

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
COORDENAÇÃO DE CONSTRUÇÃO CIVIL  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

PAULO RICARDO KRUGER

**REUSO DE ÁGUA DA CHUVA COLETADA NO BLOCO C DA  
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ *CÂMPUS*  
CAMPO MOURÃO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO

2012

PAULO RICARDO KRUGER

**REUSO DE ÁGUA DA CHUVA COLETADA NO BLOCO C DA  
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ *CÂMPUS*  
CAMPO MOURÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação,  
apresentado à Disciplina de Trabalho de Conclusão de  
Curso 2, do Curso de Engenharia Civil, da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná, Campus Campo Mourão,  
como requisito parcial para obtenção do título de  
Engenheiro Civil.

Orientadora: Prof. Dr. Helton Rogerio Mazzer

CAMPO MOURÃO

2012



Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Câmpus Campo Mourão  
Coordenação de Engenharia Civil

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

**Trabalho de Conclusão de Curso Nº 008**

**Reuso de água da chuva coletada no bloco c da Universidade Tecnológica  
Federal do Paraná Câmpus Campo Mourão.**

**por**

**Paulo Ricardo Kruger**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 19:30h do dia 30 de outubro de 2012 como requisito parcial para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado

**Prof<sup>a</sup>. Msc. Paula Cristina de Souza**  
( UTFPR )

**Prof. Dr. Leandro Waidemam**  
( UTFPR )

**Prof. Dr. Helton Rogerio Mazzer**  
(UTFPR)  
***Orientador***

Responsável pelo TCC: **Prof. Msc. Valdomiro Lubachevski Kurta**

Coordenador do Curso de Engenharia Civil:  
**Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Fabiana Goia Rosa de Oliveira**

*A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.*

## DEDICATÓRIA

Ao meu primo falecido Siciliano Bodaneze, pois foi um grande irmão que nunca sairá do meu coração.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus, que seria impossível essa jornada sem ele ao meu lado.

Agradeço aos meus pais Roberto Carlos Kruger e Jacira Terezinha Bigas Kruger e a minha querida irmã Carla Kruger, por terem me dado força e suporte em vários momentos difíceis, não medindo esforços para que eu chegasse até essa etapa da minha vida.

Agradeço ao meu Professor Orientador e amigo Helton Rogerio Mazzer, por acreditar em mim quando ninguém nem mesmo eu acreditava.

A professora Karina Querne de Carvalho Passig, pela grande participação neste trabalho, sem a qual não seria possível a realização deste trabalho.

Ao professor Fernando Hermes Passig pelo suporte e ideias para melhorar o trabalho de conclusão de curso.

A professora Paula Cristina de Souza, por estar a disposição para sanar qualquer duvida e por todas as ideias sugeridas neste trabalho.

E também a todos os professores da COECI, que foram muito importantes na minha formação acadêmica e no desenvolvimento deste trabalho.

Ao professor Eudes José Arantes, no auxílio com o Diagrama de Rippl.

Ao engenheiro do Departamento de Projetos e Obras Wladimir.

E todos os funcionários da manutenção e da limpeza que não mediram esforços para ajudar no desenvolvimento deste trabalho, sem eles não conseguiria obter tantos dados.

E também agradeço pelos excelentes amigos que obtive nestes cinco anos de faculdade, com os quais eu passei muitos momentos de descontração e de tensão, criando laços que me possibilitam chamar muitos de irmãos, pois estavam presentes nas mais diversas situações, acreditando e incentivando, valendo ainda mais a pena todo o esforço para concluir essa longa jornada.

“Chegamos a um ponto na História em que devemos moldar nossas ações em todo o mundo, com maior atenção para as consequências ambientais. Através da ignorância ou da indiferença podemos causar danos maciços e irreversíveis ao meio ambiente, do qual nossa vida e bem-estar dependem. Por outro lado, através do maior conhecimento e de ações mais sábias, podemos conquistar uma vida melhor para nós e para a posteridade, com um meio ambiente em sintonia com as necessidades e esperanças humanas...”. (Estocolmo, 1972).

## RESUMO

KRUGER, Paulo Ricardo. Reuso de água da chuva coletada no bloco C da Universidade Tecnológica Federal do Paraná câmpus Campo Mourão. 2012. 63 f. TCC (Trabalho de conclusão de curso) – Graduação em Engenharia Civil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2012.

Este estudo visa avaliar a viabilidade de implantação de sistema de aproveitamento de água da chuva no bloco C da Universidade Tecnológica Federal do Paraná câmpus Campo Mourão. Tendo em vista que órgãos públicos são geralmente locais que recebem grande número de pessoas diariamente e exigem manutenção como higiene e limpeza, constantemente, sendo fatores que aumentam o consumo de água potável. A Universidade Tecnológica Federal do Paraná se enquadra neste padrão o que a torna objeto importante para este estudo. É importante utilizar o sistema de reuso de águas pluviais na UTFPR, para que se tenha principalmente uma racionalização da água potável, para preservar os recursos hídricos da região. No estudo foram levantados os dados de consumo de limpeza e dos aparelhos hidro sanitários em duas etapas, durante as férias e durante o período letivo. Esses dados possibilitaram obter a estimativa do consumo, juntamente com os dados pluviais dos últimos 11 anos da região e com a área de captação, foi calculada a cisterna de 20 m<sup>3</sup> com o auxílio do diagrama de Rippl. Realizando um orçamento pode-se constatar a possibilidade de implantar esse sistema na Universidade Tecnológica Federal do Paraná câmpus Campo Mourão e que teria um período de retorno do investimento em 6 anos e 6 meses aproximadamente, caso viessem a cobrar taxa da água utilizada na universidade e que propiciaria uma economia de 520 m<sup>3</sup> por ano de água potável.

**Palavra chave:** Água da chuva, Aproveitamento de água da chuva, Reuso de água pluvial.

## ABSTRACT

KRUGER, Paulo Ricardo. Reuse of rain water collected in C block from Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Campo Mourão, 2012. 63 p. Completion of Course Work – Civil Engineering Graduation. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2012.

This study aims to evaluate the implantation of a water reuse system on the C block from Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Campo Mourão. Considering that public agencies are places that usually receive a large amount of people and require maintenances such as cleaning and hygiene constantly, which increases water consumption. The Universidade Tecnológica Federal do Paraná fits this pattern, which makes it an important object of this study. It's important to use the pluvial water reuse system on UTFPR to obtain a rationalization of potable water and thus preserve the water resources on the region. This study collected data on household cleaning and hydro sanitary appliances in two stages, during vacations and during school year. These data allows us to obtain the estimated consumption along with precipitation data from the past 11 years on the region, the 20m<sup>3</sup> tank was calculated using the Rippl diagram. Performing a budget could confirm the possibility of deploying this system at Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Campo Mourão and it would have a payback period of investment in approximately 6 years and 6 months if the university would be charged for the water used, it would provide a saving of 520m<sup>3</sup> per year of potable water.

**Key words:** Rainwater, Rainwater Harnessing, Rainwater reuse.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Índice médio de atendimento total de água dos participantes do SNIS em 2009, distribuído por faixas percentuais, segundo os estados brasileiros. .....	17
Figura 2 - Localização da Universidade Tecnológica Federal do Paraná .....	30
Figura 3 - Área de captação da chuva .....	32
Figura 4 – Média Pluviométrica .....	42
Figura 5 – Diagrama de Rippl.....	45
Figura 6 - Modelo de instalação e locação da bomba .....	47

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Volume e distribuição das águas.....	16
Tabela 2 - Índice de perdas de faturamento de serviços participantes do SNIS de 2009. ....	18
Tabela 3 - Resumo dos custos de implantação e operação do sistema .....	26
(continua) 26	
Tabela 3 - Resumo dos custos de implantação e operação do sistema .....	27
Tabela 4 - Diferentes níveis de qualidade de água em consideração ao uso. ....	29
Tabela 5: Cálculo do consumo por ambiente para obtenção da média do consumo por metro quadrado (L/m <sup>2</sup> ) da limpeza nos meses de janeiro e fevereiro nos quatro blocos analisados .....	36
Tabela 6: Cálculo do consumo por ambiente para obtenção da média do consumo por metro quadrado (L/m <sup>2</sup> ) da limpeza de uma semana nos 9 meses de aula.....	37
Tabela 7: Cálculo do volume (m <sup>3</sup> ) médio gasto na limpeza intensa durante os meses de janeiro e fevereiro no bloco C.....	38
Tabela 8: Cálculo do volume (m <sup>3</sup> ) médio gasto na limpeza leve de uma semana dos 9 meses no bloco C.....	39
Tabela 9: Consumo médio nos vasos sanitários na época de aula por bloco por mês (24 dias úteis).....	40
Tabela 10: Consumo médio nos vasos sanitários na época de férias por bloco por mês (24 dias úteis) .....	40
Tabela 11: Cálculo do consumo total mês do Bloco C.....	42
Tabela 12: Método de Rippl para obtenção do volume da cisterna (m <sup>3</sup> ).....	44
Tabela 13 - Orçamento para instalação do sistema de reuso de água pluvial .....	49

## LISTA DE SIGLAS

ABES	Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental
ANA	Agência Nacional de Águas
CAERN	Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte
COPEL	Companhia de energia elétrica
CUASO	Cidade Universitária Armando de Salles Oliveira
CV	Cavalo-vapor
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
FAO	<i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i>
FECILCAM	Faculdade Estadual de Ciências e Letras de Campo Mourão
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IQA	Índice de Qualidades das Águas
NBR	Norma Brasileira
pH	Potencial Hidrogeniônico
PUC	Pontifícia Universidade Católica
PURA	Programas de Uso Racional da Água
PURAE	Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
SNIS	Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento
UFBA	Universidade Federal da Bahia
USP	Universidade de São Paulo
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
VPL	Valor Presente Líquido
WHO	<i>World Health Organization</i>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>15</b>
2.1 OBJETIVO GERAL.....	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>16</b>
3.1 DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NO BRASIL E NO MUNDO.....	16
3.2. REUSO.....	19
3.3. LEGISLAÇÃO.....	23
3.4 APLICAÇÕES.....	24
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>30</b>
4.1 MATERIAIS .....	30
4.2 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	30
4.3 LEVANTAMENTO DE DADOS .....	31
4.3.1 Estimativas das demandas internas e externas .....	31
4.3.2 Demanda dos aparelhos sanitários .....	31
4.3.3 Área de captação de água .....	31
4.3.4 Índices Pluviométricos.....	32
4.4 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE REUSO DE ÁGUA .....	32
4.4.1 Cisterna e caixa d'água elevada .....	32
4.4.2 Bomba d'água .....	33
4.4.3 Mecanismos dos reservatórios.....	33
4.4.4 Projetos complementares.....	33
4.4.5 Reservatório de descarte .....	34
4.5 ORÇAMENTO .....	34
4.5.1 RETORNO FINANCEIRO .....	34
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>35</b>
5.1 LEVANTAMENTOS DE DADOS .....	35
5.1.1 Demandas internas e externas.....	35
5.1.2 Demandas dos aparelhos sanitários .....	39
5.2. ÁREA DE CAPTAÇÃO .....	41
5.3 DADOS PLUVIOMÉTRICOS.....	41
5.4 DIMENSIONAMENTO DOS RESERVATÓRIOS.....	42
5.5. SISTEMA DE FUNCIONAMENTO ENTRE OS RESERVATÓRIOS.....	46
5.6. BOMBA D'ÁGUA .....	46
5.7 COMPLEMENTARES .....	47
5.8. RESERVATÓRIO DE DESCARTE.....	48
5.9 ORÇAMENTO .....	48
5.10. RETORNO FINANCEIRO.....	50
<b>6. CONCLUSÕES</b> .....	<b>51</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>52</b>
<b>APÊNDICE A – ÁREA DE CAPTAÇÃO</b> .....	<b>56</b>
<b>APÊNDICE B - ISOMÉTRICO DA DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL</b> .....	<b>58</b>
<b>APÊNDICE C - SISTEMA DE FUNCIONAMENTO DA CISTERNA</b> .....	<b>60</b>
<b>APÊNDICE D – VISTA DA LOCAÇÃO</b> .....	<b>62</b>
<b>APÊNDICE E – PERFIL DA LOCAÇÃO</b> .....	<b>64</b>

**APÊNDICE F – SISTEMA DE FUNCIONAMENTO NO RESERVATÓRIO ELEVADO**  
.....66

## 1 INTRODUÇÃO

A água é uma das maiores riquezas que se tem mundialmente. Entretanto, há restrição nas atividades humanas no que se refere ao desenvolvimento agrícola, urbano e industrial devido, a sua dependência para esses fins. Há, ainda, mais um agravante que maior parte desta água encontra-se poluída e imprópria para consumo, sem prévio tratamento.

No Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos da Agência Nacional de Água (ANA, 2011), que indica o Índice de Qualidade das Águas(IQA) determinado. Em 1.747 pontos de corpos hídricos no Brasil, resultou em qualidade das águas classificada em 71% como boa, 16% como regular 7% como ruim, 2% como péssima e apenas 4% como ótima. Este fato indica o mau estado de conservação dos corpos de água.

Por questões socioeconômicas, o reuso da água da chuva ganha importância tanto para cidades menos desenvolvidas, como para as mais desenvolvidas. Neste último caso, esta importância está relacionada ao fato de que em grandes centros não há áreas permeáveis suficientes. Isto aumenta a ocorrência de alagamentos e enchentes, que por sua vez afetam a maioria da população com transmissão de doenças de veiculação hídrica, transtornos urbanos no transporte e ações públicas onerosas em danos ocasionados por falta de áreas permeáveis.

Desta forma, o reuso de águas pluviais é uma maneira de minimizar esses efeitos, ou seja, diminui o volume de água que iria para o sistema de drenagem urbana. Além disso, é importante salientar que o reuso possui a vantagem de retorno financeiro quando o sistema de reutilização da água da chuva for corretamente dimensionado. Por outro lado, esses sistemas possuem algumas desvantagens tais como, custo inicial elevado e a quantidade de água a ser reutilizada depende da área de captação e da pluviosidade da região.

Ao analisar esses aspectos, pode-se observar que a reutilização da água da chuva em instituições de ensino é mais viável, devido ao fato de que a grande maioria possui grande área de captação e elevado consumo de água, o que possibilita obter retorno financeiro em um menor tempo do que em uma edificação residencial.

Lima et al. (2009) avaliaram a possibilidade de reutilização da água da chuva para fins não potáveis no colégio estadual Marechal Rondon do município de Campo Mourão no Paraná. Os autores verificaram com a realização de determinações físico-químicas que há possibilidade de reaproveitar a água pluvial para irrigação, lavagem de pátio e em descargas de vasos sanitários no colégio, e pode ser utilizado para o consumo humano se for realizado um tratamento adequado.

Dentro desse contexto, o objetivo deste trabalho é analisar a viabilidade de implantação de um sistema de reaproveitamento de águas pluviais no bloco C da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Campo Mourão por ter sido notado um grande uso de água potável para outros fins que não o de consumo humano neste local, podendo ser substituído pelo reuso de águas pluviais.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a viabilidade de implantação de um sistema de aproveitamento de água da chuva no bloco C da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Campo Mourão.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para cumprimento do objetivo geral foram desenvolvidos os seguintes objetivos:

- Estimativa das demandas para limpeza das áreas internas e externas de água do Bloco C;
- Levantamento de demanda e do número de aparelhos hidrosanitários no Bloco C;
- Levantamento da série histórica de dados pluviométricos de Campo Mourão (11 anos);
- Dimensionamento do sistema de aproveitamento de água da chuva, desde a captação até sua distribuição;
- Levantamento dos custos de aquisição, implantação e manutenção do sistema de aproveitamento de água da chuva;
- Estudo do retorno financeiro do sistema de reuso de água da chuva.



### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NO BRASIL E NO MUNDO

De acordo com dados reportados pela *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO, 2011) parte do mundo estará passível de escassez de água para a agricultura no futuro. Esta previsão tem como embasamento as mudanças climáticas que afetaram principalmente as regiões que já eram propícias, como o sul da África e a região do Mediterrâneo.

Observa-se na Tabela 1 que a água presente na Terra distribui-se majoritariamente nos oceanos e mares, ou seja, imprópria para consumo sem tratamento adequado. Nota-se que somente uma ínfima quantidade é de água doce, de fácil acesso e tratamento para a potabilidade.

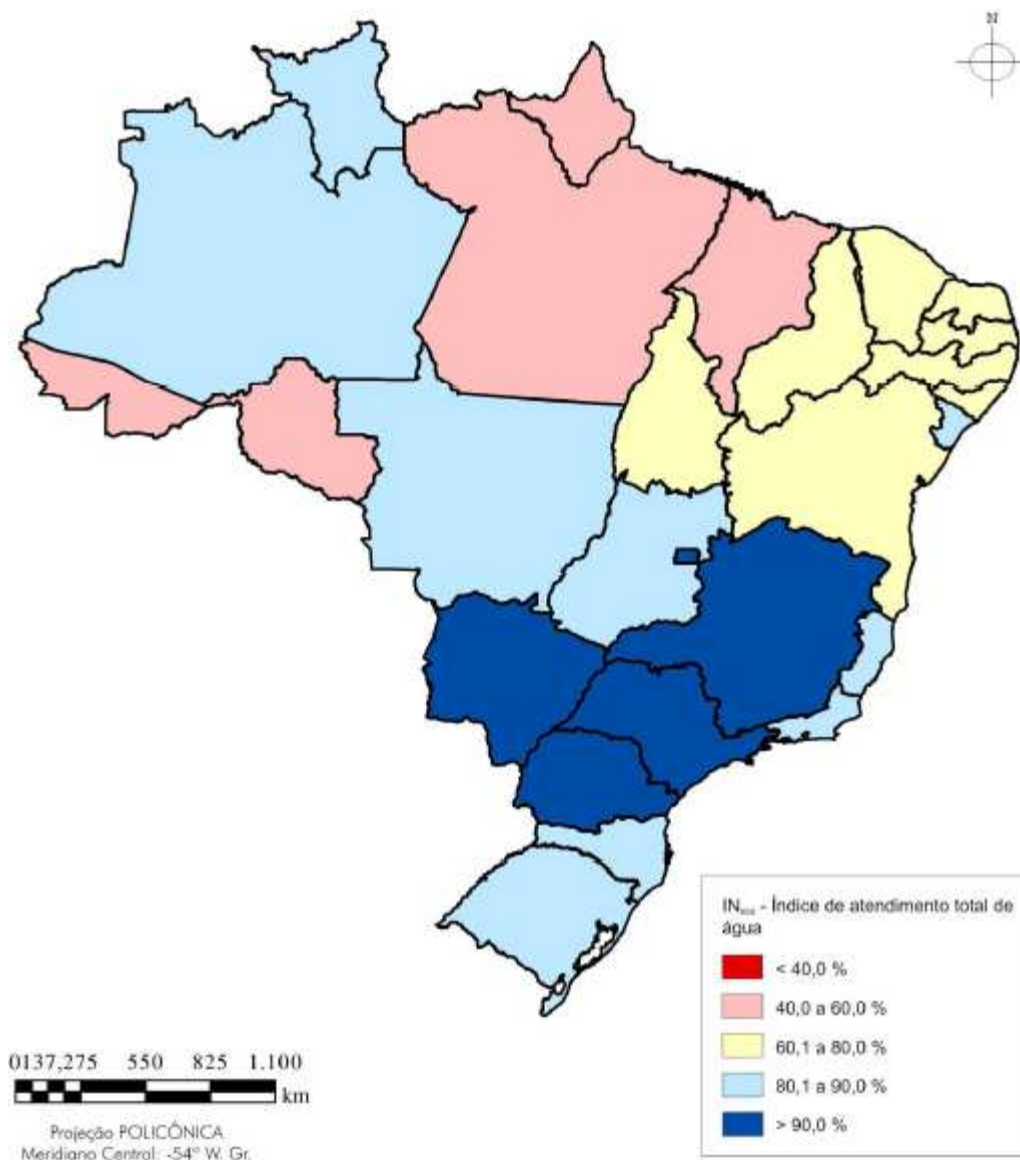
Tabela 1 - Volume e distribuição das águas

Tipo de reservatório	Volume (10 <sup>6</sup> km <sup>3</sup> )	Percentual do Volume Total (%)	Tempo médio de permanência
Oceanos e mares	1370	94	4.000 anos
Geleiras e neves eternas	30	2	10 a 1.000 anos
Águas subterrâneas	60	4	2 semanas a 10 anos
Lagos, rios, pântanos e reservatórios artificiais	0,2	<0,01	2 semanas a 10 anos
Umidade nos solos	0,007	<0,01	2 semanas a 1 ano
Biosfera	0,0006		1 semana
Atmosfera	0,0130		10 dias

Fonte: Adaptado de Karmann (2003)

Segundo o critério de índice de atendimento total com abastecimento de água do Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS, 2009), as maiores faixas de abastecimento de água (superiores a 90%) foram apresentadas nos estados de Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, São Paulo e

Paraná, além do Distrito Federal. Na Figura 1 mostram-se os estados subdivididos de acordo com o índice de abastecimento de água.



**Figura 1 - Índice médio de atendimento total de água dos participantes do SNIS em 2009, distribuído por faixas percentuais, segundo os estados brasileiros.**

**Fonte: IBGE (2003) *apud* Secretaria Nacional De Saneamento Ambiental (2011).**

Através da figura um, percebe-se que na terceira faixa (60,1% a 80%) há concentração de estados nordestinos, com exceção do Tocantins, localizado na região Norte do Brasil. Nenhum estado situou-se na menor faixa.

Apesar disso, no estudo do SNIS (2009) há também um índice de

perdas de faturamento, calculado com base no volume de água disponibilizada subtraindo do volume de água faturada. Na Tabela 2 são apresentados os índices de perdas de faturamento para cada tipo de prestador de serviços em cada região do Brasil.

Tabela 2 - Índice de perdas de faturamento de serviços participantes do SNIS de 2009.

Regiões	Tipos de prestador de serviços					Total (%)
	Regional (%)	Micro-regional (%)	Local Direito Público (%)	Local Direito Privado (%)	Local Empresa Privada (%)	
Norte	51,8	-	42,9	-	64,3	53,7
Nordeste	44,6	-	40,5	25,4	-	44,0
Sudeste	36,4	31,8	38,3	26,1	25,9	36,2
Sul	23,2	15,1	29,2	39,2	33,2	25,3
Centro-Oeste	32,3	34,7	35,3	59,0	17,3	33,8
<b>Brasil</b>	<b>37,1</b>	<b>30,3</b>	<b>36,9</b>	<b>34,6</b>	<b>40,9</b>	<b>37,1</b>

Fonte: SNIS – 2009 (SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2011)

Pela Tabela 2, é possível perceber que a região Norte apresenta maior índice de perda total de 53,7% e a região Centro-Oeste o maior índice no setor privado de 59%, apesar de o Brasil possuir em torno de 12% da água doce existente no mundo, a água potável está sendo desperdiçada. Existem também problemas nas redes de distribuição provenientes de um mau gerenciamento das empresas de abastecimento. Já nas regiões em que a agricultura ou pecuária são mais intensas, a mata ciliar é destruída e, conseqüentemente, restos de agrotóxicos poluem as fontes de água.

Rebouças (1997) destacou que o aumento significativo da população, com expansão desordenada da população, a contaminação em larga escala dos mananciais ou de qualquer corpo de água utilizados e os serviços de saneamento precários contribuem para a maior deficiência na qualidade da água no Brasil e principalmente na região Nordeste.

É importante citar também que devido à preocupação de escassez da água foi criado o “Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações - PURAE”, no município de Curitiba, em 2003, como objetivo de

estabelecer regras para os projetos de construção de edifícios. Os objetivos principais do programa são:

- Propiciar economia de água, evitando desperdícios;
- Utilizar outras fontes de captação de água que não sejam do abastecimento público;
- Utilizar aparelhos hidráulicos que economizem água, ou seja, aparelhos que tenham volumes reduzidos e fixos;
- Reutilizar água da chuva e águas servidas que são águas, utilizadas em tanques ou lavadora de roupas, chuveiros, dentre outros. Essas águas são reutilizadas apenas para ações que não necessitem de uso de água tratada, tendo encanamentos e reservatórios próprios
- Conscientizar a população, do uso irracional e de como economizar, com campanhas educativas, aulas em instituições de ensino público, dentre outras práticas.

### 3.2. REUSO

Após a utilização da água, dependendo dos níveis de poluição, esta é submetida a tratamentos que possibilitem seu reuso. De acordo com Brega Filho e Mancuso (2003), pode se definir que para reutilizar a água, deve se tratá-la adequadamente, sendo necessário conhecer como foi utilizada e para qual propósito ela vai servir.

Segundo a Organização Mundial da Saúde - WHO (1989), o reuso pode ser dois tipos, quando se trata de área urbana:

- Reuso direto: quando o efluente de uma rede de águas residuárias é diretamente conectado com a rede de distribuição de água potável;
- Reuso indireto: quando a água utilizada ou mesmo o esgoto bruto é diluído nas águas superficiais ou subterrâneas antes de ser tratado para o consumo.

