



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA DA UFPA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

GABRIEL HIROMITE YOSHINO

**O APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PARA FINS
NÃO POTÁVEIS NA CIDADE UNIVERSITÁRIA PROFESSOR
JOSÉ DA SILVEIRA NETTO - BELÉM/PA.**

Belém/PA

2012

GABRIEL HIROMITE YOSHINO

**O APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PARA FINS
NÃO POTÁVEIS NA CIDADE UNIVERSITÁRIA PROFESSOR
JOSÉ DA SILVEIRA NETTO – BELÉM/PA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará, para obtenção do Título de Mestrado Acadêmico em Engenharia Civil, na área de Concentração em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental e com Linha de Pesquisa voltada para Recursos Hídricos.

Orientador: Prof^o Dr. Lindemberg Lima Fernandes.

Belém/PA

2012

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Biblioteca Central da UFPA- Belém- PA

Yoshino, Gabriel Hiromite

O Aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis na cidade universitária professor José da Silveira Netto - Belém/ PA / Gabriel Hiromite Yoshino – 2012.

Orientador: Lindemberg Lima Fernandes

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Belém, 2012.

1. Recursos hídricos – Aspectos ambientais – Belém- (PA). I.Título.

CDD 22.ed. 333.910098115



O APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PARA FINS NÃO POTÁVEIS NA CIDADE UNIVERSITÁRIA PROFESSOR JOSÉ DA SILVEIRA NETTO – BELÉM/PA.

AUTOR:

GABRIEL HIROMITE YOSHINO

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À BANCA EXAMINADORA APROVADA PELO COLEGIADO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL DO INSTITUTO DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ, COMO REQUISITO PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL NA ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL.

APROVADO EM: / /

BANCA EXAMINADORA:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Lindemberg Lima Fernandes".

Prof. Dr. LINDEMBERG LIMA FERNANDES
Orientador

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Gilberto de Miranda Rocha".

Prof. Dr. GILBERTO DE MIRANDA ROCHA
Membro Externo

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "André Augusto Azevedo Montenegro Duarte".

Prof. Dr. ANDRÉ AUGUSTO AZEVEDO MONTENEGRO DUARTE
Membro Interno

Visto:

Prof. CLAUDIO JOSÉ CAVALCANTE BLANCO, Ph.D.
Coordenador do PPGEC / ITEC / UFPA

DEDICATÓRIA

Aos meus Pais Pedro e Nairu Yoshino por terem me apoiado em todas as minhas escolhas, além de me proporcionarem amor, cuidado e educação, sempre pensando no meu bem estar.

Minhas Irmãs Patricia e Jessica Yoshino por estarem sempre ao meu lado, me ajudando e incentivando.

Meus familiares e amigos que sempre me apoiaram nesta caminhada e que contribuíram para a minha formação, tanto pessoal, quanto profissional.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Pedro e Nairu Yoshino, que sempre me apoiaram em todas as fases da minha vida, dedicando-se para me proporcionar sempre o melhor.

As minhas irmãs, Patricia e Jessica Yoshino, por suas companhias nas horas boas e ruins, sempre me dando força nas minhas decisões. E a toda minha família como avós, tios, tias, primos e primas que contribuíram para minha formação.

Agradeço aos Professores do Programa de Mestrado em Engenharia Civil/UFPA, pelos ensinamentos, principalmente pelo meu orientador Prof^o Dr. Lindemberg Lima Fernandes, que sempre me ajudou e orientou no meu progresso acadêmico, profissional e pessoal.

A Secretária do Programa de Mestrado em Engenharia Civil da UFPA, Senhora Cleide, pela atenção e prestação de informações, quando por diversas vezes solicitei.

Ao Engenheiro e Prefeito da UFPA, Alemar Dias Rodrigues Júnior, pelo apoio e confiança, no desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus amigos Adnilson Silva e Jaqueline Sarmento pelo apoio e discussões a cerca do trabalho desenvolvido, contribuindo para o aprimoramento deste trabalho.

Aos Bombeiros Hidráulicos, Ananias, Ivanildo, Jorge e Roberto, pela contribuição no desenvolvimento deste trabalho, através das anotações diárias dos hidrômetros.

A todos os meus amigos e colegas que sempre estiveram comigo, nos estudos, nas brincadeiras, em todos os locais e situações diversas, os meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

A Amazônia brasileira detém cerca de 69% da água doce disponível no Brasil, quantidade que acaba criando a ilusão de que não falta e nem faltará água na região, assim, a grande oferta deste recurso se torna um problema quando se trata da Gestão e Planejamento dos Recursos Hídricos na Amazônia, em função do uso perdulário e a falta de conservação dos mananciais, agravado pelo lançamento de resíduos líquidos sem tratamento. Falar em programas de conservação de água na Amazônia algumas décadas atrás e ainda hoje, com menor intensidade, é de certa forma estranha, devido à grande quantidade de água disponível e a cultura da abundância. Porém, com as mudanças climáticas, associada à crise da água no século XXI e o crescimento da consciência ambiental, surgiu um novo paradigma para o uso da água. Assim, a presente pesquisa busca discutir a importância do aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis, visto o potencial de aproveitamento, ao longo de todo ano, devido o alto índice pluviométrico presente na região amazônica, variando, em média, de 119,6mm no mês de novembro a 441,6mm no mês de março. Foi verificado o potencial de aproveitamento de água da chuva, a partir das áreas dos telhados de alguns prédios, localizados na Universidade Federal do Pará – UFPA, Campus Guamá, também conhecido como Cidade Universitária Professor José da Silveira Netto. Os métodos utilizados para o dimensionamento do reservatório foram os de Rippl e o Interativo, sendo a verificação da viabilidade econômica feita através dos métodos do Valor Presente Líquido - VPL e payback descontado. Como resultado, obteve-se através do método de Rippl um volume superior a 1000 m³, enquanto que, pelo método interativo foi de no máximo 75 m³. A viabilidade econômica apresentou-se fragilizada em função do tempo de retorno ser superior a vida útil do sistema de aproveitamento de água de chuva.

Palavras-chaves: Amazônia. Recursos Hídricos. Conservação de água. Aproveitamento de água da chuva. Cidade Universitária Professor José da Silveira Netto.

ABSTRACT

The Brazilian Amazon has about 69% of available freshwater in Brazil, an amount which ends up creating the illusion that no lack of water and not lacking in the region, the large supply of this resource becomes a problem when it comes to the Management and Planning Water Resources in the Amazon, according to the wasteful use and lack of maintenance of stocks, compounded by the release of untreated wastewater. Speaking of water conservation programs in the Amazon a few decades ago and still today, with less intensity, is somewhat strange, given the large amount of water available and the culture of abundance. But with climate change associated with the water crisis in the century XXI and the growth of environmental awareness, a new paradigm for water use. Thus, this research discusses the importance of the use of rainwater for non-potable purposes, since the potential for exploitation, throughout the year, due to this high rainfall in the Amazon region, ranging, on average, 119.6 mm in months from November to 441.6 mm in March. It was verified the potential utilization of rainwater from the areas of the roofs of some buildings, located at the Federal University of Pará - UFPA, Campus Guamá, also known as City University Professor José da Silveira Netto. The methods used for sizing of the reservoir were the Rippl and Interactive, and economic viability checking done by the methods of Net Present Value - NPV and discounted payback. As a result, there was obtained by the method of Rippl a volume exceeding 1000 m³, while the interactive method was a maximum of 75 m³. The economic viability presented fragile as a function of time to return exceed the useful life of the utilization system for rain water

Key words: Amazon. Water Resources. Water conservation. Utilization of rainwater. City University Professor José da Silveira Netto.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Relação entre a disponibilidade de água e a população.....	21
Figura 2.1 - Sistema de aproveitamento de água de chuva proposto para o semi-árido brasileiro.....	28
Figura 2.2 - Ciclo Hidrológico Global.....	31
Figura 2.3- Uso da água no mundo.....	32
Figura 2.4 - Distribuição do consumo de água nas residências na Alemanha.	37
Figura 2.5 - Distribuição do consumo de água nas residências em São Paulo.....	37
Figura 2.6- Usos finais de água estimados no SENAI-SC.	41
Figura 2.7 - Sistema de aproveitamento de água de chuva.	43
Figura 2.8 - Sistema de fluxo total.....	44
Figura 2.9 - Sistema com derivação.....	44
Figura 2.10 - Sistema com volume de retenção.....	45
Figura 2.11 - Sistema com infiltração.....	45
Figura 2.12 - Descarte da primeira chuva com sistema de bóia.....	48
Figura 2.13 - Descarte da primeira chuva com reservatório.....	49
Figura 2.14- O conceito de VPL.	58
Figura 2.15- Gráfico do custo total de um edifício comercial durante sua vida útil....	60
Figura 2.16- Gráfico da possibilidade de interferência no custo total de um edifício.	60
Figura 4.1 - Superfície inclinada.....	64
Figura 4.2- Planilha de cálculo do método de Rippl.	67
Figura 4.3- Planilha de cálculo do Método Iterativo.....	68
Figura 5.1- Dados Pluviométricos do Município de Belém.....	75
Figura 5.2- Demanda de água nos banheiros coletivos.	76
Figura 5.3- Demanda média por dia da semana.	77
Figura 5.4- Demanda média por turno.	77

Figura 5.5- Dimensionamento de reservatório pelo Método de Rippl para a demanda medida no banheiro do Básico.	81
Figura 5.6- Porcentagem da demanda atendida de acordo com o volume do reservatório (Método de Rippl) do banheiro do Básico.	82
Figura 5.7- Balanço Hídrico do sistema dimensionado pelo Método de Rippl para a demanda do banheiro coletivo do Básico.....	82
Figura 5.8- Dimensionamento de reservatório pelo Método de Rippl para a demanda medida no banheiro do Profissional.	83
Figura 5.9 - Porcentagem da demanda atendida de acordo com o volume do reservatório (Método de Rippl) do banheiro do Profissional.....	84
Figura 5.10- Balanço Hídrico do sistema dimensionado pelo Método de Rippl para a demanda do banheiro coletivo do Profissional.	84
Figura 5.11- Dimensionamento de reservatório pelo Método Interativo para a demanda medida no banheiro do Básico.	85
Figura 5.12 - Porcentagem da demanda atendida de acordo com o volume do reservatório (Método Interativo) do banheiro do Básico.....	86
Figura 5.13- Balanço Hídrico do sistema dimensionado pelo Método Interativo para a demanda do banheiro coletivo do Básico.....	87
Figura 5.14- Dimensionamento de reservatório pelo Método Interativo para a demanda medida no banheiro do Profissional.	87
Figura 5.15 - Porcentagem da demanda atendida de acordo com o volume do reservatório (Método Interativo) do banheiro do Profissional.	88
Figura 5.16- Balanço Hídrico do sistema dimensionado pelo Método Interativo para a demanda do banheiro coletivo do Profissional.....	89

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 - População e disponibilidade hídrica no Brasil por região.....	22
Tabela 1.2- Legislação de alguns países que tratam sobre a conservação da água, destacando o aproveitamento da água da chuva.....	22
Tabela 1.3 - Legislação brasileira que trata sobre conservação de água, destacando o aproveitamento da água da chuva.....	23
Tabela 2.1 - Áreas, volumes totais e relativos de água dos principais reservatórios da Terra.....	29
Tabela 2.2 - Classificação da disponibilidade hídrica segundo o UNEP.	30
Tabela 2.3 - Categorias de consumo de água em instalações prediais.	33
Tabela 2.4- Parâmetros de qualidade de água para uso não potável.....	36
Tabela 2.5- Uso final de água tratada para consumo doméstico nos Estados Unidos.	38
Tabela 2.6- Uso final de água tratada para consumo doméstico na Suíça.	38
Tabela 2.7- Uso final de água tratada para consumo doméstico no Reino Unido.....	39
Tabela 2.8- Uso final de água tratada para consumo doméstico na Colômbia.	39
Tabela 2.9- Uso final de água tratada para consumo doméstico em Heatherwood (Bolder-Califórnia).	40
Tabela 2.10- Uso final de água tratada para consumo em prédios públicos de Florianópolis.....	40
Tabela 2.11- Vantagens e desvantagens do aproveitamento de água da chuva.....	46
Tabela 2.12- Frequência de manutenção.....	52
Tabela 2.13- Valores de C adotados por diferentes autores.	53
Tabela 5.1- Precipitação média anual verificado em cada Estação Pluviométrica....	74
Tabela 5.2- Dimensionamento do reservatório pelo Método de Rippl para o banheiro do Básico e Profissional.	79

Tabela 5.3- Dimensionamento do reservatório pelo Método Interativo para o banheiro do Básico e do Profissional.	80
Tabela 5.4- Resultado do dimensionamento do reservatório de armazenamento de água de chuva.....	89
Tabela 5.5- Valor cobrado pela CELPA por Kw/h. Período: Fev/2010-Dez/2011.....	91
Tabela 5.6- Dados utilizados na análise de viabilidade econômica dos sistemas propostos.....	92

LISTA DE CARTA IMAGEM

Carta imagem 3.1 – Mapa de localização da Cidade Universitária Professor José da Silveira Netto.....	61
--	----

LISTA DE FOTOS

Foto 4.1- Banheiro coletivo localizado no Campus Básico.....	63
Foto 4.2- Banheiro coletivo localizado no Campus Profissional.....	63
Foto 4.3- Hidrômetro instalado no ramal de alimentação do banheiro do Básico.	65
Foto 4.4- Hidrômetro instalado no ramal de alimentação do banheiro do Profissional.....	65

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

a.a	Ao ano
a.C	Antes de Cristo
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas
C	Coeficiente de escoamento superficial
CELPA	Centrais Elétricas do Pará
CO ₂	Dióxido de carbono
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
COSANPA	Companhia de Saneamento do Pará
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DEPV	Diretoria de Eletrônica e Proteção ao Vôo
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ES	Espírito Santo
EUA	Estados Unidos da América
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
H ₂ CO ₃	Ácido carbônico
ICA	Instituto de Ciência da Arte
IEMCI	Instituto de Educação Matemática e Científica
ILC	Instituto de Letras e Comunicação Social
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
MPOG	Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão
MTIR	Taxa interna de retorno modificada
ONU	Organização das Nações Unidas

P1MC	Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semi-Árido: um milhão de Cisternas Rurais
Pa	Pará
PVC	Poli cloreto de vinila
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SC	Santa Catarina
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
SENGEPA	Sindicato dos Engenheiros no Pará
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
SINDUSCON-SP	Sindicato da Indústria da Construção do Estado de São Paulo
SIPAM	Sistema de Proteção da Amazônia
TIR	Taxa interna de retorno
TMA	Taxa mínima de atratividade
UFPA	Universidade Federal do Pará
UNEP	United Nations Environment Programme
USP	Universidade de São Paulo
VPL	Valor Presente Líquido

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	JUSTIFICATIVA E IMPORTÂNCIA DO TRABALHO.....	20
1.2	OBJETIVOS	24
1.2.1	Objetivo Geral	24
1.2.2	Objetivos Específicos	24
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	25
2.1	HISTÓRICO DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA.	25
2.1.1	Água da chuva pelo Mundo	26
2.1.2	Água da chuva pelo Brasil	28
2.2	DISTRIBUIÇÃO DA ÁGUA E A ESCASSEZ	29
2.3	CICLO HIDROLÓGICO	30
2.4	USOS DA ÁGUA	32
2.5	QUALIDADE DA ÁGUA DA CHUVA	33
2.6	PREVISÃO DE CONSUMO DE ÁGUA NÃO POTÁVEL	36
2.7	SISTEMA DE CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA....	42
2.7.1	Área de captação	46
2.7.2	Calhas e condutores	47
2.7.3	Filtros	47
2.7.4	Dispositivo de descarte da primeira chuva	47
2.7.5	Reservatórios de armazenamento	49
2.8	DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIOS	52
2.8.1	Métodos de dimensionamento de reservatórios de armazenamento	54
2.9	ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA.	58
3	ÁREA DE ESTUDO: CIDADE UNIVERSITÁRIA PROFESSOR JOSÉ DA SILVEIRA NETTO	61
4	METODOLOGIA	63
4.1	PROCEDIMENTO METODOLÓGICO.....	63
5	RESULTADOS	74
5.1	RESULTADOS DA 1ª ETAPA	74

5.2	RESULTADOS DA 2ª ETAPA	75
5.3	RESULTADOS DA 3ª ETAPA	78
5.4	RESULTADOS DA 4ª ETAPA	90
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	93
	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	97
	APÊNDICE A – PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NA CIDADE DE BELÉM. ...	103
	APÊNDICE B – VALOR DO M³ DE ÁGUA COBRADO PELA COSANPA.....	107
	APÊNDICE C – DEMANDA DE ÁGUA NOS BANHEIROS COLETIVOS.....	108
	APÊNDICE D – ORÇAMENTO.....	109
	APÊNDICE E – COMPOSIÇÃO DE PREÇOS UNITÁRIOS.....	112
	APÊNDICE F – CÁLCULO DO VALOR PRESENTE LÍQUIDO – BANHEIRO (BÁSICO).....	119
	APÊNDICE G – CÁLCULO DO VALOR PRESENTE LÍQUIDO – BANHEIRO (PROFISSIONAL).....	120
	APÊNDICE H – PROJETO DAS INSTALAÇÕES DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PARA FINS NÃO POTÁVEIS, DOS BANHEIROS COLETIVOS DO CAMPUS BÁSICO E PROFISSIONAL.	121

1 INTRODUÇÃO

A água é um dos elementos essenciais na manutenção da vida em nosso planeta, sendo indispensável para o desenvolvimento das atividades humanas, possuindo diversos usos, por exemplo, irrigação, geração de energia, dessedentação de animais, abastecimento humano, recreação, navegação, processos industriais e entre outros.

Nas últimas décadas, com o aumento populacional e a pressão por mais alimento, aliada ao crescimento econômico e as atividades produtivas, entre outras atividades de uma forma geral, fez com que aumentasse a demanda de água em todos os setores, por exemplo, na irrigação das lavouras, a fim de se aumentar a produtividade agrícola e no setor industrial.

Na superfície terrestre a água pode ser encontrada em suas diversas formas: líquida, sólida ou em forma de vapor. O percurso que a água realiza, por exemplo, desde a atmosfera, passando por várias etapas, até retornar a atmosfera é denominado de Ciclo Hidrológico. Estas etapas compreendem basicamente a precipitação, a infiltração, a evapotranspiração e o escoamento superficial e subterrâneo.

Segundo Alt (2009) a degradação dos recursos hídricos, o desmatamento, a poluição, a impermeabilização das cidades desequilibram o ciclo hidrológico gerando poluição dos mananciais, enchentes e alteração do ciclo das chuvas.

Devido a não homogeneidade da distribuição da água na superfície terrestre, faz com que algumas regiões sofram com a escassez, gerando assim, os conflitos pelo uso múltiplo da água.

O termo escassez de água segundo Machado e Cordeiro (2004) pode ser usado para descrever um quadro onde os usuários estão competindo pela água, isto é, onde a disponibilidade de água é insuficiente para atender a demanda.

Esse quadro é agravado ainda mais, devido à poluição crescente dos recursos hídricos pelo despejo de esgoto doméstico e industrial sem tratamento, pelo aumento populacional desordenado que resulta no aumento da demanda por água, além do uso irracional, por exemplo, o desperdício de água.

Segundo a Norma Alemã (DIN 1989-1) a gestão ecológica e sustentável dos Recursos Hídricos é hoje uma das metas do gerenciamento de águas pluviais. As

alternativas às formas tradicionais de drenagem das águas pluviais são, entre outros, o aproveitamento, a retenção e a infiltração.

Estas alternativas de gerenciamento auxiliam na:

- Prevenção de enchentes.
- Recarga de aquíferos subterrâneos.
- Redução dos custos com manutenção e ampliação de redes de drenagem.
- Prevenção da escassez.

Segundo Anecchini (2005) o uso de fontes alternativas de suprimento é citado como uma das soluções para o problema de escassez da água. Dentre estas alternativas destaca-se o aproveitamento da água da chuva, o reuso de águas servidas e a dessalinização da água do mar. O aproveitamento da água da chuva caracteriza-se por ser uma das soluções mais simples e baratas para preservar a água potável.

Para Oliveira (2008) a água de chuva pode servir como fonte de água para abastecer pessoas que vivem em áreas áridas e semi-áridas, inclusive para uso potável, a técnica tem se difundido e se consolidado como uma forma de amenizar os diversos problemas sociais e ambientais que é o aumento da demanda.

A substituição de água potável por água de chuva captada em cobertura fará com que as empresas responsáveis pelo abastecimento, tenham os seus custos de captação, tratamento e distribuição diminuídos, conseqüentemente aumenta-se a vida útil dos equipamentos e das redes dos sistemas de captação e distribuição (BARBOZA, 2008).

Segundo o manual da Agência Nacional de Águas - ANA, Federação das Indústrias do Estado de São Paulo - FIESP e Sindicato da Indústria da Construção do Estado de São Paulo - SINDUSCON-SP (2005) a conservação da água pode ser definida como qualquer ação que:

- reduza a quantidade de água extraída em fontes de suprimento;
- reduza o consumo de água;
- reduza o desperdício de água;
- aumente a eficiência do uso de água; ou, ainda,
- aumente a reciclagem e o reuso de água.

A captação e aproveitamento das águas de chuva possuem grandes vantagens, por apresentar na maioria das vezes uma qualidade razoável, podendo ser utilizada nos usos considerados menos “nobres”, como descarga de vasos, rega de jardins, limpeza de pisos, lavagem de veículos, dentre outros. Dessa forma, o uso da água de chuva contribui para a diminuição do uso de água tratada, o que acarretaria economia no sistema de tratamento, aumentando a oferta de água tratada e a diminuição na conta de água do usuário. Além disso, a retenção de parte do volume precipitado amortece o escoamento superficial, amenizando as enchentes que ocorrem principalmente em grandes cidades, devido ao alto grau de impermeabilização do solo.

Segundo Tomaz (2007), os principais motivos que levam à decisão para se utilizar água de chuva são basicamente os seguintes:

- Conscientização e sensibilidade da necessidade da conservação da água.
- Região com disponibilidade hídrica menor que 1200 m³ / habitante x ano.
- Elevadas tarifas de água das concessionárias públicas.
- Retorno dos investimentos (payback) muito rápido.
- Instabilidade do fornecimento de água pública.
- Exigência de lei específica.
- Locais onde a estiagem é maior que 5 meses.
- Locais ou regiões onde o índice de aridez seja menor ou igual a 0,50.

A UFPA possui dois dos principais motivos citados por Tomaz (2007) que levam à decisão para se utilizar água de chuva, são eles: a conscientização e sensibilidade da necessidade da conservação de água e a existência de lei específica, no caso das Instituições Públicas Federais é a IN 01/2010 do MPOG.

Para o aproveitamento de água de chuva devemos dar atenção a dois aspectos importantes como a qualidade da água e a quantidade de chuva disponível na região, a fim de que a água de chuva captada tenha a qualidade necessária para o uso a ser destinado, e se conheça o volume a ser captado e a demanda que se deseja atender, para construir um sistema que garanta o abastecimento na maior parte do tempo e seja economicamente viável.

Mais do que as razões operacionais, o maior obstáculo ao uso disseminado dessas técnicas está relacionado a falta de um gerenciamento eficiente da água. Garantir a disponibilidade de água em quantidade e qualidade, combater a cultura que pressupõe a abundância, incentivar programas que previnem o desperdício e a degradação, é fundamental para viabilizar qualquer proposta de desenvolvimento sócio-econômico sustentável no país (Leal *et al*, 1999 apud MAY, 2009).

Para realizar este trabalho foram utilizados os dados de séries históricas de precipitação das Estações Pluviométricas localizadas no município de Belém, cujos operadores são a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, Sistema de Proteção da Amazônia - SIPAM, Diretoria de Eletrônica e Proteção ao Vôo - DEPV e Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM.

A pesquisa é pautada e fundamentada em conceitos já estabelecidos na literatura científica e técnica; sua contribuição esperada é de que os resultados e conclusões do aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis sejam utilizados como uma forma de conscientização pelo uso racional da água, bem como despertar o interesse para a utilização desse sistema pela sociedade em geral, contribuindo com a Gestão e o Planejamento dos Recursos Hídricos na Região Amazônica.

1.1 JUSTIFICATIVA E IMPORTÂNCIA DO TRABALHO

A pressão cada vez maior nos recursos hídricos faz com que muitos países incentivem o racionamento e busquem soluções alternativas para o problema da escassez. As medidas mais adotadas pelos países de uma forma geral são o uso de bacias sanitárias de baixo consumo, torneira e chuveiros mais eficientes, diminuição das perdas de água nos sistemas públicos, o reuso das águas servidas e a captação e aproveitamento das águas de chuva e entre outras.

Segundo Rebouças (2006), 97,5% do volume total de água da Terra formam os oceanos e mares e somente 2,5% são de água doce. Ressalte-se que a maior parcela dessa água doce (68,9%) forma as calotas polares, as geleiras e neves eternas que cobrem os cumes das montanhas mais altas da Terra. Os 29,9% restantes constituem as águas subterrâneas doces. A umidade dos solos (inclusive

daqueles gelados - permafrost) e as águas dos pântanos representam cerca de 0,9% do total e a água doce dos rios e lagos cerca de 0,3%.

Diante desse quadro podemos perceber a pequena quantidade de água doce que está disponível para atender as nossas necessidades. Apesar de ainda existir a cultura de que a água é um recurso infinito.

Segundo a Organização das Nações Unidas - ONU (2003) em meados do século XXI sete bilhões de pessoas distribuídos em 60 países sofrerão com a escassez da água, no pior dos casos e no melhor será de dois bilhões de pessoas em 48 países.

A escassez de água no mundo vem aumentando, devido principalmente à maior poluição dos recursos hídricos, desperdício e o crescimento populacional.

Outro agravante é devido à água estar distribuída de forma irregular na superfície terrestre, como pode ser verificado na Figura 1.1, onde locais como a Ásia que se concentram mais da metade da população mundial, possui apenas 36% de toda a água doce disponível no mundo.

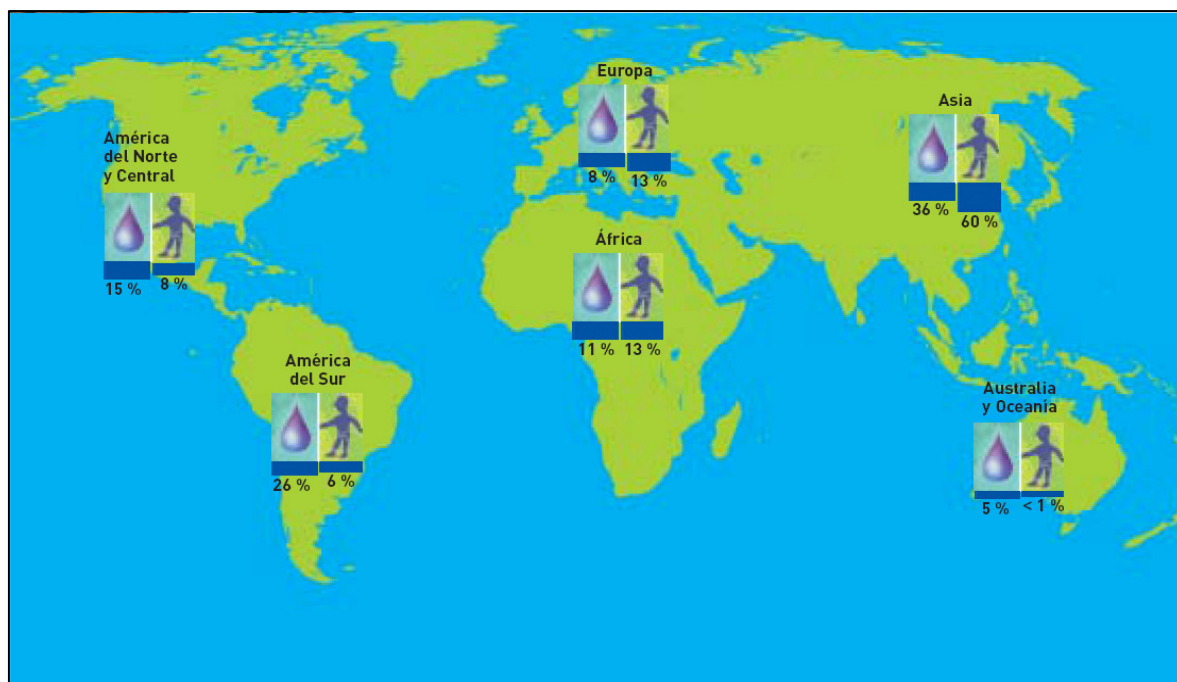


Figura 1.1 - Relação entre a disponibilidade de água e a população.
Fonte: Organização das Nações Unidas, 2003.

O Brasil apresenta 53% de toda água disponível na América do Sul, representando 12% da produção hídrica de superfície em relação ao mundo (TOMAZ, 2003).

A distribuição de água no Brasil não é de forma homogênea, como pode ser verificado na Tabela 1.1, onde a região sudeste concentra a maior parte da população brasileira e possui apenas 6% de toda a disponibilidade hídrica do Brasil.

Tabela 1.1 - População e disponibilidade hídrica no Brasil por região.

REGIÕES DO BRASIL	DISPONIBILIDADE HÍDRICA (%)	PORCENTAGEM DA POPULAÇÃO (%)
Norte	68,50	7,40
Nordeste	3,30	28,23
Sudeste	6,00	42,61
Sul	6,50	14,91
Centro-Oeste	15,70	6,85
TOTAL	100,00 %	100,00 %

Fonte: Adaptado de Tomaz, 2003.

Algumas medidas para amenizar o problema da escassez hídrica estão sendo tomadas em vários países. A Tabela 1.2 mostra iniciativas de alguns países, em relação à legislação que tratam sobre o controle de enchentes, conservação de água e o uso racional da água.

Tabela 1.2- Legislação de alguns países que tratam sobre a conservação da água, destacando o aproveitamento da água da chuva.

LEGISLAÇÃO	LOCAL DE APLICAÇÃO	OBJETIVO
Diretriz Européia 98/83/EG do Concil for the Quality of Water for Human Consumption	Alemanha	Não estabelecer restrições para o uso da água de chuva em residências, bacias sanitárias, limpeza de jardim, lavagem de roupas ou limpeza em geral.
Regulamento de 1984	Tokyo – Japão	Obriga que todo prédio com área construída maior que 30.000 m ² ou quando o prédio use mais de 100 m ³ /dia de água não potável, deverá ser feito a reciclagem da água de chuva e da água servida.
Regulamento de 1993	Tokyo – Japão	Obriga a instalação de reservatório de detenção para evitar enchentes em áreas de terreno superior a 10.000 m ² ou quando o edifício tenha mais que 3.000 m ² de área construída.
Lei Nº 10.597/2008	Cidade de Tcson – EUA	Obriga todos os novos edifícios comerciais, prontos a partir de janeiro de 2010, a preverem sistema de aproveitamento de água de chuva.

A Tabela 1.3 mostra algumas iniciativas do Brasil, em relação à legislação que trata sobre conservação de água.

Tabela 1.3 - Legislação brasileira que trata sobre conservação de água, destacando o aproveitamento da água da chuva.

