou diária;

$A$  é a área de coleta;

$C$  é o coeficiente de escoamento superficial da cobertura;

$\eta$  é a eficiência do sistema de captação, levando em conta o dispositivo de descarte de sólidos e desvio de escoamento inicial, caso este último seja utilizado.

A norma permite que o volume da água pluvial não aproveitado possa ser dispensado através da rede de galerias de águas pluviais, na via pública ou ser infiltrado no solo, desde que seja avaliada pela autoridade local competente a garantia de não contaminação do lençol freático.

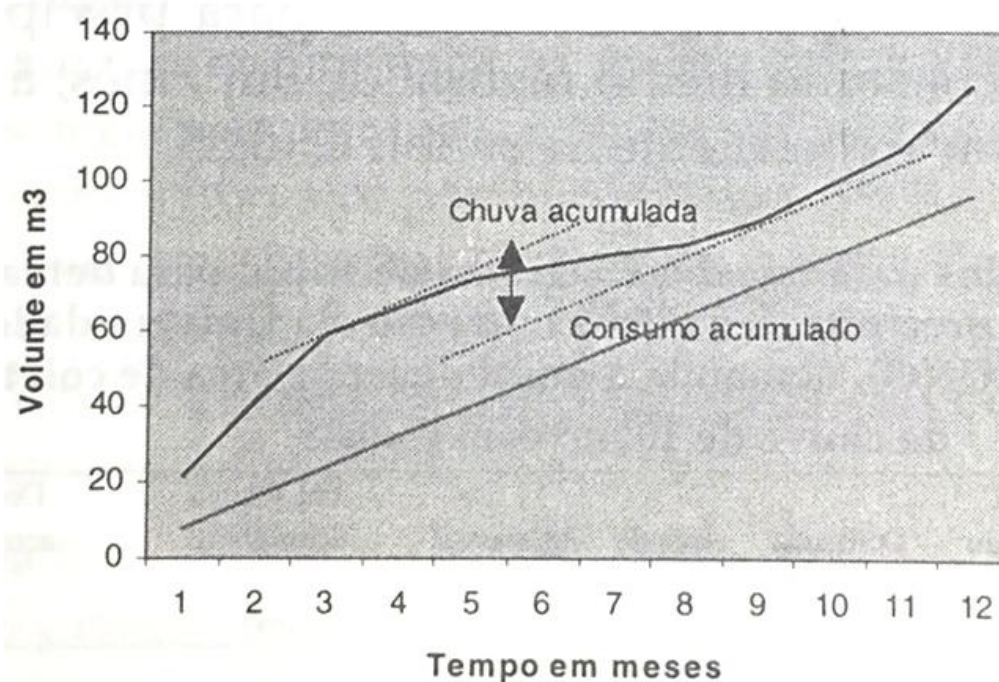
De acordo com Tomaz (2012), coordenador na elaboração da NBR 15.527/07, que trata do aproveitamento da água de chuva, a norma não estabelece padrão de dimensionamento para reservatórios, mas sugere alguns modelos nos apêndices: Método de Rippl; Método da Simulação; Método Prático do Professor Azevedo Neto; Método Prático Inglês; Método Prático Alemão; e o Método Prático Australiano.

### 3.5.2 Métodos para o dimensionamento do reservatório

Todos os métodos de dimensionamento de reservatórios que serão descritos a seguir tiveram suas formulações obtidas da ABNT NBR 15.527/2007.

#### 3.5.2.1 Método de Rippl

De acordo com Tomaz (2012), o método de Rippl sugere duas maneiras de dimensionamento para demanda constante que resultam no mesmo valor, uma gráfica e outra analítica.



**Figura 16 – Diagrama de massas**  
Fonte: Tomaz (2012)

Uma das formas de se utilizar o módulo gráfico para demanda constante é obtendo um “diagrama de massas”, que possui em sua ordenada o acúmulo do volume de precipitação e na abscissa o tempo compreendido. Na Figura 16, observa-se uma curva e uma reta que representam, respectivamente, a chuva acumulada e o consumo acumulado. Deve-se traçar paralelas à reta do consumo

acumulado que tangenciem o ponto mais alto e o ponto mais baixo da curva da chuva acumulada. A distância entre elas, medida no sentido da ordenada, representa o volume que garantirá o abastecimento constante de água pluvial, tanto no período chuvoso, quanto no de estiagem, ou seja, a capacidade do reservatório. Para a obtenção do gráfico, deve-se utilizar a maior série história de precipitações mensais ou diárias possível. Entretanto, muitas vezes cria-se uma série sintética, construída com base na série histórica, para facilitação dos cálculos (TOMAZ, 2012).

De acordo com Tomaz (2012), para o dimensionamento do reservatório através do modo analítico, em situação de demanda constante e dados pluviométricos mensais, por exemplo, deve-se preencher uma Tabela que possua as seguintes colunas:

- 1- Meses/Dias: período de tempo que varia de janeiro a dezembro.
- 2- Chuva média mensal (mm): chuva média mensal na região do local de estudo.
- 3- Demanda constante mensal ( $m^3$ ): consumo mensal levantado. Deve ser menor ou igual ao somatório total obtido na coluna 5.
- 4- Área de captação: é a projeção da área de cobertura sobre o terreno. Deve ser supostamente a mesma durante todo o ano.
- 5- Volume de chuva mensal ( $m^3$ ): obtém-se multiplicando a coluna 2 pela coluna 4 e pelo coeficiente de Runnof e dividindo-se por 1000.
- 6- Diferença entre os volumes de demanda e de chuva ( $m^3$ ): é a diferença entre a coluna 3 e a coluna 5. O sinal negativo indica que há excesso de água e o positivo indica que o volume supera o volume de água disponível.
- 7- Diferença acumulada da coluna 6 dos valores positivos ( $m^3$ ); consideram-se apenas os valores positivos, ou seja, os meses em que há excesso de água não são computados. Neste caso, supõe-se que o reservatório está cheio, ou seja, extravasando. O volume máximo obtido nesta coluna corresponderá à capacidade do reservatório.
- 8- Observação: esta coluna é preenchida com as letras E, D e S, que correspondem respectivamente à água escoando pelo extravasor, ao nível de água descendo e ao nível de água subindo.

Tomaz (2012) também mostra o equacionamento utilizado no módulo analítico:

$$S(t) = D(t) - Q(t) \quad (4)$$

$$Q(t) = C \times \text{precipitação da chuva}(t) \times \text{área de captação} \quad (5)$$

$$V = \sum S(t), \text{ somente para valores } S(t) > 0$$

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

Em que:

$S(t)$  é o volume de água no reservatório no tempo  $t$ ;

$Q(t)$  é o volume de chuva aproveitável no tempo  $t$ ;

$D(t)$  é a demanda ou consumo no tempo  $t$ ;

$V$  é o volume do reservatório, em metros cúbicos;

$C$  é o coeficiente de escoamento superficial.

O método de Rippl geralmente superdimensiona o reservatório, mas é indicado para verificar o limite superior do volume do reservatório de acumulação de águas de chuvas (TOMAZ, 2012).

### 3.5.2.2 Método da Simulação

Para um determinado mês aplica-se a equação da continuidade a um reservatório finito:

$$S(t) = Q(t) + S(t-1) - D(t) \quad (6)$$

$$Q(t) = C \times \text{precipitação da chuva}(t) \times \text{área de captação} \quad (7)$$

$$\text{Sendo que: } 0 \leq S(t) \leq V$$

Em que:

$S(t)$  é o volume de água no reservatório no tempo  $t$ ;

$S(t-1)$  é o volume de água no reservatório no tempo  $t - 1$ ;

$Q(t)$  é o volume de chuva no tempo  $t$ ;

$D(t)$  é o consumo ou demanda no tempo  $t$ ;

$V$  é o volume do reservatório fixado;

$C$  é o coeficiente de escoamento superficial.

### 3.5.2.3 Método Prático do Professor Azevedo Neto

O volume de chuva é obtido pela seguinte equação:

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (8)$$

Em que:

$P$  é a precipitação média anual, em milímetros;

$T$  é o número de meses de pouca chuva ou seca;

$A$  é a área de coleta, em metros quadrados;

$V$  é o volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório, em litros.

De acordo com a NBR 15.527/2007, neste método devem ser consideradas duas hipóteses: reservatório cheio no início da contagem do tempo “t” e dados históricos representam condições futuras.

### 3.5.2.4 Método Prático Alemão

Trata-se de um método empírico no qual toma-se o menor valor do volume do reservatório: 6% do volume anual de consumo ou 6% do volume anual de precipitação aproveitável (NBR 15.527/2007).

$$V_{dotado} = \text{mín}(V; D) \times 0,06 \quad (9)$$

Sendo:

$V$  é o volume aproveitável de água de chuva anual, em litros;

$D$  é a demanda anual da água não potável, em litros;

$V_{dotado}$  é o volume de água do reservatório, em litros.

### 3.5.2.5 Método Prático Inglês

O volume de chuva é obtido pela seguinte equação:

$$V = 0,05 \times P \times A \quad (10)$$

Em que:

$P$  é a precipitação média anual, em milímetros;

$A$  é a área de coleta, em metros quadrados;

$V$  é o volume de água aproveitável e o volume de água da cisterna, em litros.

### 3.5.2.6 Método Prático Australiano

O volume de chuva é obtido pela seguinte equação:

$$Q = A \times C \times (P - I) \quad (11)$$

Em que:

$C$  é o coeficiente de escoamento superficial, geralmente 0,80;

$P$  é a precipitação média mensal, em milímetros;

$I$  é a interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação, geralmente 2 mm;

$A$  é a área de coleta, em metros quadrados;

$Q$  é o volume mensal produzindo pela chuva, em metros cúbicos.