De acordo com Lavrador Filho (1987) pode se classificar o reuso em cinco

tipos para uma melhor uniformização da linguagem:

- Reuso indireto não planejado de água: é quando se tem o despejo de água com certo nível de poluição em um corpo de água e reutilizado a jusante de maneira não planejada e não controlada, sendo ela diluída no corpo de água podendo ou não ter sofrido processos como autodepuração e sedimentação;
- Reuso planejado de água ou reuso intencional da água: ocorre quando o reuso é intencional a frente dos pontos de descargas do efluente podendo ser de forma direta ou indireta. Subentendendo-se que o efluente tem a qualidade necessária para o uso futuro;
- Reuso indireto planejado de água: acontece quando um ou mais efluentes são devidamente tratados e despejados de forma correta em um ou mais corpos de água sendo eles superficiais ou subterrâneos, para ser utilizado a jusante, de maneira calculada para se ter algum uso benéfico;
- Reuso direto planejado de água: acontece quando o efluente já tratado é direcionado para o destino, podendo ter tratamentos diferenciados ou não, mas é essencialmente quando não é despejado no meio ambiente;
- Reciclagem de água: é um caso especial do reuso direto em que a água é reciclada internamente antes da sua descarga em um sistema de tratamento ou local de deposição, servindo de fonte secundária de abastecimento.

De acordo com a classificação da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental - ABES (1992, apud MORELLI, 2005) o reuso de água é dado em duas classes: potável e não potável.

- Reuso potável: ocorre água ou o esgoto é tratado adequadamente, sendo que seu destino final trata-se para o consumo;
- Reuso potável direto: quando o esgoto tratado, por meio avançado de recuperação, é seguidamente reutilizado no sistema de água potável;
- Reuso potável indireto: é quando o esgoto, depois feito tratamento, é depositado em águas superficiais ou subterrâneas, para

ser diluído, melhorando sua condição e seqüencialmente captado, tratando-o para ser potável;

- Reuso não potável: É um tipo de reuso mais abrangente ou seja menos limitado pois o seu tratamento exige menos que o realizado no reuso potável, sendo assim gasta-se menos em um investimento do tipo não potável;
- Reuso não potável para fins agrícolas: é decorrente para o uso de irrigação de dois tipos, frutas alimentícias que envolvem arvores frutíferas e das não alimentícias, que podem ser para pastagens também sendo aplicável para dessedentação de animais. Tendo como obrigação, um subproduto que recarregue o lençol subterrâneo;
- Reuso não potável para fins industriais: serve para a utilização dentro de indústrias no aspecto de refrigeração, águas de processo entre outros;
- Reuso não potável para fins recreacionais: é uma classificação especial para quando o destino serve para plantas ornamentais, lagoas recreacionais, campos de esportes, entre outros;
- Reuso não potável para fins domésticos: ocorre quando se tem reuso em descargas sanitárias residências e prediais, assim como para a rega de jardins residenciais;
- Reuso não potável para fins de vazões: a manutenção de vazões de cursos de água promove a utilização planejada de efluentes tratados, visando uma adequada diluição de eventuais cargas poluidoras a eles carregadas, incluindo-se fontes difusas, além de propiciar uma vazão mínima na estiagem;
- Aquacultura ou aqüicultura: é realizado na produção de peixes e plantas aquáticas para se adquirir alimento ou energia, levando em conta os nutrientes dos efluentes tratados;
- Reuso para recarga de aquíferos subterrâneos: é quando se os efluentes tratados são depositados nos aquíferos subterrâneos sendo de duas formas, direta ou indireta. Diretamente acontece quando se aplica sob pressão e indireta é quando é depositado em águas

superficiais que tenham recebido descargas de efluentes já tratados a montante.

Na Resolução N<sup>o</sup> 54 (Conselho Nacional de Recursos Hídricos, 2005) são estabelecidas as seguintes considerações sobre modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direto não potável de água:

- Que o reuso de água é realizar a racionalização dos recursos hídricos, sendo a esta atividade uma ferramenta para adequar a oferta e demanda destes recursos;
- Escassez dos recursos hídricos em aspecto de qualidade e quantidade de certas áreas do território nacional;
- Aumento dos recursos investidos para o tratamento da água, devido a degradação de mananciais;
- Que o reuso é uma ação que reduz a descarga de poluentes em corpos receptores, conservando os recursos hídricos para abastecimento público e outros usos mais exigentes quanto à qualidade;
- Que o reuso da água diminui custos em relação a poluição e ajuda na proteção do meio ambiente e da saúde pública.

As seguintes modalidades de reuso não potável de água são estabelecidas na mesma resolução:

- Reuso para fins urbanos: utilização para irrigação paisagística, lavagem de logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil, edificações, combate a incêndio, dentro da área urbana;
- Reuso para fins agrícolas e florestais: utilização para produção agrícola e cultivo de florestas plantadas;
- Reuso para fins ambientais: aplicação para implantação de projetos e recuperação do meio ambiente;
- Reuso para fins industriais: utilização em processos, atividades e operações industriais;

E o reuso na aquicultura: aplicação para criação de animais ou cultivo de vegetais aquáticos.

Existem variações e derivações de reuso e cada uma delas são diferenciadas, desde o modo de captação, tratamento e devolução para a sua utilização. Segundo Bonfiglioli (2011), existem vários tipos de reuso como, por exemplo, água de resfriamento, água de processos industriais, geração de água de caldeira, rega de jardins, lavagem de pátios. Não há como ter-se eficiência total, pois sempre haverá perdas.

### 3.3. LEGISLAÇÃO

Tem-se algumas normas básicas para a realização de instalações, precauções, critérios, manutenção para a realização deste trabalho afim de garantir um bom funcionamento com segurança, eficiência, conforto, durabilidade e também com economia.

Em relação a NBR 15527 água de chuva – aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, fornece as características para o reuso de água em áreas urbanas para fins não potáveis, compreendendo calhas e condutores, instalações prediais, qualidade da água, bombeamento, manutenção e principalmente os métodos de cálculo de dimensionamento de reservatórios

Os métodos de dimensionamento dispostos nesta norma são:

- Método de Rippl;
- Método de Simulação;
- Método Azevedo Neto;
- Método prático alemão;
- Método prático inglês
- Método prático australiano.

É importante destacar o conjunto de normas que servem de maneira geral:

- NBR 5626:1998, Instalação predial de água fria que tem exigências e recomendações para o projeto, assim como sua execução e manutenção da rede;



- NBR 10844:1989, Instalações prediais de águas pluviais que tem o cálculo de área de contribuição e cálculo de condutores horizontais e verticais e de calhas;
- NBR 12213:1992, Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público que contem as condições necessárias para a elaboração de projeto de captação de água de superfície para abastecimento público;
- NBR 12214:1992, Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público contem as condições de projeto para o sistema de bombeamento de água para o abastecimento público;
- NBR 12217:1994, Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público que tem as condições de projeto de reservatório de distribuição de água para o abastecimento público.

Como o assunto tratado é o reuso para fins não potáveis é imprescindível a NBR 8160:1999 - Sistemas prediais de esgoto sanitário, pois deve atender exigências e recomendações de projeto e execução.

A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) indica o uso da norma para a manutenção de instalações prediais de água fria e de reservatórios de sistemas públicos de abastecimento de água:

- NORMA TÉCNICA D3.855 (NOV/1977) trata de desinfecção de sistemas de instalações prediais de água fria;
- NORMA TÉCNICA D3.860 (JUN/1992) trata de desinfecção de reservatórios de sistemas públicos de abastecimento de água.

### 3.4 APLICAÇÕES

Sabe-se que a aplicação de reuso de águas pluviais tem objetivos financeiros e ambientais e em instituições públicas também tem utilidade para servir de exemplo aos alunos e funcionários.

Mendonça (2004) fez um estudo para a implantação de reuso de

efluentes na UFBA (Universidade Federal da Bahia - Escola Politécnica) e constatou que quando constrói-se instalações hidráulicas duplicadas, ou seja, separando reservatórios e tubulações que carregam conteúdos diferentes, sendo uma potável e outra não potável, acarreta um aumento no custo inicial, mas existe possibilidade de reduzir o consumo total de água potável para 25% do consumo típico. Havendo uma redução no gasto financeiro e ambiental compreendendo que o retorno ambiental é de grande valia, sendo de longa duração.

Kitamura (2004) realizou um estudo na PUCPR com objetivo de reduzir o consumo de água com reuso de águas pluviais para utilização não potável.

A autora determinou que:

- Poderia suprir demanda de 24,55% do volume total para consumo de água não potável;
- Consumo per capita foi menor do que 50 L/hab.dia sugerido por vários autores na literatura técnica;
- A água ficaria armazenada até o seu uso e que não necessitaria de qualquer tratamento físico-químico;
- As concentrações iônicas da água da chuva são aceitáveis comparadas com as exigências do Ministério da Saúde;
- Economia de 25% em relação ao total de água consumido pela Universidade, com custo inicial de R\$ 25.000,00 e retorno em 7 meses.

Silva e Gonçalves (2005) estudaram a instalação do Programa de Uso Racional da Água (PURA) no campus da Cidade Universitária Armando de Salles Oliveira (CUASO) com o objetivo reduzir o consumo de água, propor atividades a serem executadas na implantação deste e na gestão da demanda da água; conscientizar para a conservação e das mudanças dos hábitos dos usuários e desenvolver uma metodologia para ser aplicável em outros lugares.

No desenvolvimento do projeto quantificação de pontos de utilização de água, detecção e eliminação de vazamentos existentes nas redes e nos reservatórios, redução de consumo nos pontos de utilização, detectando, eliminando os vazamentos e substituindo os equipamentos por outros mais racionais, levantamento dos hábitos dos usuários e orientações para um menor consumo, além de substituição e manutenção adequada aos destiladores que

consumiam 2,5% do consumo de água do campus, divulgar e conscientizar as pessoas com palestras, folders, jornais, treinamentos, entre outros.

Após seis anos de implantação do PURA, os autores destacaram que o programa foi bem. Contribuiu para redução do consumo de água de 137.881 para 88.366 m<sup>3</sup>/mês, ou seja, economia de 36%, que em valores reais correspondem R\$46,61 milhões nesses seis anos.

Carvalho et al. (2008) avaliou a utilização de água da chuva no câmpus Barigui da Universidade Tuiuti do Paraná no município de Curitiba, estado do Paraná. Os autores concluíram que o volume médio mensal de água a ser captada foi de 643 m<sup>3</sup> e que o mesmo suportaria servir 36% da água não potável utilizada por vasos sanitários e lavagem das partes impermeabilizadas de 1793 m<sup>3</sup>/mês do câmpus.

Marinoski (2007) verificou o potencial de economia de água potável com o uso de um sistema de reaproveitamento da água da chuva para fins não potáveis na instituição de ensino SENAI de Florianópolis, Santa Catarina, tendo que estimar o uso final de água não potável, fazendo uma comparação entre um método empírico, entrevistando alunos e funcionários, que somam 227 pessoas de um total 565 levando-se em conta o tempo e vazão de cada aparelho hidráulico assim como o desvio padrão e o seu reajuste com um índice para cada aparelho. E comparando com valores reais de dados de consumo fornecidos pela empresa concessionária de água.

Para o cálculo do reservatório foi utilizado o algoritmo do programa Netuno da versão de 2004 que verifica o reservatório mais adequado.

Em seguida a autora realizou o cálculo de dimensionamento de tubulações e aparelhos que seriam necessários para a implantação na tabela 3 tem-se um resumo dos custos que foram calculados.

Tabela 3 - Resumo dos custos de implantação e operação do sistema

(continua)

<b>Equipamento ou serviço</b>	<b>Quantidade (unid.)</b>	<b>Custo unitário (R\$)</b>	<b>Custo total (R\$)</b>
Reservatório inferior (15 m <sup>3</sup> )	2	2.383,00	4.766,00
Reservatório superior (3 m <sup>3</sup> )	2	560,5	1.121,00

Tabela 3 - Resumo dos custos de implantação e operação do sistema

(conclusão)

<b>Equipamento ou serviço</b>	<b>Quantidade (unid.)</b>	<b>Custo unitário (R\$)</b>	<b>Custo total (R\$)</b>
Moto-bomba ¼ CV	2	407,5	815,00
Tubulações, válvulas e materiais em geral	11	-	9307,68
Mão-de-obra	20 dias	80,0/dia	1600,00
Energia elétrica (operação do sistema)	1,85 h/dia (23 dias/mês)	0,24/kW/h	5,88
<b>Custo total</b>			<b>17.615,56</b>

**Fonte: MARINOSKY, (2007).**

Após feito isso, verificou-se que o consumo diário de água per capita obtido foi de 15,5 L/hab.dia com ajustes para uma melhor análise. E que 63,5% do volume total de água potável estava sendo utilizada para fins não potáveis.

