



UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE ENGENHARIA E ARQUITETURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA

Angélica dos Santos Bier

**Avaliação Pós-utilização de um Sistema de Aproveitamento de
água da chuva: Estudo de caso no Centro de Convivência na UPF-
RS**

Orientadora: Prof^ª. Vera Maria Cartana Fernandes. Dr^ª.

Passo Fundo

2013

Angelica dos Santos Bier

Avaliação Pós-utilização de um Sistema de aproveitamento de água da chuva: Estudo de caso no Centro de Convivência na UPF-RS.

Orientador: Prof^ª. Dr^ª Vera Maria Cartana Fernandes

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia, sob a orientação do Prof^ª Dr^ª Vera Maria Cartana Fernandes.

Passo Fundo

2013

Angelica dos Santos Bier

Avaliação Pós-utilização de um Sistema de aproveitamento de água da chuva: Estudo de caso no Centro de Convivência na UPF-RS.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia, na área de concentração Infraestrutura e Meio Ambiente.

Data de aprovação: Passo Fundo, 28 de fevereiro de 2013.

Os membros componentes da Banca Examinadora abaixo aprovam a Dissertação.

Vera Maria Cartana Fernandes, Dr.
Orientador

Lúcia Helena de oliveira, Dr.
USP-Universidade de São Paulo

Rosa Maria Locatelli Kalil, Dr.
UPF-Universidade de Passo Fundo

Evanisa Fátima Reginato Quevedo Melo, Dr.
UPF-Universidade de Passo Fundo

Passo Fundo
2013

*“E no último dia, o grande dia da festa,
Jesus pôs-se em pé, e clamou, dizendo: Se
alguém tem sede, venha a mim, e beba.”
(João 7:37)*

Agradecimentos

Para alcançarmos um objetivo, percorremos um longo caminho, muitas vezes árduo e cansativo e para isso é importante o apoio de pessoas especiais.

Primeiramente agradeço a Deus, Todo Poderoso, que me fortaleceu espiritualmente principalmente nas horas que pensei em desistir, dando coragem e sabedoria.

Aos meus pais, que apesar da idade avançada, não me faltaram com apoio, carinho, companheirismo e conselho.

À minha orientadora, que me guiou através dos seus conhecimentos para uma melhor compreensão do meu trabalho, dedicou tempo, incentivo e amizade para que eu pudesse concluí-lo.

À minha irmã, irmão, sobrinho e demais familiares e amigos que entenderam que muitas vezes tive que abdicar meu tempo com eles para alcançar meu objetivo.

À secretária da FEAR no mestrado Vânia Cristina Bácega, pela amizade e apoio muitas vezes prestados no decorrer do curso.

Aos professores do PPGEng e à coordenação pelos ensinamentos e apoio prestados

Para as estagiárias do laboratório de sistemas prediais: Aline Ferronato, Andressa Dal Moro e Patrícia Herbes pela ajuda e pelas risadas.

Ao mestrando Josemar Marques, amigo de todas as horas, obrigada pelos inúmeros socorros prestados.

Aos colegas que fiz durante o curso que dividiram dúvidas e alegrias.

À banca examinadora, que contribuiu com sugestões para melhora do trabalho.

À CAPES, pela bolsa de estudos que possibilitou o meu ingresso ao curso e o desenvolvimento desta dissertação.

Ao PPGEng da UPF pelo apoio e pelo aprendizado durante meu caminho.

Aos funcionários e usuários do Centro de Convivência da UPF, pela paciência e compreensão da importância da realização do meu trabalho, contribuindo diretamente para que eu obtivesse todas as informações.

Agradeço de todo meu coração a todos, desejando que Deus os abençoe ricamente.

Muito Obrigada.

RESUMO

A escassez de água potável no mundo é cada vez mais real e não respeita raça, local, credo e nem condição social. Os fatores climáticos, o aumento da densidade populacional principalmente nos centros urbanos e a poluição dos mananciais colaboram para que a demanda de água potável destinada às necessidades humanas esteja cada vez mais escassa. A água tornou-se um produto caro, não democrático e uma verdadeira riqueza para o local detentor de mananciais considerados puros e de qualidade para o consumo humano. A gestão do uso da água tem sido pauta de reuniões internacionais e de extremo interesse dos governos. Devido ao suprimento insuficiente de água potável para a população, tem-se adotado, principalmente em algumas edificações, sistemas de aproveitamento de água pluvial, com a finalidade de aliviar a demanda de água potável e a redução significativa da quantidade de águas pluviais na rede de drenagem urbana, auxiliando nos dias de grandes precipitações e evitando enchentes. O uso eficiente da água pluvial torna-se preocupante à medida que, muitos desses sistemas não se encontram adequados às legislações vigentes, ou mesmo não há estudos suficientes que comprovem a eficácia da qualidade dessa água e os seus devidos usos, acarretando assim, insuficiência no abastecimento, ineficiência econômica e o mais grave, contaminação dessa água por agentes patológicos, gerando sérios danos a saúde do usuário. A pesquisa visa avaliar um sistema de aproveitamento de águas pluvial instalado no Centro de Convivência da Universidade de Passo Fundo no RS, através de monitoramento e de análises qualitativas e quantitativas do sistema. Assim, este trabalho, deseja ampliar o conhecimento da eficiência quantitativa e a qualidade dessa água gerada pelos sistemas de aproveitamento de água pluvial. A NBR15527/2007 oferece subsídios para um projeto de sistema de aproveitamento de água pluvial, e é imprescindível que o projetista esteja atento as suas resoluções. Os resultados obtidos mostram a importância do correto dimensionamento do reservatório de acumulação dessa água captada, evitando um superdimensionamento desse reservatório, que encarece o projeto e o subdimensionamento, ao qual não atende a demanda do local, sendo que, um dos pontos para melhor dimensionar um reservatório é saber exatamente o número correto da população usuária do sistema em questão. Outro fator importante é que todos componentes do sistema de aproveitamento de água pluvial especificado na NBR15527/2007 estejam no projeto e sejam executados, visto que eles são extremamente importantes para o correto funcionamento do sistema, inclusive o uso de tratamento químico para a água pluvial captada, oferecendo assim uma água de qualidade, já que nas análises realizadas nas amostras, não só do estudo de caso, mas de outros estudos pesquisados, foram detectadas contaminação de agentes microbiológicos.

Palavras-chaves: água não potável; qualidade da água; água pluvial, dimensionamento reservatório.

ABSTRACT

The scarcity of drinking water in the world is becoming more real and does not respect race, location, creed nor social status. Climatic factors, increased population density especially in urban centers and pollution of water sources collaborate for the demand of drinking water for human needs are increasingly scarce. Water has become an expensive, undemocratic and real wealth for the local keeper springs as pure and quality for human consumption. The management of water use has been the agenda of international meetings and of extreme interest of governments.

Due to the insufficient supply of drinking water to people, has been adopted mainly in some constructions, systems, rainwater utilization for the purpose of alleviating the demand for potable water and a significant reduction in the amount of rainwater drainage system urban, assisting in the days of large rainfall and preventing floods. The efficient use of rainwater becomes disturbing as many of these systems are not adequate with the existing laws, or even not been enough studies to prove the effectiveness of water quality and its proper uses, thus causing, insufficient supply, economic inefficiency and worse, that water contamination by pathogens, causing serious damage to the health of the user. The research aims to evaluate a system of water use rain installed on Living Center of the University of Passo Fundo RS, through monitoring and qualitative and quantitative analysis of the system. This work, want to expand the knowledge of the quantitative efficiency and quality of the water generated by the systems use rainwater. The NBR15527/2007 offers subsidies to a system design of rain water capture, and it is essential that the designer watch their resolutions The results show the importance of correct sizing of the accumulation reservoir that collected water, avoiding oversizing the reservoir , which increases the design and undersized, which does not meet the demand of the place, and one of the best spots for sizing a reservoir is to know exactly the correct number of the users of the system in question. Another important factor is that all system components use rainwater NBR15527/2007 are specified in the project and to run, as they are extremely important for the correct functioning of the system, including the use of chemical treatment for rainwater captured thus providing water quality, since the analyzes of samples, not only the case study, but other studies surveyed were detected contamination of microbiological agents

Keywords: non-potable water, water quality, storm water, reservoir sizing.