O cálculo do volume do reservatório é realizado por tentativas, até que sejam utilizados valores otimizados de confiança e volume do reservatório.

$$V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t \quad (12)$$

Em que:

$Q_t$  é o volume mensal produzido pela chuva no mês  $t$ ;

$V_t$  é o volume de água que está no tanque no fim do mês  $t$ , em metros cúbicos;

$V_{t-1}$  é o volume de água que está no tanque no início do mês  $t$ , em metros cúbicos;

$D_t$  é a demanda mensal, em metros cúbicos;

Nota: para o primeiro mês consideramos o reservatório vazio.

Quando  $(V_{t-1} + Q_t - D) < 0$ , então o  $V_t = 0$

O volume do tanque escolhido será em metros cúbicos.

O volume do tanque escolhido será  $T$ .

Confiança:

$$Pr = Nr / N \quad (13)$$

Em que:

$Pr$  é a falha;

$Nr$  é O número de meses em que o reservatório não atendeu à demanda, isto é, quando  $VI = 0$ ;

$N$  é o número de meses considerado, geralmente 12 meses;

$Confiança = (1 - Pr)$

Recomenda-se que os valores de confiança estejam entre 90% e 99%.

### 3.6 MÉTODO DE FENDRICH

Outro método a ser considerado é o de Fendrich, que estudou a capacidade dos reservatórios de detenção distribuída das águas pluviais em função da relação de “permeabilidade artificial”, dos solos da bacia hidrográfica urbana do rio Belém, na cidade de Curitiba – PR. Esta relação, obtida por Fendrich (2002), foi chamada por ele de “Rp” e resultou em 25,71%, para a impermeabilização máxima dos solos, no ano de 2020.

Com base em uma série histórica de análises pluvi-fluviométricas compreendida entre 1987 e 2001, os estudos de Fendrich objetivam solucionar com possibilidades reais o retardamento do escoamento superficial e a atenuação dos alagamentos que ocorrem na Bacia Hidrográfica Urbana do Rio Belém, em Curitiba – PR (FENDRICH 2009).

Fendrich (2009) obtém o volume do reservatório de armazenamento de águas pluviais adotando um coeficiente de escoamento superficial regional das áreas de coleta das águas pluviais de Curitiba-PR,  $Cr = 20,5 \text{ mm/m}^2 = 20,5 \text{ l/m}^2$ . Assim, tem-se:

$$V = 20,5 \times Ac \quad (14)$$

Em que:

$V$  é o volume do reservatório de armazenamento de água pluvial, em litros;

$AC$  é a área de captação de água pluvial, em  $\text{m}^2$ .

Com base nesta equação, têm-se na Tabela 5, as capacidades correspondentes dos reservatórios de retenção distribuída para várias áreas de coleta de águas pluviais.

**Tabela 5 - Capacidade dos reservatórios de retenção distribuída das águas pluviais em Curitiba - PR**

<b>Área de Coleta Ac (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Capacidade do Reservatório das Águas Pluviais V (m<sup>3</sup>)</b>
10	0,20
100	2,05
1.000	20,50
10.000 (= 1 ha)	205,50 / ha
100.000	2050,00
1.000.000 (= 1 km <sup>2</sup> )	20500,00 / km <sup>2</sup>

**Fonte: Manual de Utilização das Águas Pluviais (FENDRICH, 2009)**

O volume médio mensal de água de chuva armazenável para a cidade de Curitiba – PR é obtido por:

$$V_{ap} = P \times A_c \quad (15)$$

Em que:

$V_{ap}$  é o volume médio mensal armazenável de águas pluviais, em metros cúbicos;

$P$  é a altura média mensal de chuva aproveitável, em mm;

$A_c$  é a área de coleta das águas pluviais.



## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Para análise do potencial de utilização de águas pluviais da sede Ecoville da UTFPR, foi desenvolvida uma metodologia que envolve as seguintes etapas: apresentação do local de estudo e de suas particularidades, levantamento da demanda de água não potável no campus e do potencial de utilização de água de chuva, coleta de dados pluviométricos da região, dimensionamento do sistema, estimativa do quantitativo e da relação de custos da estrutura a ser implantada e por fim, análise da viabilidade de ativação do sistema juntamente com o cálculo do período de retorno do investimento.

### 4.2 APRESENTAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO

Este trabalho tem como objeto de estudo a sede Ecoville da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, localizado na Rua Deputado Heitor Alencar Furtado, 5000, na cidade de Curitiba-PR.

A sede possui 23.496,13 m<sup>2</sup> de área total construída prevista, restando apenas a construção do bloco D, com 2.308,66 m<sup>2</sup>. Hoje são 6 edificações com amplas áreas de cobertura e grandes espaços calçados ou gramados, fatos que potencializam a capacidade de coleta de água de chuva e de sua utilização, respectivamente. A Figura 17 representa a disposição dos blocos no lote considerado para o estudo.

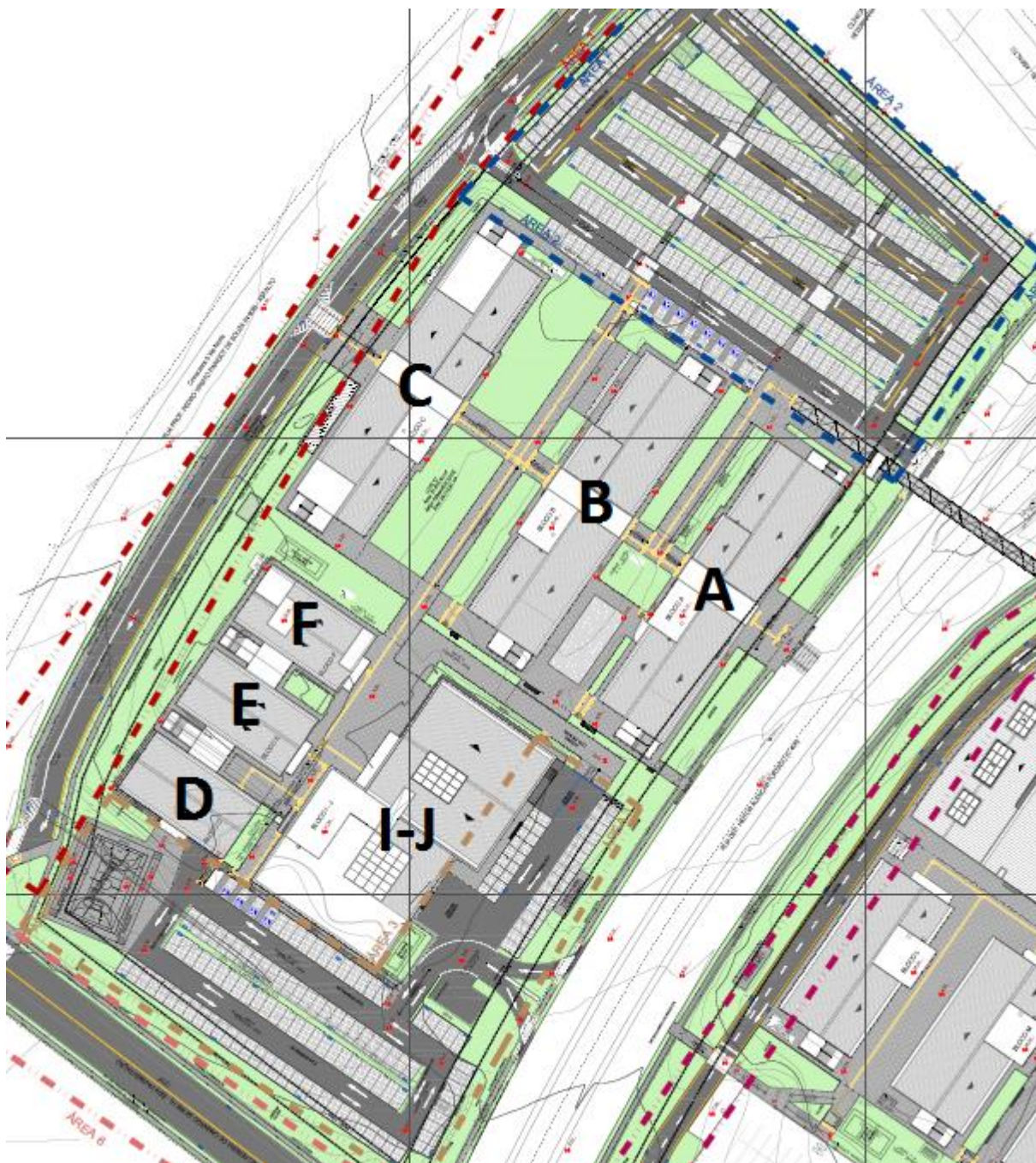


Figura 17 – Implantação da sede Ecoville da UTFPR com indicação dos blocos  
Fonte: Adaptado de projeto fornecido pelo DEPRO

### 4.3 DEMANDA DE ÁGUA NÃO POTÁVEL NA SEDE ECOVILLE

Em uma análise conjunta da Tabela 1 (disposta na seção 3.3) com o propósito deste estudo, foram excluídas as hipóteses que exigiriam maiores custos de tratamento e monitoramento como higienização ou desinfecção da água para o uso. A utilização da água de chuva em descargas, que de início parecia bastante interessante, não foi considerada, pois além das despesas com o melhoramento da qualidade da água, seriam necessárias grandes adaptações nas instalações hidráulicas existentes dos blocos que receberiam o sistema, como o bombeamento da água coletada até o barrilete, a construção de um reservatório superior independente do já existente, a instalação de novas prumadas, além dos demais custeios com demolições e reconstruções da parte civil.