Ou seja, é possível a instalação para o reuso de água, tanto por questões ambientais quanto por um retorno do investimento que seria de quatro anos e dez meses em função do baixo consumo diário de água per capita.

Fernandes et al. (2007) verificaram a viabilidade econômica da instalação de um sistema de reaproveitamento da água da chuva no Laboratório de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Norte no município Lagoa Nova no estado do Rio Grande do Norte. Com objetivo de analisar de dois projetos, sendo um a aquisição de água potável, através da rede pública e a outra de uma instalação de um sistema de aproveitamento de água da chuva.

Para o sistema de reuso de água pluvial foi delimitada área de captação de 70 m<sup>2</sup>, com precipitação pluvial no semi-árido de 400 mm, coeficiente de Runoff igual a 1,0, o que resultou volume de água captado de aproximadamente 28 m<sup>3</sup>, consumo de 4,5 m<sup>3</sup>/hab.mês, atendendo as necessidades de uma residência de até cinco pessoas.

Levando-se esses fatores o autor previu uma cisterna de 28 m<sup>3</sup>, sendo seu custo financeiro de aproximadamente, R\$ 4.896,53. O valor total do projeto

com a cisterna ficaria em R\$ 5089,00 com manutenção de R\$ 100,00/ano.

A comparação foi realizada a partir do método VPL que ocorreu com a análise de 20 anos de aquisição de água por meio da rede pública que foi calculada pelos valores da Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN), que ficou em R\$ 702,48 anualmente.

Os valores de VPL para adquirir água da rede pública e de coleta da água da chuva foram respectivamente R\$-5980,60 e R\$-5940,36 comprovaram que é mais viável a instalação do sistema de aproveitamento de água pluvial, além de seus benefícios sociais como enchentes e inundações e como a racionalização da água.

Barroso et al. (2009) realizou um estudo sobre o aproveitamento da água da chuva na Instituição de Ensino Municipal João Pedro Mena Barreto da cidade de Santa Maria, estado do Rio Grande do Sul, por aplicação de questionários sobre o número diário de utilização de torneiras do banheiro da escola, número de vezes por dia em média, que consome água dos bebedouros da escola, número de vezes por dia em média, que utiliza a descarga dos vasos sanitários da escola e se utiliza algum outro ponto de consumo de água do prédio da escola

A análise foi realizada com a contagem de usuários que somou 445 pessoas distribuídas em dois turnos, determinação do volume de água por vaso sanitário de 3 a 6 L por descarga, realização de leituras de consumo diárias durante 13 dias em meses diferentes, de setembro de 2006 a setembro de 2007 e adoção da precipitação média mensal de 26 anos (1961 a 1978 e de 2001 a 2008).

Os autores obtiveram valor estimado de 53,50 m<sup>3</sup>/mês de consumo médio de água nos vasos sanitários, que correspondeu ao total de 75% do consumo total de água potável e concluíram que esse sistema poderia reduzir o custo quanto à água potável, pois conseguiria armazenar 2,0 m<sup>3</sup> de água pluvial por mês.

Jabur et al. (2011) pesquisaram sobre a implantação de reuso da água pluvial para a UTFPR *câmpus* Pato Branco para a utilização de fins não potáveis como lavagem de automóveis e calçadas, rega de jardins ou para descarga em vasos sanitários.

Os autores verificam o tipo de uso que pode provir da água da chuva e

o seu respectivo tratamento na tabela 4.

Tabela 4 - Diferentes níveis de qualidade de água em consideração ao uso.

<b>Uso da Água Pluvial</b>	<b>Tratamento</b>
Rega de Jardim	Não é necessário.
Irrigadores, combate a incêndio, ar condicionado.	É necessário para manter os equipamentos em boas condições.
Fontes e lagoas, banheiros, lavação de roupas e carros	É necessário, pois a água entra em contato com o corpo humano
Piscina/banho, para beber e para cozinhar.	A desinfecção é necessária, pois a água é ingerida direta ou indiretamente

**Fonte: GROUP RAINDROPS, (2002 apud Oliveira 2005)**

Para o estudo realizado foi levantado histórico de precipitação média anual de 30 anos que foi obtido entre 1979 a 2009.

A implantação será feita em um dos blocos e que o sistema de reuso alimentaria quatro banheiros e serviria também para lavagem do bloco e rega do jardim.

O bloco será provido de uma cisterna com 39,6 m<sup>3</sup>, sendo esta dividida em três partes, sendo uma de água pluvial e dois de água potável cada uma com 13.2m<sup>3</sup> e equipadas de motor-bomba de 1,0 CV cada compartimento.

Não houve estudo sobre redução de água, pois não foi concluída a obra até a realização do artigo pelos autores.

Os autores ainda ressaltaram que nem sempre se pode ter uma economia significativa em termos financeiros, quando instalado um sistema de reuso, pois o retorno financeiro é a longo prazo.



## 4.3 LEVANTAMENTO DE DADOS

### 4.3.1 Estimativas das demandas internas e externas

Realizou-se um levantamento de consumo interno e externo a partir de 25 amostras, coletadas nos ambientes de salas de aula, laboratório, corredor e banheiros, coletando-se também os volumes utilizados nas janelas e portas de vidro. Sendo recolhidas estas informações em duas épocas diferentes, pois os consumos variam com o período letivo. O consumo da limpeza diferenciou-se em:

- Limpeza pesada (época de férias);
- Limpeza leve (período letivo).

Observou-se o processo de limpeza e foi notada a utilização de baldes com capacidade de 11 litros. Obtendo as dimensões dos locais, através dos projetos arquitetônicos cedidos pelo engenheiro do Departamento de Projetos e Obras – DEPRO. Constatou-se assim a quantidade de água utilizada por metro quadrado de cada ambiente por mês.

### 4.3.2 Demanda dos aparelhos sanitários

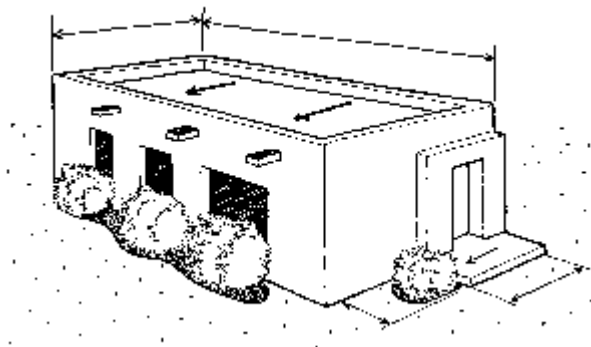
Segundo os dados do fabricante o vaso sanitário que a universidade utiliza tem um consumo médio de 6 litros por descarga.

Para o consumo dos aparelhos sanitários, Realizou-se um levantamento de quantas pessoas usam o banheiro por período, obtendo-se uma média por mês de consumo, tanto no período letivo quanto nas férias.

### 4.3.3 Área de captação de água

Sabendo as dimensões de largura e comprimento, pode-se obter a área de coleta pela multiplicação destas dimensões, segundo Waterfall, 2002.





**Figura 3 - Área de captação da chuva**

**Fonte: Waterfall, 2002.**

#### 4.3.4 Índices Pluviométricos

O índice pluviométrico foi obtido na estação climatológica de campo mourão na FECILCAM, que forneceu dados de 2001 a 2011. Os dados indicam as condições do tempo no local.

### 4.4 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE REUSO DE ÁGUA

#### 4.4.1 Cisterna e caixa d'água elevada

Encontrou-se o volume ideal para a cisterna através da precipitação mensal na região de Campo Mourão, na área de captação do bloco C, na maior demanda por mês da limpeza e dos aparelhos sanitários e do coeficiente de escoamento superficial.

Utilizou-se o método de Rippl para dimensionar a cisterna, onde o volume do reservatório foi calculado pela Equação 1 segundo a norma NBR 15527 (Associação Brasileira de Normas Técnicas Água de chuva, 2007):

$$V = \sum S_{(t)} \text{ (equação 1)}$$

Onde:

V é o volume do reservatório, onde é desenvolvido em metros cúbicos (m<sup>3</sup>);

S é o volume de água no reservatório no mês, desenvolvido em metros cúbicos

por mês ( $m^3/mês$ );

$S_{(t)}$  é obtido pela equação 2:

$$S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)} \text{ (equação 2)}$$

Onde:

$D_{(t)}$  é a demanda no mês com maior volume necessário, desenvolvido em metros cúbicos por mês ( $m^3/mês$ );

$Q_{(t)}$  é o volume de chuva aproveitável no mês, desenvolvida em metros cúbicos por mês ( $m^3/mês$ );

Em que  $Q_{(t)}$  é calculado a partir da equação 3:

$$Q_{(t)} = C \times P_{(t)} \times A \text{ (equação 3)}$$

Onde:

$C$  é o coeficiente de escoamento superficial, adimensional;

$P$  é a precipitação da chuva no tempo  $t$ , expressa em metros por mês ( $m/mês$ )

$A$  é a área de captação, expressa em metros quadrados ( $m^2$ ).

Para melhor análise, é possível desenvolver o método gráfico utilizando-se dos volumes e demandas acumulados, procurou-se a maior diferença entre eles. Obtendo o volume da cisterna.

#### 4.4.2 Bomba d'água

A bomba d'água foi dimensionada através da altura manométrica e a vazão necessária para alimentar o reservatório elevado. Obtendo-se a potência através de catálogos.

#### 4.4.3 Mecanismos dos reservatórios

Nos reservatórios utilizou-se de chaves boias, com alturas diferentes, impedindo que haja falta de água, caso tenha um regime de estiagem prolongado.

#### 4.4.4 Projetos complementares

Nas caixas de areia já existentes, adicionou-se grade para a remoção de materiais grosseiros. Impedindo que a decomposição dos materiais

orgânicos como folhas, alterasse a qualidade de água.

E foi escolhido um filtro para melhorar a qualidade da água que se localiza após o reservatório de descarte.

#### 4.4.5 Reservatório de descarte

Este reservatório serve para descartar a chuva inicial, pois ela detém maior nível de poluição. E também tem a finalidade de impedir que a areia chegue na cisterna e não prejudique o funcionamento da bomba.

Segundo o projeto PROSAB (2006), deve-se descartar 1 (um) L  $\chi$  m<sup>2</sup>, para melhorar o nível de qualidade da água.

### 4.5 ORÇAMENTO

Através dos dimensionamentos, orçaram-se os custos de aquisição, implantação e manutenção do sistema de aproveitamento de água da chuva.

#### 4.5.1 Retorno Financeiro

Obtendo-se o custo por mês que o sistema antigo gastava e o investimento com o novo sistema, é possível calcular o retorno financeiro, ou seja, é possível calcular o retorno deste investimento comparando o metro cúbico da água cobrado pela SANEPAR.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos com o estudo da viabilidade de implantação de um sistema de aproveitamento de água da chuva no bloco C da Universidade Tecnológica Federal do Paraná do câmpus Campo Mourão.

Realizou-se primeiramente o levantamento de dados que inclui as demandas que o sistema de reuso de água pluvial iria suprir. Em seguida, analisou-se a área de captação e os dados pluviométricos para assim dimensionar os reservatórios (cisterna, caixa d'água elevada e o de descarte). Após isto, dimensionaram-se as bombas, tubulações e os projetos complementares para, enfim, levantar o custo e realizar o retorno financeiro do sistema de reúso.

### 5.1 Levantamentos de dados

Os levantamentos de dados a seguir foram coletados somente nos Blocos B , C, D e E da UTFPR – *Campus* Campo Mourão, por ter sido necessária a cooperação das funcionarias que realizavam a limpeza dos blocos.

#### 5.1.1 Demandas internas e externas

Para determinar o consumo da limpeza realizada nos blocos foi necessário coletar dados em duas épocas diferentes. Primeiramente na época de férias (janeiro e fevereiro) em que é realizada a limpeza intensa de apenas uma vez em todos os locais, exceto o banheiro que é limpo duas vezes e o corredor principal (pátio) que é limpo quatro vezes em dois meses, devido ao baixo numero de pessoas que transitam ou utilizam essas instalações.

Nessa etapa foram observados quatro laboratórios, quatro salas de aula, três banheiros e quatro áreas de circulação totalizando 15 amostras.

Com a quantidade de baldes que contém 11 litros e com a área, foi possível obter um valor médio de litros por metro quadrado de cada ambiente nos meses de janeiro e fevereiro, nos quatro blocos analisados. Pode-se observar na tabela 5 o volume em litros, áreas em metros quadrados e os consumos em litros por metro quadrado, assim como a média para cada ambiente nestes dois meses.