Lista de Figuras

Figura 01: Proporção das reservas de água no mundo	1
Figura 02: Sistema de aproveitamento de água pluvial	20
Figura. 03: Conjunto de calhas, condutores, filtros e cisternas de armazenamento de águas pluviais	21
Figura 04:Área de coleta cobertura plana	22
Figura 05: Área de coleta cobertura inclinada	22
Figura 06: Calha de beiral	23
Figura 07: Calha de platibanda	23
Figura 08: Calha água furtada	23
Figura 09: Calha dotada de filtro de retenção de materiais grosseiros	24
Figura 10: Filtro vertical de material grosseiro instalado em coletor	25
Figura 11: Filtro localizado na entrada do reservatório	25
Figura12: Esquema básico de dispositivo automático de descarte das primeiras águas escoadas	26
Figura13: Detalhe de uma cisterna enterrada com visor, filtro e moto bomba	28
Figura14: Coleta das amostras Hospital Campus	36
Figura 15:Resultados da análise de turbidez, cloretos, oxigênio dissolvido & E coli	37
Figura 16: Reservatório do sistema experimental no CTCC-USP	38
Figura17: Localização de Passo Fundo no Rio Grande do Sul	51
Figura18: normais climatológicas de Passo Fundo (1961-1990)	52
Figura 19: Localização das Barragens no município de Passo Fundo	53
Figura 20: Centro de Convivência-UPF	55
Figura 21:Vista aérea centro de convivência	55
Figura 22: Fluxograma da metodologia quantitativa	57
Figura 23: Fluxograma da metodologia quantitativa	58
Figura 24: Hidrômetro mod Flodis, classe A	62
Figura 25: LOGBOX-AA IP65	63
Figura 26: Cyble pulsado	63
Figura 27: IrLink-USB	63
Figura 28: Chave de Fluxo (CF)	64
Figura 29: Chave de Contato	64
Figura 30: Central de Armazenamento de Dados (CAD)	65
Figura 31: Adaptador wirelles	65
Figura 32: Módulo Transmissor de Eventos (MTE)	65
Figura 33: Sistema de Descarte da primeira água da pluvial	72
Figura 34: Sistema de Retenção de Sólidos	72
Figura 35: Caixa n° 1	73
Figura 36: Caixa n° 2	73
Figura 37: Localização dos pontos de coleta das amostras 01 e 02	74
Figura 38: Água desperdiçada para limpeza da tubulação	75
Figura39: Amostra coletada	75
Figura 40: Localização dos hidrômetros em planta baixa, nos reservatórios.	80
Figura 41: Coleta de dados na entrada do reservatório superior de água não potável H1	81
Figura 42: Coleta de dados na entrada de água potável do reservatório inferior de água pluvial H2	81
Figura 43: Coleta de dados na entrada de água potável do reservatório inferior de água pluvial H3	81
Figura 44: Dados sendo compilados pelo computador, para análise	82
Figura 45: Volume diário consumido pelo reservatório de água pluvial superior	83
Figura 46: Volume acumulado consumido pelo reservatório de água pluvial superior	84
Figura 47: Volume diário consumido pelos reservatórios inferiores de água potável H1+H2	85
Figura 48: Volume acumulado consumido pelos reservatórios inferiores de água potável	86
Figura 49:Volume diário utilizado de água pluvial pelo sistema	87
Figura 50:Volume acumulado utilizado de água pluvial pelo sistema	87
Figura 51: Instalação da CAD, MTE e CF, no sanitário Masculino.	89
Figura 52: Instalação MTE e CF, no sanitário Feminino	89
Figura 53: Instalação em cada ponto de consumo da CF	90
Figura 54: Chave de contato ligado a um mictório	90
Figura 55: MTE ligada aos mictórios	90

Figura 56: MTE	91
Figura 57: MTE ligada as bacias sanitárias	91
Figura 58: Local da CAD-Central de Armazenamento de Dados	91
Figura 59: Computador externo ao ambiente monitorado conectado pelo sistema wireless	92
Figura 60: Captação dos dados para análise	92
Figura 61: Gráfico da média de eventos registrados na semana	93
Figura 62: Gráfico das populações levantadas nos diversos métodos de análise	94
Figura 63: Gráfico dos demanda mensal	96
Figura 64: Gráfico dos demanda diária	97

Lista de Tabelas

Tabela 01: Classificação das águas conforme seu uso, segundo Resolução CONAMA nº 357/05	13
Tabela 02: Padrões de potabilidade estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 conforme a classificação	14
Tabela 03: Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis	15
Tabela 04: Qualidade água – aspectos físicos	42
Tabela 05: qualidade da água aspectos microbiológicos	42
Tabela 06 Realidade atual da capacidade do reservatório	47
Tabela 07: Volume do reservatório conforme os métodos utilizados	47
Tabela 08: Volumes de reservação determinados pelos métodos selecionados (m ³)	49
Tabela 09: Volumes de reservação determinados pelos métodos selecionados (m ³)	50
Tabela 10: Eficiência do sistema determinada pela média histórica nos últimos 30 anos H30, comparados com o Netuno (%)	50
Tabela 11: Pontos de consumo de água pluvial	68
Tabela 12: Tabela de Manutenção conforme memorial descritivo elaborado pelo projetista	70
Tabela 13: Parâmetros para qualidade da água não potável que serão analisados, conforme memorial	71
Tabela 14: Parâmetros para qualidade das amostras coletadas do centro de convivência em relação resoluções	76
Tabela 15: Parâmetros para qualidade das amostras coletadas do centro de convivência em relação normativas e CORSAN	77
Tabela 16: Parâmetros dos estudos de caso com o Centro de Convivência	78
Tabela 17: Normais climatologias nos últimos 20 anos (1993 – 2012)	98
Tabela 18: Médias diárias do ano de 2012	98
Tabela 19: Precipitações mensais de 2012	99
Tabela 20: Cálculo do reservatório referente à demanda da Administração – 20 anos de precipitação.	101
Tabela 21: Cálculo do reservatório referente a demanda dos levantamentos in loco– 20 anos de precipitação	101
Tabela 22: Cálculo do reservatório referente a demanda da medição– 20 anos de precipitação	102
Tabela 23: Cálculo do reservatório referente a demanda da CORSAN – 20 anos de precipitação.	102
Tabela 24: Volume reservatórios nos diferentes cenários de Rippl	103
Tabela 25: Volume reservatórios nos diferentes cenários de Rippl – maior valor anual.	103
Tabela 26: Cálculo do reservatório com a demanda da Administração para o ano de 2012	105
Tabela 27: Cálculo do reservatório com a demanda in loco para o ano de 2012.	105
Tabela 28: Cálculo do reservatório com a demanda da Medição para o ano de 2012.	106
Tabela 29: Cálculo do reservatório referente a demanda da CORSAN para o ano de 2012.	106
Tabela 30: Cálculo do reservatório referente à demanda da Administração para volume de 30 m ³	108
Tabela 31: Cálculo do reservatório referente a demanda in loco para volume de 30 m ³ .	109
Tabela 32: Cálculo do reservatório referente a demanda da Medição para um volume de 30 m ³	110
Tabela 33: Cálculo do reservatório referente a demanda da CORSAN para um volume de 30 m ³	111
Tabela 34: Cálculo do reservatório referente à demanda da Administração para volume de 10 m ³	113
Tabela 35: Cálculo do reservatório referente a demanda in loco para volume de 10 m ³	114
Tabela 36: Cálculo do reservatório referente a demanda da Medição para um volume de 10 m ³	115
Tabela 37: Cálculo do reservatório referente a demanda da CORSAN para um volume de 10 m ³ .	116

Lista de Quadros

Quadro 01: Conceitos de processos produtivos e distributivos de um sistema de abastecimento de água	07
Quadro 02: Padrões de balneabilidade de acordo com a Resolução CONAMA nº 274/00	13
Quadro 03: Padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria MS N°2914/2011	14
Quadro 04: Parâmetros estabelecidos pela NBR13969/97	15
Quadro 05: Frequência de manutenção do sistema de coleta e aproveitamento de águas pluviais	31
Quadro 06: Valores obtidos nas amostras com tratamento e sem tratamento	40
Quadro 07: Resultados quantitativos	41
Quadro08: Análise físico e químico da água	43
Quadro 09 Análise microbiológico da água	43
Quadro 10: Comparação da qualidade da água dos sistemas nos pontos de uso	45
Quadro 11: Comparação da qualidade da água entre os telhados	46
Quadro 12: análise da qualidade da água da precipitação	47
Quadro 13: Dados análise da qualidade da água potável fornecida em Passo Fundo	54
Quadro 14:População fixa no Centro de Convivência- diárias	66
Quadro 15:População flutuante no Centro de Convivência diárias	66
Quadro 16: Recomendações da CORSAN de cálculo populacional e consumo per capita	67
Quadro 17: Demanda de aparelhos sanitários em litros	67
Quadro 18: Plano de Manutenção do sistema durante o uso, conforme especificado no projeto	70
Quadro 19: Resultado das amostras coletadas no sistema	75
Quadro 20: Volume geral consumido pelo H1 ou Hidrômetro Geral	82
Quadro 21: Somatório das vazões de água potável no H2 e H3	84
Quadro 22: Valor real do aproveitamento pluvial	86
Quadro 23: Precipitação diária- Mês Maio-2011	88
Quadro 24: Numero de eventos monitorados no período	93
Quadro 25: População levantada no período.	94
Quadro 26: Dados da administração Dia	95
Quadro 27: Dados da administração Mês	95
Quadro 28: Dados in loco Dia	95
Quadro 29: Dados in loco Mês	95
Quadro 30: Dados Medição Dia	95
Quadro 31: Dados Medição Mês	95
Quadro 32: Dados CORSAN Dia	96
Quadro 33: Dados CORSAN Mês	96
Quadro 34: Demandam diária e mensal nos diferentes cálculos de população	97