Tendo em vista as considerações anteriores, a destinação da água da chuva foi dada à limpeza de pavimentações em geral e à irrigação de jardim. Desta forma, tem-se grande vantagem econômica já que, de acordo com Fendrich (2009), para estes fins, não é necessário tratamento.



**Figura 18 - Área coberta com pavimentação em blocos de concreto intertravados**  
**Fonte: Acervo próprio**



**Figura 19 – Detritos visíveis em área pavimentada com blocos de concreto intertravados**

**Fonte: Acervo próprio**



**Figura 20 – Detritos visíveis em área pavimentada**

**Fonte: Acervo próprio**



**Figura 21 – Acúmulo de detritos em área pavimentada com blocos de concreto intertravados**

**Fonte: Acervo próprio**

No levantamento das áreas pavimentadas (Figuras 18, 19, 20 e 21), foram consideradas todas as áreas externas existentes de calçamento, cobertas ou não. Verificou-se que o tipo de revestimento utilizado nessas áreas de piso foi, exclusivamente, blocos de concreto intertravados, de superfícies ásperas, que propiciam o acúmulo eventual de resíduos, como pode ser percebido na Figura 21.

Para o cálculo da rega de jardim, foi considerada toda a área gramada existente no campus em regiões com potencial de plantio de jardins ornamentais. Regiões representadas pelas imagens 22, 23 e 24.



**Figura 22 – Jardim no entorno do bloco A**

**Fonte: Acervo próprio**



**Figura 23 – Região gramada entre os blocos A e B**

**Fonte: Acervo próprio**



**Figura 24 – Região gramada entre os blocos B, C e F**

**Fonte: Acervo próprio**

Tomaz (1998) propõe estimativas do consumo de água potável em uma residência, cujos parâmetros de consumo para lavagem de calçadas e irrigação de jardins foram utilizados para o campus da universidade (Tabela 6).

**Tabela 6 - Substituição do consumo de água potável pela utilização não-potável das águas pluviais**

<b>Uso Interno</b>	<b>Parâmetro de consumo</b>
Bacia sanitária (5 descargas/dia.hab)	6 L(*) a 15 L/descarga 30 L a 75 L/dia.hab
<b>Uso Externo</b>	<b>Parâmetro de consumo</b>
Lavagem de calçadas, pisos, garagens e estacionamentos	2 L/dia.m <sup>2</sup>
Lavagem de carro (1 a 2 vezes/semana)	150l a 300 L/semana
Irrigação de jardins, floreiras e plantas	2 L/dia.m <sup>2</sup>
Manutenção e limpeza de uma piscina	2,5 a 5,7 L/diam <sup>2</sup>

(\*) Consumo de 6l/descarga em bacia sanitária com caixa de descarga acoplada

**Fonte: Adaptado de Tomaz (1998)**

De acordo com Fendrich (2009), o consumo mensal médio de águas pluviais tem-se por:

$$Cap = Cbs + Cle + Cla + Ci \quad (16)$$

Em que:

*Cap* é o consumo médio de águas pluviais, em litros por mês;

*Cbs* é o consumo das bacias sanitárias;

*Cle* é o consumo em lavagens de áreas pavimentadas, em litros por mês;

*Cla* é o consumo em lavagens de automóveis;

*Ci* é o consumo em irrigações de jardins;

Para os cálculos, foi estipulado que as calçadas seriam lavadas uma vez ao mês e que a rega de jardim aconteceria duas vezes por semana (oito vezes ao mês). Não foram levados em consideração os períodos de recesso da universidade, pois os fins que se pretende dar à água de chuva não implicam em grande variação relacionada à movimentação de estudantes e funcionários.

Também foram verificados os consumos das contas de água da sede Ecoville para fins de comparação.

#### 4.4 QUALIDADE DA ÁGUA PLUVIAL

Neste trabalho, dispensou-se a necessidade de realização de ensaios para a avaliação da qualidade da água pluvial coletada pela cobertura designada, pelo motivo de as destinações estabelecidas não necessitarem de tratamento, justificado anteriormente.

#### 4.5 DADOS PLUVIOMÉTRICOS DA REGIÃO

Para o dimensionamento do sistema de captação e armazenamento é necessário conhecer os índices pluviométricos da região de estudo. Os dados



coletados são provenientes da estação de medição instalada na Universidade Positivo, situada a aproximadamente 200 metros da sede Ecoville da UTFPR, sob responsabilidade do Sistema de Informações Hidrológicas (SIH) do Instituto das Águas do Paraná.

Através do site [www.aguasparana.pr.gov.br](http://www.aguasparana.pr.gov.br), foram obtidas as alturas mensais de precipitação (em milímetros) dos últimos dez anos. As informações estão dispostas na Tabela 9, no capítulo de resultados.

## 4.6 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA

### 4.6.1 Estrutura existente

Considerando que um dos objetivos desse estudo é analisar a viabilidade econômica do sistema, certamente deve-se avaliar o potencial de aproveitamento das estruturas existentes. Essa tarefa foi realizada juntamente com os projetos fornecidos pelo Departamento de Projetos da universidade (DEPRO). Fez-se necessária uma verificação do previsto em relação ao executado, visto que as estruturas, de maneira geral, ainda não estavam completamente concluídas.

Foi observada toda a infraestrutura acessível de instalações pluviais dos blocos, incluindo as coberturas, calhas, prumadas, ramais, tubos de coleta, caixas de inspeção e cisternas. Na implantação, realizou-se o levantamento de torneiras de jardim, independentemente do tipo de água utilizada.

### 4.6.2 Estimativa do volume do reservatório

O dimensionamento do reservatório de águas pluviais foi possível somente após o levantamento dos dados e informações das etapas anteriores. É a parte mais crítica do estudo, visto que a norma não estabelece qual método deve ser obrigatoriamente utilizado. Desta forma, optou-se por analisar todos os métodos sugeridos pela NBR 15.527/2007, através de uma planilha eletrônica desenvolvida

por Christan (2008), na qual foram necessárias algumas adaptações. As equações utilizadas por cada método estão descritas no capítulo de Revisão da Literatura.

O método de Fendrich, por ter sido desenvolvido com base nos princípios da retenção distribuída, que visa garantir o retardamento de escoamentos superficiais e a atenuação de alagamentos, diferentemente dos objetivos específicos deste trabalho, não foi utilizado como opção para cálculo do volume do reservatório.

Com o intuito de evitar o superdimensionamento do volume do reservatório em virtude da disponibilidade de grandes áreas de cobertura disponíveis para a coleta, foram feitas quatro simulações com diferentes valores de área para cada método. Os levantamentos foram realizados de acordo com a distribuição das prumadas de decida.

#### 4.6.3 Verificação do decreto 293/2007

O Decreto 293/2007 estabelece apenas duas divisões sobre as obrigatoriedades das edificações, habitacionais e comerciais / industriais, sem mencionar especificamente os prédios de funcionalidade pública. Entretanto, visando garantir a conformidade com a lei, foi realizada a verificação do volume de reservatório obtido de acordo com a equação exigida para edificações comerciais e industriais com metragem de área construída acima de 5.000 m<sup>2</sup>.

#### 4.6.4 Reservatório de auto-limpeza

Para a capacidade do reservatório de auto-limpeza, de acordo com Tomaz (1998), adota-se o valor de 1,0 l/m<sup>2</sup> de telhado e aplica-se na seguinte equação:

$$V_s = 1,0 \times A_c \quad (17)$$

Em que:

$V_s$  é o volume do reservatório de auto-limpeza, em litros;

$A_c$  é a área de captação da água pluvial, em metros quadrados.

## 4.7 LEVANTAMENTO E ANÁLISE FINANCEIRA

### 4.7.1 Levantamento de materiais e equipamentos

A partir da definição do reservatório tornou-se possível realizar um levantamento dos materiais e equipamentos necessários à complementação do sistema. Para isso, foi necessária a concepção de um esboço da distribuição dos pontos de utilização.

Os itens quantificados foram definidos de acordo com o descrito na seção 3.4.1. A decisão sobre alguns equipamentos como o filtro e a bomba pressurizadora teve o auxílio de fornecedores que analisaram as informações do projeto original do bloco B e do esboço com as adaptações sugeridas. O dimensionamento das tubulações de alimentação das torneiras de jardim foi realizado de acordo com a NBR 5626 de Instalações Prediais de Água Fria da ABNT. Para os materiais necessários à adaptação da rede coletora horizontal foram consideradas as dimensões previstas nos projetos fornecidos pelo DEPRO.

### 4.7.2 Orçamento e período de retorno do investimento

Para o orçamento, criou-se uma planilha com as informações quantitativas e qualitativas adquiridas com o levantamento, acrescidas dos valores obtidos junto aos representantes dos produtos e através pesquisas via internet.

Também foi estudada a necessidade de contratação de mão de obra, visto que a universidade dispõe de um setor de manutenção com capacidade técnica para execução de serviços de diversas áreas.

Para a análise do período de retorno do investimento, realizou-se um abatimento mensal do valor que seria gasto com o consumo de água para as destinações tratadas no estudo, se fossem tarifadas pela concessionária. Para o cálculo, foi considerada a “TARIFA NORMAL” da categoria “COMÉRCIO / INDUSTRIAL / UTILIDADE PÚBLICA”, autorizada pelo Decreto Estadual Nº 2010, de 28 de julho de 2015.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos serão apresentados e discutidos nas seções a seguir, dispostos na ordem estabelecida no capítulo de materiais e métodos.