Tabela 5: Cálculo do consumo por ambiente para obtenção da média do consumo por metro quadrado (L/m<sup>2</sup>) da limpeza nos meses de janeiro e fevereiro nos quatro blocos analisados

OCAIS	LITROS	M <sup>2</sup>	L/m <sup>2</sup>
Laboratórios	132	49,17	2,68
	99	53,84	1,84
	154	54,38	2,83
	121	53,46	2,26
		Média	2,40
Salas	121	71,61	1,69
	99	65,44	1,51
	110	71,66	1,54
	121	72,54	1,67
		Média	1,60
Banheiros	110	33,96	3,24
	121	33,96	3,56
	110	23,44	4,69
		Média	3,83
Circulação	143	63,07	2,27
	187	91,65	2,04
	242	127,26	1,90
	77	44,77	1,72
	Média	1,98	

Do mesmo modo foi realizado um levantamento na época de aulas, que é uma limpeza mais leve, pois há uma grande circulação de pessoas. Diferenciando a periodicidade da limpeza pesada da leve, sendo que na época de aulas é limpa toda a área em apenas uma semana, exceto os banheiros que são limpos cinco vezes em média na semana. A nomenclatura limpeza leve, é devido à utilização do material de limpeza e da minuciosidade de limpeza dos locais.

No levantamento dos nove meses foram observados dois laboratórios, quatro salas de aula, dois banheiros e três áreas de circulação, totalizando 11 amostras. Pode-se observar na tabela 6 o volume em litros, áreas em metros quadrados e os consumos em litros por metro quadrado, assim como a média para cada ambiente, caracterizando uma semana nos 9 meses de aula.

Tabela 6: Cálculo do consumo por ambiente para obtenção da média do consumo por metro quadrado (L/m<sup>2</sup>) da limpeza de uma semana nos 9 meses de aula

LOCAIS	LITROS	M <sup>2</sup>	L/m <sup>2</sup>
Laboratórios	55	54,38	1,01
	66	53,46	1,23
		Média	1,12
Salas de aula	22	74,17	0,30
	22	74,17	0,30
	33	71,61	0,46
	33	65,44	0,50
		Média	0,39
Banheiros	66	33,96	1,94
	77	23,44	3,28
		Média	2,61
Circulação	66	91,65	0,72
	44	115,1	0,38
	44	93,44	0,47
		Média	0,52

Foi definido que a área de limpeza de cada bloco é caracterizada pela limpeza total do bloco, limpeza parcial do corredor principal (pátio) e limpeza parcial do corredor metálico.

Após obter os dados de médias de cada local, é possível direcionar esses valores obtidos para a análise do bloco C. Os locais deste bloco são considerados apenas banheiros, laboratórios, circulação, janelas, corredores metálicos e corredor principal, observando que há pequena quantia de salas de aulas e estas salas, são limpas igualmente aos laboratórios deste bloco, segundo os dados levantados.

Ao obter também as áreas de projeto deste bloco, é possível determinar o volume total de 14,46 m<sup>3</sup> de água potável nos meses de janeiro e fevereiro para toda a área de limpeza. Com base nisto, observa-se o consumo médio em todas as áreas de limpeza em qualquer local no bloco C nesses dois meses (tabela 7).

Ao comparar a média de consumo desse bloco com a média em relação a todos os blocos na mesma época é visível uma pequena diferença, pois não considerou as salas de aula no cálculo, como já mencionado.

Tabela 7: Cálculo do volume (m<sup>3</sup>) médio gasto na limpeza intensa durante os meses de janeiro e fevereiro no bloco C

LOCAIS (total das áreas)	M <sup>2</sup>	Média das amostras L/m <sup>2</sup>	Volume gasto médio (m <sup>3</sup> )
Laboratórios	1034,51	2,40	2,49
Banheiros	57,64	3,83	0,88
Circulação	210,61	1,98	0,42
Janelas	306,90	5,68	1,74
Corredores metálicos	75,00	3,67	0,28
Corredor principal (pátio)	294,90	7,33	8,65
Total da área	1979,56	Volume total gasto	14,46
Consumo médio de todas as áreas nos dois meses (L/m <sup>2</sup> )		7,30	
Média de um mês			7,23

Com os dados coletados para os nove meses foi possível obter uma média total do volume de 4,5 m<sup>3</sup> com um consumo médio de 2,28 litros por metro quadrado no bloco C (tabela 8), dados estes coletados no período de uma semana.

Tabela 8: Cálculo do volume (m<sup>3</sup>) médio gasto na limpeza leve de uma semana dos 9 meses no bloco C

LOCAIS (total das áreas)	M <sup>2</sup>	Média das amostras L/m <sup>2</sup>	Volume gasto médio (m <sup>3</sup> )
Laboratórios	1034,51	1,12	1,16
Banheiros	57,64	2,61	0,75
Circulação	210,61	0,52	0,11
Janelas	306,90	0,30	0,09
Corredores metálicos	75,00	3,00	0,23
Corredor principal (pátio)	294,90	7,33	2,16
Total da área	1979,56	Volume total gasto	4,50
Consumo médio de todas as áreas utilizado em uma semana (L/m <sup>2</sup> )		2,28	

### 5.1.2 Demandas dos aparelhos sanitários

Para determinar o consumo nos aparelhos sanitários, foi verificado que as bacias sanitárias utilizadas nos banheiros dos blocos da UTFPR têm um valor médio de descarga de 6 litros de acordo com o fornecedor. Para obter um valor médio de consumo no período letivo foi observado 6 períodos de quatro horas, sendo três destes no período da tarde e três no período da manhã. Sendo que esta pesquisa foi realizada metade no início das aulas e a outra no meio do semestre letivo, pois se percebeu a diferença do “tempo” em que se encontrava, no início estava mais quente e no meio do semestre estava mais frio. Sendo importante ressaltar que o período noturno foi estimado a partir dos períodos da manhã e da tarde.



Para os cálculos foi considerada uma média do número de pessoas que frequentavam por período o banheiro e constatou-se que 75% das pessoas iriam dar descargas. Com esses valores é possível chegar a um consumo de 1755 litros por dia e, multiplicando este valor por 24 dias úteis, obteve-se um consumo total médio de 42,12 metros cúbicos por mês, como se pode observar na tabela 9 esses valores.

Tabela 9: Consumo médio nos vasos sanitários na época de aula por bloco por mês (24 dias úteis)

Média de pessoas que utilizam banheiro por período (un.)	130,00
Constatação de que 75% dão descarga por período (un.)	97,50
Litros por período (L/período)	585,00
Litros por dia (L/dia)	1755,00
Total de metros cúbicos por mês (m <sup>3</sup> /mes)	42,12

Enquanto era observado o consumo de limpeza, foi observado também a quantidade de pessoas que utilizavam os banheiros, o que incluía apenas as funcionárias da limpeza e os funcionários da manutenção. Chegou-se a um valor médio de 3 pessoas que utilizam o banheiro por período e do mesmo modo como foi calculado o consumo no período letivo foi calculado o valor total médio de 1,3 metros cúbicos por mês, nos meses de janeiro e fevereiro (tabela 10).

Tabela 10: Consumo médio nos vasos sanitários na época de férias por bloco por mês (24 dias úteis)

Média de pessoas que utilizam banheiro por período (un.)	3
Constatação de que 75% dão descarga por período (un.)	3
Litros por período (L/período)	18
Litros por dia (L/dia)	54
Total de metros cúbicos por mês (m <sup>3</sup> /mes)	1,3

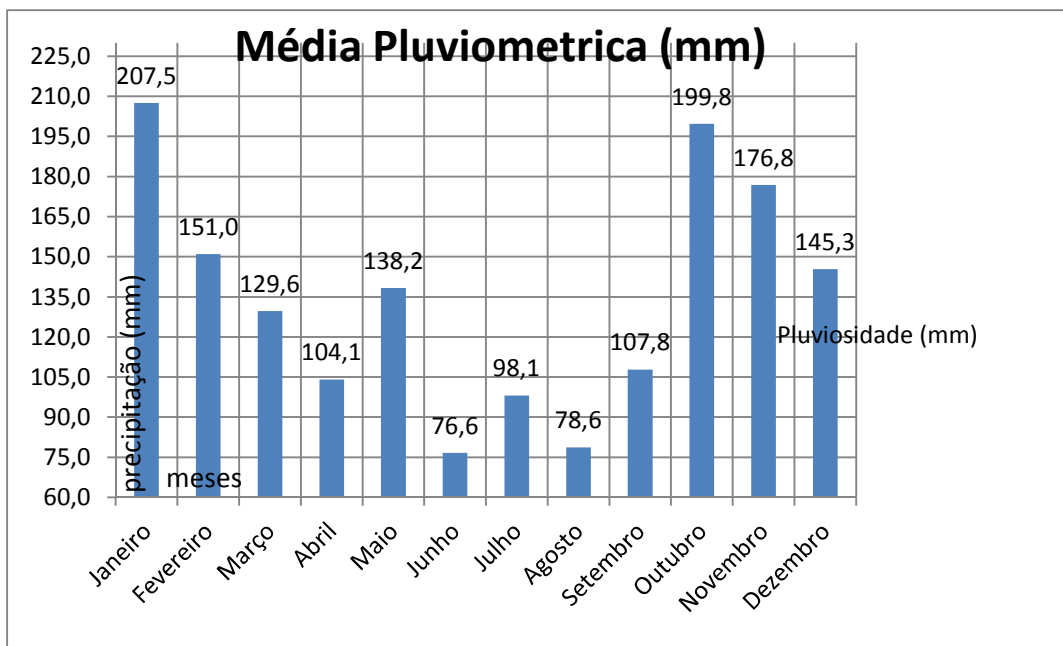
## 5.2. ÁREA DE CAPTAÇÃO

A área de captação utilizada foi a própria cobertura do Bloco C, sendo calculada esta área com a multiplicação da largura e comprimentos do Bloco em estudo. Com a largura de 17,7 metros e comprimento 40,4 metros, obtém-se o valor de 715,08 metros quadrados. Pode-se observar no APÊNDICE A - A área de captação.

Como o telhado é feito de concreto pré-moldado, foi utilizado o coeficiente de Runoff igual a 0,9.

## 5.3 DADOS PLUVIOMÉTRICOS

Para iniciar o dimensionamento do sistema de captação de água pluvial através do método de Rippl é necessário os dados pluviométricos, que neste estudo, foi levantado a média de 11 anos recentes, ou seja, de 2001 a 2011 apresenta-se na figura 4 as médias em milímetros de cada mês, segundo dados da estação climatológica de Campo Mourão:



**Figura 4 – Média Pluviométrica**  
**Fonte: Estação Meteorológica de Campo Mourão, 2012**

#### 5.4 DIMENSIONAMENTO DOS RESERVATÓRIOS

A determinação das dimensões dos reservatórios é necessária para que em épocas de estiagem não haja falta de água e, com um dimensionamento preciso, fará com que a bomba não trabalhe em excesso para suprir o reservatório elevado.

Após ter os dados de consumo, foi necessário identificar em que época que se teve a maior demanda. Segue abaixo a tabela 11 com o consumo total por mês do uso de água para limpeza e banheiros.

Tabela 11: Cálculo do consumo total mês do Bloco C

Época de férias		Época de aulas	
Consumos	M <sup>3</sup> /mês	Consumos	M <sup>3</sup> /mês
Limpeza pesada	7,23	Limpeza leve	18,00
Banheiros	1,296	Banheiros	42,12
<b>Total</b>	<b>8,52</b>	<b>Total</b>	<b>60,12</b>

Obteve-se, então, o consumo médio de 60,12 metros cúbicos por mês, mas para desenvolver os cálculos foram adotados 61,00 metros cúbicos.

Com estes dados e com os dados de precipitação, área de captação e coeficiente de Runoff é possível desenvolver o método de Rippl, utilizando as equações 1, 2 e 3 resultando na tabela 12.

Inicialmente são inseridos os valores de precipitação em milímetros por mês na coluna dois, na coluna três é dividido esse valor por 1000 para chegar a metros por mês, facilitando os cálculos.