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1	Histórico	5
2.1.1	A conservação da água	6
2.2	A qualidade da água	6
2.2.1	Água potável, produto primordial	6
2.2.2	Doenças de origem hídrica	9
2.3	Qualidade da água não potável	12
2.3.1	Parâmetros para a qualidade da água pluvial	12
2.3.2	Legislações brasileiras referentes ao aproveitamento de água pluvial	16
2.3.3	Regulamentações internacionais referentes ao aproveitamento de águas pluviais	18
2.4	O sistema de captação e aproveitamento de água pluvial	20
2.4.1	Componentes do sistema de aproveitamento de água pluvial	20
2.4.2	Área de coleta ou captação	21
2.4.3	Área de condução: calhas e condutores	23
2.4.4	Área de limpeza: filtros e telas	24
2.4.5	Dispositivo de descarte	25
2.4.6	Área de armazenamento: reservatórios	27
2.4.7	NBR 15527/2007 e seus pré-requisitos	29
2.5	Estudos em sistemas de aproveitamento de água da chuva	35
2.5.1	Hospital Campus -Chhatrapati Shivaji – Nagar, Pune Índia	35
2.5.2	Sistema experimental para a coleta das águas pluviais – USP	38
2.5.3	Monitoramento do sistema de aproveitamento de água pluvial em uma edificação UFSCar	40
2.5.4	Avaliação de um sistema de aproveitamento de água pluvial em uma empresa em Vila Maria- RS	42
2.5.5	Análise do sistema de aproveitamento de água pluvial em edificação unifamiliar e multifamiliar em Passo Fundo	44
2.5.6	Comparação do método de aproveitamento máximo e do método de análise de simulação	48
2.5.7	Análise do volume do reservatório no campus da UNICAMP através dos métodos adotados NBR15527/2007	49
3	METODOLOGIA DA PESQUISA	51
3.1	Local de desenvolvimento do estudo	51
3.2	Local de monitoramento: Centro de Convivência - UPF	54
3.3	Procedimentos metodológicos	56
3.3.1	Análise qualitativa	58
3.3.2	Análise quantitativas	60
3.3.2.1	Locais monitorados	61
3.3.2.2	Medição de vazão do sistema	62
3.3.2.3	Determinação da população	64
4	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	68
4.1	Análise geral do projeto de sistema de aproveitamento de água pluvial	68
4.2	Análise qualitativa da água coletada do sistema de aproveitamento de águas pluviais	73
4.2.1	Comparações dos valores obtidos no Centro de convivência com parâmetros estabelecidos pelas legislações e normativas	76
4.2.2	Comparações dos valores obtidos no Centro de convivência com parâmetros encontrados em estudos de caso	78
4.3	Análise quantitativa do projeto do sistema de aproveitamento de águas pluviais	79
4.3.2	Análise da população usuária e determinação da demanda de água pluvial	88
4.3.3	Verificação do dimensionamento do reservatório de água pluvial	97
4.3.3.1	Dimensionamento através do Método de Rippl	100
4.3.4	Dimensionamento através do Método da Simulação	107
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	117
6	Recomendações para trabalhos futuro	120

1 INTRODUÇÃO

A água é a principal fonte de vida para todos os seres vivos, visivelmente abundante e inesgotável para a maioria da população mundial; no entanto sabe-se que é um recurso finito, principalmente quando o foco é a água potável. A hidrosfera terrestre, compreendida por lagos, rios, águas subterrâneas, oceanos entre outros, constitui cerca de dois terços de todo o planeta e desse volume, 97,2% é formado por água salgada (fig. 01).

Segundo Carneiro, Campos e Mendonça (2008), um quarto dos países do mundo enfrenta, na atualidade problemas de abastecimento de água, o que gera inúmeros conflitos. Considerada como a causa futura de possíveis guerras, a água tem estado ultimamente, na frente de discussões, pesquisas e legislações a fim de garantir sua proteção, manutenção e uso.

O Brasil é considerado como possuidor das maiores reservas hídricas mundiais, principalmente quando se trata de água doce e potável. Além de grandes redes hidrográficas, onde só na Amazônia concentra-se um quinto da água doce do planeta, as águas subterrâneas ou aquíferas constituem uma grande riqueza de nível internacional.

Figura 01: Proporção das reservas de água no mundo



Fonte: Adaptado de Carneiro, Campos e Mendonça (2008).

O crescimento populacional acarreta uma maior demanda de suprimento de água potável, principalmente nas grandes cidades, indo contra a oferta de água, já que muitos mananciais se encontram poluídos aumentando seu custo de tratamento ou mesmo a impossibilidade de uso humano, devido ao grau de substâncias tóxicas e poluentes.

O direito à água é garantido em inúmeras legislações internacionais, Souza (2008), afirma que a água é um elemento crucial, o principal para alcançar o direito previsto no art.25 da Declaração Universal dos Direitos Humanos: “*Toda pessoa tem direito a um nível de vida suficiente para lhe assegurar e à sua família, a saúde e o bem estar.*” Desta forma a seguridade hídrica está intrínseca a toda e qualquer forma de necessidade humana.

Segundo Gonçalves (2006) a escassez dessa fonte, principalmente em regiões urbanas além de trazer grandes danos para a população, retarda o progresso econômico trazendo enormes prejuízos a todos.

A conscientização da população da economia de água, o incentivo e investimento do poder público em relação a temática da água, principalmente no que se refere a saneamento, são importantes para o uso racional da água, sua manutenção e proteção

O uso dos sistemas de água não potável, ou seja, água pluvial, para suprir a demanda de água potável para fins não nobres, vem ganhando grande espaço não só em grandes empreendimentos como em edificações residenciais.

Segundo May (2004) o aproveitamento e uso da água pluvial para fins residenciais, agrícolas e industriais, é considerado um meio simples e eficaz para atenuar o problema da crescente escassez de água para consumo.

O grande problema é que, muitos desses sistemas não estão adequados as legislações e normativas vigentes, podendo assim, serem fontes de transmissão de inúmeras doenças relacionadas a água, acarretando grandes danos para a população.

Nesse contexto tem-se como Questão-da Pesquisa: Os sistemas de aproveitamento de água pluvial, estão desempenhando adequadamente a função a que se destinam garantindo a qualidade e o suprimento adequado de água não potável para os seus usuários?

Existem várias medidas adotadas na conservação de recursos hídricos, entre as principais são a adoção de aparelhos economizadores, diminuição das perdas de água na rede pública e nos sistemas prediais e campanhas educativas, existindo também o uso de tecnologias alternativas e não convencionais como o reaproveitamento de águas servidas residenciais (águas cinzas – *grey water*) e o aproveitamento de água pluvial.

O aproveitamento da água pluvial consiste em utilizar essa água como fonte alternativa para fins não potáveis, Fiori (2005), isto é, uso não nobres como regas de jardins, lavagens de calçadas, carros e ruas, descargas de bacias sanitárias, uso industrial, etc. Normalmente utilizada em regiões onde as precipitações pluviométricas são abundantes e bem distribuídas durante o ano, o uso dessa fonte, não só aproveita a água da chuva para

determinados usos, como diminuir a demanda desta água, lançada na rede de drenagem urbana reduzindo o risco de enchentes.

Fiori (2005) cita que a qualidade da chuva sofre influências de alguns fatores, como:

-Localização, regime de chuvas, condições climáticas da região, zona urbana ou rural;

-Características da bacia hidrográfica, densidade demográfica, área impermeabilizada, declividade, tipo de solo, área recoberta por vegetação e seu tipo;

-Tipo e intensidade de tráfego;

-Superfície drenada e tipo de material constituinte: concreto, asfalto, grama, etc.;

-Lavagem de superfície drenada, frequência e qualidade da água de lavagem;

A grande vantagem de utilizar os sistemas de reuso de água e do aproveitamento de água pluvial é a preservação de água potável, porém ainda a qualidade dessa água necessária para atender os usos previstos deve ser rigorosamente avaliada, pois sistemas mal projetados, em desconformidade com as normas vigentes ou sem o devido monitoramento podem oferecer o produto água em más condições para o uso das necessidades humanas.

Outra preocupação, é se os reservatórios utilizados para armazenar essa água captada são suficientes para atender a demanda e seus usos. Há vários métodos de cálculos utilizados pelos projetistas desses sistemas, mas é necessário averiguar entre os métodos mais utilizados qual se adequa a realidade do sistema implantado.

Dessa forma o objetivo geral do trabalho é:

Avaliar o desempenho de sistema de aproveitamento de águas pluviais, frente as legislações vigentes, do Centro de Convivência na Universidade de Passo Fundo, analisando aspectos quantitativos e qualitativos, a fim de contribuir com os resultados para subsidiar futuros projetos.

Para que este objetivo seja alcançado será necessário o cumprimento dos seguintes objetivos específicos:

– Analisar se o respectivo sistema atende ao preconizado pela ABNT- NBR 15527/2007 (Água da chuva- Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis), tanto no projeto, como na instalação, na sua manutenção e pós-utilização;

– Identificar através de critérios e análises, os pontos críticos do sistema, que possuam grau de riscos para a contaminação da água potável e da água pluvial, e que possam constituir riscos para a saúde dos usuários;

- Determinar se o sistema cumpre a função estabelecida no projeto quanto ao seu uso, ao suprimento/abastecimento;
- Avaliar a qualidade da água pluvial nos reservatórios; e se a mesma não produz risco para o usuário.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Histórico

O uso de água da chuva por meio de cisternas é tão antigo quanto à humanidade. Autores das mais diversas áreas encontram resquícios desse tipo de tecnologia de aproveitamento de água.

Tomaz (2003) descreve uma pedra moabita 850 a.C, encontrada no oriente médio como a referência mais antiga, onde o texto descrito sugere pelo rei dos moabitas a construção de reservatórios para o aproveitamento de água pluvial.

Tomaz (2003) também relata a Fortaleza dos Templários em 1160 d.C, em Tomar-Portugal, como sendo abastecida por cisternas de água pluvial.

Segundo Guanayem (2000) apud May (2004), a instalação mais antiga de um sistema de aproveitamento de água pluvial, foi construída no Brasil em 1942 pelos norte americanos, na ilha de Fernando de Noronha. A ilha é conhecida, por não dispor de nenhum recurso hídrico, seja superficial ou subterrâneo.

Outra região em território brasileiro, onde esse tipo de sistema está sendo utilizado em grande escala, é o Semiárido; onde o Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semiárido: Um Milhão de Cisternas Rurais – P1MC, iniciado em julho de 2003, tendo como objetivo principal beneficiar as famílias da região com a construção de cisternas para o armazenamento da água da chuva. Felten (2008)

Segundo Anecchini (2005) com a inserção de tecnologias mais modernas no abastecimento de água, a coleta e o aproveitamento de água da chuva foram perdendo força ao longo dos anos, mas com a atual realidade hídrica esse tipo de tecnologia alternativa vem sendo introduzido aos poucos. Tomaz (2003) cita que atualmente países altamente industrializados estão usando seriamente esse tipo de aproveitamento de água para fins não potáveis, como no caso da Alemanha e o Japão.