### 4.8 CONSUMO DE ÁGUA NÃO POTÁVEL NA SEDE ECOVILLE

De acordo com as premissas estabelecidas em materiais e métodos obteve-se o consumo de água não potável na sede Ecoville, dispostos na Tabela 7.

**Tabela 7 - Consumo de água não potável na sede Ecoville**

Utilização	Área total (m <sup>2</sup> )	Volume de água por utilização (L)	Consumo de água não potável por mês (L)	Consumo de água não potável por ano (L)
Lavagem de calçadas	2.868,50	5.737,00	5.737,00	68.844,00
Rega de jardim	6.147,38	12.294,75	98.358,00	1.180.296,00
Valores totais	9.015,88	18.031,75	104.095,00	1.249.140,00

**Fonte: Autoria própria**

### 4.9 DADOS PLUVIOMÉTRICOS DA REGIÃO

Devido a grande variabilidade dos índices pluviométricos observados durante as pesquisas iniciais, adotou-se como base para os cálculos as médias mensais ocorridas em um período de dez anos, entre 2004 e 2013. O ano de 2014 foi desconsiderado por ter havido alguns meses sem leitura. Os dados estão dispostos na Tabela 9.

**Tabela 9 - Alturas mensais de precipitação (mm)**

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
2004	225,7	100,7	180	73,7	140,1	72,9	116,5	13,9	60,6	210,4	115,3	211,3
2005	216,4	69,2	66,9	85	124,2	69,7	107,6	121,5	323,7	235	61,1	41,4
2006	105,7	152,4	156,7	19	28,5	35,6 *	25,4	49,7	233,3	63,3	217,8	152,1
2007	160,3	163,8	141,9	141,7	194,6	0	125,1	14	82,9	172,7	170,1	221,6
2008	135,9	61,8	191,3	214,6	67,2	141,7	30	192,8	44,7	273,1	48	67,4
2009	234	113,6	116,6	36,8	62,2	75,4	273,8	80,5	326,4	156,8	225,4	119
2010	447,4	206,2	229	219	115	84,9	110,5	44,6	50,9	139,1	109,1	342,1
2011	169,9	310,4	85,2	62,6	30,1	98,9	144,6	298,7	63,4	174	66,8	103
2012	105,1	218,1	49,7	207,8	66,5	230,5	90,7	12	47,4	118,1	72,9	228,2
2013	22,7	210	97,3	76,3	68,7	320,2	133,4	29,9	164,3	75,5	98,4	54,4

Valores anuais (mm)												
ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
MÉDIA	182,3	160,6	131,5	113,6	89,7	113	115,8	85,8	139,8	161,8	118,5	154
MÍNIMA	22,7	61,8	49,7	19	28,5	0	25,4	12	44,7	63,3	48	41,4
MÁXIMA	447,4	310,4	229	219	194,6	320,2	273,8	298,7	326,4	273,1	225,4	342,1
D. PADRAO	107,7	73,7	55,3	72,3	49,9	90,7	65,2	63,2	109	63,2	61,2	90,9

Fonte: Adaptado de Sistema de Informações Hidrológicas - SIH do Instituto das Águas do Paraná (2015)

As informações hidrológicas podem ser consideradas representativas por serem provenientes de uma estação de medição próxima do local de estudo, fato que contribui para o aumento do nível de credibilidade dos resultados seguintes. Entretanto, a grande variação mensal pluviométrica observada para cada mês no decorrer dos anos prejudica a eficácia da utilização de um valor médio no desenvolvimento dos métodos de dimensionamento do reservatório. Questão verificada por valores de desvio padrão que chegam até 109 mm, como nos meses de setembro, que em seis dos dez anos de medição tiveram alturas consideravelmente menores que o próprio desvio padrão.

## 4.10 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA

### 4.10.1 Sistema existente

Na análise das coberturas que serviriam de coleta da água da chuva, observou-se que, por questão estratégica, se comparado às outras edificações do lote, o bloco B (Figuras 25 e 26) seria a opção mais inteligente por estar localizado

na região mais centralizada possível considerando as áreas de utilização. Concomitantemente, possui a maior extensão de telhado disponível para captação, executado em “telha ecológica” de cor clara, característica que facilitou a verificação visual da não existência do acúmulo de detritos fina e grosseira na cobertura.



**Figura 25 – Imagem panorâmica da cobertura do bloco B**

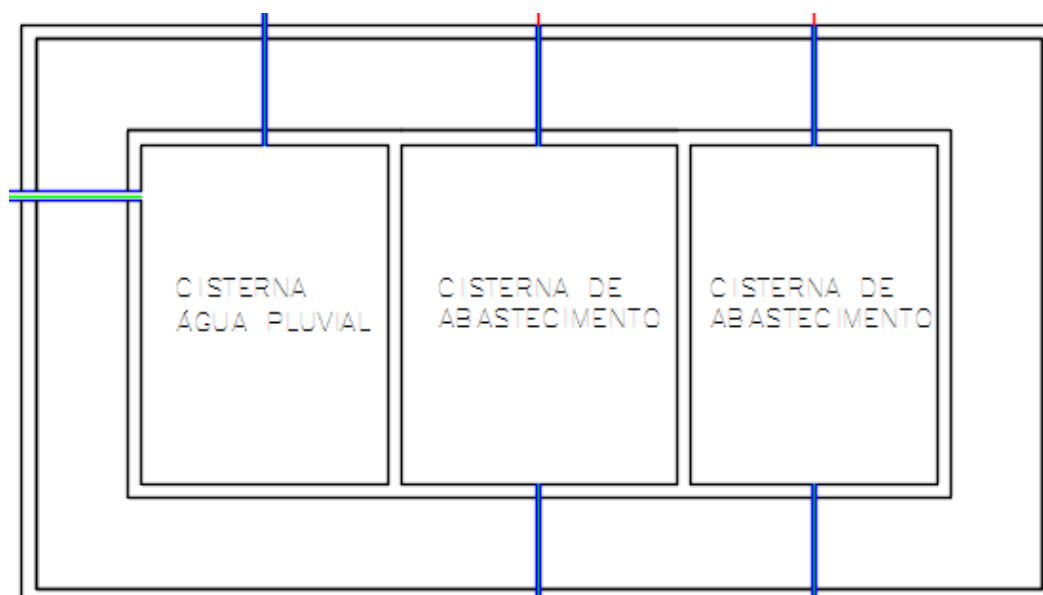
**Fonte: Acervo próprio**



**Figura 26 – Parte do telhado da cobertura do bloco B**

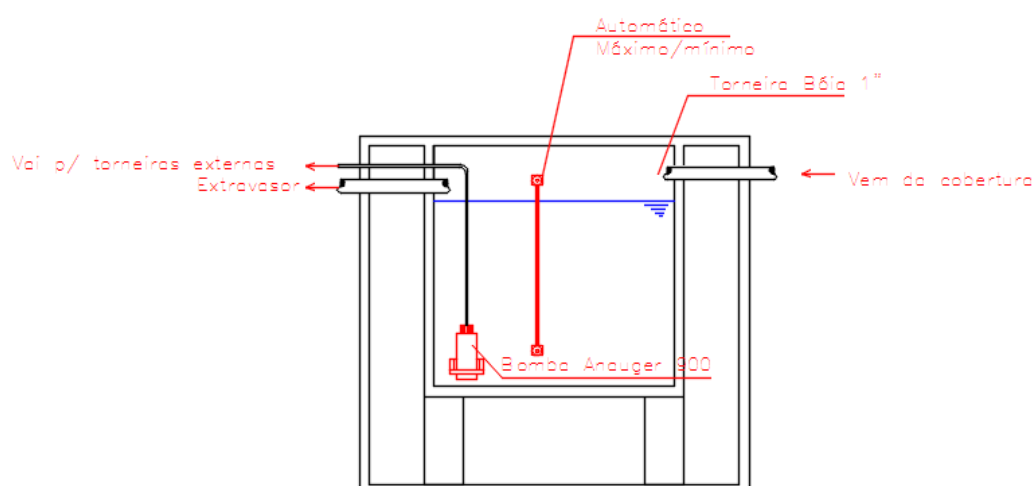
**Fonte: Acervo próprio**

Até onde se teve acesso para a conferência, tanto a direção de inclinação das calhas e das “águas” do telhado, quanto as prumadas, tubos de coleta e caixas de inspeção das instalações pluviais foram executadas conforme projeto. Entretanto, a água pluvial captada não é direcionada a uma cisterna de água pluvial com retenção destinada ao uso em torneiras de jardim, como previsto. Além disso, não ficou evidente se essa água é encaminhada a um reservatório de contenção de cheias, como seria devido, ou se está ligada diretamente ao sistema de coleta urbano.



**Figura 27 – Cisternas previstas no projeto de drenagem do bloco B**

Fonte: Adaptado de projeto fornecido pelo DEPRO



**Figura 28 – Corte da cisterna de água de chuva prevista para o bloco B**

Fonte: Adaptado de projeto fornecido pelo DEPRO

Com capacidade de 31 m<sup>3</sup>, a cisterna de águas pluviais prevista em projeto (Figuras 27 e 28) para captação do bloco B foi executada (Figura 29), mas está interligada aos reservatórios inferiores que recebem água da concessionária. Como o motivo da alteração do proposto em projeto não foi identificado e o DEPRO não possui informações oficiais sobre possível erro de dimensionamento desses reservatórios, o que poderia ter ocasionado a mudança, considerou-se a opção de avaliar a uso exclusivo desta cisterna no aproveitamento de águas pluviais.