LEGISLAÇÃO	LOCAL DE APLICAÇÃO	OBJETIVO
Decreto 24.643/1934	Brasil	E a primeira legislação brasileira que trata sobre as águas pluviais, definindo-a e determinando alguns critérios.
Lei N° 9.433/1997	Brasil	Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e tem como um dos objetivos assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos.
Lei N° 9.520/2002	Ribeirão Preto – SP	Torna obrigatória em Ribeirão Preto, a construção de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500 m ² .
Decreto N° 48.138/2003	São Paulo (Estado)	Institui medidas de redução de consumo e racionalização do uso de água no âmbito do Estado de São Paulo.
A Lei N° 4.393/2004	Rio de Janeiro (município)	Dispõe sobre a obrigatoriedade das empresas projetistas e de construção civil a prover os imóveis residenciais e comerciais de dispositivo para captação de águas da chuva e dá outras providências.
Lei N° 2.349/2004	Pato Branco – PR	Cria o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações no município de Pato Branco, Estado do Paraná.
Decreto N° 23.940/2004	Rio de Janeiro (Estado)	Dispõe sobre a obrigatoriedade de imóveis com mais de 500 m ² de possuírem reservatórios para o recolhimento das águas de chuva com o objetivo de retardar temporariamente o escoamento para a rede de drenagem, além de servir de estímulo para a prática do reuso.
Lei N° 5.722/2006	Santa Catarina – PR	Obriga edifícios com um número igual ou superior a 3 pavimentos e área superior a 600 m ² a instalarem sistema de captação, tratamento e aproveitamento de água de chuva.
Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT N° 15.527/2007	Brasil	Fornece requisitos para o aproveitamento de água de chuva em coberturas localizadas em áreas urbanas para fins não potáveis.
Instrução Normativa N° 01/2010 da Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão	Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional	Dispõe sobre os critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de bens, contratação de serviços ou obras pela Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional e dá outras providências.

Neste sentido, o presente trabalho vem como uma proposta para a utilização de uma medida de conservação da água, mostrando as suas vantagens e ao mesmo tempo disseminando esta técnica milenar (aproveitamento de água de chuva), mas que ainda é pouco utilizada pela sociedade, principalmente na região Norte do Brasil.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

O principal objetivo deste trabalho é definir, propor e apresentar o aproveitamento da água de chuva para fins não potáveis, como um programa de conservação da água, atendendo assim, a Instrução Normativa N° 01/2010 do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão – MPOG, para a Cidade Universitária Professor José da Silveira Netto.

1.2.2 Objetivos Específicos

I – Determinar a área de captação de água de chuva de dois prédios públicos localizados na Cidade Universitária Professor José da Silveira Netto, a fim de suprir a demanda de água não potável de dois banheiros coletivos, além de verificar a série histórica de precipitação do município de Belém-Pa, para subsidiar o dimensionamento do reservatório.

II – Verificar a demanda de água nos banheiros coletivos.

III – Avaliar a capacidade de reservação de acordo com os métodos de Rippl e Interativo, verificando o potencial de economia proporcionada pela implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva.

IV – Analisar a viabilidade econômica e estratégica de captação de água de chuva na Cidade Universitária Professor José da Silveira Netto.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 HISTÓRICO DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA.

O aproveitamento da água de chuva é utilizado em diferentes partes do mundo há milhares de anos, sendo usada e difundida principalmente em regiões áridas e semi-áridas.

O primeiro registro que se tem do uso da água de chuva é verificado na pedra Mohabita, data de 830 a.C, que foi achada na antiga região de Moab, perto de Israel. Esta relíquia traz determinações do rei Mesa, de Moab, para a cidade de Qarhoh, dentre as quais destaca-se "...para que cada um de vós faça uma cisterna para si mesmo, na sua casa" (TOMAZ, 2007).

Segundo Alt (2009) a fortaleza de Massada tomada dos Judeus por Herodes, 37 a.C e este sendo construtor primoroso construiu dois palácios com todo conforto e luxo da época: pisos de mosaicos, afrescos, colunatas e até uma piscina. Para garantir a auto-suficiência de seu refúgio no deserto, Herodes mandou plantar hortaliças e grãos na montanha, além de construir enormes cisternas escavadas na pedra para coletar água da chuva, com capacidade para mais de 40 milhões de litros.

Foram descobertos em 1885, em Roma, doze reservatórios subterrâneos com entrada superior. Cada unidade tinha uma capacidade de 98 m³, utilizados para abastecimento público (TOMAZ, 2003).

Segundo Oliveira (2008) sistemas de aproveitamento de água de chuva também é encontrado nas civilizações pré-colombianas. O México como um todo é rico em antigas e tradicionais tecnologias de coleta de água de chuva, datadas da época dos Astecas e Maias. Ao sul da cidade de Oxkutzcab, ao pé do Monte Puuc, ainda hoje se pode ver as realizações dos Maias. No século X, existia ali uma agricultura baseada na coleta de água de chuva. As pessoas viviam nas encostas e sua água potável era fornecida por cisternas com capacidade de 20 a 45 m³. Essas cisternas tinham um diâmetro de aproximadamente 5 metros e eram escavadas no subsolo calcário, revestidas com reboco impermeável. Acima delas havia uma área de captação de 100 a 200 m².

A forma de utilização de água de chuva também foi encontrada nas fortalezas construídas pelos portugueses na Ilha de Santa Catarina, uma delas, a fortaleza construída na Ilha de Ratonés (século XVIII), não possuía água doce, tinha uma cisterna que armazenava água dos telhados para consumo das tropas como também para outros usos (ALT, 2009).

Segundo Anecchini (2005) a coleta e o aproveitamento da água da chuva pela sociedade perdeu força com a inserção de tecnologias mais modernas de abastecimento, como a construção de grandes barragens, o desenvolvimento de técnicas para o aproveitamento de águas subterrâneas, a irrigação encanada e a implementação dos sistemas de abastecimento. No entanto, nesse novo milênio o aproveitamento de água de chuva ganhou força, fazendo parte da gestão moderna dos países desenvolvidos, para tentar atenuar o problema da escassez de água.

2.1.1 Água da chuva pelo Mundo

Para Oliveira (2008) mais do que as razões operacionais, o maior obstáculo ao uso disseminado das técnicas de aproveitamento de água de chuva está relacionado com a falta de um gerenciamento eficiente da água.

Muitos países como o Japão, Singapura, China, Holanda, Alemanha, Estados Unidos, Canadá, Austrália, Quênia e entre outros, estão seriamente empenhados no aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis, desenvolvendo várias pesquisas nessa área.

O Japão é um país onde possui um grande número de sistemas de aproveitamento de água de chuva, pois o governo incentiva este tipo de projeto, através do incentivo financeiro concedido para a construção desses sistemas e pela criação de regulamentos que obrigam os construtores a captarem a água da chuva, quando a área do terreno for superior a 10.000 m² ou a área construída for maior que 3.000 m².

A República de Singapura, com 2,7 milhões de habitantes, área de 620 Km² e chuva anual média de 2.370 mm, está tomando várias medidas para conservação da água. Procurando substituir a água potável por água não potável, quer seja a água de chuva ou água do mar, para fins comerciais e industriais. A água de chuva é usada pelas indústrias na descarga de bacias sanitárias e em irrigação de jardins (TOMAZ, 2003).

Segundo Hagemann (2009) setenta províncias da China têm adotado a utilização de água da chuva, construindo 5,6 milhões de tanques com capacidade total de 1,8 bilhões de m³, para suprimento de água a aproximadamente 15 milhões de pessoas e para irrigação de 1,2 milhões de hectares de terra.

Na Holanda, por exemplo, a água é coletada para evitar o transbordamento de canais que rodeiam o país, situado abaixo do nível do mar. A água armazenada é utilizada na irrigação de lavouras e abastecimento de fontes ornamentais (MAY, 2009).

Em algumas cidades da Alemanha e Estados Unidos o governo oferece financiamentos para quem se interessar em construir um sistema de captação de água de chuva.

Segundo Tomaz (2003) em Hamburgo, na Alemanha, era concedido gratuitamente cerca de US\$ 1.500,00 a US\$ 2.000,00, no ano de 2003, a quem aproveitar a água de chuva, que também servirá para conter os picos de enchentes. O aproveitamento da água de chuva na Alemanha é feito apenas para fins não potáveis, por exemplo, a irrigação de jardins, descarga de bacias sanitárias, máquinas de lavar roupas e uso comercial e industrial.

Ainda esse autor, no ano de 2003, na cidade de Austin, o governo forneceu US\$ 500 a quem instalasse um sistema de captação de água de chuva na sua residência, essa foi uma forma do governo dos Estados Unidos da América - EUA em incentivar o uso da água de chuva.

Segundo Donald *et al* (1999), a Toronto Healthy House é um projeto habitacional tipo duplex, no centro de Toronto, Ontário, completamente independente do sistema municipal de águas e saneamento. A água para uso potável é obtida das superfícies de telhados e jardins e as águas usadas são recicladas para outros usos. A água de chuva é tratada por dupla filtração e desinfecção ultravioleta. O monitoramento dos resultados confirma que a qualidade da água potável atende os padrões canadenses exigidos para água de beber.

Segundo Gardner *et al* (2001), os sistemas de aproveitamento de água de chuva na Austrália proporcionam uma economia de 45% do consumo de água nas residências, já na agricultura, a economia chega a 60%.

No Quênia, a escassez de fontes de água potável faz com que, em certas regiões, as populações precisem buscar água em locais distantes. O Plano de Auxílio, que é uma ajuda internacional de organizações não governamentais,

fornece ajuda financeira às famílias para a instalação de reservatórios de águas pluviais, a fim de reduzir o problema do transporte de água (FENDRICH e OLIYNIK, 2002).

2.1.2 Água da chuva pelo Brasil

A região do Brasil que mais pratica o aproveitamento da água de chuva é o Nordeste, devido aos problemas de escassez hídrica enfrentados por muitas áreas dessa região.

Segundo Ghanayem (2001, apud Anecchini 2005), no Brasil a instalação mais antiga de aproveitamento da água da chuva foi construída por norte-americanos em 1943, na ilha de Fernando de Noronha. Ainda nos dias de hoje a água da chuva é utilizada para o abastecimento da população.

Em 2003 o governo federal criou o Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semi-Árido: um milhão de Cisternas Rurais – P1MC, com o objetivo de beneficiar cerca de 5 milhões de pessoas na região semi-árida, com água potável, através da construção de cisternas (HAGEMANN, 2009).

A Figura 2.1 mostra o sistema de aproveitamento de água de chuva proposto para o semi-árido brasileiro.

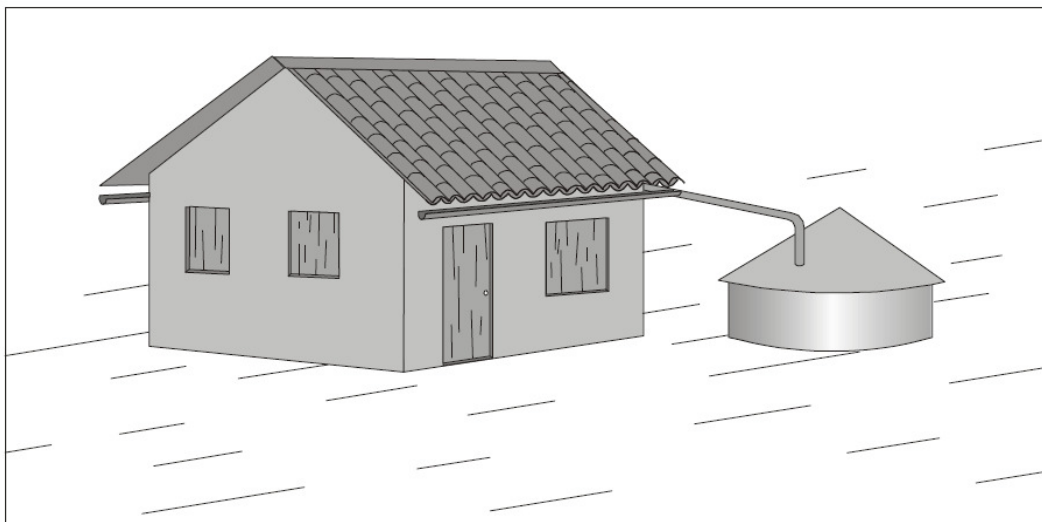


Figura 2.1 - Sistema de aproveitamento de água de chuva proposto para o semi-árido brasileiro.

Fonte: Porto *et al*, 1999.

Algumas indústrias têm implantado o sistema de aproveitamento de água de chuva, proporcionando uma significativa economia de água tratada. Uma das

vantagens das indústrias para este tipo de sistema é que na maioria das vezes, eles possuem uma grande área de telhado servindo para captação das águas de chuva.

Algumas cidades como São Paulo, Rio de Janeiro, Curitiba, Ribeirão Preto e entre outros, criaram decretos e/ou leis que preveem o armazenamento da água de chuva, com o objetivo principal de retardar o escoamento superficial, já que estas cidades apresentam constantes problemas com enchentes, devido ao alto grau de impermeabilização de suas áreas.

2.2 DISTRIBUIÇÃO DA ÁGUA E A ESCASSEZ

Segundo Tomaz (2003) no mundo, 97,5% da água é salgado e somente os 2,5% restantes, corresponde à água doce. Esta pequena porção está distribuída de tal forma, que em muitas das vezes se apresenta em difícil acesso. A Tabela 2.1 demonstra essa distribuição.

Tabela 2.1 - Áreas, volumes totais e relativos de água dos principais reservatórios da Terra.

RESERVATÓRIO	ÁREA (10 ³ km ²)	VOLUME (10 ⁶ km ³)	% DO VOLUME TOTAL	% DO VOLUME DE ÁGUA DOCE
Oceanos	361.300	1.338	97,5	-
Subsolo	134.800	23,4	1,7	-
Água doce		10,53	0,76	29,9
Umidade do solo		0,016	0,001	0,05
Calotas polares	16.227	24,1	1,74	68,9
Antártica	13.980	21,6	1,56	61,7
Groenlândia	1.802	2,3	0,17	6,68
Ártico	226	0,084	0,006	0,24
Geleiras	224	0,041	0,003	0,12
Solos gelados	21.000	0,300	0,022	0,86
Lagos	2.059	0,176	0,013	0,26
Água doce	1.236	0,091	0,007	
Água salgada	822	0,085	0,006	
Pântanos	2.683	0,011	0,0008	0,03
Calha dos rios	14.880	0,002	0,0002	0,006
Biomassa		0,001	0,0001	0,003
Vapor atmosfera		0,013	0,001	0,04
Totais		1.386	100	
Água doce		35	2,53	100

Fonte: Shiklomanov, 1998 apud rebouças *et al*, 2006.

A United Nations Environment Programme – UNEP (2002, apud Anecchini 2005), classifica a disponibilidade hídrica de muito alta a catastróficamente baixa, de acordo com a quantidade de água disponível em m³ por pessoa por ano (Tabela 2.2).

Tabela 2.2 - Classificação da disponibilidade hídrica segundo o UNEP.

DISPONIBILIDADE HÍDRICA (M³ PER CAPTA/ANO)	CLASSIFICAÇÃO
Maior que 20.000	Muito Alta
10.000 – 20.000	Alta
5.000 – 10.000	Média
2.000 – 5.000	Baixa
1.000 – 2.000	Muito Baixa
Menor que 1.000	Catastroficamente Baixa

Fonte: UNEP, 2002 apud Anecchini, 2005.

Para tentar equacionar o problema da escassez hídrica, muitos países, incluindo o Brasil estão incentivando programas de combate ao desperdício, a medição individualizada, a utilização de dispositivos economizadores, além de buscar a utilização de novas fontes alternativas de água, como o reuso de águas servidas e o aproveitamento da água de chuva.

Na região nordeste do Brasil o governo tem implantado cisternas para reservar a água da chuva para posteriormente ser usada pelos moradores das comunidades afastadas do centro da cidade, que não tem acesso a distribuição de água potável.

Segundo Anecchini (2005), cabe aos órgãos competentes institucionalizar, regulamentar e promover o reuso de água no Brasil, apoiando pesquisas que estudem as vantagens e problemáticas do aproveitamento da água da chuva, fazendo com que a prática se desenvolva de acordo com princípios técnicos adequados, visando a sustentabilidade.

2.3 CICLO HIDROLÓGICO

O ciclo hidrológico é o fenômeno natural da circulação da água entre a atmosfera e a superfície terrestre, onde ocorrem transformações no seu estado físico, passando do estado líquido para o de vapor e vice-versa. Os principais componentes do ciclo hidrológico são a precipitação, escoamento superficial, infiltração e evapotranspiração.

Segundo Viola (2008) o ciclo pode ser da seguinte forma: o calor da radiação solar faz com que a água dos rios, lagos e oceanos evapore e nas plantas e animais, ocorra a evapotranspiração. A água, em forma de vapor, acumula-se na atmosfera até que precipita sobre a superfície terrestre e os oceanos. A água precipitada no solo se infiltra abastecendo os lençóis freáticos, ou escoam pela superfície ou subsuperfície até desaguar em lagos ou nos oceanos, voltando a evaporar. Todo o processo está esquematizado na Figura 2.2.

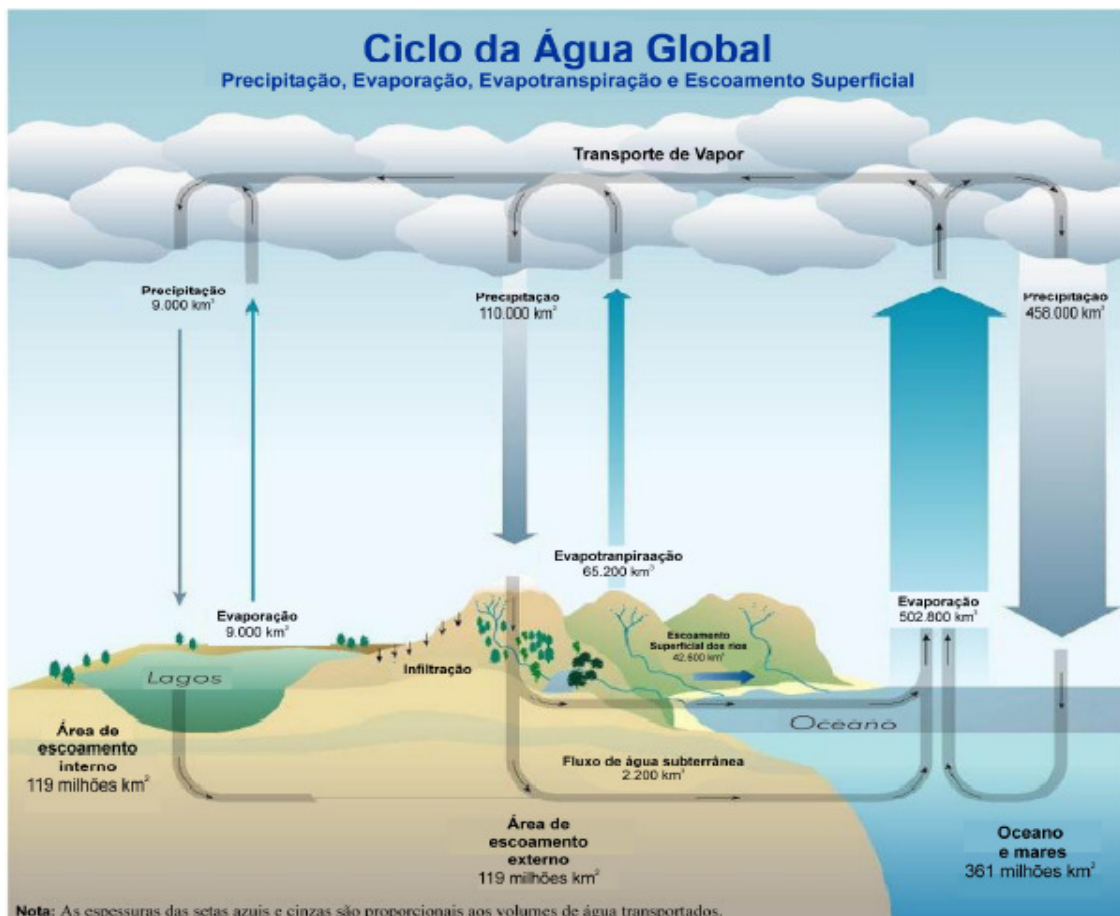


Figura 2.2 - Ciclo Hidrológico Global
Fonte: Adaptado de SHIKLOMANOV, 1998.

Segundo Tucci (1993) o fluxo de água que evapora dos oceanos é cerca de 47.000 km³/ano, bem superior ao fluxo que nele cai em forma de precipitação. Esse excedente indica a quantidade de água que é transferida dos oceanos para os continentes nos processos de evaporação e precipitação. A precipitação da água ocorre na forma de chuva, granizo, neve, orvalho e entre outros.

Para o aproveitamento de água de chuva o componente mais importante do ciclo hidrológico é a precipitação. Segundo Hagemann (2009), o conhecimento de

algumas grandezas características das precipitações é de grande importância para o aproveitamento de água de chuva, dentre elas pode-se citar:

- Altura pluviométrica: altura que a água precipitada atingiria no solo por unidade de área, se não infiltrasse e escoasse;
- Duração: intervalo de tempo durante o qual ocorre a precipitação;
- Intensidade: relação entre a altura pluviométrica e a duração da precipitação;
- Frequência de probabilidade e tempo de retorno: é o número médio de anos que se espera que dada precipitação seja igualada ou superada.

2.4 USOS DA ÁGUA

A sociedade humana vem utilizando a água para diversos fins, como abastecimento humano, geração de energia, irrigação, dessedentação de animais, navegação, lazer, lançamento de efluentes e entre outros. A Figura 2.3 mostra que a maior demanda é a agricultura, mas a escassez de água poderá de certa forma mudar esta proporção.

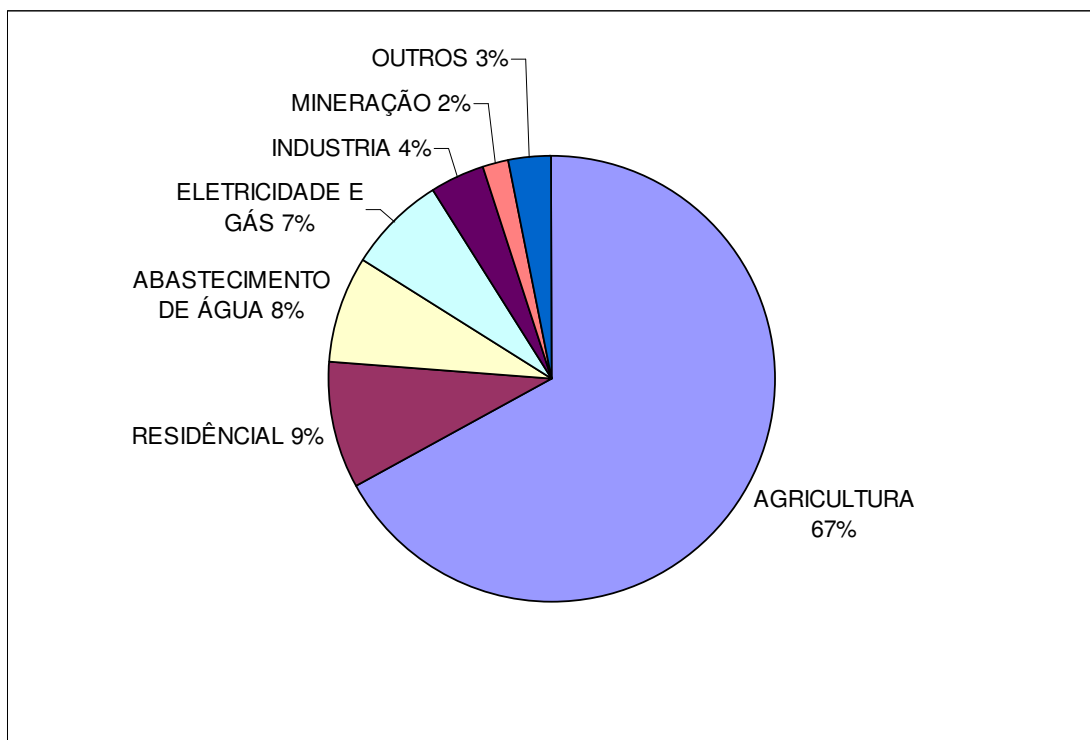


Figura 2.3- Uso da água no mundo.
Fonte: Adaptado de Climate Institute, 2005.

A agricultura é o setor que mais demanda por água, devido ao grande desperdício, que segundo Rebouças (2006) o uso da água na agricultura ocorre de forma ineficiente, com um desperdício estimado de cerca de 60% de toda a água fornecida a este setor.

A residência é outro local onde existe muito desperdício, segundo Anecchini (2005) a água é má utilizada e desperdiçada dentro das próprias casas, muitas das vezes em virtude do desconhecimento, da falta de orientação e informação dos consumidores.

Segundo Tomaz (2003), as categorias de consumo de água em instalações prediais podem ser classificadas como residencial, comercial, industrial e pública. A Tabela 2.3 descreve cada categoria de consumo.

Tabela 2.3 - Categorias de consumo de água em instalações prediais.

Categoria de consumo	Descrição
Residencial	Residências unifamiliar e edifícios multifamiliar.
Comercial	Restaurantes, hospitais e serviços de saúde, lavanderias, auto-postos e lavagem rápidos, clubes esportivos, bares, lanchonetes e lojas.
Industrial	Indústrias químicas e de produtos afins, metalúrgica básica, papéis, alimentação, equipamentos de transportes e indústrias têxteis.
Público	Edifícios públicos, escolas, parque infantil, prédios de unidades de saúde pública, paço municipal, cadeia pública e todos os edifícios municipais, estaduais e federais existentes.

Fonte: Tomaz, 2003.

2.5 QUALIDADE DA ÁGUA DA CHUVA

A água da chuva pode constituir uma fonte alternativa de água com qualidade razoável para diversos usos, pois não entra em contato com o solo (HAGEMANN, 2009). A qualidade da água da chuva deve atender aos padrões de acordo com os usos que a mesma for destinada, para que se possa utilizá-la de forma segura.

Segundo Jaques (2005, apud Alt 2009) a água de chuva, quando a atmosfera está desprovida de poluentes antrópicos, apresenta pH em torno de 5,7 (levemente

ácido); sendo essa acidez natural, conseqüente da formação de ácido carbônico (H_2CO_3) a partir do dióxido de carbono (CO_2) presente no ar.

A água da chuva caracteriza-se por apresentar baixa concentração de dureza (Thomas e Rees, 1999, apud Anecchini, 2005). As águas duras apresentam uma concentração elevada principalmente de sais de cálcio e magnésio, reduzindo no potencial de formação de espuma, implicando um maior consumo de sabão, além de provocar incrustações, principalmente, nas tubulações de água quente, como de caldeiras e aquecedores.

Além da influência das características da região, a qualidade da água da chuva também é influenciada pelas características da precipitação, principalmente no que se refere à água que passa por telhados. A intensidade da precipitação pode influenciar o poder de arraste da água, da forma que chuvas com pequena intensidade e pequeno volume provavelmente terão menor poder de carreamento dos materiais depositados sobre os telhados do que chuvas mais intensas (HAGEMANN, 2009).

Não existe uma fórmula para se calcular o volume inicial de chuva que deva ser descartado, a fim de melhorar a qualidade da água captada, pois o volume a ser descartado varia de acordo com a quantidade de poeira acumulado na superfície de captação em função do número de dias secos, além das estações do ano, tipo de resíduo, inclinação e superfície da área de captação, intensidade das chuvas e o período de tempo em que ocorrem.

Anecchini (2005) ao fazer a caracterização da chuva da cidade de Vitória – ES confirmou que a chuva tem um importante papel na remoção dos poluentes da atmosfera, promovendo a limpeza da mesma. Observou-se ainda que os primeiros milímetros de chuva são os mais poluídos e que ao longo do evento chuvoso ocorre uma melhora na qualidade da água da chuva.

Segundo Hagemann (2009) a água coletada diretamente da atmosfera apresenta melhor qualidade que a coletada dos telhados, reforçando que as maiores alterações na qualidade da água da chuva ocorrem após sua passagem pela superfície de captação.

Para Abumanssur (2007) a água da chuva tem que apresentar certas características, para a função que se destina, como:

- Não deve apresentar mau cheiro;

- Não deve conter componentes que agredam as plantas ou que estimulem o crescimento de pragas;
- Não deve ser abrasiva;
- Não deve manchar superfícies; e
- Não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.

No Brasil ainda não existe uma legislação específica para o aproveitamento de água de chuva que dispõe sobre os padrões de qualidade para o seu uso. O que existe são a Portaria N° 2.914/11 do Ministério da Saúde que estabelece os padrões de qualidade para água tratada destinada ao consumo humano, as Resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA de N° 430/2011 que estabelece os padrões de qualidade para os corpos d'água e a de N° 274/00 que estabelece os padrões de balneabilidade.

Segundo Anecchini (2005), desenvolver normas e estabelecer critérios de uso e conservação da água da chuva nas edificações é extremamente necessário nos dias atuais, tendo em vista as grandes vantagens trazidas por esse sistema, como a conservação da água, através da redução do consumo de água potável nas edificações e o controle de enchentes, auxiliando os sistemas de drenagem.

Os padrões de qualidade do sistema de água de chuva para água não potável no ponto de uso é opção do projetista podendo conforme a situação ser exigido cloração ou não ou até adotar a Tabela 2.4 para monitoramento do sistema de aproveitamento de água de chuva (TOMAZ, 2007).

Tabela 2.4- Parâmetros de qualidade de água para uso não potável.

Parâmetro	Análise	Valor
Coliformes totais	Semestral	Ausência em 100 ml
Coliformes termotolerantes	Semestral	Ausência em 100 ml
Cloro residual livre	Mensal	0,5 a 3,0 mg/L
Turbidez	Mensal	<2,0 uT, para usos menos restritivos <5,0 uT
Cor aparente (caso não seja utilizado nenhum corante, ou antes, da sua utilização)	Mensal	<15 uH
Deve prever ajuste de pH para proteção das redes de distribuição, caso necessário.	Mensal	pH de 6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado

NOTAS

uT é a unidade de turbidez

uH é a unidade de Hazen

Fonte: Tomaz, 2007.

2.6 PREVISÃO DE CONSUMO DE ÁGUA NÃO POTÁVEL

A água destinada ao consumo humano pode ter dois fins distintos, parte da água que abastece uma residência é utilizada para higiene pessoal, para beber e na preparação de alimentos, sendo estes usos designados como usos potáveis, e a outra parcela da mesma água que chega às residências é destinada aos usos não potáveis, como lavagem de roupas, carros e calçadas, irrigação de jardins e descarga de vasos sanitários (ANNECCHINI, 2005).

Segundo o manual da ANA/FIESP & SINDUSCON-SP (2005) as edificações públicas, como escolas, universidades, hospitais, terminais de passageiros de aeroportos, entre outros, o uso da água é muito semelhante ao das edificações comerciais, porém o uso dos ambientes sanitários é bem mais significativo, variando de 35% a 50% do consumo total.

Estudos realizados por pesquisadores em vários países, tais como: Suíça, Estados Unidos, Reino Unido, Colômbia e Brasil, apontam que o consumo de água tratada para fins não potáveis em residências varia de 30% a 50% (Companhia de

Saneamento Básico do Estado de São Paulo - SABESP, 2004 apud Bressan e Martini, 2005), portanto esse percentual poderia ser substituído por água de chuva.

As Figuras 2.4 e 2.5 demonstra a distribuição do consumo de água em residências.