2.1.1 A conservação da água

A conservação da água, segundo Tomaz (2001) é um conjunto de atividades que tem o objetivo de:

- Reduzir a demanda de água.
- Melhorar o uso da água, reduzindo as perdas e desperdícios da mesma.
- Implantar práticas que economizem água.

Esse conjunto de atividades de conservação de água gera benefícios para o meio ambiente incluindo no contexto urbano economia elétrica, redução de esgotos sanitários e proteção nos reservatórios naturais de água e mananciais subterrâneos.

Para May (2009) as medidas de conservação implantadas, tanto no uso residencial, comercial e industrial podem ser convencionais e não convencionais, ou ações na demanda e ações na oferta. Conforme Tomaz (2001) os métodos convencionais caracterizam-se por medidas de economia da água, que são os aparelhos economizadores, consertos de vazamentos no sistema de água potável, educação pública, incentivo fiscais e leis referente a economia de água, redução de pressão da água nas redes públicas. Já as medidas não convencionais, são relativa a conservação e aproveitamento da água, como: reuso de águas cinzas, aproveitamento de águas pluviais, dessalinização de água do mar ou salobra e aproveitamento de água de drenagem do subsolo de edifícios.

2.2 A qualidade da água

2.2.1 Água potável, produto primordial

Segundo Cavinatto (2003), uma pessoa pode sobreviver várias semanas sem comer, mas não conseguiria passar mais que dois dias sem tomar líquido, já que cerca de 70% do corpo humano é composto por água. A importância da água para a maioria dos seres vivos, incluindo o ser humano é extremamente vital, pois além de regular a temperatura corporal, ela é eficiente condutor de substâncias no interior do organismo.

Para Cavinatto (2003) a qualidade considerada desejável, para todos os seres vivos, depende unicamente do seu uso e que dependendo do grau de poluição dos mananciais, torna as águas incompatíveis com qualquer atividade que possa ser atribuída aos recursos hídricos.

A grande concentração demográfica, o aumento de suas necessidades e a intensa atividade industrial, segundo Battalha e Parlatore (1977), torna a água para consumo humano como produto industrial, já que são raras as situações que o homem possa utilizá-la sem nenhuma forma de tratamento. Através desta analogia, de gestão da água, aplicam-se os seguintes conceitos de processos produtivos e distributivo a um sistema público de abastecimento de água, conforme quadro 01.:

Quadro 01: Conceitos de processos produtivos e distributivos de um sistema de abastecimento de água

PROCESSO PRODUTIVO	SISTEMA DE ABASTECIMENTO
Fonte	Manancial
Extração	Captação
Transporte	Adução
Transformação	Tratamento
Embalagem	Manutenção, condicionamento
Transporte	Subadução
Armazenamento	Reservação
Distribuição	Distribuição
Consumo	Consumo

Fonte: Battalha, Parlatore (1977)

Para Battalha e Parlatore (1977) a água no seu estado de pureza total não existe, devendo imaginá-la como uma substância que se apresenta sob diversas formas aquosas e de composições variáveis, devendo esta, apresentar um conjunto de condições favoráveis para ser considerada potável para atender as necessidades e consumo humano. Essas condições são estabelecidas de acordo com o *Committee on Water Quality Goals*, da AWWA:

1) Características principais da água:

- a) Límpida ausência de impurezas
- b) Incolor ausência de cor
- c) Insípida ausência de sabor
- Inodora ausência de cheiro

2) Não poderá conter:

- Organismos patogênicos ou forma biológica que possam causar danos a saúde humana,
- Concentrações de elementos e substâncias químicas, fisiologicamente, esteticamente e economicamente prejudiciais.

3) Não deverá ser corrosiva, deixar agentes depositantes que possam danificar as estruturas as quais ela passa ou é armazenada.

4) Deverá ser protegida de forma correta, tanto por meio natural ou meios construídos que garantam sua qualidade.

Já as características principais de qualidade da água são:

- Turbidez

O quanto a água é transparente, isto é, sua capacidade de dispersar a radiação da luz.

- Cor
- Odor
- Sabor
- Concentração de ferro, cromo, chumbo, etc

Essas características que atribuem condição de adequação ao uso da água são indispensáveis para que seu uso seja considerado seguro para os padrões de organizações mundiais de saúde.

2.2.2 Doenças de origem hídrica

Muitas doenças acometidas ao ser humano estão relacionadas à água. Segundo Macêdo (2000), a mesma água tão necessária a vida do homem, serve também de veículo para a transmissão de uma variedade de agentes patológicos, acarretando danos à saúde humana.

Para Cavinatto (2000) a água que não possuir micro-organismos patogênicos ou seres que produzam substâncias tóxicas, é considerada potável, e isso só é possível através de exames realizados em laboratórios especializados.

Afirma também Cavinatto (2000) que as águas naturais contêm muitos micróbios, próprio do ambiente aquático e que em geral não oferecem risco a saúde humana. Para Fiori (2005) a contaminação da água é definida como a adição de substâncias que alteram e ou deterioram sua qualidade e é essa qualidade que vai destinar se seu uso é benéfico para as atividades humanas, como o abastecimento, irrigação recreação etc.

É essa adição ou contaminação de agentes diferentes a propriedade da água, que preocupam os mais diversos órgãos públicos e de saúde. “É sempre bom ter em mente que a escassez de água é responsável pelos problemas mais graves de saúde pública.” Fiori (2005)

Segundo Fiori (2005) a contaminação dos recursos de água potável, seja dos meios naturais, fontes alternativas ou redes de abastecimento público, são preocupantes, pois são grandes responsáveis pela alta incidência de mortalidade, principalmente da população mais carente e da população infantil. Em países subdesenvolvidos da América latina, doenças como a gastroenterites e de origens diarreicas estão entre as dez principais causas de morte, sendo cerca de 200.000 mortes/ano, não incluindo as demais doenças de origens hídricas como a febre tifoide, hepatite e outras.

A contaminação de agentes patogênicos nos recursos hídricos é considerada extremamente grave, já que a água é um agente de fácil transmissão e que pode acarretar não só epidemias locais e regionais como também pandemias, dependendo da extensão do manancial de abastecimento de água.

Segundo Macêdo (2000) entre os agentes patológicos que podem ser transmitidos pela água estão: as bactérias, os fungos, os vírus, os protozoários e as algas.

As bactérias presentes na água e que causam danos a saúde são:

- *Salmonella sp* (enterocolite);
- *Vibrio cholerae* (cólera)
- *Escherichia coli* (diarreia do viajante e surtos de diarreia infantil)
- *Shigella SP* (infecção intestinal- uma das mais importantes na causa de mortalidade infantil)
- *Yersinia enterocolitica* (infecções intestinais e extra intestinais como pneumonia, meningite, septicemia, artrite, glomerulonefrite, lúpus eritematoso, dentre outros)
- *Clostridium perfringens* (infecções do trato digestivo, gangrena gasosa e enterite necrosante)
- *Campylobacter sp* (febre entérica)
- *Leptospira sp* (leptospirose ou icterícia hemorrágica)
- *Mycobacterium tuberculosis* (Tuberculose)
- *Pastourella tularensis* (tularemia)
- *Legionella pneumophia* (doença dos legionários)
- *Vibrio parahaemolyticus* (gastroenterite)
- *Aeromonas hydrophila* (infecções intestinais, feridas)
- *Pseudomonas aeruginosa e Staphylococcus aureus* (infecções externas,-piscinas poluídas)
- *Pseudomonas aeruginosa* (meningite, infecções do ouvido, olhos, nos ferimentos, nas queimaduras e do trato urinário, pneumonia necrosante, séptis com necrose hemorrágica da pele)
- *Staphylococcus aureus* (infecção cutânea e de garganta)

Os fungos presentes na água e que causam danos a saúde são:

- *Cândida albicans* (infecções na pele, mucosas especialmente boca, garganta e vagina)

Os vírus presentes na água e que causam danos a saúde são:

- *Vírus da hepatite* (hepatite infecciosa ou icterícia catarral)
- *Rotavírus* (gastroenterite aguda)
- *Adenovírus* (infecções respiratória e oculares)
- *Norwalk* (gastroenterite)
- *Poliovírus* (poliomielite ou paralisia infantil)
- *Echovirus* (infecções respiratórias meningites assépticas, conjuntivites, resfriados, fraqueza muscular e espasmos)
- *Coxsackie* (meningite asséptica, miocardite, pericardite, conjuntivite hemorrágica aguda, resfriados comuns, distúrbios gastrointestinais,)

Os protozoários presentes na água e que causam danos a saúde são:

- *Giardia lamblia* (giardíase)
- *Entamoeba hystolítica* (amebíase)
- *Cryptosporidium* (diarréia semelhante à cólera)
- *Helmintos* (helmintoses)
- *Dracunculus medinensis* (dracontíase ou filaria de Medina)
- *Spirometra* (semelhante a dracontíase)
- *Ancylostoma duodenale* e *Necator americanus* (amarelão ou icterícia)
- *Shistosoma sp* (esquistossomose)
- *Echinococcus granulosus* (equinococose ou hidatitose-tênia canina)
- *Taenia sp* (cisticercose ou solitária)

As algas presentes na água e que causam danos a saúde são:

Cianofícias ou algas azuis (gastroenterite de Charleston).

2.3 Qualidade da água não potável

A água pluvial, apesar de ser considerada pela legislação brasileira como um tipo de fonte não potável, também possui parâmetros para que a sua qualidade seja garantida e não ofereça riscos à saúde.