**Figura 29 – Indicação do alçapão de acesso à cisterna de água de chuva**

**Fonte: Autoria própria**

Outra questão observada foi a existência de apenas uma torneira de jardim em toda a extensão da sede, com a ligação de água feita diretamente do abastecimento público, localizada em frente ao bloco A. Em conversa com a equipe de limpeza e manutenção do campus, notou-se que a deficiência na distribuição de pontos de água é de fato um empecilho em suas rotinas de trabalho.

#### 4.10.2 Estimativa do volume do reservatório

As “águas do telhado” do bloco B foram distribuídas de acordo com suas respectivas prumadas (Tabela 10) e posteriormente agrupadas a fim de se obter quatro áreas totais diferentes (Tabela 11) para as simulações dos métodos. O mapeamento utilizado da cobertura do bloco B encontra-se nos apêndices desse trabalho.



**Tabela 10 - Distribuição das "águas do telhado" de acordo com as prumadas**

Prumada	"águas do telhado"	Áreas (m <sup>2</sup> )
A	1.a	168,50
B	2.b	137,19
C	1.c; 2.c; 3; 5	312,77
D	8.d; 9.d; 6	203,49
E	9.e	137,19
F	7; 8.f	208,03
G	4	30,60

Fonte: Autoria própria

**Tabela 11 - Áreas consideradas para o estudo**

Prumadas	Áreas (m <sup>2</sup> )
Totalidade	1.197,77
A, B, C, D, G	852,56
D, E, F	548,71
E, F	340,68

Fonte: Autoria própria

#### 4.10.2.1 Método Prático Alemão

**Tabela 12 - Resultados do Método Prático Alemão**

Área de cobertura (m <sup>2</sup> )	Volume do reservatório (m <sup>3</sup> )
1198	74,89
853	74,89
549	51,45
341	31,94

Fonte: Autoria própria

Na Tabela 12, têm-se os resultados conseguidos através do método Alemão para as quatro áreas de captação estabelecidas.

O volume de reservatório obtido pelo método é resultado da multiplicação do valor mínimo entre “volume anual de consumo” e “volume anual de chuva aproveitável” por um coeficiente. Isso garante que o armazenamento da água pluvial não seja superior ao necessário para suprir a demanda e que, conseqüentemente, o volume do reservatório não seja superdimensionado. Entretanto, no caso de o “volume anual de chuva aproveitável” ser inferior ao “volume anual de consumo”, a formulação do método não deixa claro se haverá segurança no suprimento. Tal situação ocorreu para as áreas de 549 e 341 m<sup>2</sup>.

#### 4.10.2.2 Método Inglês e Método do Professor Azevedo Neto

**Tabela 13 - Resultados do Método Inglês**

Área de cobertura (m <sup>2</sup> )	Volume do reservatório (m <sup>3</sup> )
1198	93,59
853	66,62
549	42,88
341	26,62

Fonte: Autoria própria

**Tabela 14 - Método do prof. Azevedo Neto**

Área de cobertura (m <sup>2</sup> )	Volume do reservatório (m <sup>3</sup> )
1198	78,62
853	55,96
549	36,02
341	22,36

Fonte: Autoria própria

**Tabela 15 - Razão entre os métodos Azevedo Neto e Inglês**

área (m <sup>2</sup> )	Volume do reservatório (m <sup>3</sup> )		Razão
	Azev. Neto	Inglês	
1198	78,62	93,59	0,84
853	55,96	66,62	0,84
549	36,02	42,88	0,84
341	22,36	26,62	0,84

Fonte: Autoria própria

As Tabelas 13 e 14 representam os resultados obtidos pelos métodos Inglês e Azevedo neto, respectivamente.

O método Inglês abrange as variáveis “precipitação média anual” e “área de coleta”, sem levar em consideração a demanda. Muito parecido, o método de Azevedo Neto tem coeficiente multiplicador bastante próximo do utilizado no método Inglês, mas diferencia-se ao incluir a variável “número de meses com pouca chuva ou seca”, valor que não interferiu nos resultados pelo fato de a cidade de Curitiba não possuir meses do tipo. Dessa forma, para cada área de cobertura considerada, os dois métodos apresentaram resultados próximos que variam com a mesma razão, como pode ser observado na Tabela 15.

#### 4.10.2.3 Método de Rippl

**Tabela 16 - Método de Rippl**

<b>Área de cobertura (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Volume do reservatório (m<sup>3</sup>)</b>
1198	39,88
853	215,48
549	562,08
341	822,16

**Fonte: Aatoria própria**

Na Tabela 16, observou-se que, para as quatro áreas de cobertura consideradas, o volume do reservatório é inversamente proporcional à área de cobertura. De acordo com Tomaz (2012), o método de Rippl geralmente superdimensiona o reservatório. Considerando os resultados verificados, nota-se que tal afirmação poderia ser confirmada para as áreas de 853, 549 e 341 m<sup>2</sup>, que obtiveram volumes muito maiores se comparados aos dos demais métodos.

## 4.10.2.4 Método da Simulação e Método Australiano

Ambos os métodos apresentam linhas de raciocínio bastante parecidas entre si e ao mesmo tempo diferentes dos demais. Além de considerarem o volume de chuva mensal e a demanda exigida, lançam mão de um cálculo cumulativo que verifica a situação do reservatório a cada mês. Tal verificação foi julgada necessária para os volumes obtidos em todos os outros métodos utilizados nesse trabalho. Como no Australiano e no da Simulação o cálculo do tamanho do reservatório é feito por tentativas até que se consiga um valor de confiança aceitável. Esses dois métodos foram utilizados como forma de verificação dos volumes resultantes dos outros métodos. Os resultados da análise estão na Tabela 17:

Tabela 17 - Resultados da análise dos volumes obtidos

Método	Área de cob. (m <sup>2</sup> )	Vol. do reserv. (m <sup>3</sup> )	Simulação Reservatório vazio		Simulação Reservatório cheio		Australiano	
			Conf. no sistema	Efic. no sistema	Conf. no sistema	Efic. no sistema	Conf. no sistema	Efic. no sistema
Rippl	1198	39,88	100,00%	86,01%	100,00%	83,35%	100,00%	87,35%
	853	215,48	41,67%	100,00%	100,00%	97,57%	33,33%	100,00%
	549	562,08	0,00%	100,00%	91,67%	100,00%	0,00%	100,00%
	341	822,16	0,00%	100,00%	91,67%	100,00%	0,00%	100,00%
Azevedo Neto	1198	78,62	100,00%	88,60%	100,00%	83,35%	100,00%	89,98%
	853	55,96	41,67%	100,00%	50,00%	97,57%	33,33%	100,00%
	549	36,02	0,00%	100,00%	8,33%	100,00%	0,00%	100,00%
	341	22,36	0,00%	100,00%	0,00%	100,00%	0,00%	100,00%
Alemão	1198	74,89	100,00%	88,35%	100,00%	83,35%	100,00%	89,72%
	853	74,89	41,67%	100,00%	50,00%	97,57%	33,33%	100,00%
	549	51,45	0,00%	100,00%	8,33%	100,00%	0,00%	100,00%
	341	31,94	0,00%	100,00%	0,00%	100,00%	0,00%	100,00%
Inglês	1198	93,59	100,00%	89,60%	100,00%	83,35%	100,00%	90,99%
	853	66,62	41,67%	100,00%	50,00%	97,57%	33,33%	100,00%
	549	42,88	0,00%	100,00%	8,33%	100,00%	0,00%	100,00%
	341	26,62	0,00%	100,00%	0,00%	100,00%	0,00%	100,00%
Reservat. existente	1198	31	91,67%	85,34%	91,67%	83,27%	91,67%	86,15%
	853	31	41,67%	100,00%	41,67%	97,57%	33,33%	100,00%
	549	31	0,00%	100,00%	8,33%	100,00%	0,00%	100,00%
	341	31	0,00%	100,00%	0,00%	100,00%	0,00%	100,00%

Fonte: Autoria própria

Na Tabela 17, seguindo o parâmetro recomendado pela NBR 15.527, foram destacados em azul os valores de confiança no sistema que ficaram acima de 90%. Observa-se que todos os métodos e o reservatório existente atingiram o valor mínimo (90%) para a área de cobertura total (1198 m<sup>2</sup>) nas avaliações realizadas tanto pelo método da Simulação, quanto pelo Australiano.

Adotando a eficiência no sistema como parâmetro de análise secundário, foram selecionados os volumes obtidos com valores de confiança e de eficiência no sistema maiores que 90%, além da melhor avaliação para o reservatório existente e para os métodos que não atingiram a porcentagem mínima. Observou-se que, em grande maioria, os resultados com melhor desempenho para o volume da cisterna foram obtidos a partir da maior área de cobertura considerada. Essas informações, destacadas em verde na Tabela 17, estão reunidas na Tabela 18.

**Tabela 18 - Resultados da análise dos volumes obtidos**

Método	Área de cob. (m <sup>2</sup> )	Vol. do reserv. (m <sup>3</sup> )	Simulação			
			Reservatório cheio		Australiano	
			Conf. no sistema	Efic. no sistema	Conf. no sistema	Efic. no sistema
Rippl	853	215	100,00%	97,57%	-	-
	549	562	91,67%	100,00%	-	-
	341	822	91,67%	100,00%	-	-
<b>Azevedo Neto</b>	1198	79	-	-	100,00%	89,98%
<b>Alemão</b>	1198	75	-	-	100,00%	89,72%
<b>Inglês</b>	1198	94	-	-	100,00%	90,99%
<b>Reserv. Existente</b>	1198	31	-	-	91,67%	86,15%

Fonte: Autoria própria

Sabendo que os métodos utilizados para a verificação possuem equações de fácil entendimento, sem nenhum multiplicador ou coeficiente advindo de um cálculo desconhecido, a disparidade dos volumes de reservatório obtidos com valores satisfatórios de conferência, para cada área de cobertura, não foi considerada como fator de invalidez da análise realizada.