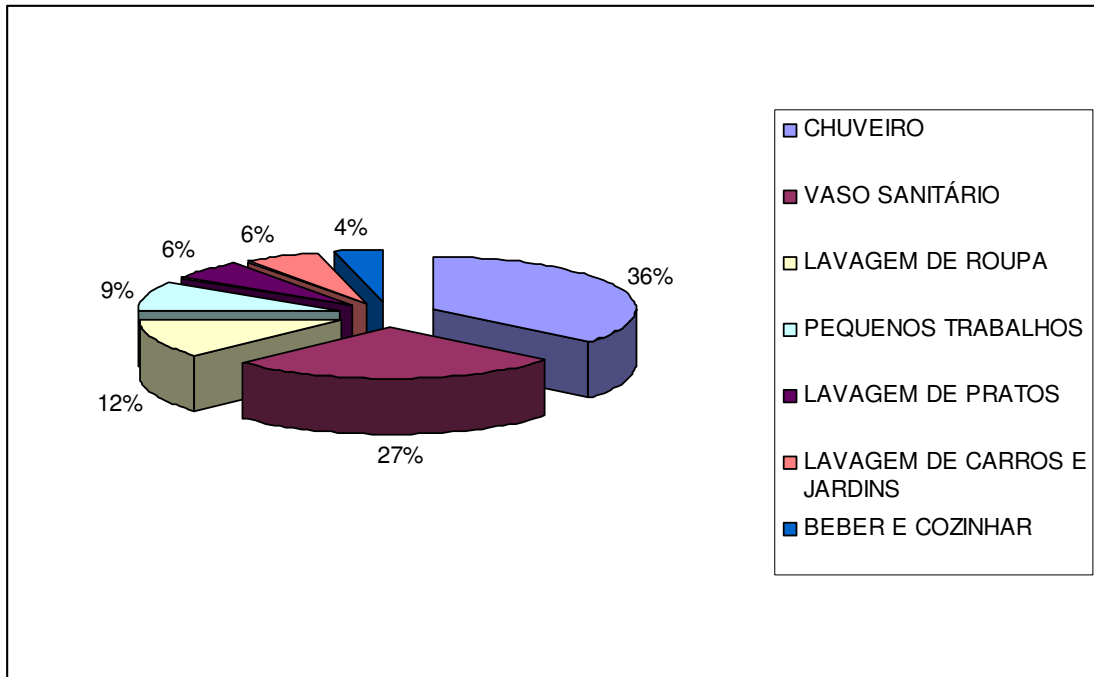


Figura 2.4 - Distribuição do consumo de água nas residências na Alemanha.
 Fonte: The Rainwater Technology Handbook, 2001 apud Tomaz, 2003.

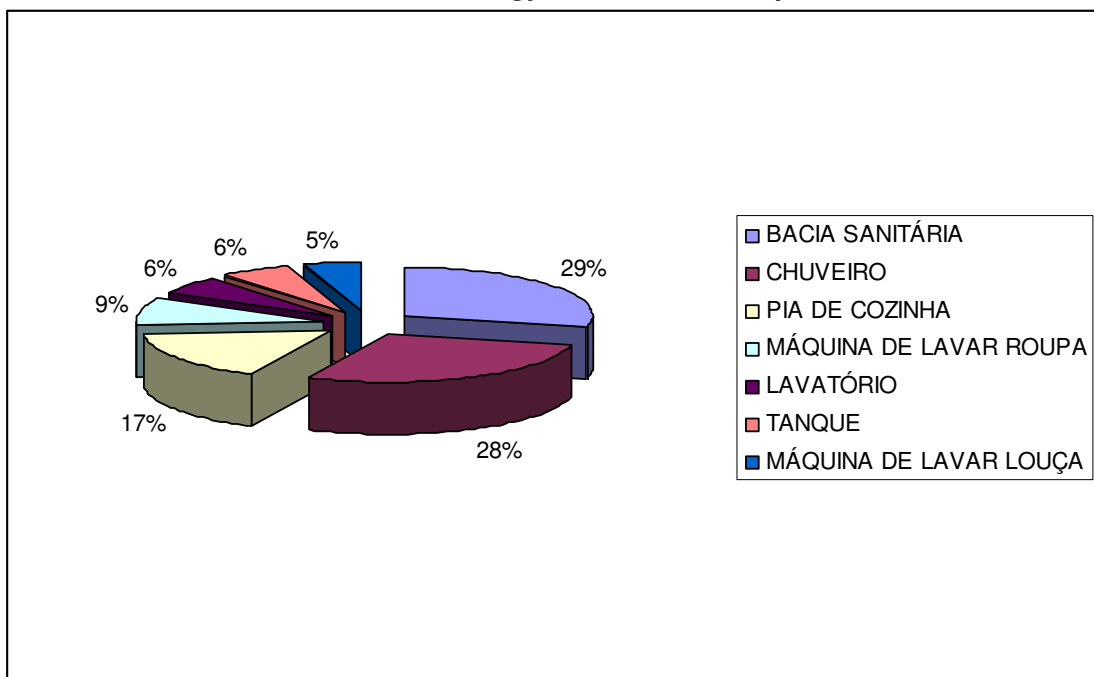


Figura 2.5 - Distribuição do consumo de água nas residências em São Paulo.
 Fonte: Uso racional da água - USP, 1995 apud Anecchini, 2005.

Com as Figuras 2.4 e 2.5 pode-se verificar que 54% do consumo de água das residências da Alemanha são para fins não potáveis, enquanto que, as residências de São Paulo o consumo de água para fins não potáveis apresentou apenas 38%.

Segundo Bressan e Martini (2005) estudos que identificam os usos finais de água tratada nas áreas residenciais estão sendo feitas em todo o mundo. As Tabelas 2.5 a 2.9 mostram discriminadamente os percentuais de consumo de água tratada em cada ponto de utilização de uma residência para alguns países. Os usos de água tratada para fins não potáveis variaram de 48% a 55%.

Tabela 2.5- Uso final de água tratada para consumo doméstico nos Estados Unidos.

Ponto de consumo	Uso Final (%)
Bacia Sanitária	27
Ducha	17
Máquina de lavar roupa	22
Máquina de lavar louça	2
Vazamentos	14
Torneiras	16
Outros	2
Total	100
Total não potável	49

Fonte: Tomaz, 2003.

Tabela 2.6- Uso final de água tratada para consumo doméstico na Suíça.

Ponto de consumo	Uso Final (%)
Bacia Sanitária	40
Ducha	37
Cozinha	6
Bebidas	5
Máquina de lavar roupa	4
Limpeza de piso	3
Jardins	3
Lavação de automóveis	1
Outros	1
Total	100
Total não potável	51

Fonte: SABESP, 2004 apud Bressan e Martini 2005.

Tabela 2.7- Uso final de água tratada para consumo doméstico no Reino Unido.

Ponto de consumo	Uso Final (%)
Bacia Sanitária	37
Ducha e lavatório	37
Máquina de lavar louça	11
Máquina de lavar roupa	11
Comida e bebida	4
Total	100
Total não potável	48

Fonte: SABESP, 2004 apud Bressan e Martini, 2005.

Tabela 2.8- Uso final de água tratada para consumo doméstico na Colômbia.

Ponto de consumo	Uso Final (%)
Ducha e lavatório	30
Bacia Sanitária	40
Limpeza	15
Cozinha	5
Máquina de lavar louça	10
Total	100
Total não potável	55

Fonte: SABESP, 2004 apud Bressan e Martini, 2005.

Tabela 2.9- Uso final de água tratada para consumo doméstico em Heatherwood (Bolder-Califórnia).

Ponto de consumo	Uso Final (%)
Bacia Sanitária	26
Ducha	17
Banheira	2
Lavatório	15
Máquina de lavar louça	3
Máquina de lavar roupa	24
Vazamento	12
Total	100
Total não potável	50

Fonte: SABESP, 2004 apud Bressan e Martini, 2005.

A Tabela 2.10 mostra alguns prédios públicos de Florianópolis - SC onde são apresentados somente os valores de consumo de água potável para o vaso sanitário e mictório, pois ambos apresentam a maior parcela de consumo de água tratada, variando de 44,3% a 84,3% (KAMMERS e GHISI, 2006).

Tabela 2.10- Uso final de água tratada para consumo em prédios públicos de Florianópolis.

EDIFÍCIO	USO FINAL DE ÁGUA (%)		
	VASO	MICTÓRIO	TOTAL
BADESC	55,8	14,3	70,1
CELESC	31,9	32,8	64,7
CREA	23,0	47,0	70,0
DETER	66,6	***	66,6
EPAGRI	33,1	43,9	77,0
Secretaria da Agricultura	27,9	16,4	44,3
Secretaria de Educação e Inovação	70,0	14,3	84,3
Secretaria da Segurança Pública	78,8	***	78,8
Tribunal de Contas	36,4	45,9	82,3
Tribunal de justiça	53,2	29,9	83,1

Fonte: KAMMERS e GHISI, 2006.

A Figura 2.6 apresenta os usos finais de água do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial - SENAI de Santa Catarina obtido por Marinowski (2007). Os consumos considerados não potáveis estão indicados com um asterisco.

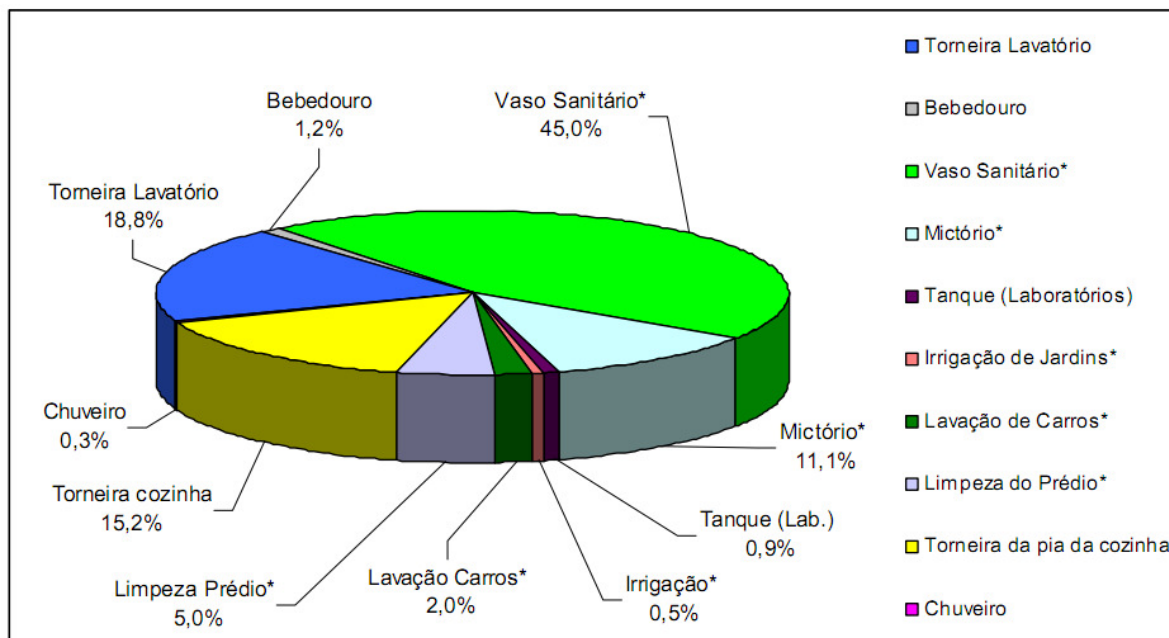


Figura 2.6- Usos finais de água estimados no SENAI-SC.
Fonte: Marinowski, 2007.

Desta forma, verificou-se que o percentual de água potável que pode ser substituído por água de chuva foi de 63,5%, levando em conta o uso de água de chuva em descargas de vasos sanitários, mictórios, torneiras de tanques usadas para limpeza geral do prédio, irrigação de jardins e lavação de carros.

Fewkes (1999, apud May, 2009) descreve que no Reino Unido, 30% do consumo de água potável de uma residência são utilizados na descarga de vasos sanitários. O incentivo ao uso da água de chuva tem sido intensificado entre os britânicos em função da economia baseada no volume de água potável substituído por água de chuva. O custo da instalação do sistema está relacionado com a capacidade de armazenamento de água e com o nível de confiabilidade do sistema.

O consumo de água potável residencial pode ser estimado através de parâmetros de engenharia, mas a grande dificuldade de se aplicar tais parâmetros é devido ao grande volume de informações necessárias e nem sempre disponíveis.

2.7 SISTEMA DE CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA

Existem vários tipos de sistemas de captação e aproveitamento de água de chuva que vão dos mais simples aos mais complexos, a escolha dependerá da finalidade do uso que será dada a água de chuva coletada.

Segundo Lee *et al.* (2000, apud Anecchini, 2005), as técnicas mais comuns para coleta da água da chuva são através da superfície de telhados ou através de superfícies no solo, sendo que o sistema de coleta de chuva através da superfície de telhados é o mais utilizado, produzindo uma água de melhor qualidade se comparado aos sistemas que coletam água de superfícies no solo.

A viabilidade da implantação de sistema de aproveitamento de água de chuva depende essencialmente dos seguintes fatores: precipitação, área de captação e demanda de água. Além disso, para projetar tal sistema devem-se levar em conta as condições ambientais locais, clima, fatores econômicos, finalidade e usos da água, buscando não uniformizar as soluções técnicas (MARINOSKI, 2007).

Segundo Barboza (2008) na concepção do sistema de coleta de água de chuva deve ser levada em conta a viabilidade técnica e econômica de cada situação, onde a área de captação das coberturas e pisos deve ser compatível com a demanda assumida.

Independentemente do tipo do sistema adotado, alguns dispositivos são semelhantes para todos, como por exemplo, a área de captação, calhas, condutores verticais e horizontais, filtros para remover materiais grosseiros, dispositivo de descarte da primeira chuva e reservatório de armazenamento. A Figura 2.7 demonstra um sistema de aproveitamento de água de chuva.

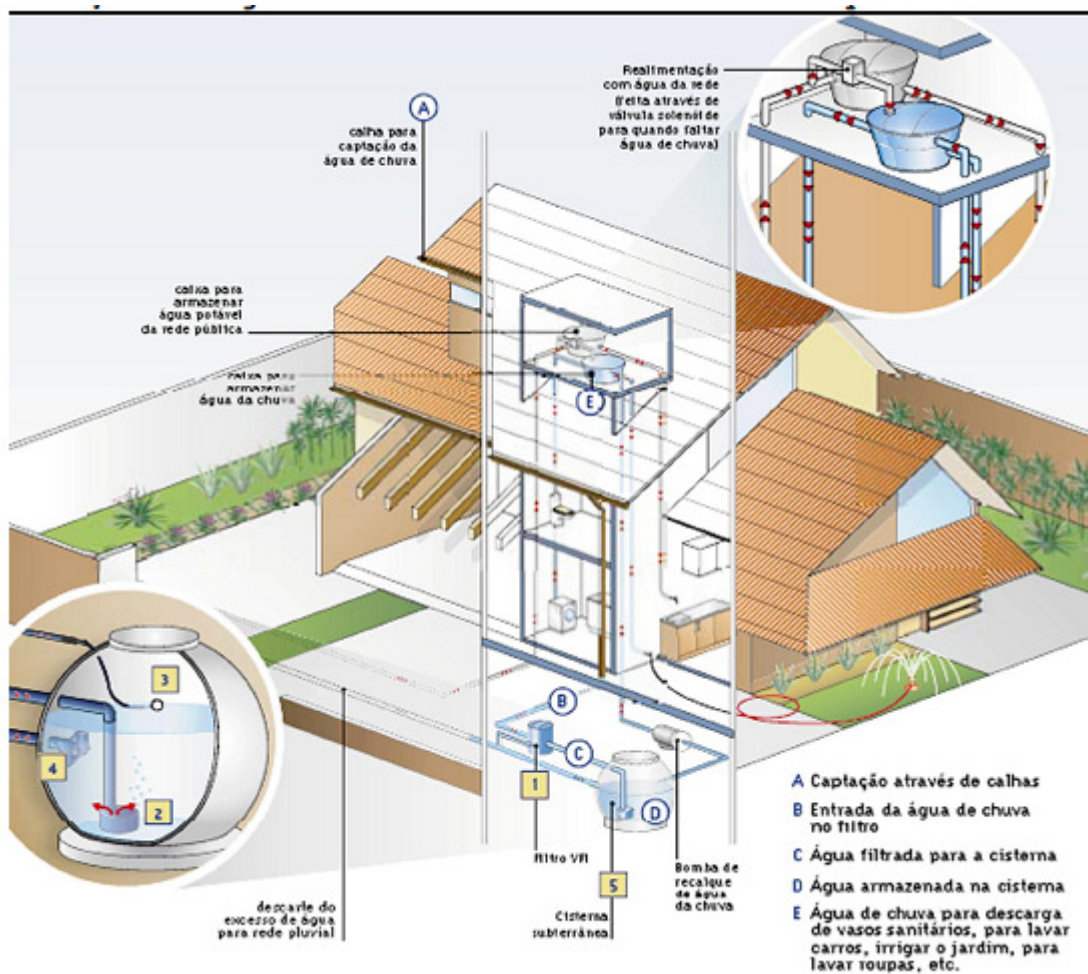


Figura 2.7 - Sistema de aproveitamento de água de chuva.
 Fonte: Alt, 2009.

Herrmann e Schmida (1999, apud Anecchini, 2005), destacam quatro formas construtivas de sistemas de aproveitamento de água de chuva descritas a seguir:

1. Sistema de fluxo total: Neste sistema toda a chuva coletada pela superfície de captação é direcionada ao reservatório de armazenamento, passando antes por um filtro ou por uma tela, para retirada de materiais grosseiros. A água de chuva que extravasa do reservatório é direcionada ao sistema de drenagem (Figura 2.8).

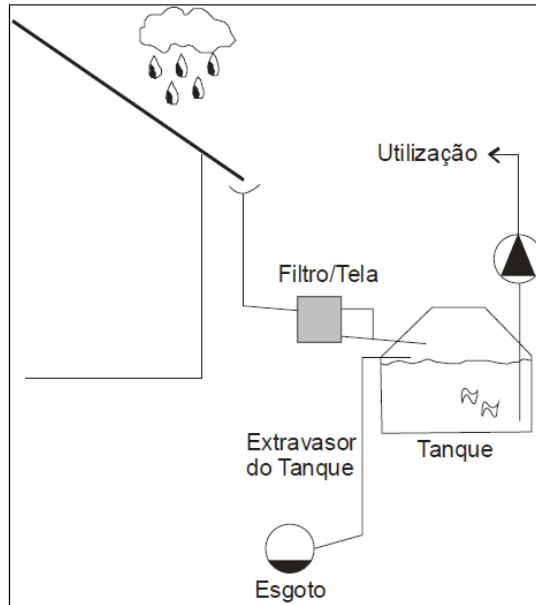


Figura 2.8 - Sistema de fluxo total.
Fonte: Herrmann e Schmida, 1999 apud Goldenfum, 2006.

2. Sistema com derivação: Neste sistema, uma derivação é instalada na tubulação vertical de descida da água da chuva, com o objetivo de descartar a primeira chuva, direcionando-a ao sistema de drenagem. Este sistema é também denominado de sistema auto-limpante. Em alguns casos, instala-se um filtro ou uma tela na derivação. A água de chuva que extravasa do reservatório é direcionada ao sistema de drenagem (Figura 2.9).

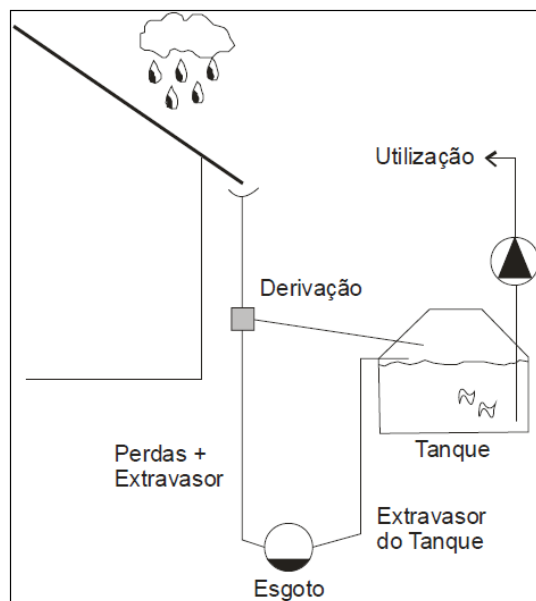


Figura 2.9 - Sistema com derivação.
Fonte: Herrmann e Schmida, 1999 apud Goldenfum, 2006.

3. Sistema com volume de retenção: Um reservatório maior é construído, capaz de armazenar o volume de chuva necessário para o suprimento da demanda e um volume adicional com o objetivo de evitar inundações. Neste sistema, uma válvula regula a saída de água correspondente ao volume adicional de retenção para o sistema de drenagem (Figura 2.10).

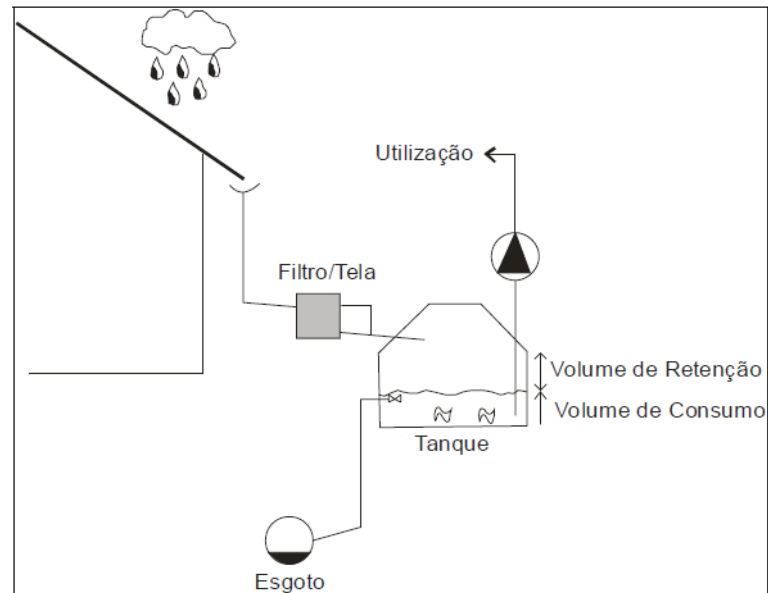


Figura 2.10 - Sistema com volume de retenção.
Fonte: Herrmann e Schmida, 1999 apud Goldenfum, 2006.

4. Sistema com infiltração no solo: Neste sistema toda a água da chuva coletada vai ao reservatório de armazenamento, passando antes por um filtro ou por uma tela. O volume de chuva excedente é direcionado a um sistema de infiltração de água no solo (Figura 2.11).

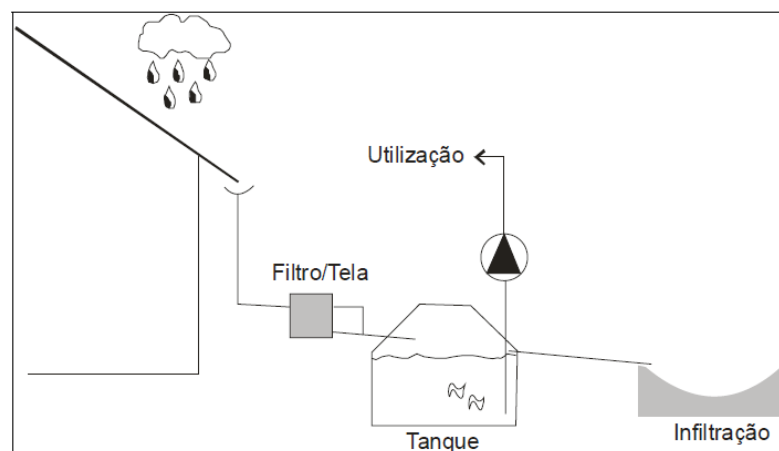


Figura 2.11 - Sistema com infiltração.
Fonte: Herrmann e Schmida, 1999 apud Goldenfum, 2006.

Segundo Campos (2004, apud Barboza, 2008) cada sistema de aproveitamento de água da chuva apresenta vantagens e desvantagens conforme mostra a Tabela 2.11.

Tabela 2.11- Vantagens e desvantagens do aproveitamento de água da chuva.

VANTAGENS	DESVANTAGENS
Conveniência (o suprimento ocorre no ponto de consumo)	Alto custo (principalmente quando comparada com outras fontes)
Fácil manutenção	Suprimento é limitado (depende da quantidade de precipitação e da área de telhado)
Baixo custo de operação e manutenção	Custo inicial alto
Qualidade relativamente boa (principalmente quando a captação é feita em telhado)	Não atrativo a políticas públicas
Baixo impacto ambiental	Qualidade de água vulnerável
As tecnologias disponíveis são flexíveis	Possível rejeição cultural
Construção simples	
Serve além de fonte de água como uma medida não estrutural para drenagem urbana	

Fonte: Campos, 2004 apud Barboza, 2008.

O sistema de captação de água de chuva é composto basicamente pelos seguintes componentes:

2.7.1 Área de captação

A área de captação de água de chuva são geralmente telhados ou áreas impermeáveis sobre o solo, como pisos, estacionamento, calçadas e pátios. Para captação de águas de chuva é mais comum se utilizar as áreas de telhado, pois apresenta melhor qualidade, devido não haver influência direta do tráfego de veículos, pessoas, entre outros condicionantes.

Os telhados podem ser feitos com diversos tipos de materiais, como telha cerâmica, telha de fibrocimento, telha metálica (Zinco, ferro ou aço galvanizado), telha de plástico, telha de concreto e etc.

O volume de água de chuva a ser coletado, bem como sua qualidade sofre interferência do tipo de material que compõe o telhado, pois cada material possui um coeficiente de runoff e características que facilitam a alteração da qualidade da água da chuva ao escoar sobre eles.

2.7.2 Calhas e condutores

As calhas e condutores são responsáveis por transportar a água coletada da superfície de captação até os filtros e/ou dispositivos de descarte das primeiras chuvas, se houver, ou diretamente aos reservatórios de armazenamento.

Eles podem ser feitos com diversos tipos de materiais, como por exemplo, polímero de vinila - PVC, plástico, metálico e outros materiais que sejam inertes.

2.7.3 Filtros

Os telhados são ambientes propícios ao acúmulo de materiais grosseiros como folhas, galhos e entre outros. Assim, os filtros são de grande importância no sistema de captação de água de chuva, pois esses materiais podem danificar e obstruir o sistema, se não forem retidos, além de alterar a qualidade da água coletada.

2.7.4 Dispositivo de descarte da primeira chuva

Durante os períodos em que não há precipitação, a área de captação acumula muita sujeira como folhas, poeira, dejetos de animais, fuligem e entre outros. Assim, no início de uma precipitação, a chuva acaba lavando a atmosfera e a superfície de captação, carreando consigo todos os poluentes presentes nestes dois ambientes.

O dispositivo de descarte se destina a armazenar temporariamente a água de chuva no início da precipitação, para depois descartá-la, com o objetivo de impedir

que a primeira parcela de água de chuva captada, entre no reservatório e interfira na qualidade da água captada.

Existem vários dispositivos de descarte das primeiras águas de chuva:

- Quando o volume do reservatório de eliminação da primeira chuva é completado, a entrada de água é vedada por uma bola flutuante, passando assim a água de melhor qualidade para o reservatório de armazenamento (Figura 2.12).

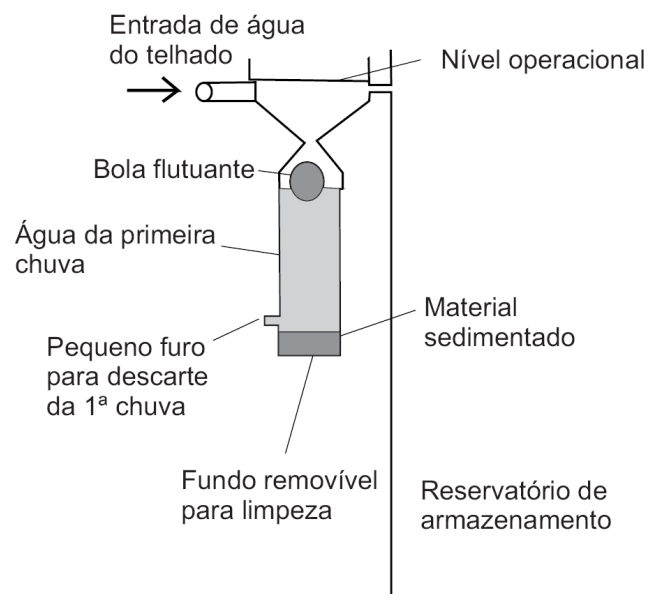


Figura 2.12 - Descarte da primeira chuva com sistema de bóia.
Fonte: Ranatunga, 1999 apud Anecchini, 2005.

- Quando o volume do reservatório de eliminação da primeira chuva é completado, o mesmo extravasa, fazendo com que a água passe para o reservatório de armazenamento (Figura 2.13).

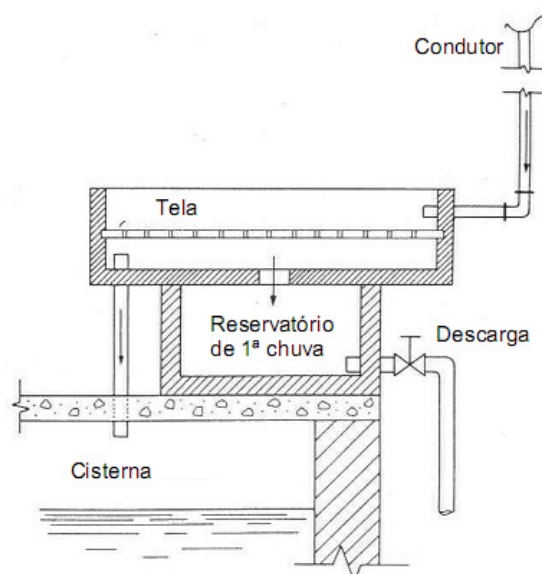


Figura 2.13 - Descarte da primeira chuva com reservatório.
Fonte: Dacach, 1981 apud Anecchini, 2005.

Segundo Anecchini (2005) na Flórida, para cada 100 m² de superfície de captação, elimina-se 40 litros de chuva, ou seja, elimina-se 0,4 mm de chuva por m² de área de captação.

Vários fatores alteram a qualidade inicial da água de chuva como o número de dias secos antecedentes à precipitação, a intensidade inicial da mesma, a variedade de contaminantes presentes e tipo de área de captação, mas eles não são avaliados, devido a dificuldade de se analisar a sua real influência (HAGEMANN, 2009).

2.7.5 Reservatórios de armazenamento

Os reservatórios têm a função de reter e acumular a água de chuva captada, ele pode ser apoiado, semi-apoiado ou enterrado no solo e deve sempre que possível estar localizado o mais próximo dos pontos de consumo.

Segundo Marinoski (2007) frequentemente são usadas cisternas para a armazenagem de água de chuva. A cisterna precisa ter um poço de inspeção, um tubo de ventilação, dispositivo para limpeza e um tubo de descarga. O uso de boias eletrônicas permite que o sistema seja automatizado e dependa o mínimo possível de operador. Uma bomba de pressurização dimensionada conforme a edificação é

necessária para a alimentação do reservatório superior de água de chuva, que deve ser separado do armazenamento da água potável, a fim de evitar contaminação.

O reservatório é o componente do sistema de captação de água da chuva mais oneroso, podendo ser construído de diversos materiais, como concreto, alvenaria, ferro-cimento, metal galvanizado, fibra de vidro e polipropileno.

Segundo Anecchini (2005) quanto mais regular a distribuição das chuvas ao longo do ano, mais confiável será o sistema e o volume do reservatório de armazenamento.

Os tipos de reservatórios de água de chuva devem atender as necessidades impostas, a situação econômica, a estética, os objetivos da água, a técnica, a política, as situações sociais e, acima de tudo, o respeito ao meio ambiente (ALT, 2009). Além disso, a seleção do tipo de material deve atender também a facilidade de manutenção (limpeza e reparos) e a facilidade da instalação (transporte e forma geométrica).

Segundo Anecchini (2005) é preciso considerar a possível falha do sistema de captação da água da chuva, devido a sazonalidade e irregularidade da mesma, sendo necessário projetar um dispositivo que permita a entrada de água potável no reservatório de água de chuva, para garantir o abastecimento dos pontos de utilização de água de chuva nos períodos de estiagem. Ao projetar e construir esse sistema “anti-falha” deve-se garantir que apenas a água potável possa entrar no sistema de água não potável e que o inverso não ocorra.