O volume aproveitável é a equação três desenvolvida em metros cúbicos por mês, representada na tabela pela coluna quatro. Em seguida, é feita a coluna cinco com esses valores acumulados. Em seguida, foi inserida a sexta coluna de demanda máxima com valor de 61,00 metros cúbicos por mês. Na coluna sete é realizado o acumulado da demanda. A coluna 8 é desenvolvida cuidando-se da coluna 9 que representa a equação 2, pois o maior valor é o volume necessário da cisterna. Neste caso percebe-se que o maior valor é de 19,98 m<sup>3</sup>, ou seja, a cisterna será de 20 m<sup>3</sup>

Tabela 12: Método de Rippl para obtenção do volume da cisterna (m<sup>3</sup>)

Meses	Precipitação (mm/mês)	Precipitação (m/mês)	Volume Aproveitável (m <sup>3</sup> /mês)	Volume Acumulado (m <sup>3</sup> /mês)	Demanda (m <sup>3</sup> /mês)	Demanda Acumulada (m <sup>3</sup> /mês)	Demanda Acumulada Transportada (m <sup>3</sup> /mês)	Volume da Cisterna (m <sup>3</sup> )
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8	Coluna 9
Janeiro	207,5	0,21	133,54	133,54	61,00	61		-133,54
Fevereiro	151	0,15	97,18	230,72	61,00	122		-230,72
Março	129,6	0,13	83,41	314,13	61,00	183		-314,13
Abril	104,1	0,1	67	381,12	61,00	244		0
Mai	138,2	0,14	88,94	470,06	61,00	305	470,06	0
Junho	76,6	0,08	49,3	519,36	61,00	366	531,06	11,7
Julho	98,1	0,1	63,13	582,5	61,00	427	592,06	9,57
Agosto	78,6	0,08	50,58	633,08	61,00	488	653,06	19,98
Setembro	107,8	0,11	69,38	702,46	61,00	549	714,06	11,61
Outubro	199,8	0,2	128,59	831,04	61,00	610	775,06	-55,98
Novembro	176,8	0,18	113,78	944,83	61,00	671	836,06	-108,76
Dezembro	145,3	0,15	93,51	1038,34	61,00	732	897,06	-141,27

Para facilitar a visualização do conteúdo da tabela 14 é possível demonstrar graficamente na figura 5, em que a linha azul é o volume acumulado de chuva do volume aproveitável e a linha verde é a demanda acumulada transportada. Determinando-se a maior diferença positiva, obtém-se o volume da cisterna.

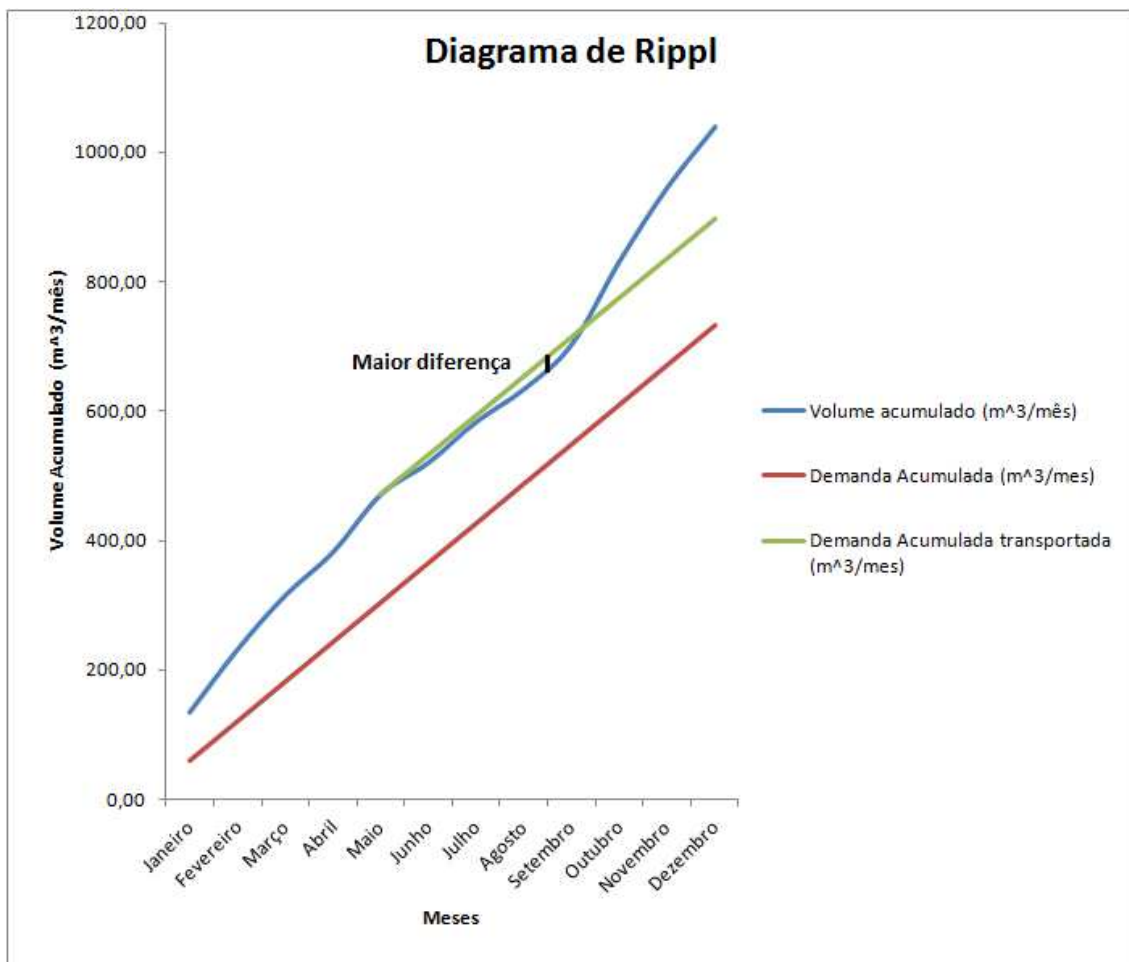


Figura 5 – Diagrama de Rippl

O volume do reservatório elevado foi definido com o consumo médio diário do Bloco C. Como o volume de consumo é de 60,74 m<sup>3</sup>/mês, dividi-se este valor por 30 dias, determinando o valor diário de aproximadamente 2 metros cúbicos por dia. Determinando então que o reservatório elevado é de 2 metros cúbicos.

## 5.5. SISTEMA DE FUNCIONAMENTO ENTRE OS RESERVATÓRIOS

O sistema correto de funcionamento é através de duas chaves boias, uma na cisterna, que serve para evitar o funcionamento da bomba quando não houver água na cisterna; e a segunda chave boia fica no reservatório elevado. Esta chave serve para ligar a bomba para encher o reservatório superior. Em caso de falta de água nos dois reservatórios, a chave boia da cisterna não permite que a bomba entre em funcionamento.

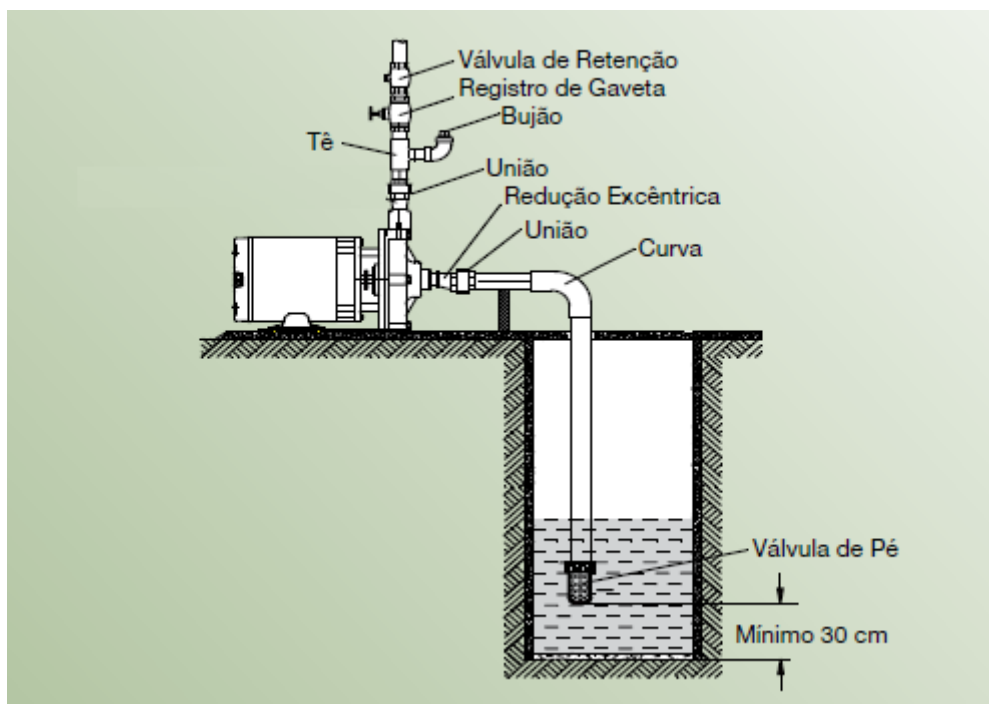
Quando houver essa falta de água na cisterna e no reservatório elevado, há um sistema de registro de abertura eletrônico que é controlado pelas duas chaves boias. Ao interpretar os dados que se tem falta de água nos dois reservatórios esse registro é aberto, fazendo com que a água do reservatório da UTFPR entre no reservatório elevado. Observa-se no APÊNDICE C o sistema na cisterna, no APÊNDICE F o sistema no reservatório elevado, no APÊNDICE D e E nota-se a locação atrás do bloco C.

## 5.6. BOMBA D'ÁGUA

A escolha da bomba se desenvolveu a partir da altura manométrica de no mínimo 14 metros. Através de pesquisa no mercado foi possível escolher a bomba centrífuga bivolt com 1/3 CV, altura manométrica total de 16 m.c.a com vazão de 4,5 m<sup>3</sup>/h, para trabalhar até 5 horas.

Com os dados dessa bomba foi definido a tubulação de sucção de 1" e com tubulação de recalque de 1".

Na figura 6, pode-se observar o modelo de instalação e locação da bomba.



**Figura 6 - Modelo de instalação e locação da bomba**

**Fonte:** Manual de instruções das bombas e motobombas. **Schneider**. Disponível em <http://www.schneider.ind.br/arquivos/download/?id=219&count=1>

## 5.7 COMPLEMENTARES

Foi instalado 3 grades nas caixas de areia, pois o custo de instalação nas calhas é maior.

Para determinar a altura da caixa d'água e verificação de pressão mínima para atender os aparelhos sanitários foi necessário calcular as perdas de carga do ponto mais crítico que seria o último vaso sanitário do banheiro do primeiro andar.

E através da fórmula Hazem-Williams foi determinado que a perda de carga unitária é de 0,0147 metros/metros e como o comprimento total é de 49,2 metros, pode-se obter uma perda de carga total de 0,72324. Como a altura mínima para instalação da caixa de água é de 4,8 metros, a pressão a jusante é de aproximadamente 4 metros de coluna de água. Este valor supera os 2 mca que se faz necessário nos aparelhos e nota-se também que a altura da caixa de água será



logo acima do telhado, sem acrescer a altura desta. Pode-se observar no APÊNDICE B o desenho isométrico da distribuição de água pluvial.

#### 5.8. RESERVATÓRIO DE DESCARTE

O reservatório de descarte foi determinado com o valor da área de captação. Como esta área é de 715,8 m<sup>2</sup>, seria necessário descartar 715,8 litros, mas analisando os preços de mercado, foi selecionada uma caixa de 500 litros.

O funcionamento pode-se realizar de duas maneiras. Na primeira se faz necessária a limpeza deste reservatório com a abertura do registro após a chuva e o fechamento deste registro, para estar pronto para descartar a chuva inicial da próxima chuva.

Na segunda e mais adequada, deve ser realizada após a implantação, em que é observado o fluxo médio da precipitação da chuva em dois períodos, no período de chuvas intensas e no período de estiagem. E então determinar a abertura do registro nos dois períodos, para que tenha uma menor vazão de saída do que de entrada. Afim de que após 15 minutos de descarte, o volume de água atinja o nível em que se encontra a tubulação que conduz a água para a cisterna. Com isso o sistema fica mais dinâmico, não se fazendo necessária o controle do registro cada vez que chove.

#### 5.9 ORÇAMENTO

Segue abaixo a tabela 13 o orçamento dos materiais e equipamentos realizados em vários depósitos do Município de Campo Mourão, e orçamento da mão de obra necessária para a instalação do sistema de reaproveitamento de água pluvial, obtido a partir de orçamentos realizados em empresas situadas no Município de Campo Mourão.