Visando atender aos objetivos desse estudo e tendo em vista que a concepção de um projeto com o menor custo possível aumenta as chances de

viabilização, o não conservadorismo foi adotado na análise dos resultados visando a otimização do sistema. Dessa forma, optou-se por prosseguir com a utilização do reservatório existente pela comprovação de que o valor de 91,67% de confiança no sistema está acima do mínimo sugerido pela NBR 15.527/2007. Isso significa que, em teoria, o volume de água armazenado atenderá em onze meses do ano a demanda de água pluvial calculada e que, em um único mês, o reservatório necessitará ser suprido com água potável proveniente da concessionária.

**Tabela 19 - Volume extravasado**

<b>Método</b>	<b>Vol. do reserv. (m³)</b>	<b>Volume de chuva aproveitável (m³)</b>	<b>Efic. no sistema</b>	<b>Volume extravasado (m³)</b>
<b>Rippl</b>	215	1065,90	97,57%	25,90
	562	686,01	100,00%	0,00
	822	425,93	100,00%	0,00
<b>Azevedo Neto</b>	79	1474,50	89,98%	147,79
<b>Alemão</b>	75	1474,50	89,72%	151,52
<b>Inglês</b>	94	1474,50	90,99%	132,81
<b>Reserv. Existente</b>	31	1474,50	86,15%	204,22

Fonte: Autoria própria

**Tabela 20 - Suprimento**

<b>Método</b>	<b>Volume coletado extravasado (m³)</b>	<b>Suprimento (m³)</b>
<b>Rippl</b>	25,90	0,00
	0,00	0,00
	0,00	0,00
<b>Azevedo Neto</b>	147,79	0,00
<b>Alemão</b>	151,52	0,00
<b>Inglês</b>	132,81	0,00
<b>Reserv. Existente</b>	204,22	8,79

Fonte: Autoria própria

A eficiência de 86,15% (Tabela 18) para o reservatório existente não foi parâmetro decisivo na escolha do volume da cisterna entre os valores da amostragem da “TABELA RESUMIDA”. Isso porque, apenas 8,79 m³ de suprimento de água da concessionária (Tabelas 19 e 20), que representam 4,3% da quantidade

total extravasada no ano, 0,7% da demanda total anual e 0,6% do volume de chuva anual aproveitável, não justificariam a construção de um novo reservatório.

#### 4.10.3 Verificação do decreto 293/2007

O cálculo através da equação exigida às edificações comerciais e industriais, considerando a área total construída prevista para a sede, resultou em um valor de 17.622,1 L, o equivalente a 17,62 m<sup>3</sup>. Sabendo que o valor obtido para o volume estudado é de 31 m<sup>2</sup>, certifica-se que o reservatório existente está em conformidade com a Lei.

#### 4.10.4 Reservatório de auto-limpeza

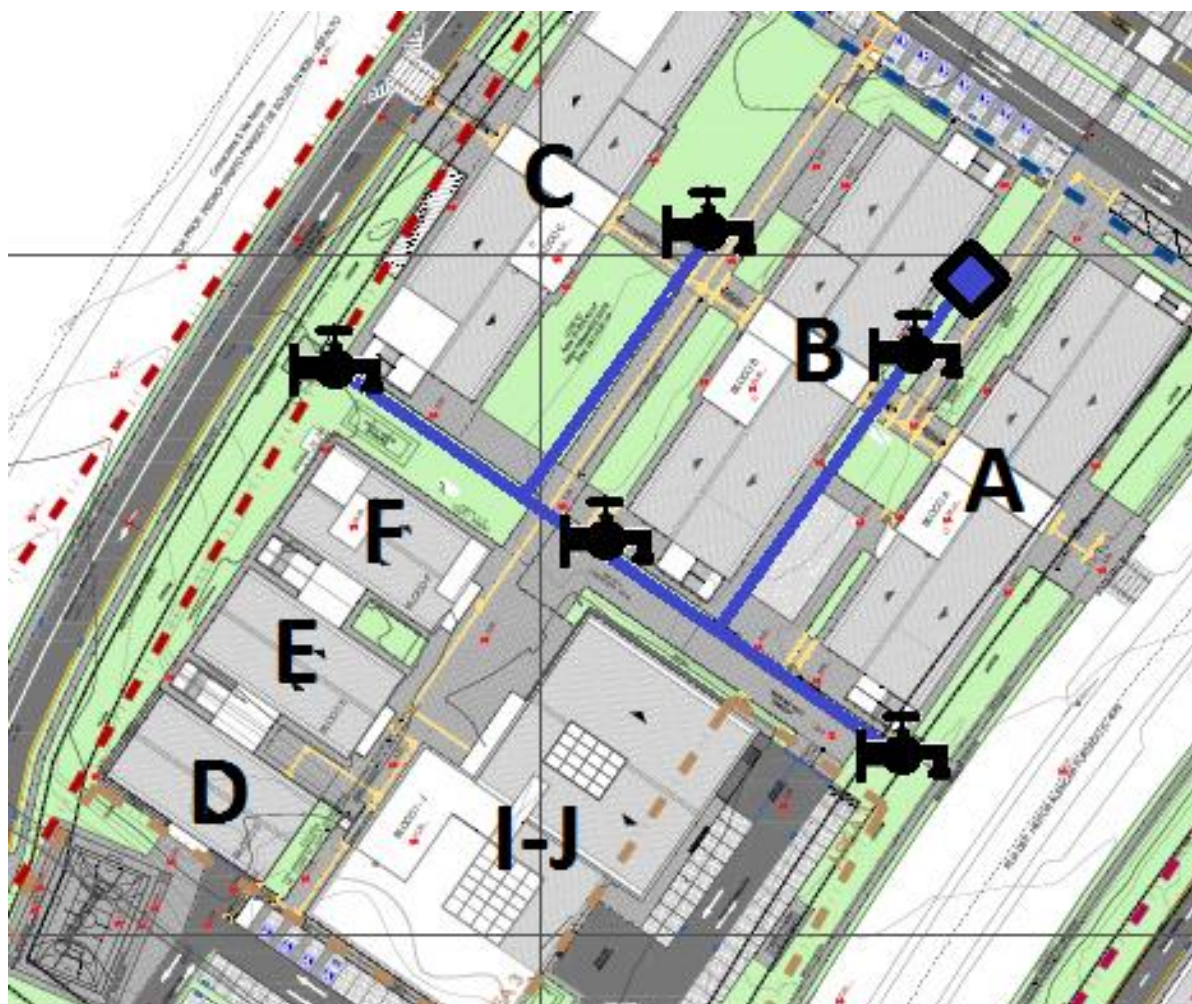
Considerando o intervalo de 1 a 2 mm de descarte da chuva inicial estabelecido por Pessoa (2011), tem-se uma variação de 1,2 a 2,4 m<sup>3</sup> para o volume do reservatório de auto-limpeza, seguindo o princípio de cálculo estabelecido por Tomaz (2003). Tendo em vista que não foram encontrados valores fixos para as dimensões, como medidas mínimas ou máximas de seção ou altura, optou-se pela instalação de uma cisterna pré-fabricada com o objetivo de evitar o custeio com materiais e mão de obra para execução da estrutura. O volume da cisterna a ser definida no levantamento deverá atender ao mínimo calculado.

### 4.11 ORÇAMENTO E ANÁLISE FINANCEIRA

#### 4.11.1 Levantamento de materiais e equipamentos

A tabela com a estimativa dos itens necessários à ativação do sistema foi inserida na seção seguinte, já com os valores obtidos. A seguir, têm-se as

explanações sobre a escolha dos equipamentos e o esboço (Figura 30) utilizado para a definição dos pontos de utilização e no levantamento de tubos, conexões e acessórios.






- Legenda:**
-  Cisterna de água pluvial
  -  Torneira de jardim
  -  Tubulação

Figura 30 – Esboço da distribuição dos pontos de utilização

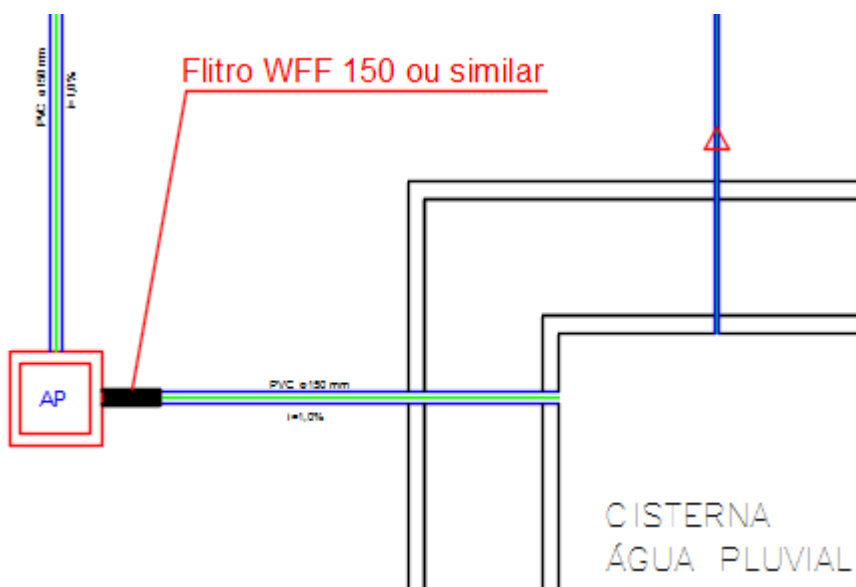
Fonte: Autoria própria



#### 4.11.1.1 Bomba

Devido ao fato de o reservatório ser enterrado e ter nível mais baixo do que os pontos de utilização foi obrigatório o emprego de uma bomba de recalque. Para a definição do modelo, levou-se em consideração a vazão padrão de torneiras de esfera, as distâncias da cisterna até as torneiras e a altura de coluna d'água do desnível entre o ponto de sucção do reservatório e os pontos de utilização.