Segundo May (2009) no sistema de coleta e aproveitamento de água de chuva alguns cuidados especiais deverão ser tomados com relação à instalação e a manutenção do sistema, a saber:

- A entrada de luz do sol no reservatório deverá ser evitada para diminuir a proliferação de microorganismos;
- A tampa de inspeção deverá estar fechada;
- A saída do extravasor deverá conter grade para evitar a entrada de pequenos animais;
- Pelo menos uma vez por ano deverá ser feita a limpeza no reservatório, removendo o lodo que se acumula no fundo;
- O reservatório de água de chuva deverá conter uma pequena declividade no fundo para facilitar a limpeza e retirada do lodo;

- É aconselhável localizar o reservatório de acumulação de água de chuva próximo ao condutor vertical, podendo ele ser elevado, enterrado ou apoiado;
- A água coletada deverá ser utilizada somente para consumo não potável;
- Numa estiagem prolongada, deve-se prever o reabastecimento do reservatório de água de chuva com água potável, em quantidades que garantam o consumo diário;
- A entrada de água potável no reservatório de água de chuva deverá estar acima da entrada da água de chuva para que elas não retornem ao reservatório de água potável;
- Deverão ser tomados os devidos cuidados para que a água de chuva não contamine o reservatório de água potável, caso o reservatório de água de chuva esteja ligado a ele;
- No fundo do reservatório deverá existir um dispositivo para evitar turbulência na água e não agitar o material sedimentado do fundo do reservatório de água de chuva;
- A tubulação de água de chuva deverá ser de outra cor para realçar o uso não potável, além disso, poderão ser utilizadas roscas e torneiras diferentes para evitar uma possível interconexão com o sistema de água potável;
- Próxima a mangueira do jardim ou quintal deverá existir uma placa de aviso “Água não Potável”;
- Não deverá ser feita a conexão da rede de água potável com a rede de água de chuva no sistema de distribuição;
- Deverá ser verificada a qualidade da água de chuva armazenada;
- Deverá ser verificado a necessidade de tratar e o tipo de tratamento a ser aplicada a água de chuva.

A manutenção e limpeza adequadas de todos os componentes do sistema de captação de água da chuva são de extrema importância para o bom funcionamento das instalações e a qualidade da água coletada.

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT NBR 15527/2007 deve-se realizar a manutenção em todo o sistema de aproveitamento de água de chuva de acordo com a Tabela 2.12:

Tabela 2.12- Frequência de manutenção.

Componente	Frequência de manutenção
Dispositivo de descarte de detritos	Inspeção mensal Limpeza trimestral
Dispositivo de descarte do escoamento inicial	Limpeza mensal
Calhas, condutores verticais e horizontais	Semestral
Dispositivos de desinfecção	Mensal
Bombas	Mensal
Reservatório	Limpeza e desinfecção anual

Fonte: NBR 15527/2007: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis (Requisitos).

2.8 DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIOS

Segundo Boers e Ben-Asher (1982, apud Anecchini, 2005), o sucesso ou fracasso de um sistema de aproveitamento de água de chuva depende, em grande parte, da quantidade de água captável do sistema. Essa quantidade varia de acordo com alguns dos componentes do sistema, como a área de captação e o volume de armazenamento de água de chuva, sendo influenciada ainda pelo índice pluviométrico da região e pelo coeficiente de escoamento superficial (C).

Segundo May (2004), para um cálculo mais preciso da precipitação média mensal é aconselhável a utilização de dados históricos de precipitação mensal dos últimos 10 anos ou mais.

O conhecimento desses componentes torna o sistema mais eficaz, pois quanto maior a área de captação, mais água de chuva pode ser captado, o índice pluviométrico mais regular torna o sistema mais confiável e o volume do reservatório dita a eficiência do sistema. A demanda a ser atendido é outro fator importante, pois ela garante a economia do sistema, devido influenciar diretamente no volume do reservatório.

O aproveitamento de água de chuva se torna mais viável quando o consumo de água não potável é elevado, caso de indústrias, edifícios públicos, escolas, universidades e entre outros, acarretando uma economia significativa de água tratada, além do tempo de retorno do investimento ser menor do que em aplicações residenciais. Outro fator que contribui são as áreas de captação geralmente grandes, que proporcionam um maior volume de água potencialmente coletável (HAGEMANN, 2009).

O coeficiente de escoamento superficial (C), também chamado de coeficiente de runoff, é adimensional, obtido através da relação entre o volume escoado superficialmente e o volume total precipitado. No valor do coeficiente de escoamento superficial já estão contemplados as perdas causadas principalmente pela infiltração e evaporação.

A Tabela 2.13 demonstra os valores de C adotados por diferentes autores, para diferentes materiais.

Tabela 2.13- Valores de C adotados por diferentes autores.

MATERIAL	COEFICIENTE DE ESCOAMENTO	AUTORES
Telha cerâmica	0,80 a 0,90	Hofkes (1981) e Frasier (1975) apud May (2004)
	0,75 a 0,90	Van den Bossche (1997) apud Vaes e Berlamont (1999)
Telha esmaltada	0,90 a 0,95	Van den Bossche (1997) apud Vaes e Berlamont (1999)
Telha metálica	0,70 a 0,90	Hofkes (1981) e Frasier (1975) apud May (2004)
	0,85	Khan (2001)
Plástico	0,94	Khan (2001)
Betume	0,80 a 0,95	Van den Bossche (1997) apud Vaes e Berlamont (1999)
Telhados verdes	0,27	Khan (2001)
Pavimentos	0,40 a 0,90	Wilken (1978) apud Tomaz (2003)
	0,68	Khan (2001)

Fonte: Anecchini, 2005.

Em muitos casos, o reservatório de água de chuva é superdimensionado na tentativa de se atender a 100% da demanda de água não potável com água de

chuva. O ideal é trabalhar com uma margem de segurança que nem super-dimensione e nem sub-dimensione o sistema, essa margem é também chamada de confiabilidade do sistema, e deve ser definida em função do valor que se deseja investir no sistema e com base em estudos de dimensionamento de reservatórios de acumulação de água de chuva (ANNECCHINI, 2005).

O período de retorno do sistema de aproveitamento de água de chuva ainda é muito longo o que pode se tornar inviável economicamente, mas segundo Anecchini (2005) a decisão de construir um sistema desses, em residências com pequena área de captação, não será tomada com o objetivo maior de economizar dinheiro e sim com o objetivo de garantir o futuro da sustentabilidade hídrica, promovendo a conservação da água e auxiliando no controle de enchentes.

2.8.1 Métodos de dimensionamento de reservatórios de armazenamento

Existem vários métodos para se dimensionar os reservatórios de água de chuva, porém a maioria deles utiliza as mesmas variáveis, sendo as principais: a demanda a ser atendida, as séries de precipitação, o coeficiente de escoamento superficial e a área de captação, obtendo assim, o volume do reservatório.

Para o dimensionamento do sistema de aproveitamento de água de chuva foram criados modelos matemáticos com base nos métodos determinísticos e estocásticos.

Segundo Lopes & Santos (2002) os métodos determinísticos são aqueles que tratam os resultados de forma única, por exemplo, baseando-se apenas em séries históricas existentes. Já os modelos estocásticos, são aqueles que proporcionam o cálculo de probabilidades, como, por exemplo, a probabilidade de ocorrência de falhas.

Deve-se ter o cuidado na hora de escolher o método de dimensionamento do reservatório, pois este é o componente com o custo mais elevado do sistema de aproveitamento de água de chuva. Essa escolha depende principalmente dos dados disponíveis para o dimensionamento e do tipo de ocupação onde será instalado o sistema (HAGEMANN, 2009).

No sentido de tornar o sistema mais eficiente e com o menor custo possível, estudos de dimensionamento de reservatórios de armazenamento de água de chuva buscam compatibilizar produção e demanda, certificando-se do percentual de

demanda possível a ser atendido em cada sistema, pois sabe-se que nem sempre haverá chuva suficiente para atender toda a demanda, e em outros casos, nem sempre será possível armazenar toda a chuva precipitada, principalmente por questões físicas e econômicas (ANNECCHINI, 2005).

2.8.1.1 Método de Rippl

O Método de Rippl é um método de cálculo do volume de armazenamento necessário para garantir uma vazão regularizada constante durante o período mais crítico de estiagem observado. Esse método baseia-se no diagrama de massa do sistema, também denominado diagrama de Rippl, originalmente desenvolvido no final do século XIX, utilizado amplamente para o cálculo de reservatórios de água destinados a acumular água para abastecimento, para aproveitamento hidroelétrico, para irrigação, para controle de enchentes e para regularização de cursos d'água (GARCEZ, 1974).

Esse método tem como base de dimensionamento o Período Crítico, onde identifica e utiliza sequencias de dados em que a demanda excede a produção para determinar a capacidade de armazenamento de um sistema.

Segundo Alt (2009) o método mais comumente usado em aproveitamento de água de chuva é o de Rippl. Geralmente apresenta o valor extremo do volume do reservatório e é importante obtê-lo sempre para termos uma referência máxima.

Conforme Garcez (1974) o diagrama de massa de Rippl pode ser resolvido para demanda constante ou para demanda variável. Para a demanda constante existem duas maneiras para se usar o Método de Rippl, que são o método analítico e o gráfico.

2.8.1.2 Método Interativo

Segundo Anecchini (2005) esse método faz o cálculo do volume de chuva captável por mês e por ano do sistema, e coloca esse dado à disposição do projetista, para que o mesmo possa tê-lo como base, para não pré-determinar nenhum volume acima do mesmo. Determinado o volume do reservatório pelo projetista, o mesmo irá verificar se o percentual de demanda atendida está satisfatório, caso não esteja o projetista altera o volume do reservatório até achar um

valor ideal, o qual vai variar de acordo com as possibilidades físicas e financeiras de cada empreendimento.

O método interativo é uma adaptação do método de Rippl, pois utiliza os mesmos princípios no seu cálculo, porém a única diferença no método interativo é que o projetista é quem pré-determina o volume do reservatório.

2.8.1.3 Modelo Comportamental

Segundo Anecchini (2005) o Modelo Comportamental simula a operação do reservatório num período de tempo, utilizando algoritmos. Os dados de entrada utilizados para simular o fluxo de massa no modelo são baseados em intervalos de tempo que podem ser de minutos, horas, dias ou meses. Sendo que, quanto menor for o intervalo de tempo utilizado na modelagem, mais confiável e econômico será o dimensionamento.

2.8.1.4 Método de Simulação de Monte Carlo

Esse método consiste em simular um experimento com a finalidade de determinar propriedades probabilísticas de um conjunto de dados, a partir de uma nova amostragem aleatória dos componentes desses dados (ANNECCHINI, 2005).

No cálculo de reservatórios de armazenamento de água de chuva, o Método de Monte Carlo é utilizado em conjunto com modelos de cálculo de volume de reservatórios de armazenamento, gerando séries sintéticas de chuva, a partir de séries históricas, resultando em diferentes volumes de reservação para diferentes probabilidades de atendimento à demanda (TOMAZ, 2003).

2.8.1.5 Método Azevedo Neto

Este método é sugerido pela NBR 15527/07, o qual calcula o volume de água de chuva aproveitável, através da seguinte Equação 1:

$$V = 0,042 * P * A * T \quad (1)$$

Sendo:

V = Volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório, expresso em litros (L);

P = Precipitação média anual, expresso em milímetros (mm);

A = Área de coleta em projeção, expresso em metros quadrados (m²);

T = Número de meses de pouca chuva ou seca.

2.8.1.6 Método Prático Alemão

Trata-se de um método empírico onde se toma o menor valor do volume do reservatório; 6 % do volume anual de consumo ou 6 % do volume anual de precipitação aproveitável (Equação 2):

$$V_{\text{adotado}} = \text{mín} (V ; D) * 0,06 \quad (2)$$

Sendo:

V_{adotado} = Volume de água do reservatório, expresso em litros (L);

V = Volume aproveitável de água de chuva anual, expresso em litros (L);

D = Demanda anual da água não potável, expresso em litros (L).

2.8.1.7 Método Prático Inglês

Neste método o volume do reservatório de água da chuva é obtido pela seguinte Equação (3):

$$V = 0,05 * P * A \quad (3)$$

Sendo:

V = Volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório, expresso em litros (L);

P = Precipitação média anual, expresso em milímetros (mm);

A = Área de coleta em projeção, expresso em metros quadrados (m²).

2.8.1.8 Método Prático Australiano

Neste método o volume do reservatório de água da chuva é obtido pela seguinte Equação (4):

$$Q = A * C * (P - I) \quad (4)$$

Sendo:

Q = Volume mensal produzido pela chuva;

A = Área de coleta;

C = coeficiente de escoamento superficial, geralmente 0,80;

P = precipitação média mensal;

I = interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação, geralmente 2 mm.

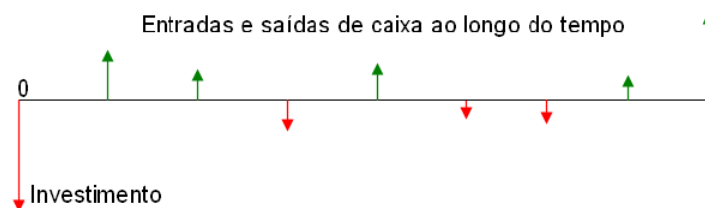
2.9 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA.

Para verificar a viabilidade econômica de um projeto, existem vários métodos, por exemplo, o VPL, a Taxa Interna de Retorno – TIR, a Taxa Interna de Retorno Modificada – MTIR e o payback descontado.

Segundo Padoveze *et al* (2005) a medida do VPL representa a diferença entre os fluxos de caixa futuros, trazidos a valor presente pelo custo de oportunidade do capital e o investimento inicial.

Dentro do critério de maximização dos benefícios, a alternativa que oferecer o maior VPL será a mais atrativa. Quando as alternativas de projeto possuem os mesmos benefícios, aquela que proporcionar menores custos envolvidos será a mais atrativa (ATHAYDE JÚNIOR *et al*, 2008).

A Figura 2.14 ilustra a função do VPL, que consiste em trazer as entradas e saídas de capital para a data zero do investimento.



Entradas e saídas de caixa são levadas a data 0 (descontada a taxa de juros)



Figura 2.14- O conceito de VPL.
Fonte: Oliveira, 2008.

A avaliação, exclusivamente econômica, do VPL é dada por:

VPL > 0, o projeto é atrativo;

VPL = 0, o projeto é indiferente; e

VPL < 0, o projeto não é atrativo.

Zanin *et al* (2009) cita como vantagens do VPL:

- Leva em consideração o valor do dinheiro no tempo, desconta os fluxos de caixa corretamente.
- Os VPLs podem ser somados, ou seja, o VPL utiliza todos os fluxos de caixa do projeto, onde outros enfoques ignoram fluxos de caixa além de certa data.
- Dependem apenas dos fluxos de caixa e do custo de capital.

Como desvantagens:

- Depende da determinação do custo de capital.
- Supõe que a taxa de desconto seja a mesma para todo o período do projeto.
- É um conceito de mais difícil assimilação pelos empresários do que uma taxa de retorno.

A TIR de um projeto é a taxa de desconto para a qual o valor presente das receitas torna-se igual ao valor presente dos desembolsos (Oliveira, 2008), ou seja, a TIR é aquela que torna nulo o VPL de um projeto.

O payback descontado consiste na atualização por meio de uma taxa de desconto que leva em consideração o valor do dinheiro no tempo, dos vários fluxos de caixa para o momento inicial, e confronta esse resultado líquido com o valor do investimento. Tem como vantagem, a consideração do valor do dinheiro no tempo (ASSAF NETO, 2003, apud Marinoski, 2007).

Normalmente, segundo Zanin *et al* (2009) a taxa de desconto usado no método do payback descontado é a taxa mínima de atratividade - TMA, a qual é determinada pelo próprio investidor como parâmetro para remuneração de seu capital.

Segundo Padoveze *et al* (2005) o problema do payback descontado é que este método não considera os resultados de caixa que ocorrem após o período de payback, ou seja, o fluxo de caixa total do projeto, tornando-o inferior aos métodos da Taxa Interna de Retorno - TIR e do VPL que, por sua vez, consideram o fluxo de

caixa total. Desta forma, este método serve apenas como um indicador na seleção entre alternativas de investimento.

Um das variáveis da análise econômica são os custos referentes a implantação do projeto, assim, quanto menor o custo e maior o retorno, mais viável será o projeto.

Segundo Ceotto (2009) 80% do custo total de um edifício, durante sua vida útil, está na fase de uso e operação, conforme se verifica na Figura 2.15. Ainda este mesmo autor, a possibilidade de interferência no custo total é de 5% para fase de uso e operação, conforme se verifica na Figura 2.16.

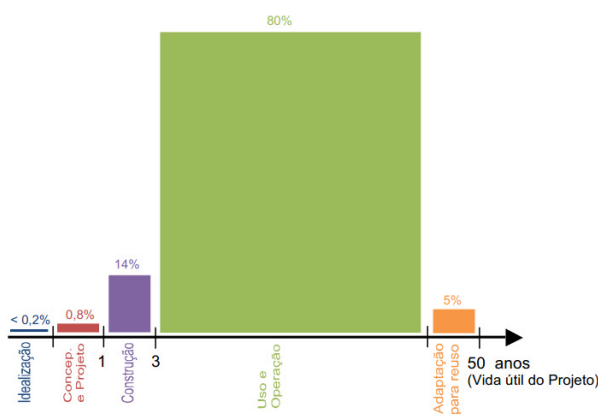


Figura 2.15- Gráfico do custo total de um edifício comercial durante sua vida útil.
Fonte: Ceotto *et al*, 2009.

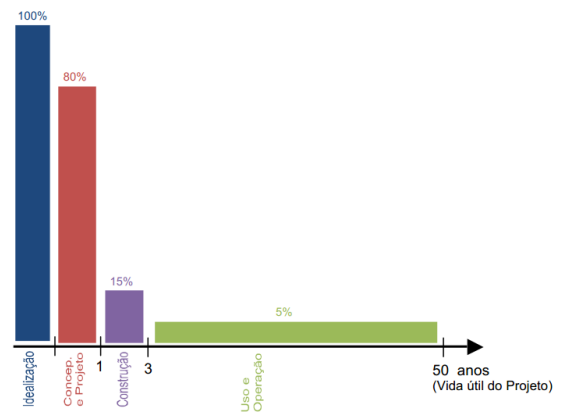


Figura 2.16- Gráfico da possibilidade de interferência no custo total de um edifício.
Fonte: Ceotto *et al*, 2009.

Pode-se verificar nas Figuras 2.15 e 2.16 que é na fase de idealização que as especificações do projeto podem ser definidas para otimizar sua implantação, refletindo assim, os gastos do morador final, haja visto, que é na fase de uso e ocupação, o maior custo de um edifício durante sua vida útil.

3 ÁREA DE ESTUDO: CIDADE UNIVERSITÁRIA PROFESSOR JOSÉ DA SILVEIRA NETTO.

A transformação do Campus em Cidade Universitária se deu em uma cerimônia, na manhã do dia 28/11/2007, a qual marcou a mudança de nome do Campus Guamá para "Cidade Universitária Professor José da Silveira Netto". Houve uma solenidade para inauguração de um monumento com o busto do ex-reitor, finalizando oficialmente o ano de comemorações pelo Cinquentenário da Universidade Federal do Pará (UFPA, 2008).

A área de estudo está situada na Cidade Universitária Professor José da Silveira Netto (Carta imagem 3.1).



Carta imagem 3.1 – Mapa de localização da Cidade Universitária Professor José da Silveira Netto.

Fonte: Adaptado de Google Earth, 2012.

A UFPA, uma das maiores e mais importantes instituições do Trópico Úmido, abriga uma comunidade composta por mais de 50 mil pessoas, assim distribuídas: 2.368 professores, incluindo efetivos do ensino superior, efetivos do ensino básico, substitutos e visitantes; 2.337 servidores técnico-administrativos; 6.861 alunos de cursos de pós-graduação, sendo 2.457 estudantes de cursos de pós-graduação stricto sensu; 31.174 alunos matriculados nos cursos de graduação, 20.460 na

capital e 10.714 no interior do Estado; 1.851 alunos do ensino fundamental e médio, da Escola de Aplicação; 2.916 alunos dos Cursos Livres oferecidos pelo Instituto de Letras e Comunicação Social (ILC), Instituto de Ciência da Arte (ICA), Escola de Teatro e Dança, Escola de Música e Casa de estudos Germânicos, além de 664 alunos dos cursos técnico-profissionalizantes do ICA. Oferece 338 cursos de graduação e 39 programas de pós-graduação, com 38 cursos de mestrado e 17 de doutorado (UFPA, 2010).

A área objeto de estudo deste trabalho é a Cidade Universitária Professor José da Silveira Netto, mais especificamente os banheiros coletivos localizados, um no Campus Básico e o outro no Campus Profissional. Eles atendem aos alunos que estudam nos blocos de sala de aula, tanto do Campus Básico quanto do Campus Profissional.

As coberturas dos banheiros são de telhas cerâmicas tipo plan natural, sendo apenas térreo, onde é dividido em banheiro masculino e feminino.

Os banheiros masculinos são compostos por 04 lavatórios, 06 chuveiros, 05 bacias sanitárias e 02 mictórios.

Os banheiros femininos são compostos por 04 lavatórios, 06 chuveiros e 05 bacias sanitárias.

Foi verificado que não existem calhas para a coleta de águas de chuva, esta cai diretamente sobre o solo.

Através de informações obtidas por funcionários da UFPA, constatou-se que não existe atualmente, e também nunca foi utilizado, nenhum tipo de sistema de aproveitamento de água de chuva nos banheiros coletivos.

4 METODOLOGIA

4.1 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Para alcançar os objetivos traçados neste trabalho foram realizados levantamentos de dados, através da verificação de áreas de captação, coleta de dados pluviométricos, leituras de hidrômetros, verificação de contas de consumo de água e entre outros, divididos da seguinte forma:

1ª ETAPA

A primeira etapa consistiu em determinar as áreas de captação dos dois banheiro coletivos, localizados um no Campus Básico e outro no Campus Profissional, através de medições in loco.

As Fotos 4.1 e 4.2 mostram os banheiros coletivos localizados no Campus Básico e Profissional, respectivamente.



Foto 4.1- Banheiro coletivo localizado no Campus Básico.



Foto 4.2- Banheiro coletivo localizado no Campus Profissional.

Para o cálculo da área de captação, foi utilizada a Equação 5 conforme determina a NBR 10.844/89, para cobertura com superfície inclinada (Figura 4.1).

$$A = (a + h/2) * b \quad (5)$$

Sendo:

A = Área de contribuição (m²);

a = Largura (m);

h = Altura (m);

b = Comprimento (m).

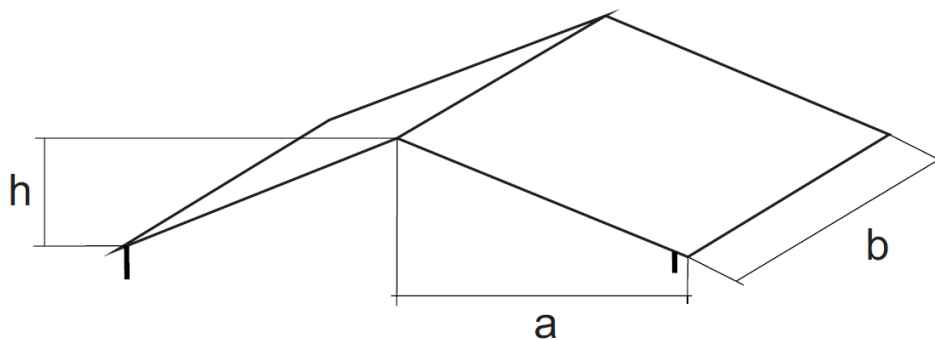


Figura 4.1 - Superfície inclinada.
Fonte: ABNT NBR 10.844, 1989.

As informações pluviométricas foram coletadas das seguintes Estações:

- Estação pluviométrica operada pelo Laboratório de Agroclimatologia da EMBRAPA Amazônia Oriental, período de 1970 - 2008;
- Estação pluviométrica operada pelo INMET, Código N° 148002, período de 1949 - 1964 e 1966 - 1998;
- Estação pluviométrica operada pelo INMET, Código N° 82191, período de 2001 - 2005;
- Estação pluviométrica operada pelo SIPAM, ano de 2009;
- Estação pluviométrica operada pelo DEPV, Código N° 148004, período de 1983 - 1985 e 2001 - 2003; e
- Estação pluviométrica operada pelo CPRM, Código N° 148019, ano de 2007.

Com os dados de precipitação sistematizados, foi calculada a precipitação mínima, média, máxima e as probabilidades de 5% a 95%, a partir da função Percentil do Software Excel.

Pode-se verificar que existem várias séries de precipitação que se pode utilizar para o dimensionamento do reservatório, porém os resultados encontrados seriam diferentes, assim, Vyas (1999, *apud* Tomaz, 2003) apresenta a probabilidade de 95% como extremamente confiável, a de 85% confiável e a de 75% tolerável.

Tomaz (2003) afirma que a precipitação média não oferece uma probabilidade confiável, já que é de aproximadamente 40%.

A precipitação com probabilidade de 95% significa dizer que é um valor o qual 95% das precipitações da série histórica iram ultrapassar e apenas 5% será inferior ao valor encontrado.

Os levantamentos da área utilizada para a captação da água de chuva e da série histórica de precipitação fazem-se necessárias, além de outras variáveis, para se dimensionar o volume do reservatório. Além disso, a área de captação e a precipitação serão uma das variáveis de entrada para o método de Rippl e Interativo.

2ª ETAPA

Os dados de consumo de água dos banheiros são necessários, pois a demanda é uma das variáveis para o dimensionamento do reservatório de aproveitamento de água de chuva.

Para obter a demanda de água nos banheiros foi instalado um hidrômetro em cada ramal de alimentação de água (Foto 4.3 e 4.4). O monitoramento do consumo foi feito através de leituras diárias (O dia foi dividido em quatro turnos, com um intervalo de 6h de uma leitura a outra) nos hidrômetros do banheiro coletivo do Campus Básico e Profissional.



Foto 4.3- Hidrômetro instalado no ramal de alimentação do banheiro do Básico.



Foto 4.4- Hidrômetro instalado no ramal de alimentação do banheiro do Profissional.

Houve uma defasagem de 1h para leitura do hidrômetro instalado no banheiro do Básico para o do Profissional, devido ao deslocamento, necessário, do bombeiro hidráulico (empresa terceirizada da UFPA) para realizar as leituras.

Os turnos ficaram divididos da seguinte forma:

- 1º turno: no hidrômetro do banheiro do Básico ficou entre 0 às 6h, enquanto que no Profissional ficou de 1 às 7h;
- 2º turno: no hidrômetro do banheiro do Básico ficou entre 6 às 12h, enquanto que no Profissional ficou de 7 às 13h;
- 3º turno: no hidrômetro do banheiro do Básico ficou entre 12 às 18h, enquanto que no Profissional ficou de 13 às 19h; e
- 4º turno: no hidrômetro do banheiro do Básico ficou entre 18 às 0h, enquanto que no Profissional ficou de 19 às 1h;

As leituras foram realizadas no período de dezembro de 2010 a novembro de 2011, a fim de se verificar a demanda de água nos banheiros no período de 01 (um) ano.

Calcula-se o consumo do turno pela diferença de duas leituras, soma-se o consumo dos quatro turnos para obter as leituras diárias. Após isso, somam-se as leituras diárias de um mês para obter a demanda mensal.

As leituras diárias dos hidrômetros ocorridas em quatro turnos possibilita verificar o dia da semana e o turno onde há o maior consumo de água.

Neste trabalho, considerou-se a utilização da água de chuva para fins não potáveis, através do uso em descargas de vasos sanitários e mictórios.

3ª ETAPA

Nesta etapa foi calculado o volume do reservatório, verificando o potencial de economia proporcionada pela implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva.

O reservatório é um dos componentes mais importantes de um sistema de aproveitamento de água de chuva, além de ser o mais oneroso, por isso, devemos ter cautela, quando dimensioná-lo.

Os dados utilizados no dimensionamento foram: o índice pluviométrico da cidade de Belém (Probabilidade de 75%), a área de captação dos banheiros

coletivos, o coeficiente de escoamento superficial adotado foi de 80%, conforme Hofkes e Frasier (1996, *apud* Tomaz 2003), por se tratar de cobertura com telha cerâmica, e a demanda mensal verificada através do monitoramento dos hidrômetros.

Esses dados serviram de entrada para os métodos de dimensionamento (Rippl e Interativo), com o objetivo de compatibilizar a oferta e a demanda, na tentativa de dimensionar um volume de reservatório que garanta o abastecimento no maior tempo possível, minimizando o custo de implantação do sistema.

Para realizar o dimensionamento do reservatório de água de chuva pelo Método de Rippl, utilizou-se a planilha mostrada na Figura 4.2. Os dados de entrada e de saída dessa planilha são detalhados a seguir:

METODO DE RIPPL - ANALITICO						
Meses	Chuva mensal (mm)	Demanda mensal (m ³)	Área de captação (m ²)	Volume de chuva mensal (m ³)	Diferença entre os volumes da demanda - vol. de chuva col.3-col.5 (m ³)	Diferença acumulada da coluna 6 dos valores positivos (m ³)
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7
Janeiro						
Fevereiro						
Março						
Abril						
Maió						
Junho						
Julho						
Agosto						
Setembro						
Outubro						
Novembro						
Dezembro						
Volume do reservatório de armazenamento (m ³)						Linha 16

Figura 4.2- Planilha de cálculo do método de Rippl.

Coluna 1 – Período de tempo em meses (Janeiro a Dezembro).

Coluna 2 – Nesta coluna estão as chuvas mensais (mm) do município de Belém.

Coluna 3 – Volume correspondente à demanda mensal de água de chuva (m³).

Coluna 4 – Área de captação de chuva (m²).

Coluna 5 – Produção mensal de chuva (m³), correspondente ao volume mensal de chuva coletado pelo sistema. Este valor é obtido pela multiplicação da coluna 2 com a coluna 4 e com o coeficiente de escoamento superficial de 0,80. O

resultado da multiplicação é dividido por 1.000, para se obter o valor de produção de chuva em metros cúbicos.

Coluna 6 – Diferença entre os valores de demanda e produção de chuva, obtido pela subtração da coluna 3 pela coluna 5. Os resultados negativos desta subtração indicam que há excesso de chuva, e os resultados positivos indicam que há falta de chuva, ou seja, o volume demandado é superior ao volume de chuva produzido.

Coluna 7 – Somatório dos valores positivos da coluna 6. Nesta coluna, não são computados os valores negativos da coluna 6, pois estes indicam que há sobra de água de chuva.

O volume do reservatório é obtido na linha 16, que corresponde ao valor máximo encontrado na coluna 7.

O Método Interativo é uma adaptação do Método de Rippl, tendo como princípio o balanço de massa do sistema. Para seu dimensionamento utilizou-se a planilha mostrada na Figura 4.3. Os dados de entrada e de saída dessa planilha são detalhados a seguir:

MÉTODO INTERATIVO							
Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m ³)	Área de captação (m ²)	Volume captável mensal (m ³)	Volume captado mensal (m ³)	Vol. captado - demanda (m ³)	% de demanda atendida
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8
Janeiro							
Fevereiro							
Março							
Abril							
Mai							
Junho							
Julho							
Agosto							
Setembro							
Outubro							
Novembro							
Dezembro							
Volume de reservação proposto (m ³)		Volume máximo do reservatório (m ³)		Média de atendimento a demanda			
	Coluna C		Coluna F		Coluna H		

Figura 4.3- Planilha de cálculo do Método Interativo.

Coluna 1 – Período de tempo em meses (Janeiro a Dezembro).