Tabela 13 - Orçamento para instalação do sistema de reuso de água pluvial

<b>MATERIAIS</b>				
Descrição	Qtde.	Unid.	Valor unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
Adaptador Soldável com Anel para Caixa D'Água 25mm	1	un	7,77	7,77
Adaptador Soldável com Anel para Caixa D'Água 50mm	4	un	19,04	76,16
Adaptador Soldável Curto com Bolsa e Rosca para Registro 25mm x 3/4'	1	un	0,63	0,63
Adaptador Soldável Curto com Bolsa e Rosca para Registro 32mm x 1'	1	un	1,10	1,10
Caixa D'Água TIGRE RT 500 L	1	un	160,00	160,00
Caixa D'Água TIGRE RT 20000 L	1	un	3400,00	3.400,00
Caixa D'Água TIGRE RT 2000 L	1	un	485,00	485,00
Curva 90° Soldável 25mm	2	un	1,80	3,60
Curva 90° Soldável 32mm	1	un	4,20	4,20
Joelho 90° Série Normal 100mm	1	un	5,60	5,60
Joelho 90° Soldável 50mm	3	un	3,65	10,95
Luva Simples Série Normal 100mm	2	un	4,30	8,60
Redução Excêntrica Série Normal 100x50mm	1	un	4,40	4,40
Registro Esfera VS Soldável 50mm	2	un	31,55	63,10
Tê Série Normal 100mm	1	un	10,50	10,50
Válvula de Pé com Crivo Soldável 32mm	1	un	35,40	35,40
Ventosa Soldável 25mm	1	un	21,50	21,50
Tubo de PVC Série Normal 100mm	15	m	7,67	115,05
Tubo Soldável 3m x 50mm	10	m	8,00	80,00
Tubo Soldável 6m x 25mm	10	m	2,30	23,00
Tubo Soldável 6m x 32mm	10	m	5,20	52,00
Tubo Soldável 6m x 50mm	10	m	8,00	80,00
Grade de aço de 1 m <sup>2</sup>	4	un	36,00	144,00
Chave boia	2	un	25,90	51,80
Registro de abertura eletrônico	1	un	150,00	150,00
Filtro modelo VF1 para 200 m <sup>2</sup> de telhado	3	un	1184,00	3.552,00
Bomba centrifuga 1/3 cv bivolt	2	un	145,08	290,16
<b>TOTAL DO MATERIAL</b>				<b>8.836,52</b>
<b>MÃO DE OBRA</b>				
Descrição	Qtde.	Unid.	Salário Hora (R\$)	Custo Horário (R\$)
Mão de obra	56	horas	26,23	1.468,88
<b>TOTAL DE MÃO DE OBRA</b>				<b>1.468,88</b>
<b>TOTAL DA OBRA</b>				<b>10.305,40</b>

Orçamento realizado em junho de 2012

## 5.10. RETORNO FINANCEIRO

De acordo com Sanvicente (1997, p. 44) para avaliar o período de recuperação financeira ou "*Pay-back*", deve-se ter o valor de investimento e o valor de fluxo de caixa ou lucro contábil anual, e com a divisão do investimento em relação ao lucro é obtido o período de retorno deste investimento.

Foi obtido que o custo médio cobrado do metro cúbico da água nas universidades da região de Campo Mourão segundo a SANEPAR é de R\$ 4,46 por metro cúbico. E que o consumo de energia elétrica da UTFPR *campus* Campo Mourão é por demanda e não discriminado, foi utilizado o valor comum de cobrança da COPEL de 0,479853 reais por kWh. Como a bomba possui uma potência de 250 watts e trabalharia 5 horas nas épocas de estiagem a cada 30 dias gastaria 37,5 kW/mês e assim totalizando 18,00 reais por mês.

Tendo uma economia estimada de 8,52 m<sup>3</sup> por mês em época de férias (três meses ao ano) e de 60,74 m<sup>3</sup> por mês em época de aulas (9 meses de aulas), obtém-se uma média de 47,69 m<sup>3</sup> por ano. Como o valor de investimento será de 10.305,40 reais mais 18,00 reais por mês e que todo ano existira uma manutenção de 500,00 reais, pode-se calcular que o retorno será realizado em 6 anos aproximadamente.

## 6. CONCLUSÕES

A proposta de instalar um sistema de reuso de água da chuva vem da necessidade de preservar o meio em que vivemos e de demonstrar que em um período estimável, pode gerar economia no orçamento caso venha ser cobrada tarifa sobre a água utilizada na universidade.

O consumo total por mês no período de férias corresponde a 8,52 m<sup>3</sup> e no período letivo a 60,74 m<sup>3</sup>.

São consumidos 42,12 m<sup>3</sup> / mês nos aparelhos sanitários no período letivo e em época de férias apenas 1,29 m<sup>3</sup> / mês.

O consumo na limpeza no período de férias é de 7,23 m<sup>3</sup> / mês enquanto que no período letivo é de 18,62 m<sup>3</sup> / mês.

Os meses mais críticos de estiagem são entre junho e setembro com média mínima de 76,60 mm em junho e com a média maior de índice de chuva em janeiro tendo média de 207,50 mm.

Foi utilizada a demanda de 61,00 m<sup>3</sup> / mês no cálculo do volume da cisterna realizada através do Método de Rippl.

Para o sistema de reuso de água pluvial suprir o período de menor índice pluviométrico se faz necessário uma cisterna de 20,00 m<sup>3</sup> e um reservatório elevado de 2 m<sup>3</sup>.

O retorno financeiro dar-se-á em 6 anos e 6 meses.

Em um ano, estaria sendo reutilizado 520 m<sup>3</sup> de água pluvial em apenas um bloco e que se faz importante essa ação de reuso da água da chuva perante a população devido ao fato de incentivar esse tipo de reuso, pois a faculdade deve servir de exemplo.

## REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5626. **Instalação Predial de Água Fria**. 1998.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 8160. **Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução**. 1999.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10844. **Instalações prediais de águas pluviais**. 1989.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12213. **Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público – Procedimento**. 1992.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12214. **Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público – Procedimento**. 1992.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12217. **Projetos de reservatório de distribuição de água para abastecimento público**. 1994.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15527. **Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos**. 2007.

BARROSO, L. B. et al. Dimensionamento de reservatório de água de chuva em escola municipal para fins não-potáveis. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 25, 2009. Recife, PE.

BONFIGLIOLI G. Água: cinco tipos de reuso. O Estado de S. Paulo, São Paulo, 28 mar. 2011. Disponível em: <<http://www.estadao.com.br/noticias/vidae,agua-cinco-tipos-de-reuso,698359,0.htm>>. Acesso em: 15 ago. 2011.

BREGA FILHO, Darcy; MANCUSO, Pedro Caetano Sanches. **Conceito de reuso de água**. In: MANCUSO, Pedro Caetano Sanches; SANTOS, Hilton Felício dos (Eds). reuso de águas. 1 ed. Barueri: Manole, 2003. cap. 2, p.21-36.

CARVALHO K. Q. de.; SCHATZMANN, A. P. M.; PAVIANI, M. A.; PASSIG, F. H.; da C. Avaliação da possibilidade de uso da água de chuva no campus Barigui da Universidade Tuiuti do Paraná. In: **Simpósio de Engenharia Ambiental**, 6, 2008 Serra Negra - SP.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Norma técnica D3.855:** Desinfecção de sistemas de instalações prediais de água fria: procedimento. São Paulo – SP, nov. 1979. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/servicos/normas---cetesb/43-normas-tecnicas---cetesb>>. Acesso em: 13 out. 2011.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Norma técnica D3.860:** Desinfecção de reservatórios de sistemas públicos de abastecimento de água: procedimento. São Paulo – SP, jun. 1992. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/servicos/normas---cetesb/43-normas-tecnicas---cetesb>>. Acesso em: 13 out. 2011.

FERNANDES, Diogo R. M.; MEDEIROS NETO, Vicente B. de; MATTOS, Karen M. da C. Viabilidade econômica do uso da água da chuva: um estudo de caso da implantação de cisterna na UFRN/RN. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 27., 2007, Foz do Iguaçu. **A energia que move a produção:** um diálogo sobre integração, projeto e sustentabilidade.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Climate change, water and food security.** FAO Water Reports 36. Rome, Italy, 2011. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/014/i2096e/i2096e.pdf>>. Acesso em: 29 set. 2011

JABUR, A. S; BENETTI, H. P; SILIPRANDI, E. M. Aproveitamento da água pluvial para fins não potáveis. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 7., 2011, Rio de Janeiro. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <[http://www.excelenciaemgestao.org/Portals/2/documents/cneg7/anais/T11\\_0353\\_2014.pdf](http://www.excelenciaemgestao.org/Portals/2/documents/cneg7/anais/T11_0353_2014.pdf)>. Acesso em: 04 out. 2011.

KARMANN, Ivo. Ciclo da água, água subterrânea e sua ação geológica. In: TEIXEIRA, Wilson; TOLEDO, Maria C. M. de; FAIRCHILD, Thomas R.; TAIOLI, Fábio. **Decifrando a Terra.** São Paulo: IBEP, 2003. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/33750544/Decifrando-a-terra-cap-7-agua-subterranea-e-sua-acao-geologica>>. Acesso em: 15 out. 2011.

KITAMURA, Mariana. **Aproveitamento de Águas Pluviais Para Uso não Potável na PUCPR** . 68 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2004. Disponível em:

<[http://www.hidro.ufcg.edu.br/twiki/pub/ChuvaNet/ChuvaDownload/mariana\\_kitamura.pdf](http://www.hidro.ufcg.edu.br/twiki/pub/ChuvaNet/ChuvaDownload/mariana_kitamura.pdf)> Acesso em: 20 out. 2011.

LIMA, A. N.; FERREIRA, R. C.; PORFIRIO, M. A. S.; CARVALHO, K. Q.; SOUZA, D. C.; PASSIG, F. H.; **Aproveitamento de água de chuva para usos não potáveis no colégio estadual Marechal Rondon no município de Campo Mourão.** (2009).

MARINOSKI, Ana K. **Aproveitamento de Água Pluvial para fins não Potáveis em Instituição de Ensino: Estudo de Caso em Florianópolis- SC.** 108 f. Monografia de Graduação- Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007. Disponível em: <[www.labee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/tccs/TCC\\_Ana\\_Kelly\\_Marinoski.pdf](http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/tccs/TCC_Ana_Kelly_Marinoski.pdf)>. Acesso em: 20 out. 2011.

MENDONÇA, Pedro de A. O. **Reuso de água em edifícios públicos - O caso da escola politécnica.** Salvador: UFBA, 2004. Dissertação (Mestrado) – Programa de Mestrado Profissional em Gerenciamento e Tecnologia Ambiental no Processo Produtivo, Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, 2004. Disponível em: <[http://teclim.ufba.br/site/material\\_online/dissertacoes/dis\\_pedro\\_de\\_a\\_o\\_mendonca.pdf](http://teclim.ufba.br/site/material_online/dissertacoes/dis_pedro_de_a_o_mendonca.pdf)>. Acesso em: 20 out. 2011.

MILENA, Antonio. **O mundo com sede - dois terços da população mundial em 2025 não terão acesso à água potável se nada for feito para evitar a escassez.** Planeta Sustentável. Disponível em: <[http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/desenvolvimento/conteudo\\_261013.shtml?func=1&pag=5&fnt=9pt](http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/desenvolvimento/conteudo_261013.shtml?func=1&pag=5&fnt=9pt)>. Acesso em: 9 out. 2011.

REBOUCAS, Aldo da C.. **Água na região Nordeste: desperdício e escassez.** Estud. av., São Paulo, v. 11, n. 29, Apr. 1997. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-40141997000100007&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40141997000100007&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 29 out. 2011.

SANVICENTE, Antônio Zoratto. **Administração financeira.** 3. ed. São Paulo, SP: Atlas, 1987. 283 p.

SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS. **Diagnostico dos Serviços de Água e Esgoto** – 2009. Brasília, 2011. Disponível em: <[http://www.snis.gov.br/arquivos\\_snis/5\\_DIAGNOSTICOS/5.1\\_Agua&Esgotos/5.1.15\\_Diagnostico2009/Tabela/Diagnostico\\_AE2009.zip](http://www.snis.gov.br/arquivos_snis/5_DIAGNOSTICOS/5.1_Agua&Esgotos/5.1.15_Diagnostico2009/Tabela/Diagnostico_AE2009.zip)>. Acesso em: 01 out. 2011.

SILVA, Gisele Sanches da; GONÇALVES, Orestes M. **Programas permanentes de uso racional da água em campi universitários: o Programa de Uso Racional da Água da Universidade de São Paulo.** 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-12042005-102420/>>. Acesso em: 01 out. 2011.

SOS MATA ATLÂNTICA. **Resultados das Análises de Rios em 2010 - SOS Mata Atlântica apresenta resultados das análises de 43 rios brasileiros realizadas em 2010.** 06 jan. 2011. Disponível em: <<http://www.sosmatatlantica.org.br/index.php?section=content&action=contentDetails&idContent=711>> . Acesso em: 28 out. 2011.

SPL. **Sistema de Proposições legislativas, Lei numero 10785.** Curitiba, PR, 18 set. 2003. Disponível em: <<http://domino.cmc.pr.gov.br/contlei.nsf/735cd5bfb1a32f34052568fc004f61b8/025c71c7e8d28a2e03256db10066058a?OpenDocument>> . Acesso em: 21 out. 2011.

WATERFALL, P. H. **Harvesting Rainwater for Landscape Use.** College of Agriculture and Life Sciences. University of Arizona, 2002. Disponível em <<http://ag.arizona.edu/pubs/water/az1052/harvest.html>> acesso em 15 mai. 2012.