Segundo Hagemann (2009), a qualidade de uma água é definida em função do tipo e da quantidade de impurezas que ela contém, e são essas características qualitativas que vão definir o uso mais apropriado

Para May(2009) a qualidade da água pluvial, depende também, da localização do sistema de coleta, condições meteorológicas, a presença de cargas poluidoras e a proximidade de locais com vegetação.

2.3.1 Parâmetros para a qualidade da água pluvial

No Brasil, as legislações federais, como a resolução do CONAMA N° 274/00, que trata sobre a balneabilidade das águas, conforme quadro 02 e a resolução do CONAMA N°357/05 que estabelece a classificação dos corpos d'água em classes e para cada classe, fornecem diretrizes de qualidade e padrões de enquadramento e usos da água, como demonstram tabela 01 e tabela 02.

Quadro 02: Padrões de balneabilidade de acordo com a Resolução CONAMA n° 274/00

PARÂMETRO	VALOR	
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)*	Águas Excelentes	250
	Águas Muito Boa	500
	Águas Satisfatórias	1000
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100mL)*	Águas Excelentes	200
	Águas Muito Boa	400
	Águas Satisfatórias	800
pH	6 a 9	

*Quantidade máxima em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local

Tabela 01: Classificação das águas conforme seu uso, segundo Resolução CONAMA n° 357/05

CLASSIFICAÇÃO ÁGUAS DOCES	USOS
Classe especial	Abastecimento para consumo humano com desinfecção Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas
Classe 1	Abastecimento para consumo humano com desinfecção simples proteção das comunidades aquáticas recreação contato primário (natação, mergulho, esqui aquático) irrigação de hortaliças e frutíferas
Classe 2	Abastecimento para consumo humano com desinfecção convencional proteção das comunidades aquáticas recreação contato primário (natação, mergulho, esqui aquático) irrigação de hortaliças e frutíferas aquicultura e pesca
Classe 3	Abastecimento para consumo humano com desinfecção convencional ou avançado recreação contato secundário irrigação de arbóreas, cerealíferas e forrageira pesca amadora dessedentação de animais
Classe 4	Navegação Harmonia paisagística

Tabela 02: Padrões de potabilidade estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 conforme a classificação

PARÂMETRO	CLASSIFICAÇÃO ÁGUAS DOCES			
	1	2	3	4
Cor (mg Pt/L)	-	75	75	-
Odor	A	A	A	NO
Espuma	A	A	A	A
Materiais flutuantes	A	A	A	A
Sólidos dissolvidos totais (mg/L)	500	500	500	-
pH	6-9	6-9	6-9	6-9
Óleos e graxas (mg/L)	A	A	A	I
Coliformes Termotolerantes(NMP/100mL)	200	1000	4000	-
Coliformes Totais(NMP/100mL)	1000	5000	20000	-
OD (mg/L O ₂)	>6	>5	>4	>2
Cloretos (mg/L)	250	250	250	-
Nitratos (mg/L)	10	10	10	-
Nitrito (mg/L)	1	1	1	-
Turbidez (UNT)	40	100	100	-
DBO (mg/L)	3	5	10	-

*A: virtualmente ausente NO: não objetáveis I: toleram-se residual

Já a Portaria MS N° 2914/04, estabelecem padrões de qualidade e potabilidade para o uso da água, demonstrado no quadro 03.

Quadro 03: Padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria MS N°2914/2011

PARÂMETRO	VALOR
Amônia (mg/L)*	1,5
Cloreto (mg/L)*	250
Coliformes Termotolerantes ou <i>Escherichia coli</i> (NMP/100mL)	Ausência em 100mL
Cor Aparente (uH)*	15
Dureza (mg/L)*	500
Ferro (mg/L)*	0,3
Manganês (mg/L)*	0,1
Nitrato (mg/L)**	10
pH	6,0 a 9,5
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)*	1000
Sulfato (mg/L)*	250
Turbidez (UNT)*	<5

Fonte: Adaptado da Portaria do Ministério da Saúde, n° 2914/2011

A NBR 13.969/97, que trata sobre o tratamento e disposição final de efluentes, também fornece parâmetros de qualidade para o tratamento da água para reuso. Quadro 04

Quadro 04: Parâmetros estabelecidos pela NBR13969/97

PARÂMETRO	VALOR
pH	6,0-9,0
Turbidez (UNT)	<5
Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)	<200
Bactérias heterotróficas (UFC/mL)	-
Sólidos dissolvidos (mg L-1)	<200
Cloro residual livre (mg L-1)	0,5-1,5

Fonte: ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas: NBR 13969/1997

A NBR 15527/2007– Água da chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis- Requisitos. Dá parâmetros para a qualidade da água da chuva, atendendo a pré requisitos da portaria nº2914 do Ministério da Saúde, conforme tabela 03.

Tabela 03: Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis

PARÂMETRO	ANÁLISE	VALOR
Coliformes totais	Semestral	Ausência em 100ml
Coliformes termotolerantes	Semestral	Ausência em 100ml
Cloro residual livre	Mensal	0,5 a 3,0 mg/L
Turbidez	Mensal	< 2,0uT b, para usos menos restritivos < 5,0uT
Cor aparente (caso não seja utilizado nenhum corante, ou antes, da sua utilização)	Mensal	<15uH c
;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.
Nota: podem ser usados outros processos de desinfecção além do cloro, com a aplicação de raio ultravioleta e aplicação de ozônio.		
a no caso de serem utilizados compostos de cloro para desinfecção		
b uT é a unidade de turbidez		
c uH é a unidade de Hazen		

Fonte: ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas: NBR 15527/2007

2.3.2 Legislações brasileiras referentes ao aproveitamento de água pluvial

Além da normativa referente ao uso e aproveitamento de água pluvial, algumas cidades brasileiras, elaboraram legislações que estabelecem diretrizes projetuais, com a instalação e coleta das águas de chuva, minimizando assim problemas de drenagem as frequentes inundações e também contribuindo no abastecimento de água para fins não nobres diminuindo a demanda e conservando os recursos hídricos.

Outras legislações são referentes à economia de água com o uso de aparelhos específicos, instalação de hidrômetros individualizados e criação de datas de conscientização populacional para o bom uso da água. Já em alguns municípios como Viçosa, MG a legislação nº14401/2001, refere-se ao controle e desperdício de água potável, onde o cidadão pode ser multado caso esteja infringindo a lei, como lavagem de calçadas e de veículos em domicílio. O Estado de São Paulo é outro que em virtude do agravamento do abastecimento de água potável, de seus mananciais estarem poluídos e as amplas épocas de estiagem, criou-se o decreto Nº 48138/2003 que restringe o uso de água potável, como lavar calçadas, permitindo para isso somente o uso de água proveniente de fontes alternativas como o da água da chuva ou de reúso, assim como a lavagem de veículos. Também estabelece horário e frequência para regas de jardins controle de quantidade de água usada para lavagem de reservatórios de águas potáveis.

Em relação ao aproveitamento de águas de chuva, a cidade de São Paulo, instituiu em 4 de janeiro de 2002, a lei nº 13.276, e regulamentada pelo decreto nº 41.814, tornando assim, obrigatória a construção de cisternas de coletas de águas da chuva, ou seja, instalação do sistema de piscininhas, quando a área impermeabilizada da edificação for maior que 500m². Essa legislação destina-se a drenagem urbana, onde após fortes chuvas seja minimizada a demanda de água lançada na rede, sendo essa água armazenada, despejada aos poucos no sistema de drenagem urbano. A lei prevê também que em casos de reformas, a cada 100m² de acréscimo de área impermeabilizada, haja instalação desse sistema. Essa lei vale tanto para lotes edificados ou não, referindo-se somente à área impermeabilizada do terreno.

Em Curitiba, a lei nº 10.785/2003, cria o Programa de Conservação e uso Racional de Águas em Edificações, cujo objetivo principal é promover medidas de conservação da água, uso racional da água e o incentivo a utilização de fontes alternativas para a captação de água nas novas edificações. A lei também prevê a conscientização da população sobre a

importância da conservação da água. Essa legislação compreende como fontes alternativas para a captação de água:

A captação, o armazenamento e a utilização de água proveniente de chuva

A captação, o armazenamento e a utilização de água servida

A lei também estabelece que a água proveniente de chuva, seja recolhida da cobertura da edificação, onde será utilizada para atividades que não necessitem do uso de água potável, oriundas das redes de abastecimento:

- Rega de jardim e horta
- Lavagem de roupa
- Lavagem de veículos
- Lavagem de vidros, calçadas e pisos

No que se refere a utilização de água proveniente de chuva em lavagens de roupas, citada na lei 10.785/2003, esta entra em desacordo com a NBR 15527, que prevê o uso de água não potável, como a da chuva, somente para os demais itens.

O município de Maringá/PR institui o Programa de reaproveitamento de águas de Maringá, com a lei nº 6345/2003, onde há o incentivo para a população local instalar reservatórios para a contenção de águas servidas provenientes de chuveiros, banheiras e lavatórios; e o recolhimento de águas das chuvas, para a utilização dessas águas na descarga de bacias sanitárias, lavagem de mictórios, de pisos, terraços e outros procedimentos similares.

O munícipe interessado em aderir a esse tipo de sistema de aproveitamento e/ou reúso de águas em sua edificação, deverá solicitar, na elaboração do projeto, as especificações técnicas referentes à instalação de coletores de água. A edificação cadastrada no programa receberá ao término da obra ou reforma a visita de técnicos do município para vistoria local, o qual dará seu parecer sobre a exatidão e conformidade do projeto de instalação do sistema de coletores de água com a execução e normas vigentes.

2.3.3 Regulamentações internacionais referentes ao aproveitamento de águas pluviais

Devido à grande preocupação mundial com a falta de água potável para a população, muitos países têm adotado práticas para uma melhor gestão dos seus recursos hídricos, incluindo legislações referentes ao aproveitamento de águas não potáveis, como o de águas pluviais e as de reuso.