#### 4.11.1.2 Filtro



**Figura 31 – Filtro sugerido pelo projeto**

**Fonte: Adaptado do projeto de drenagem fornecido pelo DEPRO**

Durante as pesquisas, não foram encontrados filtros alternativos que atendessem às dimensões do sistema. Dessa forma, optou-se por um modelo pré-fabricado, mantendo o especificado no projeto fornecido pelo DEPRO, como visto na Figura 31. Tal posicionamento somente pôde ser tomado perante o fato de que tanto o projeto quanto os resultados desse estudo preveem a captação de água de toda a cobertura do bloco B. Ou seja, não foram alteradas as informações originais de área de coleta e vazão dos tubos de descida.

#### 4.11.1.3 Freio d'água

Não foram encontradas pesquisas ou avaliações de projetos que utilizaram esse dispositivo. Entretanto, devido aos motivos de empregá-lo no sistema, explicados na seção 3.4.1.5, a opção foi considerada no levantamento como sugestão de teste.

#### 4.11.1.4 Sifão-Ladrão

Além de ser um item indispensável no reservatório, sabe-se que o extravasor deve atender aos requisitos explicados anteriormente de acordo com Tomaz (2003) e Fendrich (2009). O sifão-ladrão escolhido, que teve suas especificações descritas na seção 3.4.1.4, é um modelo pré-fabricado que funciona exatamente como um extravasor ideal, acrescentado de uma válvula de retenção que evita o refluxo da água.

#### 4.11.1.5 Conjunto de sucção

A opção escolhida possui todos os dispositivos necessários para garantir o bom funcionamento do sistema, já discutidos anteriormente. Não foram encontradas variações da tipologia padrão para o conjunto de sucção.

#### 4.11.1.6 Reservatório de auto-limpeza

Foi encontrada apenas uma cisterna pré-fabricada disponível no mercado que atendesse ao volume mínimo de 1200 L e que não fosse superior ao valor máximo calculado, de 2400 L. Com 2000 L, a cisterna definida no levantamento

garantirá 800 L acima do mínimo estipulado, o que significa aproximadamente 67% de índice de segurança.

#### 4.11.2 Orçamento e período de retorno do investimento

**Tabela 21 - Relação de materiais e equipamentos**

(continua)

Qtde.	unid.	Descrição do item	Valor unit. (R\$)	Valor total (R\$)
1	u	Bomba pressurizadora 1CV Schneider	775,00	775,00
1	u	Filtro Vortex WFF 150	3.820,00	3.820,00
1	u	Freio d'água 3P DN150	750,00	750,00
1	u	Sifão-ladrão 3P uno com válvula de retenção DN 100	210,00	210,00
1	u	Conjunto de Sucção Flutuante 3P com mangueira	493,00	493,00
1	u	Cisterna Vertical 2000 litros	1.734,00	1.734,00
5	u	Torneira de esfera com bico união metal	24,90	124,50
25	m	Tubo soldável PVC 150 mm	21,97	549,17
80	m	Tubo soldável PVC 32 mm	10,67	853,33
120	m	Tubo soldável PVC 25 mm	3,13	375,60
2	u	Tê 90º soldável PVC 150 mm	48,90	97,80
2	u	Joelho 90º soldável PVC 150 mm	41,50	83,00
1	u	Tê 90º soldável PVC 32 mm	4,00	4,00
2	u	Adaptador roscável e soldável PVC 32 mm	2,49	4,98
3	u	Tê 90º soldável PVC 32 x 25 mm	7,00	21,00
3	u	Luva de Redução Soldável 32 x 25 mm	4,10	12,30

Tabela 21 - Relação de materiais e equipamentos

				(conclusão)	
Qtde.	unid.	Descrição do item		Valor unit. (R\$)	Valor total (R\$)
2	u	Joelho 90º soldável PVC 32 x 25 mm		4,39	8,78
3	u	Joelho 90º soldável PVC 25 mm		0,94	2,82
5	u	Joelho 90º soldável PVC 25 mm com bucha de latão		4,95	24,75
1	u	Frasco de adesivo para PVC 175g		12,60	12,60
1	u	Argamassa Polimérica Super Colante 3kg Biomassa		17,90	17,90
				<b>Valor total (R\$)</b>	<b>9.974,53</b>

Fonte: Autoria própria

Tabela 22 - Período de retorno

Mês	Consumo mensal previsto de água não potável (m <sup>3</sup> )	Precificação hipotética da água não potável		Abatimento do valor do investimento	
				-R\$	9.974,53
1º	104,01	R\$	1.177,99	-R\$	8.796,54
2º	104,01	R\$	1.177,99	-R\$	7.618,54
3º	104,01	R\$	1.177,99	-R\$	6.440,55
4º	104,01	R\$	1.177,99	-R\$	5.262,55
5º	104,01	R\$	1.177,99	-R\$	4.084,56
6º	104,01	R\$	1.177,99	-R\$	2.906,56
7º	104,01	R\$	1.177,99	-R\$	1.728,57
8º	104,01	R\$	1.177,99	-R\$	550,57
9º	104,01	R\$	1.177,99	R\$	627,42
10º	104,01	R\$	1.177,99	R\$	1.805,42
11º	104,01	R\$	1.177,99	R\$	2.983,41
12º	104,01	R\$	1.177,99	R\$	4.161,40

Fonte: Autoria própria

Os custos dos equipamentos, dispostos na Tabela 21, foram obtidos junto ao representante das marcas na cidade de Curitiba, a Top Bombas. Para tubos, conexões e outros, foram encontrados em pesquisas nos sites das lojas Leroy Merlin ([www.leroymerlin.com.br](http://www.leroymerlin.com.br)) e Casa e Construção ([www.cec.com.br](http://www.cec.com.br)).

Não foram considerados valores de mão de obra, pois o campus dispõe de uma equipe de encanadores e eletricitas que possuem conhecimento técnico suficiente para a execução do serviço, além de poderem contar com a supervisão do corpo docente do Departamento de Construção Civil da universidade. Por não envolverem serviços de estrutura, os trabalhos necessários dispensam a necessidade de pedreiros ou carpinteiros. A equipe de manutenção do campus é capacitada para os arremates de impermeabilização e reboco, resultantes da fixação das passagens dos tubos através das paredes do reservatório. Como não se sabe o tipo de impermeabilização que foi utilizada na cisterna, considerou-se para efeitos orçamentários que os retoques seriam feitos em argamassa polimérica, material indicado para reservatórios enterrados, de acordo com revista PINI. As ferramentas a serem utilizadas serão fornecidas pelo acervo próprio da UTFPR.

De acordo com a Tabela 22, estima-se que o retorno do investimento aconteceria em aproximadamente 9 meses, considerando que o consumo de água não potável ocorra da forma prevista. Ainda, nota-se que após esse período, a água potável que for substituída pela proveniente do reservatório em questão trará saldos financeiros positivos à sede Ecoville da UTFPR.

## 6. CONCLUSÕES

Unir os benefícios ecológicos aos econômicos é atitude que faz jus ao contexto sustentável em que se vive atualmente. Nesse trabalho foram apontados vários pontos positivos sobre o aproveitamento da água de chuva, que podem ser alcançados apenas com a adaptação de uma estrutura já existente, como ocorreu com o estudo realizado na sede Ecoville da UTFPR.

Em suma, os resultados obtidos foram assertivos. A confiança no sistema de 91,67%, obtida para o reservatório existente de 31 m<sup>3</sup>, através método Australiano, está acima do valor mínimo de 90% exigido pela ABNT. Esse fator descartou a necessidade de investimento na construção de uma nova estrutura de armazenamento para a água coletada.

Em função do valor de 91,67% ser respectivo ao cálculo realizado para a área total de telhado, as instalações prediais de águas pluviais, como calhas e tubulações, puderam ser mantidas como executadas originalmente. Apenas se faria necessário o encaminhamento da tubulação de solo até o reservatório, localizado a aproximadamente 3 metros da caixa de inspeção mais próxima.

Entre os materiais e equipamentos considerados no levantamento do custo de ativação do sistema, que resultou em R\$ 9.974,53, destacam-se como os itens de maior valia o filtro e o reservatório de auto-limpeza, pré-fabricados, nos valores de R\$ 3.820,00 e R\$ 1.734,00, respectivamente. Não foram encontradas formas alternativas de filtragem que atendessem à área de cobertura considerada, de 1.198 m<sup>2</sup>.

As destinações de uso designadas foram fatores que colaboraram com o resultado positivo do estudo. Além de terem atuado na redução do custo pela não obrigatoriedade de tratamento, foi notória a empregabilidade na lavagem de calçadas. Embora atualmente a sede não possua grande número de plantas que necessitem de rega frequente, o sistema dimensionado garantirá o suprimento para boa parte das vastas áreas gramadas em épocas de pouca chuva e ainda colaborará com a possibilidade de implantação de jardins ornamentais.