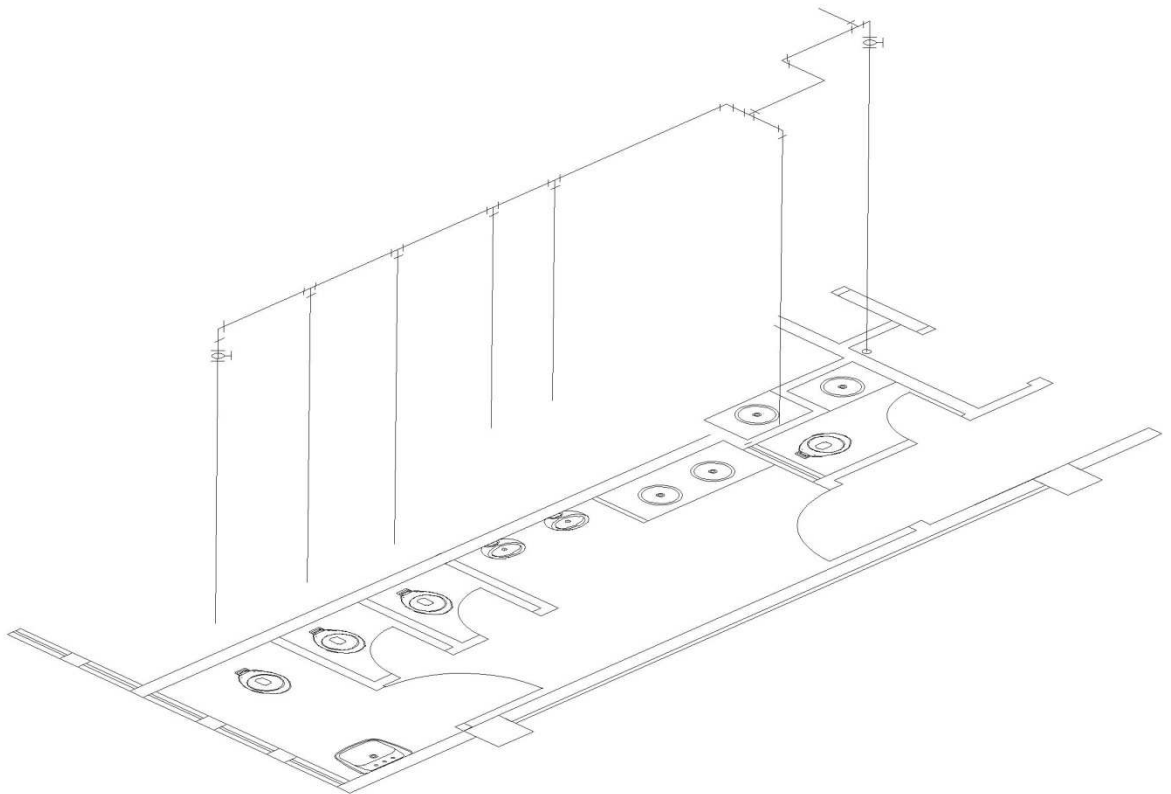
WHO - World Health Organization. **Health Guidelines for the Use of Wastewater in Agriculture and Aquaculture.** Technical Report Series No. 778, Report of a Scientific Group Meeting. Geneva, 1989. Disponível em: <[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/resourcesquality/wpcchap4.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/resourcesquality/wpcchap4.pdf)> acesso em: 10 out. 2011.



**APÊNDICE A – ÁREA DE CAPTAÇÃO**

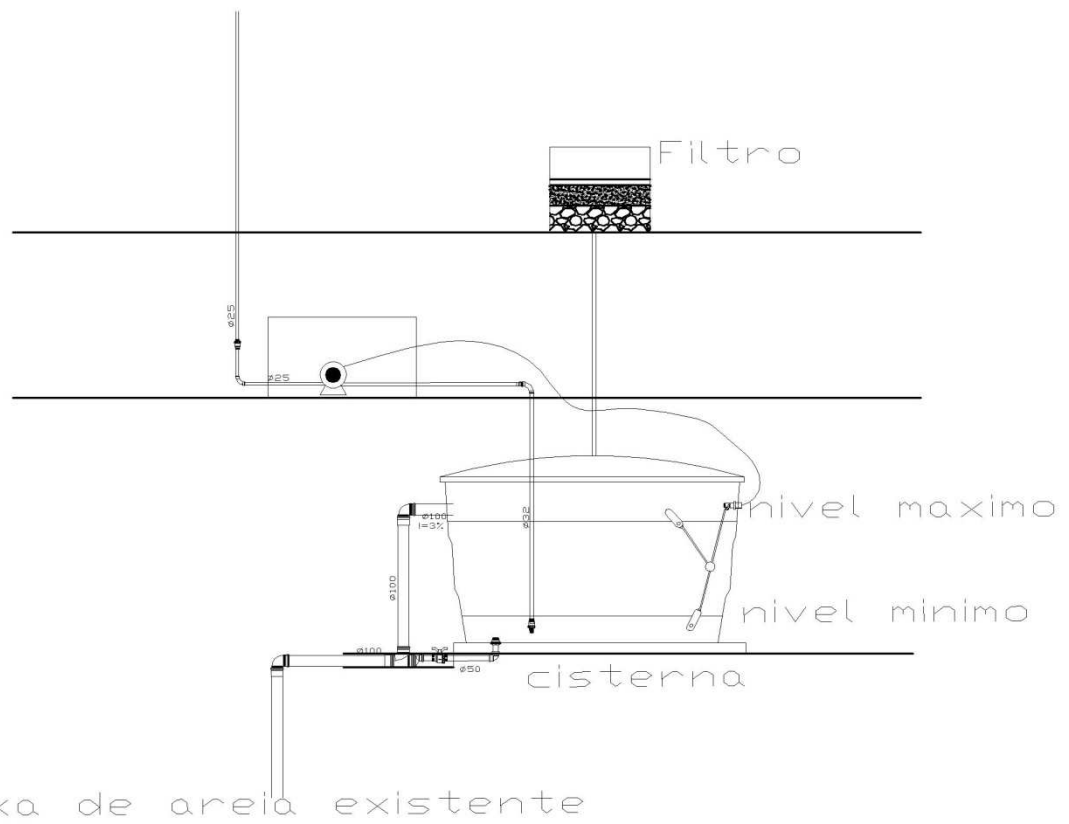


## **APÊNDICE B - ISOMÉTRICO DA DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL**



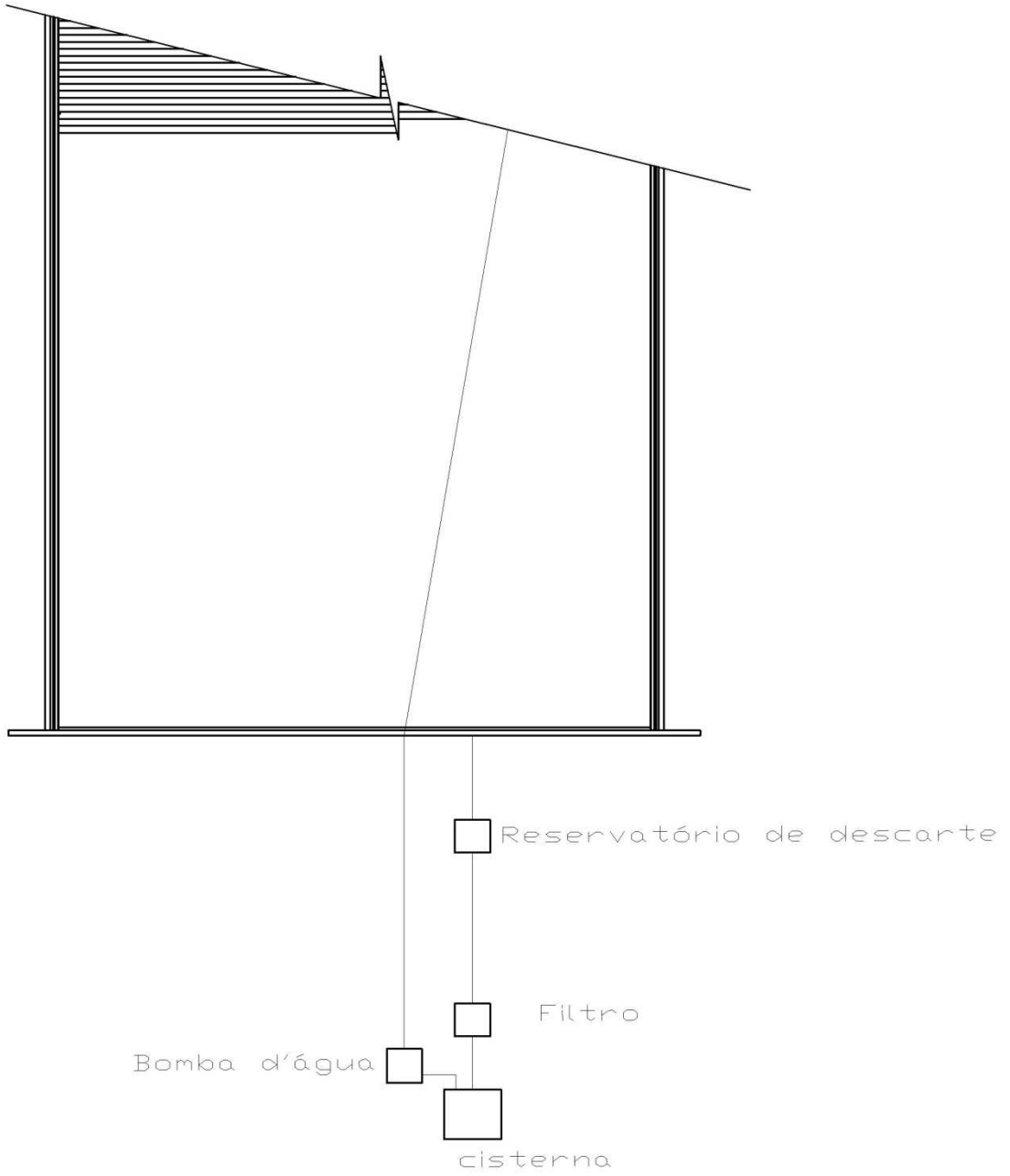
**APÊNDICE C - SISTEMA DE FUNCIONAMENTO DA CISTERNA**

Reservatório elevado



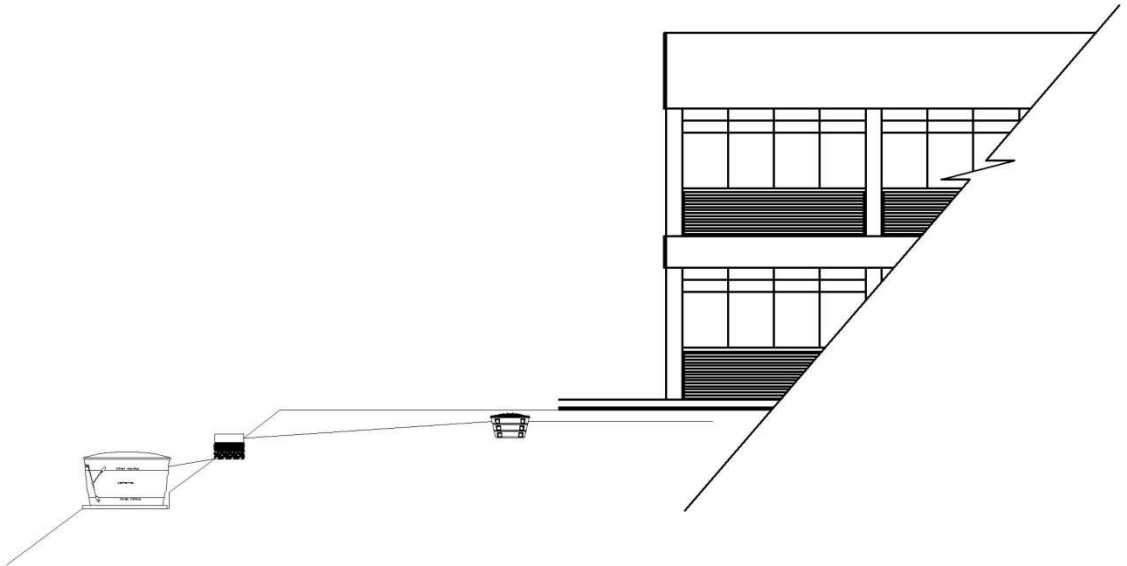
**APÊNDICE D – VISTA DA LOCAÇÃO**

# Bloco C





**APÊNDICE E – PERFIL DA LOCAÇÃO**



**APÊNDICE F – SISTEMA DE FUNCIONAMENTO NO RESERVATÓRIO ELEVADO**