Coluna 2 – Nesta coluna estão as chuvas mensais (mm) do município de Belém.

Coluna 3 – Volume correspondente à demanda mensal de água de chuva (m³).

Coluna 4 – Área de captação de chuva (m^2).

Coluna 5 – Produção mensal de chuva (m^3), correspondente ao volume mensal de chuva coletado pelo sistema. Este valor é obtido pela multiplicação da coluna 2 com a coluna 4 e com o coeficiente de escoamento superficial de 0,80. O resultado da multiplicação é dividido por 1.000 para obter-se o valor da produção de chuva em metros cúbicos.

Coluna F – Volume máximo do reservatório (m^3). O valor desta célula corresponde ao valor máximo obtido na coluna 5. Este valor é colocado à disposição do projetista para que o mesmo o tenha como um referencial e, ao mesmo tempo, como um limite para o dimensionamento.

Coluna C – Volume de reservação proposto (m^3). Esta célula é preenchida pelo projetista, o qual adota um volume de reservação, que pode ser alterado de acordo com a necessidade do sistema e ao longo da simulação.

Coluna 6 – Volume captado de chuva mensal (m^3). Este valor é determinado utilizando-se a função SE do Software Excel. Pré-determinado o volume do reservatório (Coluna C), a função irá verificar se o volume de chuva captável no mês pelo sistema (Coluna 5) é maior ou menor que o volume de reservação proposto. Caso o volume captável (Coluna 5) seja menor, este será o resultado na coluna 6, caso contrário, a função retorna como resultado o volume de reservação pré-determinado (Coluna C).

Coluna 7 – Diferença entre os valores de produção de chuva e demanda, obtido pela subtração da coluna 6 pela coluna 3. Os resultados positivos desta subtração indicam que há excesso de chuva, e os resultados negativos indicam que há falta de chuva, ou seja, o volume demandado é superior ao volume de chuva produzido. Os dados dessa coluna também podem ser utilizados pelo projetista para verificar a eficiência do sistema.

Coluna 8 – Percentual de demanda atendida com água de chuva (%). Corresponde à divisão da coluna 6 pela coluna 3, multiplicando-se o resultado por 100.

Coluna H – Média de atendimento à demanda (%). Corresponde a média dos valores da coluna 8.

O volume do reservatório é obtido pela Coluna C, pré-determinado pelo projetista, que irá modificá-la, aumentando ou diminuindo o volume de reservação de

acordo com o percentual de atendimento à demanda e limitando-se pelo valor da coluna F.

4ª ETAPA

Nesta última etapa, após ser verificado o potencial de economia de água potável, foi calculado os custos para a implantação e operação do sistema de aproveitamento de água de chuva, nos banheiros coletivos, analisando assim, sua viabilidade econômica.

Segundo Marinowski (2007) os custos de implantação e operação do sistema de aproveitamento de água de chuva resumem-se basicamente em custos com materiais e equipamentos, custos de energia elétrica devido ao bombeamento de água para o reservatório superior e custos com mão de obra.

Para realizar o orçamento da construção do sistema de aproveitamento de água de chuva levou-se em consideração os preços dos serviços constantes na tabela do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil - SINAPI, disponibilizado pela CAIXA Econômica Federal, para o Estado do Pará.

Os custos de operação do sistema, em relação a energia elétrica que será consumida devido ao bombeamento da água de chuva para o reservatório superior, também serão calculados. Para o bombeamento de água em instalações elevatórias, a ABNT NBR 5626/1998 recomenda que deve ser instaladas no mínimo duas moto-bombas independentes, para garantir o abastecimento de água no caso de falha de uma das unidades.

Depois de selecionada a potência da moto-bomba e verificada a respectiva vazão (l/s), será calculado o tempo de funcionamento diário e o número de dias de uso no mês.

Para determinar os custos com energia elétrica devido ao bombeamento, será utilizado as informações referentes às moto-bombas adotadas e os valores (R\$/kWh) cobrados pela Centrais Elétricas do Pará - CELPA.

De posse desses dados, é possível determinar o consumo de energia elétrica gasto com o bombeamento, conforme apresenta a Equação 6.

$$CM_{\text{energia elétrica}} = P_{\text{moto-bombas}} * t * N * V_{\text{CELPA}} \quad (6)$$

Sendo:

$CM_{\text{energia elétrica}}$ = Custo mensal da energia elétrica para o funcionamento do sistema de bombeamento de água de chuva (R\$);

$P_{\text{moto-bombas}}$ = Potência da moto-bomba (kW);

t = Tempo de funcionamento da moto-bomba (h/dia);

N = Número de dias de funcionamento da moto-bomba no mês;

V_{CELPA} = Valor cobrado pela CELPA, pela energia elétrica consumida (R\$/kWh).

O sistema de abastecimento de água da Cidade Universitária é composto pela captação de água subterrânea, Estação de Tratamento de Água Simplificado (Aeração, filtração e desinfecção), reservatório e rede de distribuição. Por não haver o controle dos custos com energia elétrica, mão de obra, produto químico e entre outros, a UFPA não tem o real valor do m^3 de sua água tratada.

Assim, para realizar o levantamento dos custos relativos ao consumo de água potável, será utilizado o valor cobrado pela Companhia de Saneamento do Pará - COSANPA pelo m^3 de água fornecida ao Instituto de Educação Matemática e Científica - IEMCI (Unidade da UFPA dentro da Cidade Universitária cujo abastecimento de água é feita pela COSANPA).

Através da Equação 7, é possível verificar qual seria o novo custo de água potável após a implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva:

$$CM_{\text{água potável 2}} = C_{\text{mensal}} * [1 - (P_{\text{economia}} / 100)] * V_{\text{COSANPA}} \quad (7)$$

Sendo:

$CM_{\text{água potável 2}}$ = Custo médio mensal de água potável após a implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva (R\$/mês);

C_{mensal} = Consumo médio mensal de água no prédio (m^3 /mês);

P_{economia} = Potencial de economia de água potável obtido através do uso de água de chuva (%);

V_{COSANPA} = Valor cobrado pela COSANPA pela água potável consumida (R\$/ m^3).

A próxima etapa da análise de viabilidade econômica para a implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva foi a verificação do período de retorno do investimento.

Primeiramente, foi verificada a diferença entre o custo mensal de água potável e o custo mensal após a implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva. Essa diferença representa a economia em reais (R\$), relativa ao novo consumo de água, conforme apresentado na Equação 8.

$$E = CM_{\text{potável 1}} - (CM_{\text{potável 2}} + CM_{\text{energia elétrica}}) \quad (8)$$

Sendo:

E = Economia monetária de água potável após o uso de água de chuva (R\$/mês);

$CM_{\text{potável 1}}$ = Custo médio mensal de água potável atual antes da implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva (R\$/mês);

$CM_{\text{potável 2}}$ = Custo médio mensal de água potável após a implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva (R\$/mês);

$CM_{\text{energia elétrica}}$ = Custo mensal da energia elétrica para o funcionamento do sistema de bombeamento de água de chuva (R\$).

A viabilidade econômica e o período de retorno do investimento serão verificados através dos métodos do VPL e do payback descontado, respectivamente.

Para o cálculo do VPL utilizam-se a Equação 9 e 10:

$$VP = \frac{VF_j}{(1+i)^j} \quad (9)$$

$$VPL = \sum_1^n \frac{VFL}{(1+i)^j} \quad (10)$$

Sendo:

VP = Valor presente;

VPL = Valor presente líquido;

n = Número total de períodos - horizonte do projeto;

VF = Valor futuro;

VFL = Valor futuro líquido = saldo = VF entrada - VF saída;

j = Período em que ocorre o valor;

i = Taxa de desconto;

Segundo Barreto *et al* (2008) pode-se obter o payback descontado conforme apresentado na Equação 11.

$$\text{Payback} = \text{período do último saldo negativo} + \left[\frac{\text{Último saldo negativo}}{(\text{Pr primeiro saldo positivo} + \text{Último saldo negativo})} \right] \quad (11)$$

Através desses métodos, foi verificado se o projeto é atrativo e o número de anos que é necessário para que os fluxos de caixa futuros acumulados, igualem o montante do investimento inicial.

5 RESULTADOS

5.1 RESULTADOS DA 1ª ETAPA

Na 1ª Etapa foram feitas as medições do comprimento (17,75 m), largura (12,30 m) e a diferença entre o ponto mais alto e o mais baixo da cobertura (2 m).

Os banheiros coletivos localizados no Campus Básico e Profissional possuem as mesmas dimensões, onde foi calculado pela Equação 5 uma área de captação de 253,82 m².

Com as informações obtidas e sistematizadas, foi feito a média aritmética das precipitações, bem como as probabilidades de 5% a 95% dos meses de janeiro a dezembro, no período que compreende ao ano de 1949 a 2009, conforme APÊNDICE A.

Na Tabela 5.1 pode-se verificar a precipitação média anual de cada Estação Pluviométrica utilizada neste trabalho.

Tabela 5.1- Precipitação média anual verificado em cada Estação Pluviométrica.

OPERADOR	PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL (mm)	PERÍODO DE MONITORAMENTO
EMBRAPA	3.011,4	1970-2008
INMET	2.906,2	1949-1964; 1966-1998 e 2001-2005
SIPAM	3.223,9 ¹	2009
DEPV	3.254,7	1983-1985 e 2001-2003
CPRM	1.415,2 ²	2007

Observa-se no APÊNDICE A que a precipitação média anual de Belém é de 2.970,2 mm. Pode-se observar ainda, que entre os meses de junho a novembro ocorrem as menores precipitações médias variando de 119,6 (Novembro) a 174,3 mm (Junho), enquanto que nos meses de dezembro a maio ocorrem as maiores precipitações médias variando de 237,1 (Dezembro) a 441,6 mm (Março).

¹ A precipitação média anual não levou em consideração o mês de dezembro de 2009, por apresentar falha.

² A precipitação média anual levou em consideração apenas os meses de janeiro, março, abril, maio e junho de 2007, devido os outros meses apresentarem falhas.

Na Figura 5.1 observa-se a precipitação mínima, média e máxima de cada mês, confirmando que entre os meses de junho a novembro ocorrem as menores precipitações.

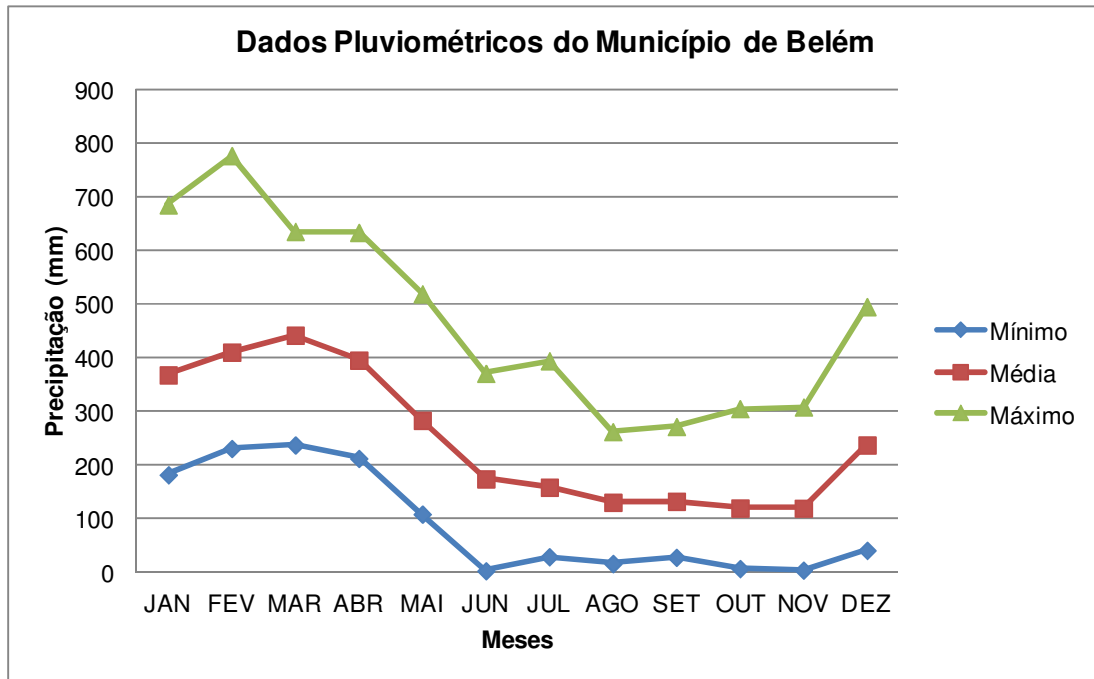


Figura 5.1- Dados Pluviométricos do Município de Belém.

5.2 RESULTADOS DA 2ª ETAPA

Neste item são apresentados os dados de demanda de água nos banheiros coletivos, localizados um no Campus Básico e o outro no Campus Profissional, a fim de subsidiar o dimensionamento do reservatório de água de chuva.

Pode-se verificar a demanda de água nos banheiros coletivos na Figura 5.2.

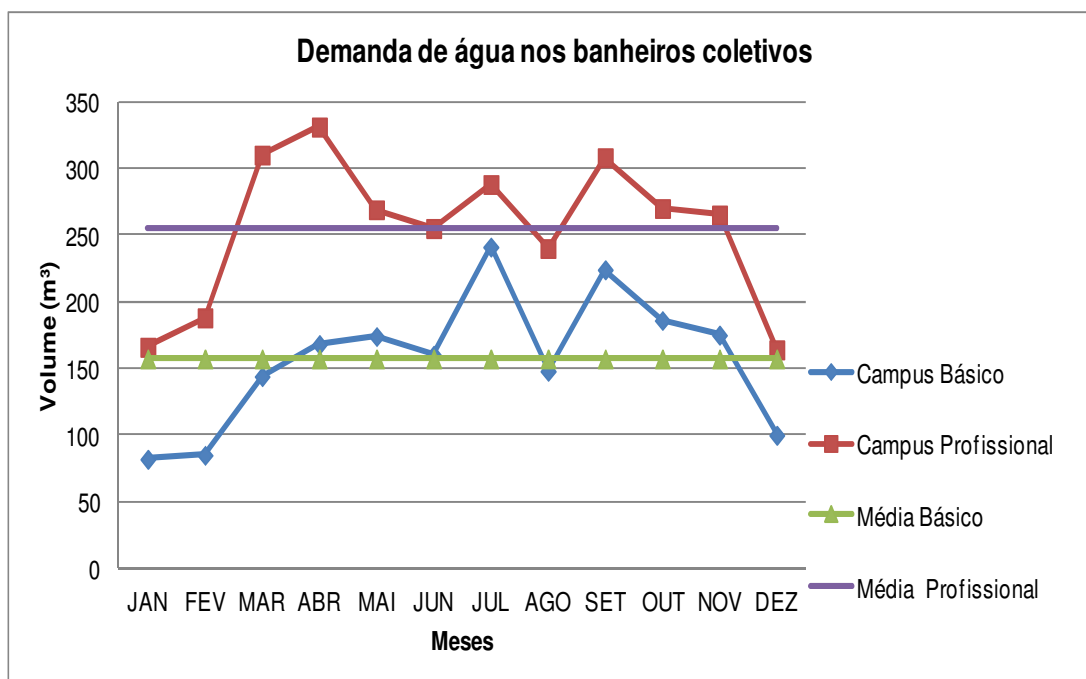


Figura 5.2- Demanda de água nos banheiros coletivos.

Observa-se que a demanda de água no banheiro coletivo, localizado no Campus Profissional, é quase duas vezes maior que no Básico, isso ocorre devido o Campus Profissional possuir apenas um banheiro coletivo para atender os blocos de sala de aula, enquanto que no Campus Básico existem dois banheiros coletivos.

Nos meses de janeiro, fevereiro e dezembro são verificados uma menor demanda de água em relação aos outros meses, devido ao período de recesso acadêmico. Porém, no mês de julho que também é um mês de recesso acadêmico, verificamos que houve uma grande demanda de água, tanto no Campus Básico, quanto no Profissional, isso se deve que no mês de julho ocorrem vários congressos e encontros estudantis, servindo muitas das vezes, as salas de aula como alojamento.

A grande demanda observada nos banheiros coletivos se deve ao fato da UFPA possuir três turnos de aula, atendendo a uma grande quantidade de alunos (Graduação, Pós-Graduação e Cursos Livres). A UFPA inicia suas atividades por volta das 7h e termina às 22h.

Na Figura 5.3 pode-se observar que o dia da semana que há uma maior demanda no banheiro do básico é a sexta-feira (6,45 m³), enquanto que no profissional é a quarta-feira (11,08 m³).

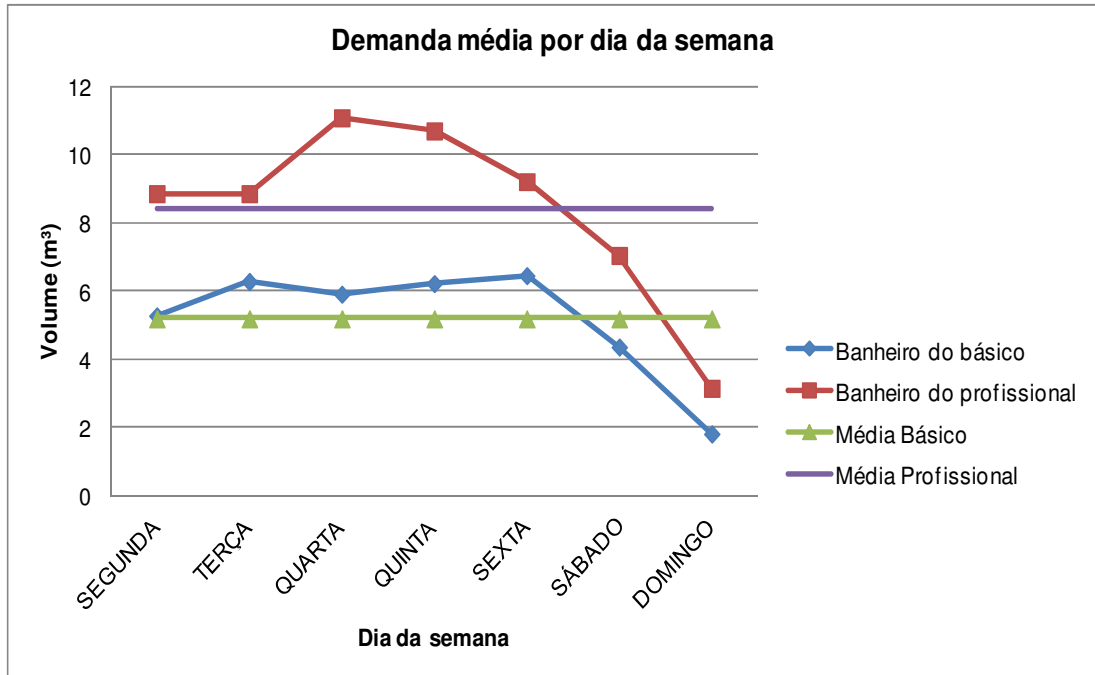


Figura 5.3- Demanda média por dia da semana.

Entre os turnos, pode-se verificar na Figura 5.4 que o turno onde há uma maior demanda no banheiro do Básico é no segundo (2,06 m³), enquanto que no Profissional é o terceiro (3,94 m³).

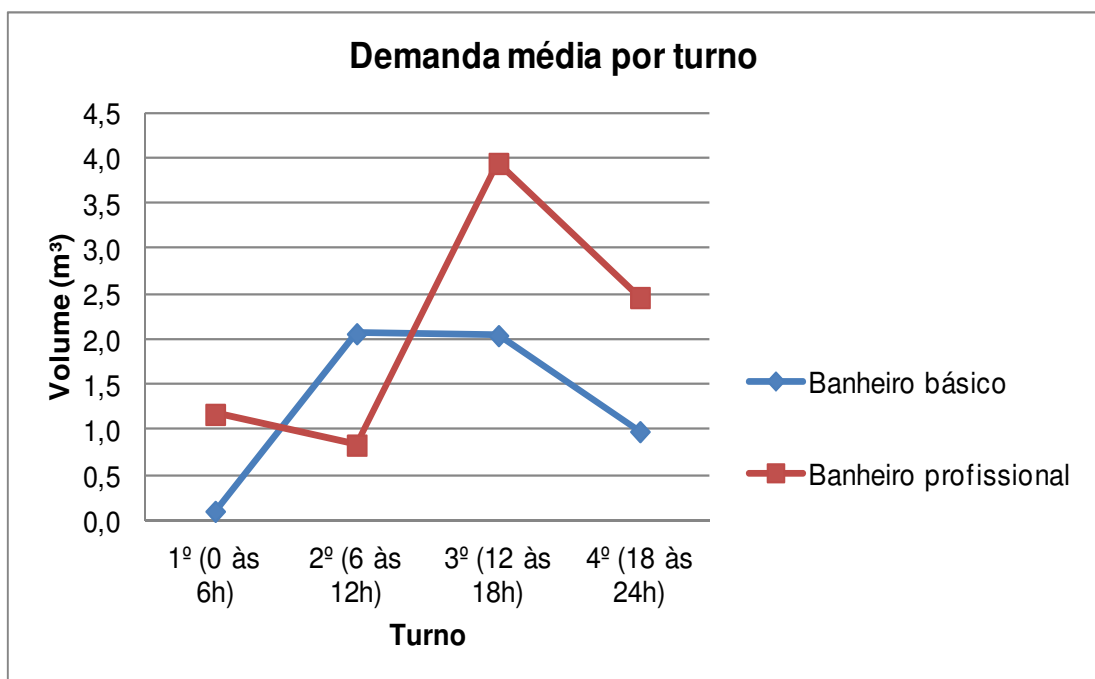


Figura 5.4- Demanda média por turno.

5.3 RESULTADOS DA 3ª ETAPA

Na 3ª etapa são apresentados e discutidos os resultados obtidos pelos dimensionamentos de reservatórios de armazenamento de água de chuva, para os banheiros coletivos da Cidade Universitária Professor José da Silveira Netto, utilizando-se o Método de Rippl e o Método Interativo.

São apresentados a seguir, os volumes de reservação propostos por cada método e o percentual de demanda de água não potável, atendida com água de chuva, sendo que para o cálculo desse percentual, utilizou-se a probabilidade de 75% da precipitação da cidade de Belém, baseadas na série histórica de 1949 a 2009.

A Tabela 5.2 apresenta o dimensionamento do reservatório (Básico e Profissional) pelo Método de Rippl, enquanto que a Tabela 5.3 apresenta o dimensionamento do reservatório (Básico e do Profissional) pelo Método Interativo.

Tabela 5.2- Dimensionamento do reservatório pelo Método de Rippl para o banheiro do Básico e Profissional.

Meses	Chuva mensal (mm)	Demanda mensal - Básico (m³)	Demanda mensal - Profissional (m³)	Área de captação (m²)	Volume de chuva mensal (m³)	Diferença entre os volumes da demanda - vol. de chuva col.3-col.6 (m³)	Diferença entre os volumes da demanda - vol. de chuva col.4-col.6 (m³)	Diferença acumulada da coluna 7 dos valores positivos (m³)	Diferença acumulada da coluna 8 dos valores positivos (m³)	% de demanda atendida (Básico)	% de demanda atendida (Profissional)
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8	Coluna 9	Coluna 10	Coluna 11	Coluna 12
Janeiro	316,3	82	166	253,82	64	18	102	18	102	78,05	38,55
Fevereiro	350,9	85	188	253,82	71	14	117	32	219	83,53	37,77
Março	369,4	144	310	253,82	75	69	235	101	454	52,08	24,19
Abril	332,1	168	331	253,82	67	101	264	202	718	39,88	20,24
Mai	205,1	174	269	253,82	42	132	227	334	945	24,14	15,61
Junho	126,9	160	255	253,82	26	134	229	468	1174	16,25	10,20
Julho	111,7	241	288	253,82	23	218	265	686	1439	9,54	7,99
Agosto	88,5	148	240	253,82	18	130	222	816	1661	12,16	7,50
Setembro	95,2	224	308	253,82	19	205	289	1021	1950	8,48	6,17
Outubro	84,4	186	270	253,82	17	169	253	1190	2203	9,14	6,30
Novembro	69,3	175	265	253,82	14	161	251	1351	2454	8,00	5,28
Dezembro	168,7	100	164	253,82	34	66	130	1417	2584	34,00	20,73
Volume do reservatório de armazenamento (m³)								1.417 (Básico)	2.584 (Profissional)	31,27	16,71

Tabela 5.3- Dimensionamento do reservatório pelo Método Iterativo para o banheiro do Básico e do Profissional.

Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal - Básico (m³)	Demanda mensal - Profissional (m³)	Área de captação (m²)	Volume captável mensal (m³)	Volume captado mensal (m³)	Vol. captado (col.7) - demanda (col.3) (m³)	Vol. captado (col.7) - demanda (col.4) (m³)	% de demanda atendida (Básico)	% de demanda atendida (Profissional)
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8	Coluna 9	Coluna 10	Coluna 11
Janeiro	316,3	82	166	253,82	64	64	-18	-102	78,05	38,55
Fevereiro	350,9	85	188	253,82	71	70	-15	-118	82,35	37,23
Março	369,4	144	310	253,82	75	70	-74	-240	48,61	22,58
Abril	332,1	168	331	253,82	67	67	-101	-264	39,88	20,24
Mai	205,1	174	269	253,82	42	42	-132	-227	24,14	15,61
Junho	126,9	160	255	253,82	26	26	-134	-229	16,25	10,2
Julho	111,7	241	288	253,82	23	23	-218	-265	9,54	7,99
Agosto	88,5	148	240	253,82	18	18	-130	-222	12,16	7,5
Setembro	95,2	224	308	253,82	19	19	-205	-289	8,48	6,17
Outubro	84,4	186	270	253,82	17	17	-169	-253	9,14	6,3
Novembro	69,3	175	265	253,82	14	14	-161	-251	8,00	5,28
Dezembro	168,7	100	164	253,82	34	34	-66	-130	34,00	20,73
Volume de reservação proposto (m³)		70	70	Volume máximo do reservatório (m³)		75	Média de atendimento a demanda		30,88	16,53

A Figura 5.5 apresenta o resultado do dimensionamento pelo Método de Rippl, para o banheiro coletivo do Básico, onde se verifica na abscissa o volume do reservatório em m^3 e na ordenada a respectiva confiabilidade do sistema.

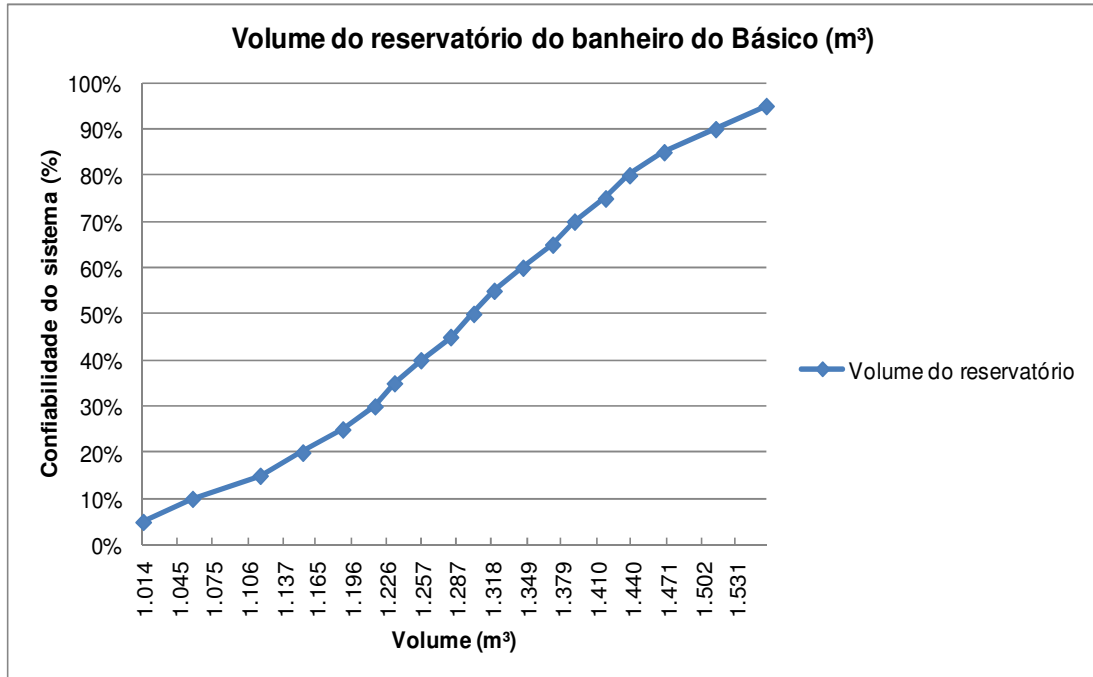


Figura 5.5- Dimensionamento de reservatório pelo Método de Rippl para a demanda medida no banheiro do Básico.

Observa-se que esse método de dimensionamento resultou em um volume máximo de $1.557 m^3$, para atender uma demanda média mensal de $157,25 m^3$. Porém, como neste trabalho será adotada a probabilidade de 75%, o volume do reservatório encontrado foi de $1.417 m^3$. Esse sistema apresenta 75% de confiabilidade, ou seja, é um sistema considerado tolerável, com probabilidade de falha de apenas 25%.

Verifica-se que esse mesmo sistema é capaz de atender em média a 31,27% da demanda de água não potável com água de chuva, conforme Figura 5.6.

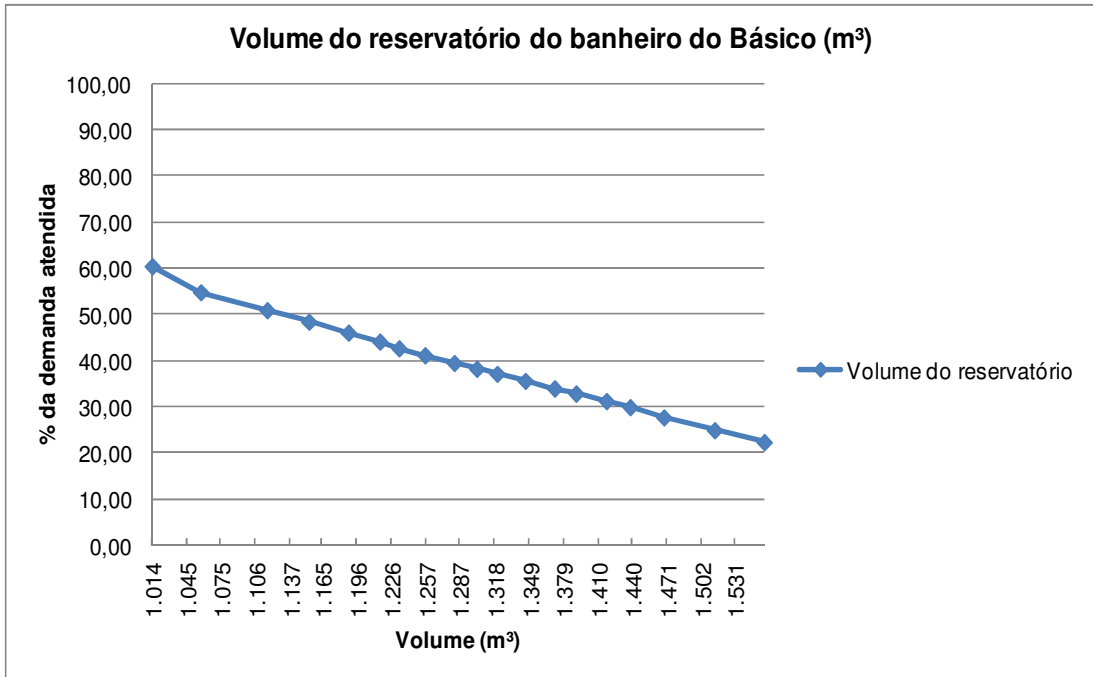


Figura 5.6- Porcentagem da demanda atendida de acordo com o volume do reservatório (Método de Rippl) do banheiro do Básico.