Considerando que as adaptações sugeridas necessárias para o funcionamento do sistema em questão foram as mínimas possíveis, visto que foram dispensados os custos de construção de um novo reservatório e do tratamento da

água pluvial, concluiu-se que a aplicação dos resultados obtidos são viáveis. O fato de o cálculo do período de retorno do investimento já apresentar valores positivos em aproximadamente nove meses, extingue a dúvida econômica da implantação do sistema.

Além das vantagens econômicas, destaca-se que a cisterna avaliada atende aos requisitos do Decreto 293/2007, se consideradas as disposições para edificações comerciais e industriais com área computável construída igual ou superior a 5.000 m<sup>2</sup>. Dessa forma, colocar o reservatório em funcionamento significaria agir de acordo com a lei, que para tal situação, exige o aproveitamento de água da chuva para atividades que não exijam o uso de água tratada.

A partir dos resultados obtidos neste trabalho, visando à implantação do sistema em questão, sugere-se investigar a existência do reservatório de contenção de cheias responsável pela retenção da água da cobertura do bloco B, assim como verificar soluções aos possíveis problemas que poderiam ser ocasionados pelo fato de a cisterna de água pluvial ter parede em comum com o reservatório de água potável. Ainda, qual seria a melhor forma de complementação do sistema de água potável, evitando o fenômeno da conexão cruzada.

## REFERÊNCIAS

3P TECHNIK do Brasil. Disponível em <<http://www.3ptechnik.com.br/4-2-Home.html>>. Acesso em 21 de fevereiro de 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Gestão das águas urbanas**. Disponível em: <[http://capacitacao.ana.gov.br/Lists/Editais\\_Anexos/Attachments/23/08.Gestao\\_Agua\\_Urb-220909.pdf](http://capacitacao.ana.gov.br/Lists/Editais_Anexos/Attachments/23/08.Gestao_Agua_Urb-220909.pdf)> Acesso em 20 de fevereiro de 2015.

AMBIENTEL – Tecnologias Ambientais. **Sistemas de recuperação de águas pluviais**. Disponível em: <[http://www.ambietel.com/docs/WISY\\_sistemas\\_recuperacao\\_aguas\\_pluviais.pdf](http://www.ambietel.com/docs/WISY_sistemas_recuperacao_aguas_pluviais.pdf)>. Acesso em 22 de fevereiro de 2015.

ANA, FIESP, SindusCon-SP, COMASP. **Conservação e Reúso da Água em Edificações**. São Paulo, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.527: Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2007.

\_\_\_\_\_. **NBR 12.208: Instalações Prediais de águas pluviais**. Rio de Janeiro, 1989.

\_\_\_\_\_. **NBR 12.213: Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público**. Rio de Janeiro, 1992.

COSTA, F. J. L. **Estratégias de gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil: áreas de cooperação com o Banco Mundial - Série Água Brasil**. Brasília, 2003.

CHRISTAN, P. **Análise das Exigências Impostas pelo Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações - PURAE, Existentes na Cidade de Curitiba, Paraná**. 2008. 105 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção Civil). UTFPR. Curitiba, 2008.



FENDRICH, R. **Manual de utilização de águas pluviais: 100 maneiras práticas.** Curitiba, 2009.

FENDRICH, R.; OLIYNIK, R. **Manual de utilização de águas pluviais.** Curitiba, 2009.

GHISI, E.; CORDOVA, M. M. **Netuno 4 – Manual do usuário.** Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis, 2014. Disponível em: <[http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/Manual-Netuno-4\\_Junho2014.pdf](http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/Manual-Netuno-4_Junho2014.pdf)> Acesso em 22 de fevereiro de 2015.

GIACCHINI, M. **Estudo Quali-Quantitativo Do Aproveitamento Da Água De Chuva No Contexto Da Sustentabilidade Dos Recursos Hídricos.** Curitiba, 2010.

GIACCHINI, M. **Uso/reuso da água – Série de Cadernos Técnicos.** Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Paraná.

HIRT, B. F.; SANTOS, D. S. **Avaliação da filtração de águas pluviais para uso não potável.** Curitiba, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Síntese de indicadores sociais: Uma análise das condições de vida da população brasileira.** Disponível em: <[ftp://ftp.ibge.gov.br/Indicadores\\_Sociais/Sintese\\_de\\_Indicadores\\_Sociais\\_2013/SIS\\_2013.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Indicadores_Sociais/Sintese_de_Indicadores_Sociais_2013/SIS_2013.pdf)>. Rio de Janeiro, 2013.

MAY, S. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações.** São Paulo, 2004.

MENDONÇA, F.; LEITÃO, S.. **Riscos e vulnerabilidade socioambiental urbana: uma perspectiva através dos recursos hídricos.** GeoTextos, vol. 4, n.1 e 2, 145-163, 2008.

NAKADA, L. Y. K.; MORUZZI, R. B. **Variabilidade qualitativa de águas pluviais coletadas em telhado e sua importância na concepção do sistema de tratamento.** Rio Claro, 2014.

NETO, R. F. M. **Avaliação do potencial de utilização de água pluvial em aeroportos: Estudo de caso do Aeroporto Internacional Tancredo Neves.** XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos.

PESSOA, S. G. S.; SANTOS, S. M.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; SOUZA, S. H. B.; NÓBREGA, R. L. B. **Avaliação da Qualidade da Água e da Eficácia de Barreiras Sanitárias em Sistemas para Aproveitamento de Águas de Chuva.** Pernambuco, 2011.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA. **Lei Nº 10.785.** Disponível em <<http://multimidia.curitiba.pr.gov.br/2010/00086319.pdf>>. Acesso em 5 de novembro de 2015.

RIGHETTO, A. M. **PROSAB – Manejo de águas pluviais urbanas.** Natal, 2009.  
RUPPI, R. F.; MUNARIM, U.; GHISI E. **Comparação de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial.** Ambiente Construído, v. 11, n. 4, p. 47-64. Porto Alegre, 2011.

SISTEMA DE INFORMAÇÕES HIDROLÓGICAS – INSTITUTO DAS ÁGUAS DO PARANÁ. Disponível em <<http://www.aguasparana.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=6>>. Acessado em 13 de maio de 2015.

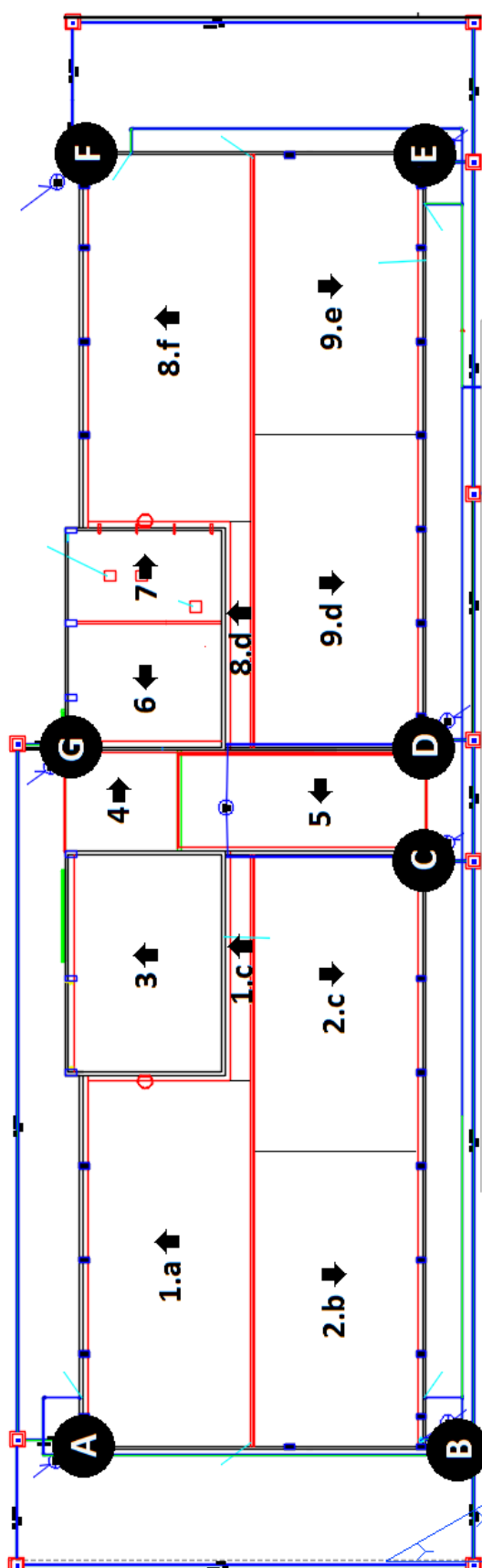
TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não portáteis.** Guarulhos, 2003.

TOMAZ, P. **Cap 109 - Dimensionamento de reservatórios de água de chuva.** 2012. Disponível em: <[http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livro\\_calculos/capitulo109\\_julho.pdf](http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livro_calculos/capitulo109_julho.pdf)> Acesso em 18 de dezembro de 2014.

TUCCI, C. E. M. **Gerenciamento da Drenagem Urbana,** RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Vol. 7, p. 5-25, 2002.

WISY AG. Disponível em <<http://www.wisy.de/>>. Acesso em 2 de novembro de 2015.

## APÊNDICE A – DIVISÃO DA COBERTURA DO BLOCO B



LEGENDA : **A** Prumada      ↑ Sentido da queda      1.a "água do telhado"