No que diz respeito às legislações de águas pluviais, a Alemanha, Austrália e os Estados Unidos possuem regulamentações e leis que incentivam o uso e a implantação desse tipo de sistema nas edificações, tanto residenciais, institucionais, industriais e no setor rural.

Na Austrália, alguns estados, a partir de 2005, tomaram medidas para que os novos projetos residenciais garantissem a economia de água e a eficiência energética. Entre os requisitos das legislações vigentes estão chuveiros, torneiras e acessórios economizadores de água, tanques de água da chuva ou abastecimento de água alternativo que garanta o fornecimento externo para lavagens de pátios e jardins, descargas de bacias sanitárias e lavanderias. Essas regras construtivas prevêm uma redução de até 40% na utilização de água corrente. Outros estados subsidiam sistemas de aproveitamento de águas pluviais, para que os habitantes instalem em suas residências cisternas e assim entrem na campanha de economia de água.

Nos Estados Unidos, cidades como Austin e San Antonio, e os estados do Arizona e Texas, não só dão subsídios para a compra de cisternas de captação de águas pluviais, e/ou instalação de sistemas de aproveitamento de água ou reuso, como também créditos tributários tanto para os construtores como para o cidadão. Já em algumas cidades do Novo México, empreendimentos comerciais com mais de 2.500m² de área devem instalar um sistema de água pluvial ativo composto de cisterna para ser utilizado na irrigação de jardins.

A Alemanha, por exemplo, possui uma normativa referente ao aproveitamento de águas pluviais que é a –DIN-1989-1 da *Deutsches institut fur normung*, Instituto alemão de Normalização, aprovada em abril de 2002, tratando e dando requisitos para o aproveitamento de águas pluviais, sendo composta pelas seguintes partes:

- Planejamento, execução, operação e a manutenção.
- Filtros.
- Reservatórios para água de chuva e acessórios

A DIN-1989-1 prevê o uso de águas pluviais para uso doméstico (irrigação de áreas verdes, lavagens de prédios, descargas em bacias sanitárias e lavagem de roupas), e para uso industrial e comercial (resfriamento, equipamentos de lavagem e limpeza). A norma também prevê o controle e os parâmetros de qualidade, de acordo com o uso da água, para que a saúde dos usuários não seja afetada.

Além desta normativa, o país também prevê legislações referentes a incentivos fiscais e tributos aos cidadãos que garantam a drenagem de águas pluviais em seus lotes, isto é, quanto maior a área permeável em seu lote, maior o desconto tributário.

Outro país que merece destaque quanto às legislações referente à captação e aproveitamento de águas da chuva é a Índia. São leis municipais e estaduais que procuram amenizar o grave problema que o país enfrenta quando o assunto é abastecimento de água potável para sua população.

Uma das legislações prevê que todo empreendimento comercial, institucional, turística e industrial com mais de 1000m², contará com a instalação de sistema de aproveitamento de água pluvial de acordo com a área de sua cobertura. Em 2002, a *Ahmedabad Urban Development Authority* (AUDA - a Autoridade de Desenvolvimento Urbano de *Ahmedabad*) tornou obrigatória que todo edifício com mais de 1500m² construam uma cisterna de captação de águas da chuva para garantir a recarga de água no subsolo e para cada 4000 m² a mais de área adicional construída outra equivalente deve ser construída para captação dessa água.

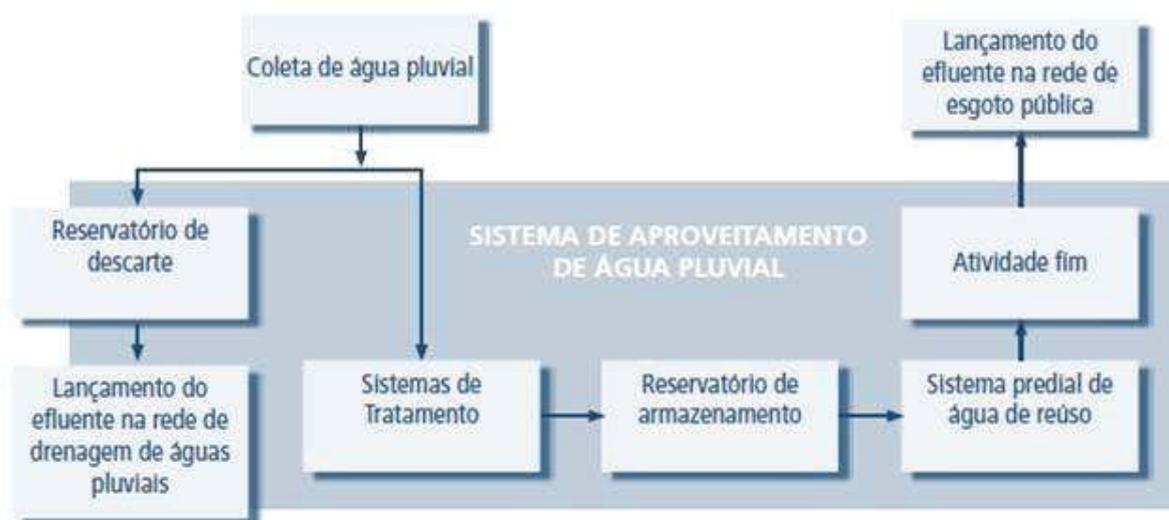
Em 2009 o governo de Karnataka adotou as mesmas medidas para garantir a conservação de água e a recarga de águas subterrâneas. Já o Conselho Municipal de Port Blair, em 2007, também criou leis relativas ao aproveitamento de águas pluviais, onde as construções das novas edificações, inclusive as residenciais, tivessem um bom sistema de caimento das coberturas para a captação e aproveitamento dessas águas no uso doméstico, com exceção do consumo humano. Na maioria dos estados indianos o aproveitamento de

águas pluviais é pré-requisito nas concepções dos novos projetos, sendo que, havendo falta deste item o empreendimento não é aprovado para construção.

2.4 O sistema de captação e aproveitamento de água pluvial

Segundo Leal (2000) apud May (2004) o funcionamento do sistema de aproveitamento de águas pluviais, basicamente consiste na captação da água da chuva de áreas impermeáveis, como o telhado, onde logo a seguir é filtrada e armazenada para posterior uso (fig.02). Em alguns países, como o Brasil, existem normas referentes ao sistema, que regulamentam seu projeto, execução e uso, sendo a principal delas a NBR 15527/2007.

Figura.02. Sistema de aproveitamento de água pluvial



Fonte: Manual da Água ANA (2005)

2.4.1 Componentes do sistema de aproveitamento de água pluvial

Conforme a NBR 15527/2007, o sistema de aproveitamento de água pluvial é formado pelos seguintes componentes (fig. 03)

- Área de coleta ou captação: coberturas
- Área de condução: calhas e condutores
- Área de limpeza: dispositivo de descartes, filtros e telas.

- Área de armazenamento: reservatório inferior e ou superior

Figura 03: Conjunto de calhas, condutores, filtros e cisternas de armazenamento de águas pluviais.



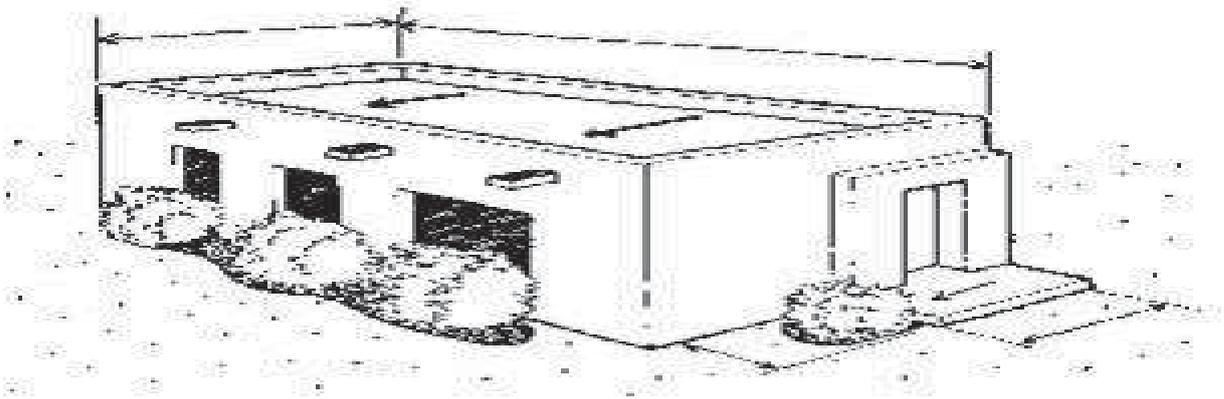
Fonte: Revista Técnica, 148/2009

2.4.2 Área de coleta ou captação

Área onde é captada a água proveniente de chuva. Pode ser de lajes planas ou inclinadas, telhados, fachadas e até mesmo, segundo Tomaz (2003), poderá ser feita através de superfície impermeabilizada sobre o solo. A NBR 15527/2007, prevê somente coleta para aproveitamento de água pluvial em coberturas.