A Figura 5.7 apresenta o balanço hídrico do sistema, mostrando a demanda de água não potável e a produção de chuva do sistema, dimensionado pelo Método de Rippl. Neste gráfico fica claro que em nenhum mês o volume de água de chuva captado consegue atender totalmente a demanda.

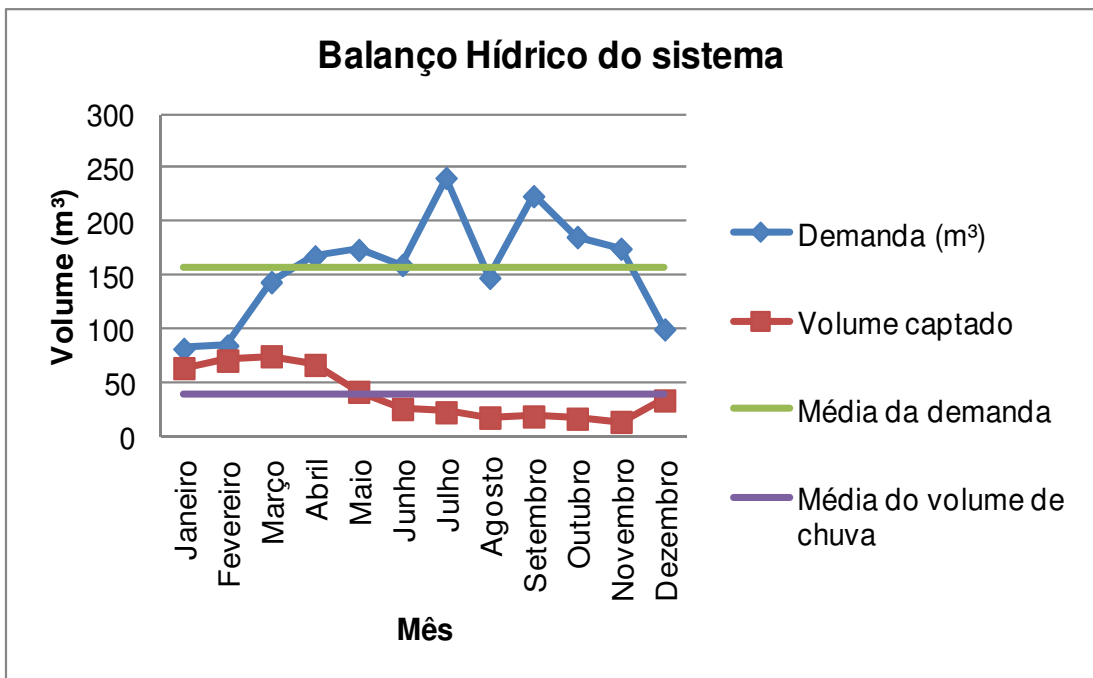


Figura 5.7- Balanço Hídrico do sistema dimensionado pelo Método de Rippl para a demanda do banheiro coletivo do Básico.

A Figura 5.8 apresenta o resultado do dimensionamento pelo Método de Rippl, para o banheiro coletivo do Profissional, onde verifica-se na abscissa o volume do reservatório em m^3 e na ordenada a respectiva confiabilidade do sistema.

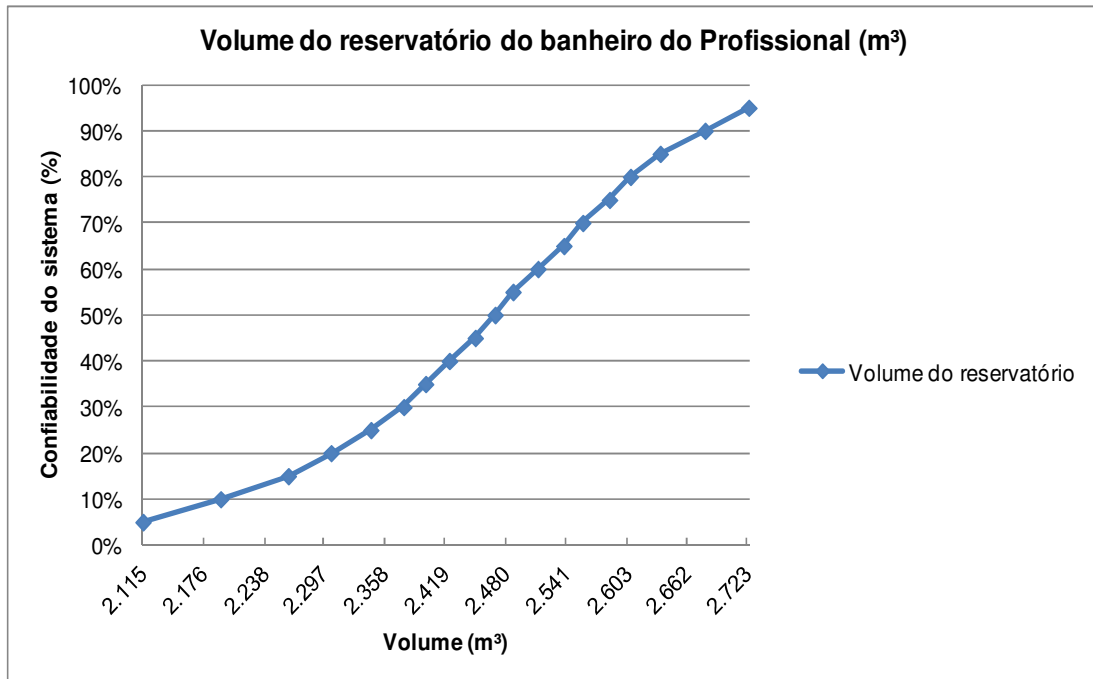


Figura 5.8- Dimensionamento de reservatório pelo Método de Rippl para a demanda medida no banheiro do Profissional.

Observa-se que esse método de dimensionamento resultou em um volume máximo de $2.724 m^3$, para atender uma demanda média mensal de $254,50 m^3$. Porém, como neste trabalho será adotada a probabilidade de 75%, o volume do reservatório encontrado foi de $2.584 m^3$. Esse sistema apresenta 75% de confiabilidade, ou seja, é um sistema considerado tolerável, com probabilidade de falha de apenas 25%.

Verifica-se que esse mesmo sistema é capaz de atender em média a 16,71% da demanda de água não potável com água de chuva, conforme Figura 5.9.

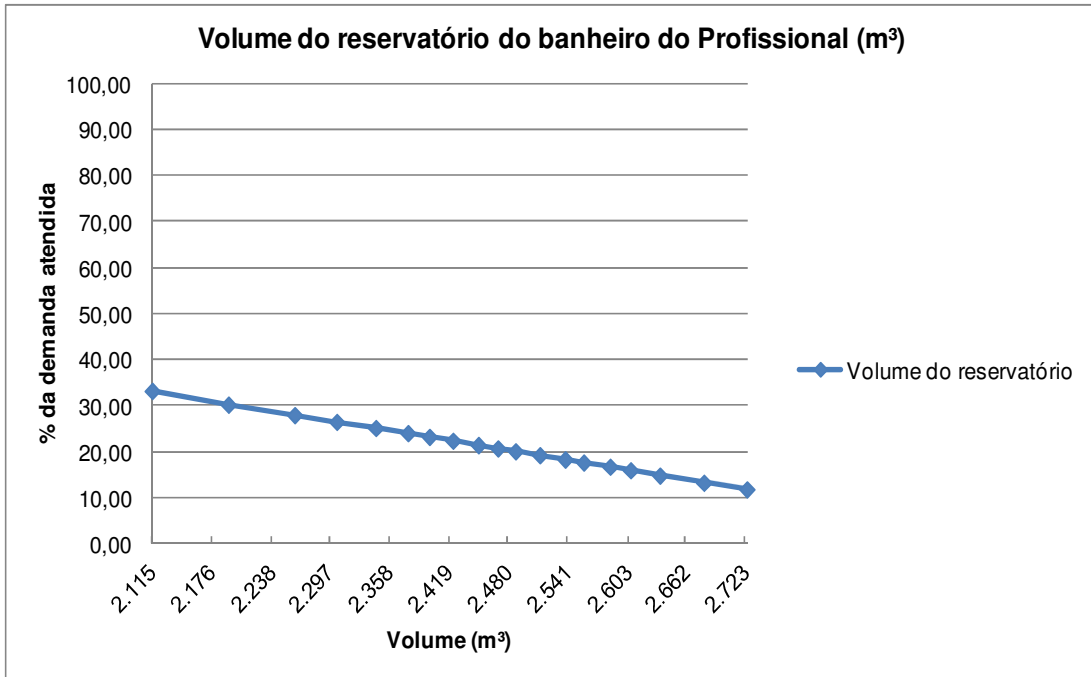


Figura 5.9 - Porcentagem da demanda atendida de acordo com o volume do reservatório (Método de Rippl) do banheiro do Profissional.

A Figura 5.10 apresenta o balanço hídrico do sistema, mostrando a demanda de água não potável e a produção de chuva do sistema dimensionado pelo Método de Rippl. Neste gráfico fica claro que em nenhum mês o volume de água de chuva captado consegue atender a demanda.

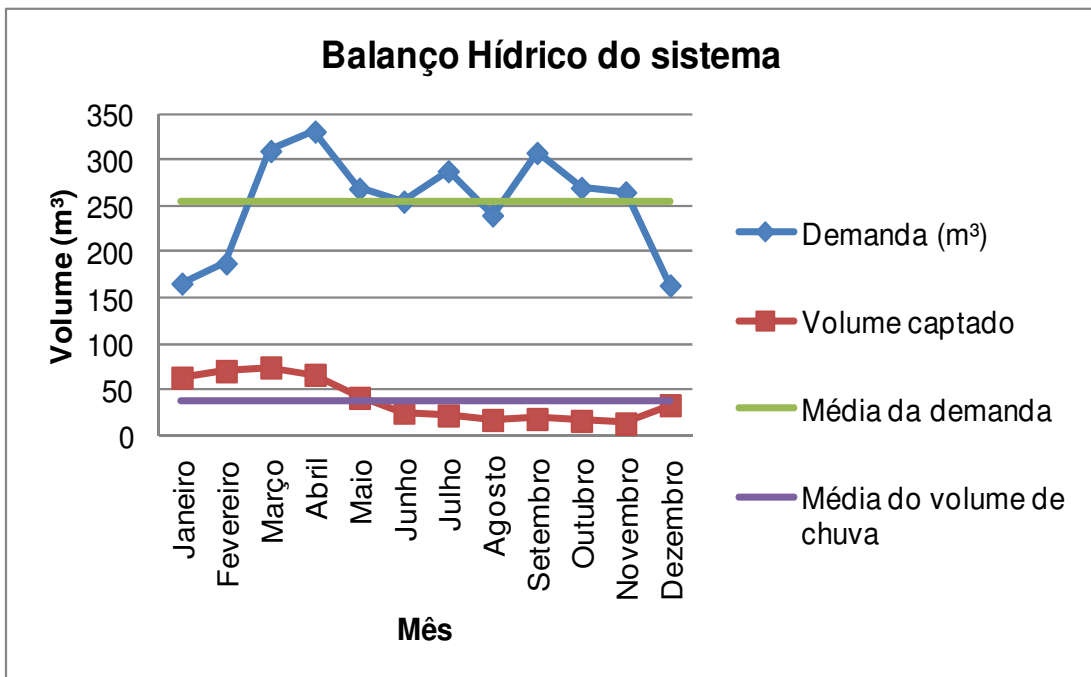


Figura 5.10- Balanço Hídrico do sistema dimensionado pelo Método de Rippl para a demanda do banheiro coletivo do Profissional.

Analisando-se o percentual de demanda de água não potável que pode ser atendida com água da chuva, tanto no banheiro coletivo do Básico, quanto do Profissional, verifica-se que, em função da pequena área de captação da edificação e da grande demanda observada, dimensionar este sistema pelo método de Rippl torna-se inviável, pois o mesmo resulta em volumes muito grandes, mesmo para confiabilidade muito pequena.

Constata-se ainda, que todos os volumes resultantes desses dimensionamentos, nunca serão preenchidos totalmente com água de chuva, visto que esses sistemas coletam, em média, 39 m³ de chuva por mês, tendo a sua produção máxima em março, quando esse volume passa a ser de 75 m³.

A Figura 5.11 apresenta o resultado do dimensionamento pelo Método Interativo, para o banheiro coletivo do Básico, onde verifica-se na abscissa o volume do reservatório em m³ e na ordenada a respectiva confiabilidade do sistema.

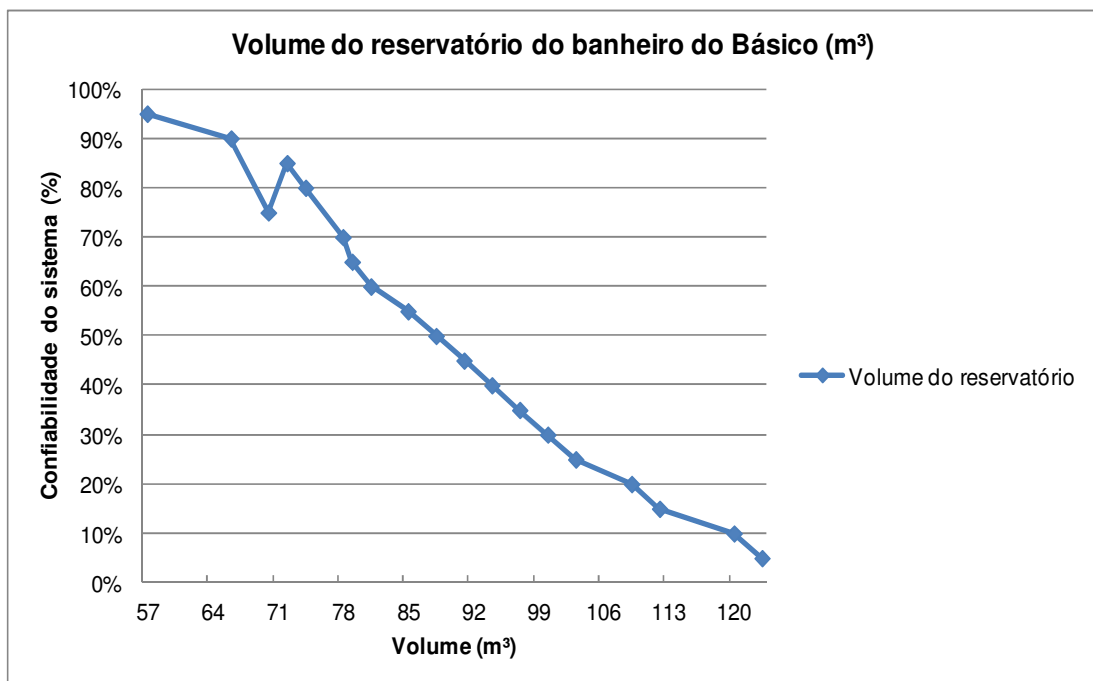


Figura 5.11- Dimensionamento de reservatório pelo Método Interativo para a demanda medida no banheiro do Básico.

Observa-se que esse método de dimensionamento resultou em um volume máximo de 123 m³, para atender uma demanda média mensal de 157,25 m³. Porém, como neste trabalho será adotada a probabilidade de 75%, o volume máximo do reservatório será de 75 m³. Esse sistema apresenta 75% de confiabilidade, ou seja, é um sistema considerado tolerável, com probabilidade de falha de apenas 25%.

Neste trabalho, será considerado o volume do reservatório igual a 70 m³, devido a questões de padronização das Caixas d'águas a serem utilizadas como reservatório.

Verifica-se que esse mesmo sistema é capaz de atender em média a 30,88% da demanda de água não potável com água de chuva, conforme Figura 5.12.

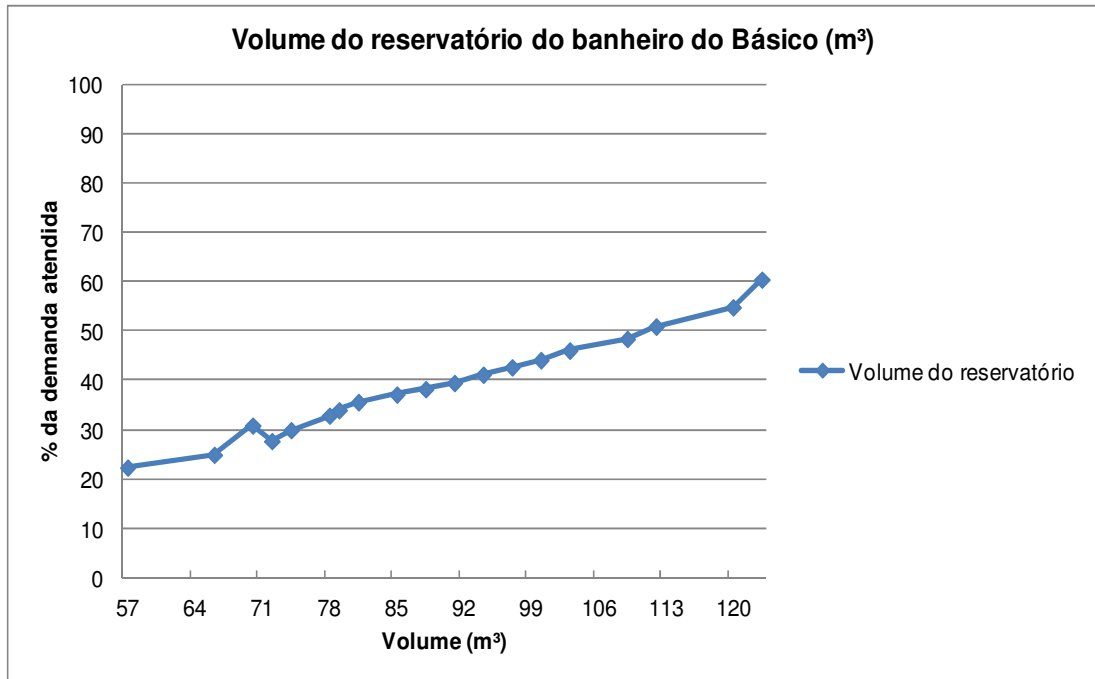


Figura 5.12 - Porcentagem da demanda atendida de acordo com o volume do reservatório (Método Interativo) do banheiro do Básico.

A Figura 5.13 apresenta o balanço hídrico do sistema, mostrando a demanda de água não potável e a produção de chuva do sistema dimensionado pelo Método Interativo. Neste gráfico fica claro que em nenhum mês o volume de água de chuva captado consegue atender a demanda.

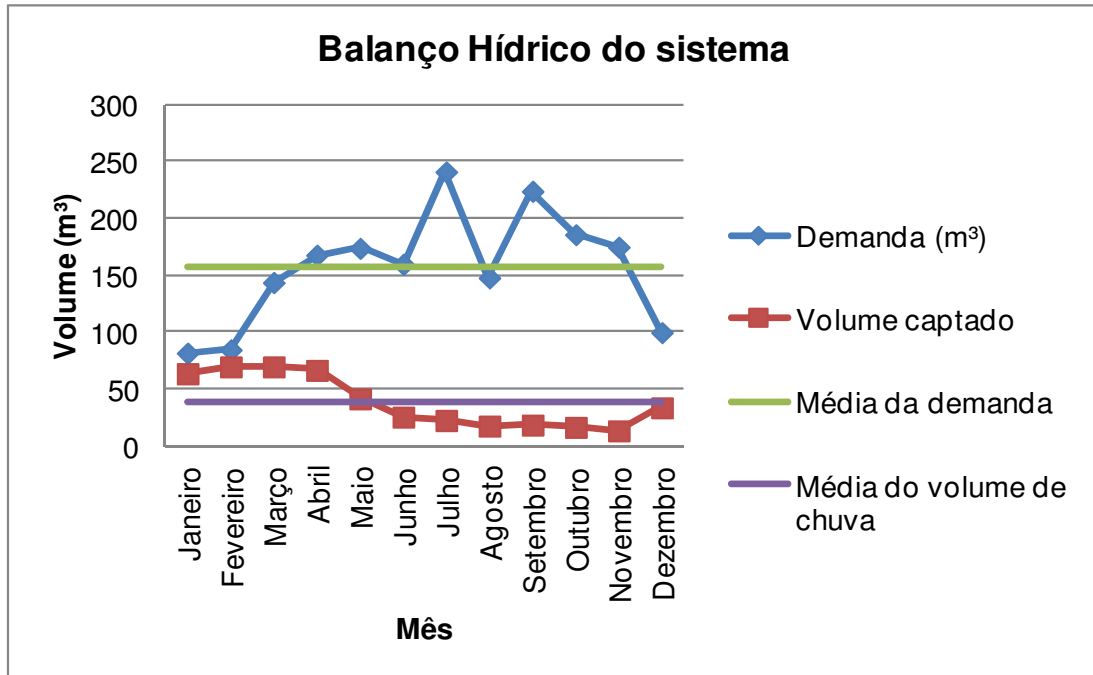


Figura 5.13- Balço Hídrico do sistema dimensionado pelo Método Interativo para a demanda do banheiro coletivo do Básico.

A Figura 5.14 apresenta o resultado do dimensionamento pelo Método Interativo, para o banheiro coletivo do Profissional, onde verifica-se na abscissa o volume do reservatório em m³ e na ordenada a respectiva confiabilidade do sistema.

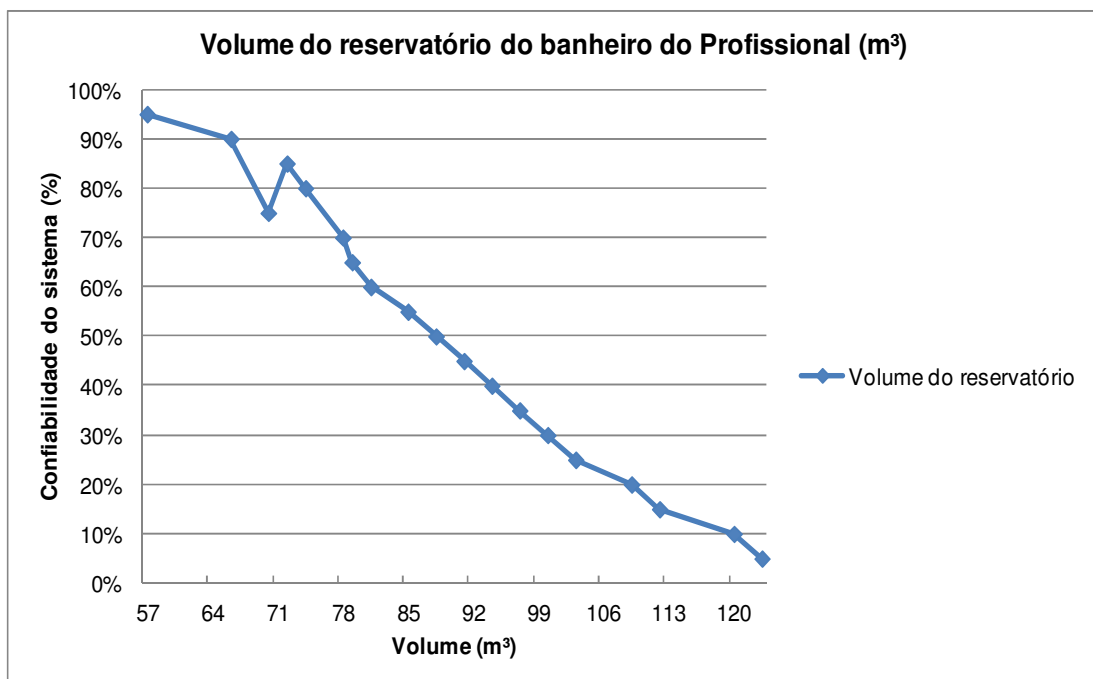


Figura 5.14- Dimensionamento de reservatório pelo Método Interativo para a demanda medida no banheiro do Profissional.

Observa-se que esse método de dimensionamento resultou em um volume máximo de 123 m³, para atender uma demanda média mensal de 254,50 m³. Porém, como neste trabalho será adotada a probabilidade de 75%, o volume máximo do reservatório será de 75 m³. Esse sistema apresenta 75% de confiabilidade, ou seja, é um sistema considerado tolerável, com probabilidade de falha de apenas 25%. Neste trabalho, será considerado o volume do reservatório igual a 70 m³, devido a questões de padronização das Caixas d'águas a serem utilizadas como reservatório.

Verifica-se que esse mesmo sistema é capaz de atender em média a 16,53% da demanda de água não potável com água de chuva, conforme Figura 5.15.

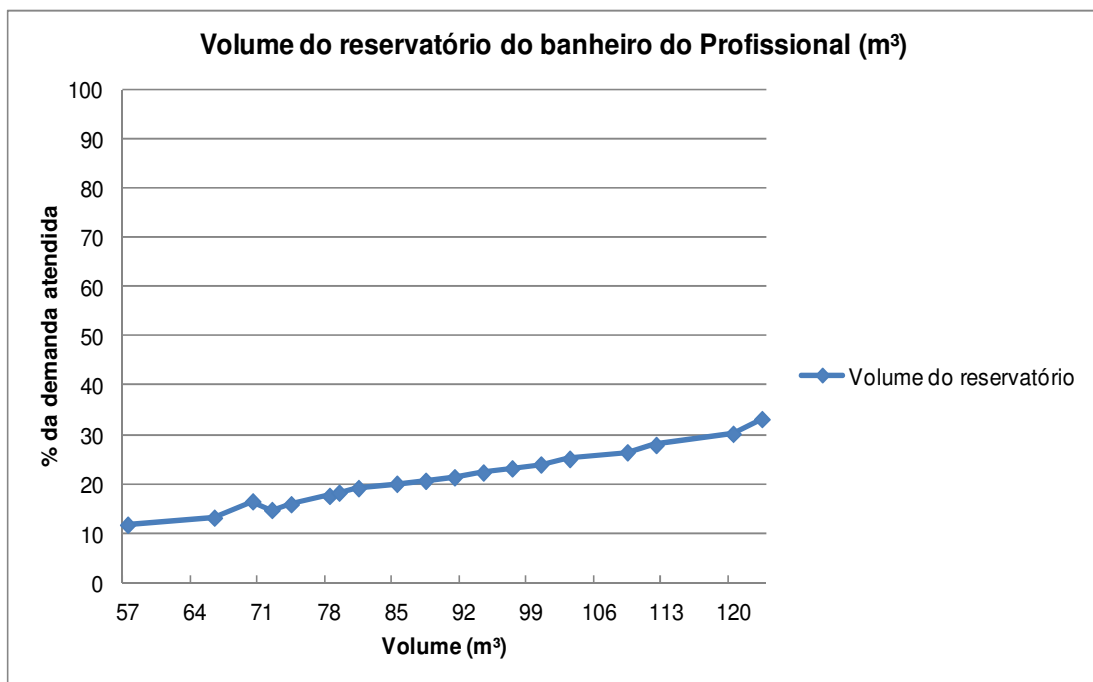


Figura 5.15 - Porcentagem da demanda atendida de acordo com o volume do reservatório (Método Interativo) do banheiro do Profissional.

A Figura 5.16 apresenta o balanço hídrico do sistema, mostrando a demanda de água não potável e a produção de chuva do sistema dimensionado pelo Método Interativo. Neste gráfico fica claro que em nenhum mês o volume de água de chuva captado consegue atender a demanda.

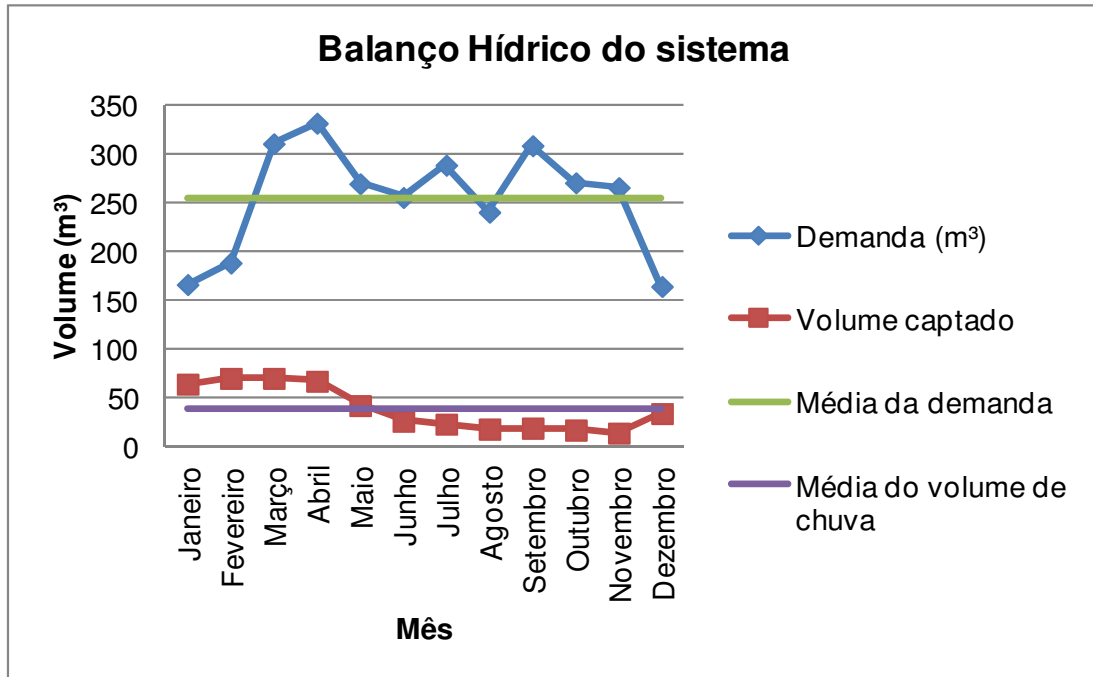


Figura 5.16- Balanço Hídrico do sistema dimensionado pelo Método Interativo para a demanda do banheiro coletivo do Profissional.

Verificou-se que apesar desse método ter o mesmo princípio de diagrama de massa do Método de Rippl, mas ocorre à intervenção do projetista na escolha do volume do reservatório, os resultados obtidos através deste método foram mais enxutos e coerentes em termos de volume de reservação, se comparados ao método de Rippl, tanto para o banheiro do Básico, quanto do Profissional.

Os resultados dos dimensionamentos realizados neste trabalho para determinar o volume do reservatório de água de chuva, encontram-se resumidos na Tabela 5.4.

Tabela 5.4- Resultado do dimensionamento do reservatório de armazenamento de água de chuva.

Demanda média (m³/mês)	Método			
	Rippl		Interativo	
	Vol. Res. (m³)	% de demanda atendida	Vol. Res. (m³)	% de demanda atendida
Banheiro do Básico (157,25)	1.417	31,27	70	30,88
Banheiro do Profissional (254,50)	2.584	16,71	70	16,53

Segundo Bressan e Martini (2005) se o potencial de economia de água tratada para fins não potáveis, através do aproveitamento de água de chuva numa

residência, estiver em torno de 50%, duas alternativas se fazem necessárias. A primeira seria a utilização de água proveniente das concessionárias de água tratada nos pontos onde seria possível o uso de água de chuva. A segunda seria o aumento da área de captação de água de chuva.

Como neste trabalho o potencial de economia de água tratada foi menor que 50%, utilizou-se a primeira opção para a falta de água de chuva, assim, quando não houver uma quantidade de água de chuva suficiente para atender a demanda, será utilizada água tratada, conforme pode ser verificado no APÊNDICE H.

Diante dos resultados de dimensionamento, fica claro a importância de se conhecer de forma precisa, os dados de entrada dos métodos, fazendo com que os mesmos resultem em volumes de reservação confiáveis, sem serem superdimensionados.