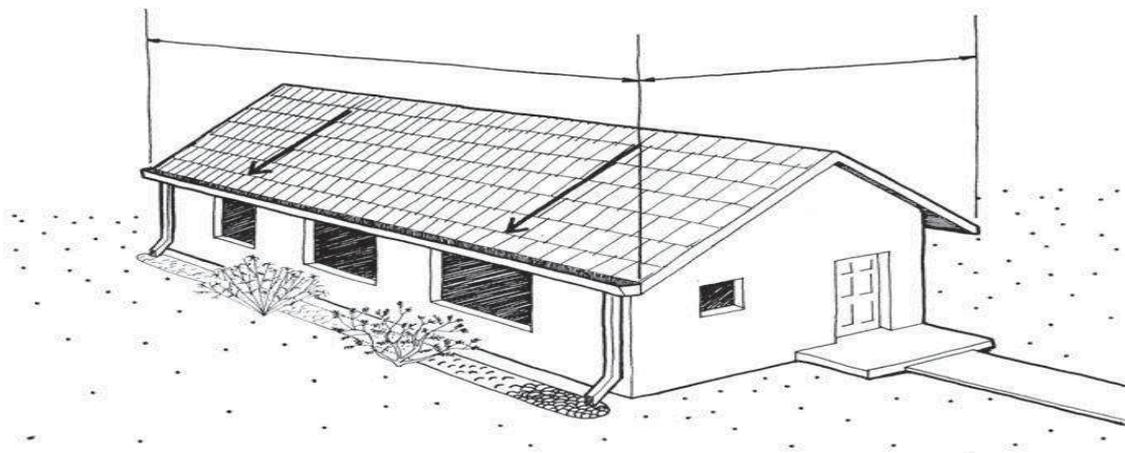
Os telhados podem ser planos, inclinados ou pouco inclinados, (fig. 04 e 05) além disso segundo Tomaz (2003), podem ser de telhas cerâmicas, de fibrocimento de zinco, de ferro galvanizado, de concreto, de plástico, ou mesmo um telhado plano revestido com asfalto.

Figura 04: Área de coleta cobertura plana



Fonte: Harvesting Rainwater (2006)

Figura 05: Área de coleta cobertura inclinada



Fonte: Harvesting Rainwater, (2006)

De acordo com Campos (2004) a área de captação é um dos pontos críticos para o dimensionamento do sistema, porque ela determina a quantidade de água a ser captada e aproveitada, além de ser o primeiro ponto de contaminação onde a água pluvial tem contato.

2.4.3 Área de condução: calhas e condutores

Após a captação de água da chuva, esta deve ser transportada segundo May (2009) por sistemas de condutores horizontais que são as calhas, e os condutores verticais.

Tomaz (2003) afirma que os condutores e calhas podem ser de PVC ou metálicos, ser resistentes a corrosão, ter longa durabilidade, não devendo ser afetada pela mudança de temperatura, de material liso, leve e rígida. A NBR 10184/1989 (Instalações prediais de águas pluviais) determina que os seguintes materiais devam ser utilizados:

- Calha: aço galvanizado, folhas-de-flandres, chapas de cobre, aço inoxidável, alumínio, fibrocimento, PVC rígido, fibra de vidro, concreto ou alvenaria.

- Conductor vertical: tubos e conexões de ferro fundido, fibrocimento, pvc rígido, aço galvanizado, cobre, chapas de aço galvanizado, folhas-de-flandres, chapas de cobre, aço inoxidável, alumínio ou fibra de vidro.

- Conductor horizontal: tubos e conexões de ferro fundido, fibrocimento, PVC rígido, aço galvanizado, cerâmica vidrada, concreto, cobre, canais de concreto ou alvenaria.

Para Gihsi e Gugel (2005), as calhas apresentam seções variadas, como em forma de V,U, semicircular, quadrada ou retangular; e tipos diferentes, como, calha de beiral, calha de platibanda, calha água furtada.(fig. 06,07 e 08).

Figura 06: Calha de beiral

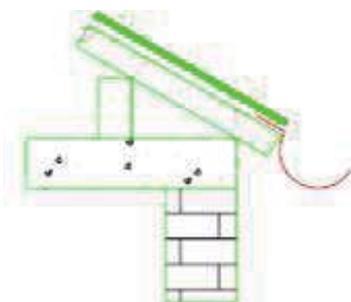
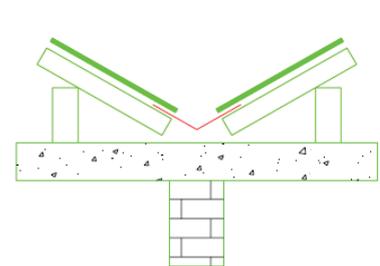


Figura 07: Calha de platibanda



Figura 08: Calha água furtada



Fonte: Gihsi, Gugel (2005)

2.4.4 Área de limpeza: filtros e telas

Segundo May (2009), para que não ocorram entupimentos no sistema de condutores, com galhos e folhas, há diversos tipos de dispositivos, entre eles, grades que percorrem toda extensão da calha, (fig.09) que podem estar conectados na saída da calha (fig. 10.), ou mesmo localizados na entrada de água do reservatório de autolimpeza (fig11).

“As peneiras, grades e grelhas empregadas no tratamento de águas pluviais são equipamentos instalados a montante de cisternas, responsáveis pela retenção de sólidos grosseiros (da ordem de alguns milímetros), maiores que suas aberturas, pela simples interceptação. Já os filtros são instalados a jusante de cisternas para remover partículas (da ordem de alguns milésimos de milímetros), muito menores que os espaços intersticiais de seu meio filtrante” (PRADO e MULLER, 2007, apud FELTEN 2008).

Figura 09: Calha dotada de filtro de retenção de materiais grosseiros



Fonte: Revista Técnica,133/2008

Figura 10: Filtro vertical de material grosseiro instalado em coletor



Fonte: Revista Técnica, 133/2008

Figura 11: Filtro localizado na entrada do reservatório



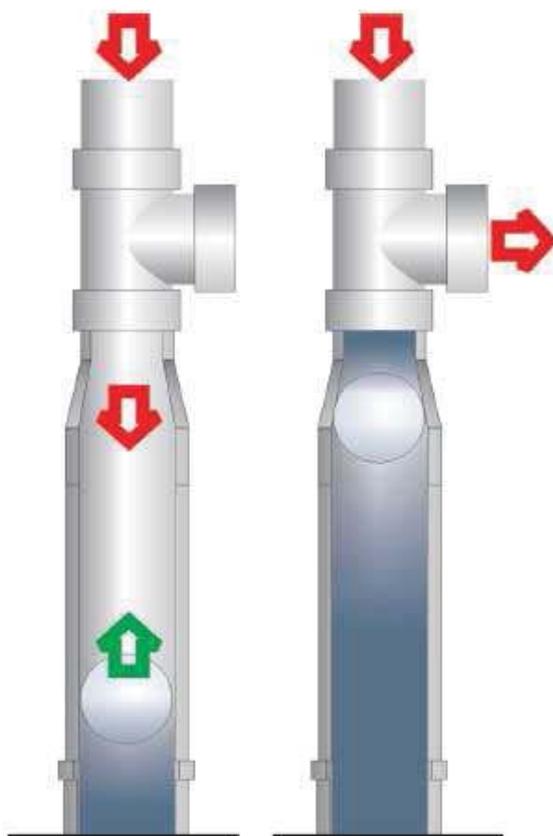
Fonte: Casa Eficiente- Eletrosul

2.4.5 Dispositivo de descarte

Segundo Vidacovich (2004) apud Felden (2008) a função de um dispositivo de descarte inicial (fig12) é remover ou desviar o “first-flush”, também conhecido como primeira

chuva, e não deixar que essa água entre no reservatório de armazenamento de água da chuva. Conforme Tomaz (2003) o first-flush, pode ser desviada manualmente ou através de dispositivos de autolimpeza do reservatório. Para May (2009), como nos telhados há acesso de pequenos animais como pássaros, ratos, gatos e outros, há uma grande possibilidade desta área conter fezes desses animais ou mesmo animais mortos. Outro problema relacionado à contaminação da área de cobertura é o depósito de poeira, galhos e folhas trazidas pelo vento.

Figura12: Esquema básico de dispositivo automático de descarte das primeiras águas escoadas da cobertura



Fonte: Revista Técnica, 133/2008

Pela NBR 15527/2007, o dispositivo de descarte não é obrigatório, mas é recomendado que esse seja automático, dimensionado pelo projetista, e na falta de dados a norma recomenda o descarte de 2mm de precipitação anual.

Para alguns autores, como Pacey e Coly (1996) apud Tomaz (2003), apontam que o descarte ocorra nos primeiros 10min a 20min de chuva. Já May (2009), afirma que o volume de águas pluviais coletados não é o mesmo do volume precipitado, pois há perdas que vão de 10% a 33%, devido a fatores como vazamentos, evaporação e outros.

2.4.6 Área de armazenamento: reservatórios

May (2004) define como parte do sistema que tem o objetivo de armazenar a água da chuva e compreende o reservatório inferior e superior, esse último se houver. Os reservatórios atendem a NBR 12217/ABNT 1994, e possui os seguintes componentes:

- Extravasor
- Dispositivo de esgotamento
- Cobertura
- Inspeção
- Ventilação
- Segurança

Segundo May (2009) a quantidade de água que será armazenada, dependerá dos seguintes fatores:

- Área de coleta
- Precipitação atmosférica local
- Coeficiente de escoamento superficial da cobertura
- Fator de captação

Já para os dados de cálculo de volume mínimo do reservatório de acumulação, são necessários os dados de área de coleta, precipitação média da região e a demanda mensal da edificação May (2009).