Verifica-se que não existe um método de dimensionamento ideal, sendo necessário fazer uma análise conjunta, utilizando vários métodos e analisando a capacidade de produção de chuva do sistema de aproveitamento, para então adotar um volume de reservação que atenda ao percentual de demanda requerido.

5.4 RESULTADOS DA 4ª ETAPA

De acordo com o que foi exposto na 4ª Etapa do sub-item 4.1, procedimento metodológico, para o estudo de viabilidade econômica, faz-se necessária a determinação dos custos relativos à implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva, ou seja, custos com materiais, equipamentos e energia elétrica, além da economia de água gerada com a implantação do sistema.

Para a realização da análise de custo foi utilizado o volume de reservação de 70 m³, tanto para o banheiro do Campus Básico, quanto do Profissional, com capacidade para atender a 30,88% e a 16,53% da demanda, respectivamente. Ambos os valores foram obtidos pelo Método Interativo, haja vista que o volume dos reservatórios determinado pelo Método de Rippl foi muito grande (maior que 1.014 m³).

Para realizar a estimativa de custo do sistema de aproveitamento de água de chuva proposto, foi utilizado o SINAPI do mês de janeiro de 2012.

Considerou-se o custo do material e equipamento necessários, desde a coleta até a distribuição da água de chuva nos aparelhos sanitários, contabilizando calhas,

condutores verticais e horizontais, conjunto moto-bomba, reservatórios elevados, instalações hidráulicas para água de chuva, um filtro auto-limpante para remoção de folhas e reservatórios de armazenamento em polietileno semi-enterrado no terreno.

Assim, verificou-se que a potência indicada para a moto-bomba foi de 1/2 CV e a sua respectiva vazão foi de 0,694 l/s. Calculou-se baseado nesta vazão, que a moto-bomba deverá funcionar 4 horas por dia para suprir a demanda diária de água de chuva no banheiro (cerca de 10.000 litros). Também, estipulou-se o seu funcionamento durante 26 dias no mês.

De posse destes dados, foi possível estimar os custos de operação do sistema relativos ao gasto com energia elétrica, em função do tempo diário de funcionamento das moto-bombas e do número de dias de uso no mês.

Através de informações obtidas junto a Centrais Elétricas do Pará - CELPA (2011) verificou-se que a UFPA paga em média R\$ 0,39/kWh, conforme pode ser verificado na Tabela 5.5.

Tabela 5.5- Valor cobrado pela CELPA por Kw/h. Período: Fev/2010-Dez/2011.

ANO	CONSUMO (Kw/h)	VALOR TOTAL (R\$)	VALOR DO Kw/h
2010	17.265.145	R\$ 6.621.108,03	R\$ 0,38
2011	18.840.641	R\$ 7.288.508,80	R\$ 0,39
MÉDIA			R\$ 0,39

O consumo de energia elétrica correspondente a 1 CV é 756 W, logo a potência da moto-bomba adotada de 1/2 CV, é igual a 0,38 kW, que multiplicado por 4 horas de funcionamento diário, durante 26 dias no mês, resulta em 39,52 kWh/mês. Aplicando esses valores na Equação 6, foi obtido o custo mensal de energia elétrica (R\$15,41/mês) relativo ao bombeamento de água pluvial, que se mostrou muito pequeno em comparação aos outros custos levantados.

Após isso, foram determinados os novos custos de água potável, considerando o potencial de economia de água gerado pelo uso da água de chuva.

Verificou-se também que o custo médio mensal do m³ de água cobrado nas faturas da UFPA, dos meses de julho de 2008 a julho de 2011, corresponde ao valor médio de R\$ 4,71/m³, conforme apresentado no APÊNDICE B.

Portanto, utilizou-se para fins de cálculo dos novos gastos com água potável o valor de R\$ 4,71/m³. Assim, tendo em vista o potencial de economia de água potável de 30,88% no banheiro coletivo localizado no Campus Básico e 16,53% no banheiro

coletivo do Campus Profissional, calculou-se através da Equação 7 o novo custo de água potável, cujo valor seria de R\$ 511,94 e R\$ 1.000,60 por mês, respectivamente.

Após isso, com base na Equação 8, foi calculada a diferença entre o custo mensal atual de água potável e o novo custo mensal, computando também os gastos de energia elétrica.

Por fim, a viabilidade econômica do investimento para implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva foi calculado através do método do VPL, apresentado na Equação 9 e 10.

A TMA adotada neste estudo foi de 13,28% ao ano - a.a, cujo valor foi a soma da remuneração do capital, conforme o Banco Central do Brasil a taxa de Juros de Longo Prazo para o primeiro trimestre de 2012 é de 6% a.a, e o custo de oportunidade, nesse caso leva-se em consideração a rentabilidade da caderneta de poupança do Banco do Brasil do ano de 2011, que foi de 7,28% a.a. A vida útil do sistema foi considerada para um período de 20 anos.

A Tabela 5.6 apresenta os dados utilizados, resultados obtidos e a viabilidade econômica do investimento para a implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva, nos banheiros coletivos da Cidade Universitária Professor José da Silveira Netto.

Tabela 5.6- Dados utilizados na análise de viabilidade econômica dos sistemas propostos.

ITENS	Sistema de captação e aproveitamento de água de chuva para o banheiro coletivo (Básico)	Sistema de captação e aproveitamento de água de chuva para o banheiro coletivo (Profissional)
Custo do serviço (material e mão de obra)	R\$ 54.244,51	R\$ 54.244,51
Economia de água gerada pelo sistema	R\$ 2.559,60 /ano	R\$ 2.192,80 /ano
Taxa de juros	13,28% a.a	13,28% a.a
Vida útil do projeto	20 anos	20 anos
VPL	-36.562,13	-39.096,14
Período de retorno calculado	Superior a vida útil do projeto	Superior a vida útil do projeto

Verifica-se que o período de retorno do investimento do sistema de aproveitamento de água de chuva para os banheiros coletivos, tanto do Campus Básico, quanto do Profissional, é superior a vida útil do projeto para os dois locais.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A água é um elemento indispensável para a manutenção da vida no planeta, sua disponibilidade em quantidade e em qualidade pode ser um fator primordial para o desenvolvimento de uma cidade, região ou país.

Apesar de o Brasil contar com grande disponibilidade de água, esta se apresenta distribuída de forma irregular, o qual intensifica os problemas de falta de água, em quantidade ou qualidade, enfrentada por muitas cidades brasileiras. Existem sistemas que contribuem para a economia e conservação da água, por exemplo, o aproveitamento de água de chuva, porém, isso requer uma mudança cultural, um saber técnico e de conscientização para sua utilização.

O estudo propôs instalar um sistema de aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis, nos banheiros coletivos do Campus Básico e Profissional. A área de captação dos banheiros é de 253,82 m², com uma demanda média mensal de 157,25 m³ no Básico e 254,5 m³ no profissional.

As características das precipitações observadas na região de Belém, cujo valor total anual médio foi de 2.970,2 milímetros, mostraram que é possível captar grandes volumes de água de chuva, como esperado de uma região amazônica, onde possui os maiores índices pluviométricos do Brasil.

Com os resultados deste trabalho, pode-se fazer uma relação entre o volume de chuva captável por m² de área de captação. Para a confiabilidade do sistema igual a 75%, pode-se captar um volume médio mensal de 154,31 l/m² no mês.

Na aplicação do Método de Rippl observou-se que para uma mesma demanda, a confiabilidade do sistema tem uma relação diretamente proporcional ao volume final obtido para o reservatório, ou seja, quanto maior a confiabilidade, maior será o volume final do reservatório obtido. Isso ocorre porque, com o aumento da confiabilidade, diminui-se, conseqüentemente, o volume de água captado, aumentando assim, a diferença entre a demanda e o volume captado.

Já no Método Interativo, observou-se que para uma mesma demanda, a confiabilidade do sistema tem uma relação inversamente proporcional ao volume final obtido para o reservatório, ou seja, quanto maior a confiabilidade, menor será o volume final do reservatório obtido. Isso ocorre porque, com o aumento da

confiabilidade, diminui-se, conseqüentemente, o volume de água captado e, por conseguinte o volume máximo do reservatório.

Ao realizar o dimensionamento do reservatório, verificou-se que as demandas, tanto do banheiro do Básico, quanto do Profissional, nunca serão atendidas 100% com água de chuva, haja vista que em nenhum mês o volume captado é superior a demanda.

Após análise dos resultados gerados através do dimensionamento do reservatório de água de chuva, através do Método de Rippl e Interativo, tanto para o banheiro localizado no Campus Básico, quanto do Profissional, constatou-se que o Método de Rippl não se mostrou adequado para o dimensionamento, resultando em volumes exagerados (1.014 m³ para o Básico e 2.115 m³ para o Profissional), mesmo para confiabilidade do sistema muito baixa (5%).

Os resultados obtidos pelo Método Interativo se mostraram bastante realista, propondo volumes menores de reservação (123 m³ para uma confiabilidade de 5%) sem, entretanto perder em eficiência de atendimento à demanda de água não potável.

Para a confiabilidade de 75%, o dimensionamento apontou um volume de 70.000 litros, tanto para o banheiro do Básico, quanto do Profissional, cujo potencial de economia foram de 30,88% e 16,53%, respectivamente. O volume dos reservatórios foi dividido da seguinte forma: 60.000l no reservatório inferior e 10.000l no superior. A escolha do volume do reservatório superior levou-se em consideração um volume suficiente para armazenar a demanda diária de água dos banheiros.

A partir dos resultados encontrados, foi realizada uma análise de viabilidade econômica da implantação do sistema. Foram levantados, através do SINAPI, os preços atuais dos materiais, equipamentos e mão de obra, entre outros custos existentes. Desta forma, o custo total de implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva foi orçado em R\$ 54.244,51.

Por fim, com base na economia mensal de água potável gerada e no custo total de implantação do sistema, calcula-se que, com as condições que os banheiros se encontram, a construção do sistema seria economicamente inviável, tendo o período de retorno acima da sua vida útil (20 anos).

As possíveis causas da inviabilidade econômica se devem ao fato dos banheiros não possuírem nenhuma instalação de água de chuva (Calhas, tubulações e reservatórios), além disso, ainda se paga muito pouco pelo metro

cúbico de água, na verdade, não se paga nem pela água e sim pelo serviço de distribuição.

Neste trabalho, o sistema de aproveitamento de água de chuva é proposto na fase de uso e operação dos banheiros coletivos, assim a interferência da execução deste sistema representaria em torno de 5% do custo total dos banheiros, durante a sua vida útil, o que pode ter contribuído para a condição da inviabilidade desse sistema.

O ideal é que se pense no aproveitamento de água de chuva na fase de concepção do projeto, assim os custos para implantação poderiam ser reduzidos e os benefícios maximizados.

Segundo o Sindicato dos Engenheiros no Pará - SENGEPa o Custo Unitário Básico Padrão de Construção do mês de abril de 2012 foi de R\$ 885,52/m². Como os banheiros possuem uma área construída de 133 m², podemos estimar que a construção de um novo banheiro com essa mesma área, iria custar em média R\$ 117.774,16. Assim, pode-se verificar que a instalação do sistema de aproveitamento de água de chuva proposto (R\$ 54.244,51) representaria 46,06% do valor total da nova construção.

A UFPA por ser uma instituição de ensino, nas diversas áreas do conhecimento, tem como papel desenvolver e conscientizar a população, em adotar medidas que minimizem os impactos ambientais, causadas por ações antrópicas. Assim, o sistema de aproveitamento de água de chuva nos banheiros coletivos da UFPA, não terá como objetivo maior economizar dinheiro, e sim, garantir o futuro da sustentabilidade hídrica, promovendo a conservação da água e auxiliando no controle de enchentes, além de conscientizar a população no uso racional deste bem, tão primordial a vida.

São muitos os benefícios causados pela coleta e aproveitamento de água da chuva, portanto faz-se necessário a criação de normas que conduzam ao aproveitamento seguro desta fonte de água, bem como a criação de políticas públicas que incentivem a implementação desses sistemas no Brasil.

Para os Órgãos Públicos Federais já existe a Instrução Normativa N° 01/2010 do MPOG, a qual dispõe sobre critérios de sustentabilidade ambiental nas aquisições de bens e contratações de serviços ou obras. Portanto, dispositivo legal já existe, apenas falta colocá-la em prática.

Outros trabalhos sobre o aproveitamento de água de chuva foram desenvolvidos, como a de Rosa (2011) que trata sobre o aproveitamento de águas pluviais para consumo potável e a de Lima (2007) que trata sobre a captação e aproveitamento da água de chuva no Campus Básico da UFPA.

Para trabalhos futuros recomenda-se o seguinte:

- Substituir os aparelhos sanitários existentes (Vaso sanitário com válvula de descarga e mictórios com registro de gaveta), por aparelhos economizadores de água, a fim de diminuir a demanda de água, verificando assim, a economia gerada;
- Aumentar a área de captação, através das coberturas dos blocos de salas de aula, próximos aos banheiros coletivos, melhorando assim, a eficiência do sistema, uma vez que, aumentará a frequência em que os reservatórios estarão cheios;
- Realizar um estudo de viabilidade econômica de um sistema de aproveitamento de água de chuva, em prédios que ainda estão em fase de projeto; e
- Realizar um novo layout para o sistema de aproveitamento de água de chuva proposto, através do uso de reservatórios de menores volumes, porém, quando somados, terão volume de 70 m³.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844: Instalações prediais de águas pluviais.** Rio de Janeiro, 1989.

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

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626: Instalação predial de água fria.** Rio de Janeiro, 1998.

ABUMANSUR, Calil. **Água da chuva em instalações prediais (questões técnicas para o uso).** 2007.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA; Sindicato da Indústria da Construção do Estado de São Paulo - SINDUSCON. **Conservação e reuso da água em edificações.** São Paulo, 2005.

ALT, Robinson. **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis estudo baseado no curso ABNT de 11-02-2009 SP/SP do Engº Plínio Tomaz.** 2009.

ANNECCHINI, Karla Ponzio Vaccari. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória (ES).** Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental. Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, Espírito Santo, 2005.

ATHAYDE JÚNIOR, Gilson Barbosa. **Viabilidade econômica e aceitação social do aproveitamento de águas pluviais em residências na cidade de João Pessoa.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 85-98, 2008.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Resolução Nº 4.037/2011**. Disponível em http://www.bcb.gov.br/pre/normativos/res/2011/pdf/res_4037.pdf. Acesso em 04 de janeiro de 2012.

BANCO DO BRASIL. **Rentabilidade de poupança**. Disponível em http://www21.bb.com.br/portallbb/rendimentosPoupanca/CPR1,2,99.bbx?tipoPessoa=1&codigoMenu=1092&codigoRet=5490&bread=8_3. Acesso em 04 de janeiro de 2012.

BARBOZA, Daniel Siqueira. **Aproveitamento de águas pluviais em residências**. Monografia da Pós Graduação em Gestão Ambiental em Municípios. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, Paraná, 2008.

BARRETO, Eduardo José Fagundes (Coordenador) et al. **Combustão e gasificação de Biomassa sólida: Soluções energéticas para a Amazônia**. Ministério de Minas e Energia. Brasília. 2008.

BRESSAN, Diego Lapolli; MARTINI, Maurício. **Avaliação do potencial de economia de água tratada no setor residencial da região sudeste através do aproveitamento de água pluvial**. Trabalho de Conclusão de Curso do Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, 2005.

CEOTTO, Luiz Henrique; JUNIOR, Nelson Faversoni; PROPERTIES, Tishman Speyer. **Sustentabilidade na construção civil: Uma abordagem pragmática**. 2009. Disponível em: http://v1.feicon.showsite.rxnova.com/RXB/RXB_Feicon/Documents/Nucleo/13H45_Nelson_Faversoni.pdf. Acesso em 26/03/2012.

CLIMATE INSTITUTE. **Water**. Disponível em: <http://www.climate.org/topics/water.html>. Acesso em 30/08/2011.

DONALD, H. Waller et al. **Proceedings of the 9th International Rainwater Catchment Systems Conference**. Disponível em http://www.abcmac.org.br/files/simposio/2simp_donald_rainwaterasasource.pdf. Acesso em 09/04/2012.

FENDRICH, Roberto; OLIYNIK, Rogério. **Manual de utilização das águas pluviais: 100 Maneiras Práticas**. Curitiba: Livraria do Chain Editora, 2002.

GARCEZ, L. N. **Elementos de engenharia hidráulica e sanitária**. 2ª edição. São Paulo: Edgard Blücher, 1974.

GARDNER, Ted et al. **Use of rainwater at a range of scales in Australian urban environments**. 10th International Rainwater Conference, Germany, 2001.

GOLDENFUM, Joel Avruch. **Reaproveitamento de águas pluviais**. 2006. Disponível em http://www.upf.br/coaju/download/reaproveitamentochuva_palll.pdf. Acesso em 17/04/2012.

HAGEMANN, Sabrina Elicker. **Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2009.

KAMMERS, Pauline Cristiane; GHISI, Enedir. **Usos finais de água em edifícios públicos localizados em Florianópolis, SC**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 75-90, 2006.

LIMA, Paulo Bello da Costa. **Captação e aproveitamento da água de chuva no Campus Básico da UFPA**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará, Belém, 2007.

LOPES, João Eduardo G.; SANTOS, Raquel Chinaglia P. Capacidade de reservatórios. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

MACHADO, Flávia Olaia; CORDEIRO João Sérgio. **Aproveitamento das águas pluviais: uma proposta sustentável**. VII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. 2004.

MARINOSKI, Ana Kelly. **Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis – SC.** Trabalho de Conclusão de Curso do Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, 2007.

MAY, Simone. **Caracterização, tratamento e reúso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações.** Tese de Doutorado em Engenharia. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

MAY, Simone. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações.** Dissertação de Mestrado em Engenharia. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

NORMA ALEMÃ DIN 1989-1. **Sistemas de aproveitamento das águas pluviais.** Disponível em <http://www.hidro.ufcg.edu.br/.../NormaAguaDeChuva/NormaDownloads/DIN19....> Acesso em 17/08/2011.

OLIVEIRA, Frederico Moyle Baeta de. **Aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis co Campus da Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Minas Gerais, 2008.

OLIVEIRA, Mário Henrique da Fonseca. **A avaliação econômico-financeira de investimentos sob condição de incerteza: uma comparação entre o método de Monte Carlo e o VPL Fuzzy.** Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. Universidade de São Paulo, São Carlos, São Paulo, 2008.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Água para todos, água para La vida.** Paris - França. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). 2003.

PADOVEZE, Clóvis Luiz et al. **Avaliação de projetos utilizando as métricas de gestão baseada em valor (VBM – Value Basead Management).** 2005. Disponível

em: [http:// www.simpep.feb.unesp.br/.../copiar.php?...Avaliacao%20Projetos....](http://www.simpep.feb.unesp.br/.../copiar.php?...Avaliacao%20Projetos....)
Acesso em 04/004/2012.

PEREIRA, José Almir Rodrigues; SÁ, João Henrique Macedo. **Procedimentos para avaliação e controle do consumo de água e de energia elétrica em sistema de abastecimento de água**. Belém: ---, 2011. 23 p.

PORTO, Everaldo Rocha et al. **Captação e aproveitamento de água de chuva na produção agrícola dos pequenos produtores do semi-árido brasileiro: o que tem sido feito e como ampliar sua aplicação no campo**. Conferência Internacional sobre Sistemas de Captação de Água de Chuva, 9, 1999, Petrolina. Anais....Petrolina: Associação Brasileira de captação e manejo de Água de Chuva, 1999.

REBOUÇAS, A. C. et al. **Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. Escrituras Editora – 3ª Edição, São Paulo, 2006.

ROSA, Ricardo Gomes. **Aproveitamento de águas pluviais para consumo potável - Estudo de caso: Município de Belém-PA**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará, Belém, 2011.

SHIKLOMANOV, Igor A.. **World water resources a new appraisal and assessment for the 21st century**. State Hydrological Institute. St Petersburg, Russia, 1998. Disponível em: <<http://www.ce.utexas.edu/prof/mckinney/ce385d/Papers/Shiklomanov.pdf>>. Acesso em 19 de setembro de 2011.

SINDICATO DOS ENGENHEIROS NO PARÁ. **Custos Unitários Básicos de Construção**. Disponível em:<http://www.sengepa.com.br/>. Acesso em 26 de maio de 2012.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis ABNT NBR 15527/07 - Diretrizes básicas para um projeto**. 2007.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis**. São Paulo: Navegar Editora, 2003.

TUCCI, Carlos E.M. **Hidrologia**. São Paulo: Editora Edusp, 1993.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ. **50 anos de Amazônia patrimônio do Brasil**. Disponível em http://www.ufpa50anos.ufpa.br/index.php?option=com_content&task=view&id=229&Itemid=1. Acesso em 25 de março de 2012.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ. **Histórico e estrutura**. Disponível em http://www.ufpa.br/portalufpa/historico_estrutura.php. Acesso em 18 de outubro de 2010.

VIOLA, Heitor. **Gestão de águas pluviais em áreas urbanas – o estudo de caso da cidade do samba**. Dissertação de Mestrado em Engenharia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

ZANIN, Antonio et al. **Aproveitamento sustentável da água da chuva em propriedades rurais - o uso de cisternas**. Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. 2009. Disponível em: http://www.aedb.br/seget/artigos09/248_Aproveitamento%20sustentavel%20da%20agua%20da%20chuva%20em%20propriedades%20rurais%205B1%5D.pdf. Acesso em 21/08/2011.

APÊNDICE A – PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NA CIDADE DE BELÉM.

TOTAIS MENSAIS DE PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA (mm) EM BELÉM, PA

OPERADORA DA ESTAÇÃO	QUANT. ANOS	ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
EMBRAPA	1	1970	315,9	384,3	368,7	284,6	191,5	153,4	144,3	88,7	188,7	104,2	250,2	125,6	2.600,1
	2	1971	368,1	335,5	374,7	373,0	478,3	75,9	290,5	90,8	121,7	124,8	119,7	178,7	2.931,7
	3	1972	316,0	499,0	635,0	222,0	219,0	171,0	202,0	168,0	233,0	121,0	58,0	254,0	3.098,0
	4	1973	410,3	573,3	431,3	381,2	381,0	190,4	124,5	119,4	86,1	72,3	120,7	362,2	3.252,7
	5	1974	399,3	376,0	478,1	547,8	393,5	214,7	227,8	43,9	150,2	83,9	109,1	313,5	3.337,8
	6	1975	305,7	389,3	541,1	424,0	261,2	184,8	238,1	163,4	88,1	202,5	177,9	187,7	3.163,8
	7	1976	326,2	513,3	361,1	225,3	298,9	370,5	151,0	138,3	101,4	13,9	51,3	223,8	2.775,0
	8	1977	297,7	463,8	383,4	441,5	248,9	175,8	171,7	136,9	226,3	123,3	52,6	290,1	3.012,0
	9	1978	457,2	360,6	536,2	437,8	255,7	81,9	135,9	178,2	126,7	304,9	120,4	159,9	3.155,4
	10	1979	420,4	391,5	324,3	342,9	277,3	157,9	89,2	138,3	160,6	148,2	69,6	250,2	2.770,4
	11	1980	425,7	703,1	604,5	363,0	195,2	166,8	181,6	147,4	128,1	69,5	152,0	127,1	3.264,0
	12	1981	368,7	324,8	243,3	260,9	394,8	193,9	166,7	88,8	136,9	112,7	45,4	200,7	2.537,6
	13	1982	534,7	391,8	407,1	413,5	277,1	88,3	194,8	239,0	184,0	54,3	90,9	164,6	3.040,1
	14	1983	236,4	298,8	350,7	257,6	194,2	125,0	155,8	144,5	82,9	123,8	15,5	202,4	2.187,6
	15	1984	409,9	585,8	516,2	315,3	502,0	187,5	107,8	155,1	140,2	134,0	74,0	175,4	3.303,2
	16	1985	540,1	399,3	599,7	387,7	271,2	97,3	123,8	179,8	147,6	96,3	154,4	362,6	3.359,8
	17	1986	353,1	476,0	508,3	593,6	226,5	211,1	99,3	86,7	153,7	142,5	106,4	211,5	3.168,7
	18	1987	431,3	406,1	456,3	302,7	108,7	177,0	145,4	182,5	86,5	86,8	55,1	157,2	2.595,6
	19	1988	551,5	289,5	555,1	360,1	297,8	222,5	249,5	157,7	261,4	88,0	308,0	356,6	3.697,7
	20	1989	365,7	508,0	353,0	515,1	439,2	302,8	240,5	123,6	271,5	265,8	89,9	414,9	3.890,0
	21	1990	239,3	383,9	269,8	350,3	163,2	136,1	202,1	235,3	106,7	124,7	136,0	181,5	2.528,9
	22	1991	415,7	455,8	470,1	307,2	275,3	161,9	30,4	54,0	28,0	157,3	37,8	119,8	2.513,3
	23	1992	425,7	710,8	429,5	404,7	183,5	118,9	170,4	84,7	121,2	44,2	68,5	111,9	2.874,0
	24	1993	418,8	357,5	418,8	318,3	266,8	127,1	156,3	254,4	110,9	168,2	286,0	285,5	3.168,6
	25	1994	368,2	424,5	485,1	427,4	357,0	235,9	99,5	140,8	136,5	118,8	168,1	330,2	3.292,0
	26	1995	342,4	386,9	418,9	435,2	473,8	162,6	187,6	59,5	105,0	147,4	228,0	337,4	3.284,7
	27	1996	394,1	345,6	592,1	579,8	260,8	309,2	142,1	185,2	132,8	113,6	144,6	161,3	3.361,2
	28	1997	345,8	342,9	508,7	491,6	271,6	61,2	76,0	105,0	28,1	6,9	94,3	244,0	2.576,1
	29	1998	435,2	343,6	368,3	497,0	185,6	186,7	111,8	133,6	106,4	85,2	183,3	272,4	2.909,1
	30	1999	236,5	348,9	379,0	367,5	363,1	131,1	54,4	87,7	135,1	94,7	61,2	359,8	2.619,0
	31	2000	416,7	398,9	463,5	475,2	354,5	126,7	237,3	125,4	154,6	154,2	73,5	345,0	3.325,5

(Continua)

	32	2001	396,9	360,2	473,0	417,7	286,5	298,6	333,6	59,1	150,3	169,3	106,0	212,2	3.263,4
	33	2002	441,9	241,5	357,4	404,1	197,4	243,9	164,0	67,5	96,5	128,1	149,7	306,5	2.798,5
	34	2003	198,9	393,6	494,9	354,7	209,2	136,2	102,7	94,2	170,0	136,3	161,5	297,2	2.749,4
	35	2004	381,4	527,2	547,4	455,8	133,3	184,2	166,0	127,3	143,7	142,4	104,8	233,8	3.147,3
	36	2005	229,3	365,2	390,3	546,9	408,4	206,2	143,3	94,5	117,9	188,1	113,7	347,0	3.150,8
	37	2006	365,7	240,7	593,2	434,0	261,9	97,5	88,2	216,8	156,8	92,3	206,0	495,0	3.248,1
	38	2007	275,9	428,7	371,6	378,6	223,9	181,5	142,6	99,2	100,2	136,8	88,5	399,8	2.827,3
	39	2008	445,3	358,0	378,0	419,3	226,9	243,6	79,3	93,5	85,5	83,1	101,9	152,0	2.666,4
INMET	1	1949						155,0	294,9	219,5	222,0	157,0	156,4	151,3	1.356,1
	2	1950	414,0	457,8	585,1	367,8	396,7	118,9	142,6	68,4	111,4	62,1	51,7	280,3	3.056,8
	3	1951	211,8	234,5	449,4	412,6	205,1	146,8	100,7	47,4	126,3	84,4	100,8	246,0	2.365,8
	4	1952	425,9	491,9	508,4	388,5	298,6	110,7	233,5	137,5	105,2	162,5	23,5	269,7	3.155,9
	5	1953	324,8	379,1	327,7	581,2	193,1	162,8	110,7	96,5	66,1	142,6	45,4	193,1	2.623,1
	6	1954	252,4	430,4	325,2	391,7	199,9	155,3	187,4	25,2	97,8	130,3	72,6	139,7	2.407,9
	7	1955	411,0	407,6	354,2	522,2	154,4	236,9	235,3	213,6	48,2	78,4	239,6	348,6	3.250,0
	8	1956	256,0	465,0	368,6	416,3	222,6	247,5	169,5	122,1	89,7	110,4	40,5	168,9	2.677,1
	9	1957	421,1	314,6	387,6	547,5	296,3	139,8	76,1	173,0	127,7	116,3	46,6	213,4	2.860,0
	10	1958	226,2	444,7	294,9	212,6	169,4	112,9	156,5	58,1	164,1	31,1	51,9	262,9	2.185,3
	11	1959	373,3	451,3	561,4	471,6	218,4	283,7	259,1	126,0	153,4	116,6	142,5	203,0	3.360,3
	12	1960	251,7	291,3	364,5	323,1	149,5	215,2	103,5	16,4	58,7	78,3	77,4	341,0	2.270,6
	13	1961	348,8	386,6	587,4	470,0	375,8	151,2	146,6	192,4	156,8	182,4	150,3	197,8	3.346,1
	14	1962	316,9	381,7	388,2	430,4	290,2	113,1	123,7	64,2	78,4	131,9	139,5	127,4	2.585,6
	15	1963	226,7	291,1	506,6	292,3	173,2	226,7	62,7	74,2	70,8				1.924,3
	16	1964	684,5	659,6	623,3	271,8	415,6	129,0	41,1	62,0	243,4				3.130,3
	17	1966							141,3	129,8	126,2	79,7	249,1	112,4	838,5
	18	1967	324,4	300,0	387,0	364,2	291,6	148,4	95,2	104,6	88,8	54,2	37,5	85,3	2.281,2
	19	1968	231,4	230,8	259,1	381,9	346,2	91,6	78,7	115,1	126,0	158,3	209,3	218,6	2.447,0
	20	1969	331,8	356,6	283,7	286,7	354,2	122,4	185,9	176,8	103,0	26,2	74,0	40,9	2.342,2
	21	1970	336,2	366,6	337,5	214,5	187,0	138,0	183,2	95,8	204,8	102,2	261,1	114,4	2.541,3
	22	1971	322,2	344,2	360,4	250,9	441,3	85,3	245,2	91,6	89,0	131,2	97,2	191,0	2.649,5
	23	1972	334,0	419,9	439,3	212,1	174,2	185,6	178,5	124,8	221,6	99,8	79,6	285,5	2.754,9
	24	1973	417,6	568,2	382,9	354,4	369,5	125,8	131,2	77,5	96,9	75,5	78,0	367,7	3.045,2
	25	1974	399,2	405,4	522,2	509,8	407,1	193,3	212,7	52,3	145,8	81,3	116,3	293,0	3.338,4
	26	1975	272,9	372,6	531,9	442,0	292,8	189,3	231,8	135,5	66,9	167,9	163,8	193,8	3.061,2
	27	1976	316,3	493,6	368,3	239,6	277,4	305,4	138,7	162,5	92,5	16,9	63,5	235,3	2.710,0
	28	1977	355,7	481,8	448,7	401,3	255,2	183,2	169,7	129,4	231,9	129,3	53,1	266,3	3.105,6
	29	1978	467,5	360,3	552,5	389,4	232,3	82,0	135,5	173,4	124,0	279,7	120,9	175,9	3.093,4

(Continua)

	30	1979	367,1	406,5	329,7	342,2	256,4	167,1	81,4	136,0	150,1	126,9	88,4	225,9	2.677,7
	31	1980	386,2	776,2	630,2	372,8	204,7	162,9	183,7	150,8	112,7	55,6	146,0	121,6	3.303,4
	32	1981	366,0	335,9	237,2	252,0	359,6	188,5	162,8	76,3	150,9	124,9	44,1	195,9	2.494,1
	33	1982	560,1	436,6	422,8	425,4	298,2	89,8	190,4	212,1	178,0	69,8	82,4	143,4	3.109,0
	34	1983	255,5	298,3	391,5	275,0	199,8	119,5	145,6	141,1	91,5	137,8	17,8	234,7	2.308,1
	35	1984	447,4	595,4	509,0	322,9	518,8	187,1	111,9	158,6	135,8	147,3	82,6	148,6	3.365,4
	36	1985	544,4	388,0	581,0	409,2	280,9	96,3	137,4	186,4	150,8	100,8	152,4	372,7	3.400,3
	37	1986	353,1	496,0	493,3	564,3	233,5	218,3	101,0	74,0	152,4	136,9	93,9	211,7	3.128,4
	38	1987	419,7	393,3	467,8	324,6	110,8	180,3	164,8	168,1	90,9	82,9	60,4	154,7	2.618,3
	39	1988	550,8	330,8	442,4	392,1	279,8	233,0	250,7	158,1	229,7	101,3	307,4	362,8	3.638,9
	40	1989	396,3	461,1	402,2	543,9	434,2	313,5	235,5	119,0	256,6				3.162,3
	41	1990	212,9	368,3	260,4	334,6		120,6	217,9	227,6	89,5	127,1	129,7	176,2	2.264,8
	42	1991	392,3	420,5	454,3	303,4	263,4	139,2	29,0	56,8	28,1	157,3	37,9	103,0	2.385,2
	43	1992	435,3	644,9	389,9	427,3	163,2	2,8	155,8	78,9	91,3	45,8	73,9	119,0	2.628,1
	44	1993	443,5	387,4	433,8	320,5	265,2	137,1	151,5	243,1	117,7	194,3	268,2	265,2	3.227,5
	45	1994	336,5	409,9	460,0	412,0	354,2	235,6	105,7	134,2	130,0	118,2	160,5	313,0	3.169,8
	46	1995	336,8	361,2	443,4	379,6	485,2	159,2	178,7	65,1	102,9	159,8	241,8	340,5	3.254,2
	47	1996	382,2	351,6	609,8	633,0	262,2	294,1	139,9	202,7	135,0	107,0	188,8	167,9	3.474,2
	48	1997	378,9	353,4	462,3	499,0	267,6	57,9	79,4	111,8	47,9	8,2	117,8	265,0	2.649,2
	49	1998	409,3	321,6	389,0	524,5	199,3	199,5	118,4	143,2	89,2	73,0	174,5	305,7	2.947,2
	50	2001	395,8	346,9	484,7	422,6	298,9	301,2	337,0	62,0	145,9	187,0	104,7	217,5	3.304,2
	51	2002	446,1	232,5	394,1	415,1	196,8	254,4	173,9	75,5	95,4	119,7	176,3	277,2	2.857,0
	52	2003	181,6	453,6	476,7	359,9	220,9	123,3	101,7	105,5	171,7	143,2	137,2	294,1	2.769,4
	53	2004	374,3	487,0	510,5	393,6	121,0	180,1	146,0	132,3	131,5	146,6	95,3	222,5	2.940,7
	54	2005	249,8	363,9	413,7	565,1	449,2	257,8	177,8	103,0	141,6	242,1	105,0	459,5	3.528,5
SIPAM	1	2009	354,5	422,0	594,7	469,9	456,6	317,0	195,0	92,7	134,1	142,3	45,1		3.223,9
	1	1983	276,7	306,7	427,6		210,4	163,4	157,1	262,1	145,7	109,4	4,3	275,2	2.338,6
	2	1984	354,5	450,5	409,4	339,5	443,3	167,1	124,0	225,9	213,5	182,5	138,9	211,2	3.260,3
DEPV	3	1985	500,6	414,8	593,2	480,3	302,3	155,8	111,5	221,9	172,0	113,3	192,4	287,4	3.545,5
	4	2001								101,1	94,7	172,1		120,3	488,2
	5	2002	407,0		318,2		325,3	251,6	394,1	226,7	148,5	157,0	221,3	303,8	2.753,5
	6	2003		480,7	548,0	429,6	371,6	139,5	137,7	235,7	227,2	99,3	111,8	231,7	3.012,8
CPRM	1	2007	293,4		356,0	345,8	228,2	191,8							1.415,2
		Minimo	181,6	230,8	237,2	212,1	108,7	2,8	29,0	16,4	28,0	6,9	4,3	40,9	1.098,7
		Média	367,7	410,1	441,6	395,2	283,1	174,3	158,6	130,4	132,5	120,0	119,6	237,1	2.970,2
		Máximo	684,5	776,2	635,0	633,0	518,8	370,5	394,1	262,1	271,5	304,9	308,0	495,0	5.653,6
		Prob. 95%	226,6	277,5	281,6	236,0	153,4	82,0	74,7	53,9	58,2	30,1	37,7	113,9	1.625,6

(Conclusão)

		Prob. 90%	238,2	299,4	327,0	266,4	173,8	95,4	81,0	61,8	82,5	55,1	45,3	123,6	1.849,5
		Prob. 85%	255,7	326,3	353,7	294,9	192,1	113,0	99,4	68,3	88,7	72,6	51,8	144,7	2.061,2
		Prob. 80%	294,3	343,6	362,5	318,3	197,8	121,7	103,2	77,3	90,7	80,0	58,0	157,2	2.204,6
		Prob. 75%	316,3	350,9	369,4	332,1	205,1	126,9	111,7	88,5	95,2	84,4	69,3	168,7	2.318,5
		Prob. 70%	325,9	359,1	383,0	348,1	220,5	136,6	123,9	93,3	101,0	94,2	74,0	180,1	2.439,7
		Prob. 65%	336,7	364,2	389,0	360,8	227,7	141,9	136,4	98,3	106,0	101,1	82,5	194,3	2.538,9
		Prob. 60%	353,1	376,0	400,6	372,8	255,4	155,1	141,5	105,3	115,7	109,8	90,9	203,0	2.679,2
		Prob. 55%	365,7	386,0	418,9	381,7	262,0	162,0	144,4	120,9	125,1	116,4	99,9	213,1	2.796,1
		Prob. 50%	368,2	390,4	432,6	391,9	267,6	166,8	151,0	126,7	127,9	121,0	105,5	224,9	2.874,5
		Prob. 45%	380,9	399,0	448,9	405,8	277,3	176,9	156,5	133,9	134,5	124,9	114,4	237,5	2.990,5
		Prob. 40%	395,1	407,6	462,5	415,1	288,7	184,0	165,8	137,8	138,2	129,9	120,7	262,9	3.108,3
		Prob. 35%	402,4	421,6	476,8	423,7	298,0	187,4	171,3	143,7	145,8	136,5	138,5	271,7	3.217,4
		Prob. 30%	411,6	440,7	494,7	430,0	306,9	192,7	180,4	157,8	150,2	142,4	147,9	285,5	3.340,8
		Prob. 25%	418,8	456,3	508,9	441,6	354,5	212,9	187,5	168,0	153,5	147,3	154,9	294,9	3.499,1
		Prob. 20%	425,7	476,0	534,5	471,6	371,2	229,2	202,0	178,5	161,3	157,0	168,1	313,0	3.688,1
		Prob. 15%	439,3	493,2	553,7	498,5	395,9	243,7	232,3	193,9	178,9	161,4	187,4	340,9	3.919,1
		Prob. 10%	451,3	520,3	588,8	534,2	436,2	263,0	238,6	219,7	221,6	176,2	224,7	358,2	4.232,8
		Prob. 5%	541,0	607,8	600,4	564,5	460,0	303,1	262,2	235,3	232,0	195,9	252,9	369,0	4.624,1

APÊNDICE B – VALOR DO M³ DE ÁGUA COBRADO PELA COSANPA.

VALOR COBRADO PELA COSANPA POR M³ DE ÁGUA. PERÍODO: 2008-2011

MÊS/ANO	CONSUMO (M³)	VALOR (R\$)	VALOR POR M³
07/2008	2.558,99	R\$ 12.036,37	R\$ 4,70
08/2008	2.612,96	R\$ 10.963,32	R\$ 4,20
09/2008	2.558,99	R\$ 12.036,37	R\$ 4,70
10/2008	70,00	R\$ 465,32	R\$ 6,65
11/2008	1.370,95	R\$ 6.634,10	R\$ 4,84
12/2008	1.282,96	R\$ 6.004,72	R\$ 4,68
01/2009	1.326,99	R\$ 6.316,89	R\$ 4,76
02/2009	1.085,00	R\$ 5.172,84	R\$ 4,77
03/2009	561,96	R\$ 2.704,53	R\$ 4,81
04/2009	1.117,97	R\$ 5.311,87	R\$ 4,75
05/2009	1.087,94	R\$ 5.125,29	R\$ 4,71
06/2009	1.155,00	R\$ 5.489,62	R\$ 4,75
07/2009	70,00	R\$ 358,65	R\$ 5,12
09/2009	534,94	R\$ 2.562,21	R\$ 4,79
10/2009	70,00	R\$ 271,44	R\$ 3,88
11/2009	574,00	R\$ 2.647,00	R\$ 4,61
12/2009	574,00	R\$ 2.647,21	R\$ 4,61
03/2010	700,00	R\$ 3.242,78	R\$ 4,63
04/2010	588,00	R\$ 2.713,39	R\$ 4,61
06/2010	574,00	R\$ 2.649,81	R\$ 4,62
07/2010	574,00	R\$ 2.647,21	R\$ 4,61
08/2010	609,00	R\$ 2.812,65	R\$ 4,62
09/2010	602,00	R\$ 2.779,56	R\$ 4,62
11/2010	602,00	R\$ 2.779,56	R\$ 4,62
01/2011	602,00	R\$ 2.779,56	R\$ 4,62
02/2011	602,00	R\$ 2.779,56	R\$ 4,62
03/2011	602,00	R\$ 2.779,56	R\$ 4,62
04/2011	602,00	R\$ 2.779,56	R\$ 4,62
05/2011	602,00	R\$ 2.779,56	R\$ 4,62
06/2011	602,00	R\$ 2.779,56	R\$ 4,62
07/2011	602,00	R\$ 2.779,56	R\$ 4,62
MÉDIA			R\$ 4,71

APÊNDICE C – DEMANDA DE ÁGUA NOS BANHEIROS COLETIVOS.

DEMANDA DE ÁGUA NOS BANHEIROS COLETIVOS (m³)		
MÊS	CAMPUS BÁSICO	CAMPUS PROFISSIONAL
JAN	82,00	166,00
FEV	85,00	188,00
MAR	144,00	310,00
ABR	168,00	331,00
MAI	174,00	269,00
JUN	160,00	255,00
JUL	241,00	288,00
AGO	148,00	240,00
SET	224,00	308,00
OUT	186,00	270,00
NOV	175,00	265,00
DEZ	100,00	164,00
MÉDIA	157,25	254,50

APÊNDICE D – ORÇAMENTO.

OBRA: SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA NO BANHEIRO COLETIVO

PLANILHA DE ORÇAMENTO/QUANTITATIVOS

DATA - MARÇO/2012

MÊS DE REFERÊNCIA DO SINAPI: JANEIRO DE 2012

BDI 28%

ORÇAMENTO

ITEM	CÓD. SINAPI	VALOR	DISCRIMINAÇÃO	UNID.	QUANT.	PREÇO	
						UNITÁRIO	TOTAL
1			SERVIÇOS PRELIMINARES				
1.1	73965/011	R\$ 29,40	Escavação manual	M³	83,20	R\$ 37,63	R\$ 3.130,82
1.2	73733	R\$ 2,20	Apiloamento de fundo de base	M²	41,60	R\$ 2,82	R\$ 117,31
1.3	73692	R\$ 59,34	Lastro de areia	M³	12,96	R\$ 75,96	R\$ 984,44
1.4	6501	R\$ 1.199,85	Piso de concreto armado e=10cm	M³	4,16	R\$ 1.535,81	R\$ 6.388,97
						SUBTOTAL	R\$ 10.621,54
2			ÁGUA FRIA				
2.1	75030/001	R\$ 9,90	Tubo de PVC soldável 25 mm	M	25,26	R\$ 12,67	R\$ 320,04
2.2	75030/002	R\$ 14,53	Tubo de PVC soldável 32 mm	M	31,8	R\$ 18,60	R\$ 591,48
2.3	75030/003	R\$ 17,95	Tubo de PVC soldável 40 mm	M	15,39	R\$ 22,98	R\$ 353,66
2.4	75030/005	R\$ 31,33	Tubo de PVC soldável 60 mm	M	20,38	R\$ 40,10	R\$ 817,24
2.5	74185/001	R\$ 24,34	Registro de gaveta 3/4"	UND.	5	R\$ 31,16	R\$ 155,80
2.6	74174/001	R\$ 85,85	Registro de gaveta 1 1/2"	UND.	1	R\$ 109,89	R\$ 109,89
2.7	74181/001	R\$ 70,06	Registro de gaveta 2"	UND.	4	R\$ 89,68	R\$ 358,72

(Continua)

2.8	73795/009	R\$ 64,57	Válvula de retenção horizontal de 25mm	UND.	1	R\$ 82,65	R\$ 82,65
2.9	73795/010	R\$ 89,25	Válvula de retenção horizontal de 32mm	UND.	1	R\$ 114,24	R\$ 114,24
2.10		R\$ 37,99	Válvula de pé com crivo de 1 1/4"	UND.	2	R\$ 48,63	R\$ 97,26
2.11	72573	R\$ 3,35	Curva 90° de PVC soldável 25mm	UND.	10	R\$ 4,29	R\$ 42,90
2.12	72575	R\$ 3,85	Curva 90° de PVC soldável 32mm	UND.	8	R\$ 4,93	R\$ 39,44
2.13	72577	R\$ 5,78	Curva 90° de PVC soldável 40mm	UND.	3	R\$ 7,40	R\$ 22,20
2.14	72581	R\$ 14,21	Curva 90° de PVC soldável 60mm	UND.	4	R\$ 18,19	R\$ 72,76
2.15	72450	R\$ 4,82	Tê de redução PVC 25x20mm	UND.	1	R\$ 6,17	R\$ 6,17
2.16	72439	R\$ 3,91	Tê PVC soldável 25mm	UND.	3	R\$ 5,00	R\$ 15,00
2.17	72440	R\$ 5,50	Tê PVC soldável 32mm	UND.	1	R\$ 7,04	R\$ 7,04
2.18	72441	R\$ 9,48	Tê PVC soldável 40mm	UND.	3	R\$ 12,13	R\$ 36,39
2.19	72443	R\$ 26,91	Tê PVC soldável 60 mm	UND.	7	R\$ 34,44	R\$ 241,08
2.20	72705	R\$ 9,36	Redução PVC soldável 60x25mm	UND.	2	R\$ 11,98	R\$ 23,96
2.21	72706	R\$ 11,22	Redução PVC soldável 60x32mm	UND.	1	R\$ 14,36	R\$ 14,36
2.22	72708	R\$ 15,84	Redução PVC soldável 60x50mm	UND.	2	R\$ 20,28	R\$ 40,56
2.23		R\$ 2,73	CAP PVC 25mm	UND.	1	R\$ 3,49	R\$ 3,49
2.24		R\$ 11,18	CAP PVC 60mm	UND.	2	R\$ 14,31	R\$ 28,62
2.25	72784	R\$ 8,76	Adaptador para caixa d'água 25mm	UND.	2	R\$ 11,21	R\$ 22,42
2.26	72785	R\$ 14,15	Adaptador para caixa d'água 32mm	UND.	2	R\$ 18,11	R\$ 36,22
2.27	72786	R\$ 18,75	Adaptador para caixa d'água 40mm	UND.	4	R\$ 24,00	R\$ 96,00
2.28	72788	R\$ 29,30	Adaptador para caixa d'água 60mm	UND.	2	R\$ 37,50	R\$ 75,00
2.29	72796	R\$ 211,75	Adaptador para caixa d'água 110mm	UND.	6	R\$ 271,04	R\$ 1.626,24
2.30		R\$ 2,13	Adaptador curto PVC com Bolsa/Rosca 3/4"x25mm	UND.	10	R\$ 2,73	R\$ 27,30
2.31		R\$ 3,49	Adaptador curto PVC com Bolsa/Rosca 1"x32mm	UND.	2	R\$ 4,47	R\$ 8,94
2.32		R\$ 7,86	Adaptador curto PVC com Bolsa/Rosca 1 1/2"x40mm	UND.	2	R\$ 10,06	R\$ 20,12
2.33		R\$ 11,32	Adaptador curto PVC com Bolsa/Rosca 2"x60mm	UND.	8	R\$ 14,49	R\$ 115,92
2.34		R\$ 12,72	Flange de ferro galvanizado com rosca 3/4"	UND.	2	R\$ 16,28	R\$ 32,56

(Conclusão)

2.35	R\$ 15,91	Flange de ferro galvanizado com rosca 1"	UND.	2	R\$ 20,36	R\$ 40,72
2.36	R\$ 6,32	União PVC soldável 25mm	UND.	2	R\$ 8,09	R\$ 16,18
2.37	R\$ 10,41	União PVC soldável 32mm	UND.	4	R\$ 13,32	R\$ 53,28
2.38	R\$ 1.593,50	Caixa d'água de 5.000 l	UND.	2	R\$ 2.039,68	R\$ 4.079,36
2.39	R\$ 5.675,75	Caixa d'água de 15.000 l	UND.	4	R\$ 7.264,96	R\$ 29.059,84
2.40	R\$ 532,19	Bomba centrífuga P=1/2CV	UND.	2	R\$ 681,20	R\$ 1.362,40
2.41	R\$ 82,14	Bóia de nível inferior e superior	UND.	1	R\$ 105,14	R\$ 105,14
2.42	R\$ 279,14	Kit de interligação automática (Mangueira, válvula solenóide, conector e bóia de nível)	UND.	1	R\$ 357,30	R\$ 357,30
SUBTOTAL						R\$ 40.729,89
3		ÁGUA PLUVIAL				
3.1	R\$ 52,17	Calha de PVC DN=125mm com 3m de comprimento	UND.	13	R\$ 66,78	R\$ 868,14
3.2	R\$ 5,77	Suporte para calha de PVC DN=125mm	UND.	26	R\$ 7,39	R\$ 192,14
3.3	R\$ 17,32	Tubo de PVC 125mm	M	21,69	R\$ 22,17	R\$ 480,87
3.4	R\$ 68,78	Curva 45° de PVC 125mm	UND.	5	R\$ 88,04	R\$ 440,20
3.5	R\$ 69,36	Curva 90° de PVC 125mm	UND.	3	R\$ 88,78	R\$ 266,34
3.6	R\$ 23,03	Luva de PVC 125mm	UND.	2	R\$ 29,48	R\$ 58,96
3.7	R\$ 63,19	Junção de PVC 125mm	UND.	1	R\$ 80,88	R\$ 80,88
3.8	R\$ 18,73	Abraçadeira para tubo de PVC 125 mm	UND.	6	R\$ 23,97	R\$ 143,82
3.9	R\$ 282,60	Filtro de água de chuva	UND.	1	R\$ 361,73	R\$ 361,73
SUBTOTAL						R\$ 2.893,08
TOTAL						R\$ 54.244,51

APÊNDICE E – COMPOSIÇÃO DE PREÇOS UNITÁRIOS.

PLANILHA DE ORÇAMENTO

CÓDIGO SINAPI	DESCRIÇÃO	UNID.	COEF.	PREÇO		PREÇO TOTAL
				Mat.	M. O.	
2	ÁGUA FRIA					
2.10	Válvula de pé com crivo de 1 1/4"					
6116	Ajudante de encanador	H	0,4	R\$ -	R\$ 7,21	R\$ 2,88
2696	encanador	H	0,4	R\$ -	R\$ 9,09	R\$ 3,64
10233	Válvula de pé com crivo de 1 1/4"	UN.	1	R\$ 31,47	R\$ -	R\$ 31,47
						R\$ 37,99
2.23	CAP PVC 25mm					
6116	Ajudante de encanador	H	0,1	R\$ -	R\$ 7,21	R\$ 0,72
2696	encanador	H	0,1	R\$ -	R\$ 9,09	R\$ 0,91
1185	CAP PVC 25mm	UN.	1	R\$ 1,10	R\$ -	R\$ 1,10
						R\$ 2,73
2.24	CAP PVC 60mm					
6116	Ajudante de encanador	H	0,15	R\$ -	R\$ 7,21	R\$ 1,08
2696	encanador	H	0,15	R\$ -	R\$ 9,09	R\$ 1,36
1195	CAP PVC 60mm	UN.	1	R\$ 8,74	R\$ -	R\$ 8,74
						R\$ 11,18
2.30	Adaptador curto PVC com Bolsa/Rosca 3/4"x25mm					
6116	Ajudante de encanador	H	0,1	R\$ -	R\$ 7,21	R\$ 0,72
2696	encanador	H	0,1	R\$ -	R\$ 9,09	R\$ 0,91

(Continua)

2.35	Flange de ferro galvanizado com rosca 1"					
6116	Ajudante de encanador	H	0,4	R\$ -	R\$ 7,21	R\$ 2,88
2696	encanador	H	0,4	R\$ -	R\$ 9,09	R\$ 3,64
3264	Flange de ferro galvanizado com rosca 1"	UN.	1	R\$ 9,39	R\$ -	R\$ 9,39
						R\$ 15,91
2.36	União PVC soldável 25mm					
6116	Ajudante de encanador	H	0,2	R\$ -	R\$ 7,21	R\$ 1,44
2696	encanador	H	0,2	R\$ -	R\$ 9,09	R\$ 1,82
9906	União PVC soldável 25mm	UN.	1	R\$ 3,06	R\$ -	R\$ 3,06
						R\$ 6,32
2.37	União PVC soldável 32mm					
6116	Ajudante de encanador	H	0,25	R\$ -	R\$ 7,21	R\$ 1,80
2696	encanador	H	0,25	R\$ -	R\$ 9,09	R\$ 2,27
9895	União PVC soldável 32mm	UN.	1	R\$ 6,34	R\$ -	R\$ 6,34
						R\$ 10,41
2.38	Caixa d'água de 5.000 l					
6116	Ajudante de encanador	H	2	R\$ -	R\$ 7,21	R\$ 14,42
2696	encanador	H	12	R\$ -	R\$ 9,09	R\$ 109,08
	Caixa d'água de 5.000 l	UN.	1	R\$ 1.470,00	R\$ -	R\$ 1.470,00
						R\$ 1.593,50

(Continua)

2.39	Caixa d'água de 15.000 l					
6116	Ajudante de encanador	H	3	R\$ -	R\$ 7,21	R\$ 21,63
2696	encanador	H	18	R\$ -	R\$ 9,09	R\$ 163,62
	Caixa d'água de 15.000 l	UN.	1	R\$ 5.490,50	R\$ -	R\$ 5.490,50
						R\$ 5.675,75
2.40	Bomba centrífuga P=1/2CV					
6116	Ajudante de encanador	H	1	R\$ -	R\$ 7,21	R\$ 7,21
2696	encanador	H	1	R\$ -	R\$ 9,09	R\$ 9,09
6113	Ajudante de eletricista	H	1	R\$ -	R\$ 7,15	R\$ 7,15
2436	Eletricista	H	1	R\$ -	R\$ 9,09	R\$ 9,09
731	Bomba centrífuga P=1/2CV	UN.	1	R\$ 499,65	R\$ -	R\$ 499,65
						R\$ 532,19
2.41	Bóia de nível inferior e superior					
6116	Ajudante de encanador	H	0,7	R\$ -	R\$ 7,21	R\$ 5,05
2696	encanador	H	0,7	R\$ -	R\$ 9,09	R\$ 6,36
6113	Ajudante de eletricista	H	0,7	R\$ -	R\$ 7,15	R\$ 5,01
2436	Eletricista	H	0,7	R\$ -	R\$ 9,09	R\$ 6,36
12332+7588	Bóia de nível inferior e superior	UN.	1	R\$ 59,36	R\$ -	R\$ 59,36
						R\$ 82,14
2.42	Kit de interligação automática (Mangueira, válvula solenóide, conector e bóia de nível)					
6116	Ajudante de encanador	H	1	R\$ -	R\$ 7,21	R\$ 7,21
2696	encanador	H	1	R\$ -	R\$ 9,09	R\$ 9,09
6113	Ajudante de eletricista	H	0,7	R\$ -	R\$ 7,15	R\$ 5,01

(Continua)

2436	Eletricista	H	0,7	R\$ -	R\$ 9,09	R\$ 6,36
	Kit de interligação automática (Mangueira, válvula solenóide, conector e bóia de nível)	UN.	1	R\$ 251,47	R\$ -	R\$ 251,47
						R\$ 279,14
3	ÁGUA PLUVIAL					
3.1	Calha de PVC DN=125mm com 3m de comprimento					
6116	Ajudante de encanador	H	0,6	R\$ -	R\$ 7,21	R\$ 4,33
2696	encanador	H	0,6	R\$ -	R\$ 9,09	R\$ 5,45
12618	Calha de PVC DN=125mm com 3m de comprimento	UN.	1	R\$ 42,39	R\$ -	R\$ 42,39
						R\$ 52,17
3.2	Suporte para calha de PVC DN=125mm					
6116	Ajudante de encanador	H	0,1	R\$ -	R\$ 7,21	R\$ 0,72
2696	encanador	H	0,1	R\$ -	R\$ 9,09	R\$ 0,91
20061	Suporte para calha de PVC DN=125mm	UN.	1	R\$ 4,14	R\$ -	R\$ 4,14
						R\$ 5,77
3.3	Tubo de PVC 125mm					
6116	Ajudante de encanador	H	0,3	R\$ -	R\$ 7,21	R\$ 2,16
2696	encanador	H	0,3	R\$ -	R\$ 9,09	R\$ 2,73
9824	Tubo de PVC 125mm	m	1	R\$ 12,43	R\$ -	R\$ 12,43
						R\$ 17,32
3.4	Curva 45° de PVC 125mm					
6116	Ajudante de encanador	H	0,4	R\$ -	R\$ 7,21	R\$ 2,88
2696	encanador	H	0,4	R\$ -	R\$ 9,09	R\$ 3,64

(Continua)

20099	Curva 45° de PVC 125mm	UN.	1	R\$ 62,26	R\$ -	R\$ 62,26
						R\$ 68,78
3.5	Curva 90° de PVC 125mm					
6116	Ajudante de encanador	H	0,4	R\$ -	R\$ 7,21	R\$ 2,88
2696	encanador	H	0,4	R\$ -	R\$ 9,09	R\$ 3,64
20102	Curva 90° de PVC 125mm	UN.	1	R\$ 62,84	R\$ -	R\$ 62,84
						R\$ 69,36
3.6	Luva de PVC 125mm					
6116	Ajudante de encanador	H	0,2	R\$ -	R\$ 7,21	R\$ 1,44
2696	encanador	H	0,2	R\$ -	R\$ 9,09	R\$ 1,82
20161	Luva de PVC 125mm	UN.	1	R\$ 19,77	R\$ -	R\$ 19,77
						R\$ 23,03
3.7	Junção de PVC 125mm					
6116	Ajudante de encanador	H	0,5	R\$ -	R\$ 7,21	R\$ 3,61
2696	encanador	H	0,5	R\$ -	R\$ 9,09	R\$ 4,55
20134	Junção de PVC 125mm	UN.	1	R\$ 55,03	R\$ -	R\$ 55,03
						R\$ 63,19
3.8	Abraçadeira para tubo de PVC 125 mm					
6116	Ajudante de encanador	H	0,1	R\$ -	R\$ 7,21	R\$ 0,72
2696	encanador	H	0,1	R\$ -	R\$ 9,09	R\$ 0,91
	Abraçadeira para tubo de PVC 125 mm	UN.	1	R\$ 17,10	R\$ -	R\$ 17,10
						R\$ 18,73

(Conclusão)

3.9	Filtro de água de chuva					
6116	Ajudante de encanador	H	2	R\$ -	R\$ 7,21	R\$ 14,42
2696	encanador	H	2	R\$ -	R\$ 9,09	R\$ 18,18
	Filtro de água de chuva	UN.	1	R\$ 250,00	R\$ -	R\$ 250,00
						R\$ 282,60

**APÊNDICE F – CÁLCULO DO VALOR PRESENTE LÍQUIDO – BANHEIRO
(BÁSICO).**

Ano	Entradas	Saídas	Saldo	vpl	vpl Acumulado
0	0,00	54.244,51	-54.244,51	-54.244,51	-54.244,51
1	2.744,54	184,92	2.559,62	2.259,55	-51.984,96
2	2.744,54	184,92	2.559,62	1.994,66	-49.990,29
3	2.744,54	184,92	2.559,62	1.760,83	-48.229,47
4	2.744,54	184,92	2.559,62	1.554,40	-46.675,07
5	2.744,54	184,92	2.559,62	1.372,18	-45.302,89
6	2.744,54	184,92	2.559,62	1.211,31	-44.091,58
7	2.744,54	184,92	2.559,62	1.069,31	-43.022,27
8	2.744,54	184,92	2.559,62	943,95	-42.078,31
9	2.744,54	184,92	2.559,62	833,29	-41.245,02
10	2.744,54	184,92	2.559,62	735,60	-40.509,42
11	2.744,54	184,92	2.559,62	649,37	-39.860,05
12	2.744,54	184,92	2.559,62	573,24	-39.286,81
13	2.744,54	184,92	2.559,62	506,04	-38.780,77
14	2.744,54	184,92	2.559,62	446,72	-38.334,06
15	2.744,54	184,92	2.559,62	394,35	-37.939,71
16	2.744,54	184,92	2.559,62	348,12	-37.591,60
17	2.744,54	184,92	2.559,62	307,31	-37.284,29
18	2.744,54	184,92	2.559,62	271,28	-37.013,01
19	2.744,54	184,92	2.559,62	239,48	-36.773,53
20	2.744,54	184,92	2.559,62	211,40	-36.562,13

**APÊNDICE G – CÁLCULO DO VALOR PRESENTE LÍQUIDO – BANHEIRO
(PROFISSIONAL).**

Ano	Entradas	Saídas	Saldo	vpl	vpl Acumulado
0	0,00	54.244,51	-54.244,51	- 54.244,51	-54.244,51
1	2.377,73	184,92	2.192,81	1.935,74	-52.308,77
2	2.377,73	184,92	2.192,81	1.708,81	-50.599,95
3	2.377,73	184,92	2.192,81	1.508,49	-49.091,47
4	2.377,73	184,92	2.192,81	1.331,64	-47.759,82
5	2.377,73	184,92	2.192,81	1.175,53	-46.584,29
6	2.377,73	184,92	2.192,81	1.037,72	-45.546,56
7	2.377,73	184,92	2.192,81	916,07	-44.630,49
8	2.377,73	184,92	2.192,81	808,68	-43.821,82
9	2.377,73	184,92	2.192,81	713,87	-43.107,94
10	2.377,73	184,92	2.192,81	630,19	-42.477,75
11	2.377,73	184,92	2.192,81	556,31	-41.921,45
12	2.377,73	184,92	2.192,81	491,09	-41.430,35
13	2.377,73	184,92	2.192,81	433,52	-40.996,83
14	2.377,73	184,92	2.192,81	382,70	-40.614,14
15	2.377,73	184,92	2.192,81	337,83	-40.276,30
16	2.377,73	184,92	2.192,81	298,23	-39.978,07
17	2.377,73	184,92	2.192,81	263,27	-39.714,81
18	2.377,73	184,92	2.192,81	232,40	-39.482,40
19	2.377,73	184,92	2.192,81	205,16	-39.277,25
20	2.377,73	184,92	2.192,81	181,11	-39.096,14

APÊNDICE H – PROJETO DAS INSTALAÇÕES DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PARA FINS NÃO POTÁVEIS, DOS BANHEIROS COLETIVOS DO CAMPUS BÁSICO E PROFISSIONAL.