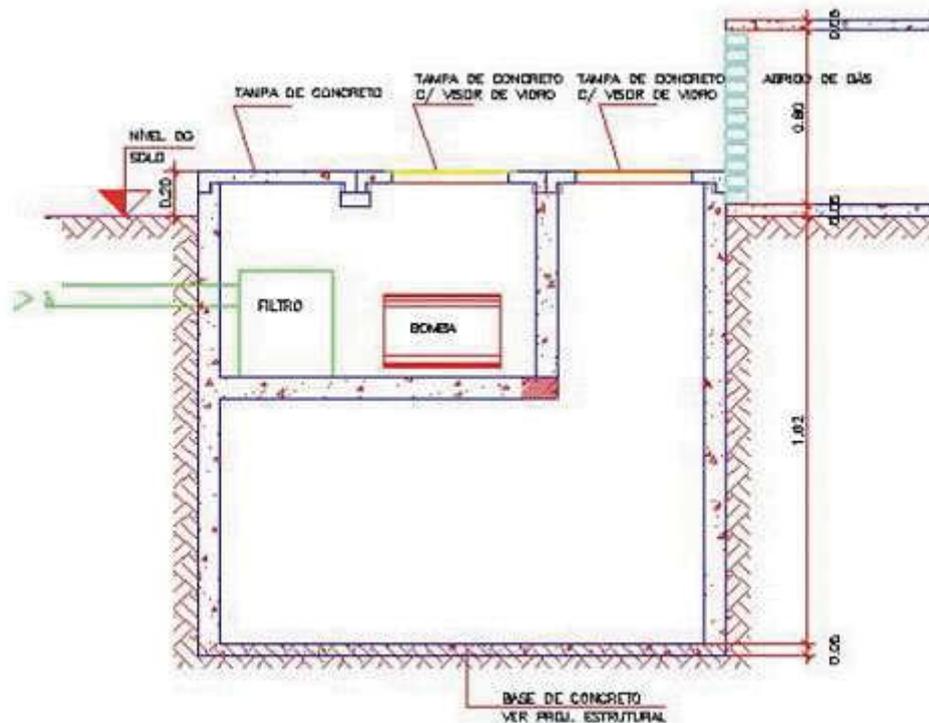
Para Campos (2004), é o componente mais importante do ponto de vista econômico, sendo responsável por 50% a 60% do custo total de um sistema de aproveitamento de água pluvial e um dos principais, quando o assunto é qualidade da água no ponto de consumo.

Os reservatórios, segundo Tomaz (2003), podem ser apoiados, enterrados, ou elevados; e de vários métodos construtivos, como o concreto armado, alvenaria de tijolos comuns, alvenaria de bloco armado, plástico, poliéster, etc. (Fig. 13).

De acordo com a NBR 15527/2007, “o reservatório deve ser dimensionado com base em critérios técnicos, econômicos e ambientais, levando em conta as boas práticas da

engenharia”. Devendo também, este proteger a água armazenada, do calor e incidência direta da luz solar, assim como de animais que possam entrar em seu interior através da tubulação de extravasão.

Figura13: Detalhe de uma cisterna enterrada com visor, filtro e moto bomba.



Fonte: Casa Eficiente- Eletrosul

O projeto adequado do reservatório de água pluvial é de extrema importância, visto que, ele deve permanecer cheio o maior tempo possível, para suprir a demanda e garantir a economia de água potável na edificação.

Segundo Amorim e Campos (2004) a cisterna é o componente mais importante do sistema, quando se refere ao ponto de vista econômico. Já que é responsável por cerca de 50 a 60% do custo total do sistema, além de garantir a demanda e a qualidade da água pluvial aproveitada. O material escolhido também é de suma importância determinante para o custo e para garantir a qualidade mínima da água reservada.

Algumas características como índice pluviométrico, área de captação, usos e população influenciam diretamente o dimensionamento de um reservatório. Para evitar que a dimensão seja exagerada, quando se pensa em períodos de estiagem, tornando o investimento

economicamente inviável, diversos métodos são utilizados na tentativa de encontrar um que melhor se adeque ao local onde o sistema será implantado, conforme Amorim e Campos, (2004) a forma como se difere a demanda que vai fazer a diferença nos métodos. Já para Tomaz(2003) o método de Rippl é o mais utilizado para dimensionamento dos reservatórios, pois é um método que visa garantir o suprimento de água pluvial em qualquer período.

2.4.7 NBR 15527/2007 e seus pré-requisitos

A NBR 15527/2007 vem atender à tecnologia de novos sistemas de aproveitamento de águas pluviais implantados, oferecendo requisitos para o projeto e funcionamento adequado, isto é, dando diretrizes para o uso, concepção do projeto técnico, especificação para cada item do sistema, tais como: calhas e condutores, reservatórios, dimensionamento, funcionamento, instalações prediais, bombeamento, manutenção do sistema e parâmetros de qualidade da água, conforme à Portaria nº2914 do Ministério da Saúde, que é a norma relativa à parâmetros para a qualidade de água para consumo humano.

São correlatas a NBR 15527:2007 as seguintes normativas, sendo estas indispensáveis para a aplicação da mesma:

- ABNT NBR 5626: 1998, Instalação predial de água fria

Estabelece exigências e recomendações relativas ao projeto, execução e manutenção predial de água fria. Das exigências e recomendações para o bom desempenho da instalação e da garantia de potabilidade da água no caso de instalação de água potável e no caso seu uso concomitante com o da não potável afim de evitar a conexão cruzada.

- ABNT NBR 10844: 1989, Instalações prediais de águas pluviais

Dá diretrizes necessárias para os projetos de instalações de drenagem de águas pluviais provenientes de coberturas tais como calhas e condutores, terraços, pátios, quintais e similares, visando a sua boa funcionalidade, segurança, durabilidade, higiene, conforto e economia.

- ABNT NBR 1221 3: 1992, Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público

Fixa condições para a elaboração do projeto de captação de água de superfície, como dispositivos para remoção de detritos.

- ABNT NBR 1221 4: 1992 Projetos de sistema de bombeamento de água para abastecimento público

Determina as condições para a elaboração do projeto do sistema de bombeamento de água, como barriletes, bombas, válvulas.

– ABNT NBR 1221 7: 1994 Projetos de reservatório de distribuição de água para abastecimento público

Diretrizes para elaboração do projeto dos reservatórios do sistema, como extravasor, reservatórios superior e inferior, dispositivo de esgotamento.

Quanto ao padrão de qualidade de água reservada, deve ser definido de acordo com o uso da água captada.

Além disso, a NBR 15527 também dá requisitos mínimos para a desinfecção da água não potável, ficando a critério do projetista a escolha do método, entre eles a utilização de derivado clorado (obrigatório onde é necessário um residual desinfetante), raios ultravioleta, ozônio e outros.

Por atender a portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde, que considera águas provenientes de chuva ou águas pluviais, como não potáveis, a NBR 15527 permite o uso somente nos seguintes casos:

- Descargas em bacias sanitárias,
- Irrigação de gramados e plantas ornamentais,
- Lavagem de veículos,
- Limpeza de calçadas e ruas,
- Limpeza de pátios,
- Espelhos d'água,
- Usos industriais.
- Uso de reserva de incêndio

A norma também define os seguintes conceitos relativos ao tema, a serem aplicados na concepção do sistema:

- Água de chuva: água resultante de precipitações atmosféricas coletada em coberturas, telhados, onde não haja circulação de pessoas, veículos ou animais.
- Água não potável: água que não atende a Portaria nº 2914 do Ministério da Saúde

- Área de captação: área, em metros quadrados, projetada na horizontal da superfície impermeável da cobertura onde a água é captada.
- Coeficiente de escoamento superficial: coeficiente que representa a relação entre o volume total de escoamento superficial e o volume total precipitado, variando conforme a superfície.
- Conexão cruzada: qualquer ligação física através de peça, dispositiva ou outro arranjo que conecte duas tubulações das quais, uma conduz água potável e a outra água de qualidade desconhecida ou não potável.
- Demanda: consumo médio (mensal ou diário) a ser atendido para fins não potáveis
- Escoamento inicial: água proveniente da área de captação suficiente para carregar a poeira, fuligem, folhas, galhos e detritos.
- Suprimento: fonte alternativa de água para complementar o reservatório de água de chuva

Outro requisito importante que a norma estipula é que, os sistemas, tanto o de água fria- potável- quanto o de aproveitamento de água pluvial, não devem estar conectados, evitando a conexão cruzada, isto é, devem ser completamente independentes, diferenciados e os pontos de consumo de água não potável devem estar claramente identificados.

A manutenção é outro fator que a normativa aplica como requisito para o bom funcionamento do sistema de aproveitamento de água pluvial, dando diretrizes para a frequência correta para essa manutenção conforme quadro 05.

Quadro 05: Frequência de manutenção do sistema de coleta e aproveitamento de águas pluviais.

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	Limpeza semestral
Dispositivo de desinfecção	Mensal
Bombas	Mensal
Reservatórios	Limpeza e desinfecção anual

Fonte: ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas: NBR15527/2007

A normativa estabelece alguns métodos para cálculos de dimensionamento do reservatório de acumulação de águas pluviais, sendo eles:

– Método de Rippl

Método que usa as séries históricas mensais e diárias.

$$S(t) = D(t) - Q(t)$$

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

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

Sendo que: $\sum D(t) < \sum Q(t)$,

Onde:

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

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

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

V = é o volume do reservatório

C = é o coeficiente de escoamento superficial

– Método da Simulação

A evaporação da água não deve ser levado em conta. Para um determinado mês, aplica-se a equação da continuidade a um reservatório finito

$$S(t) = Q(t) + S(t-1) - D(t)$$

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

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

Onde:

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

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

$Q(t)$ é o volume de chuva no tempo t

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

V é o volume do reservatório fixado

C é o coeficiente de escoamento superficial

– Método Azevedo Neto

Usa-se os dados da precipitação média anual e número de meses de pouca chuva.

$$V=0,042 \times P \times A \times T$$

onde:

P é o valor numérico da precipitação média anual, expresso em milímetros (mm);

T é o valor numérico do número de meses de pouca chuva ou seca;

A é o valor numérico da área de coleta em projeção, expresso em metros quadrados (m²);

V é o valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório, expresso em litros (L).

– Método prático alemão

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.

$V_{\text{adotado}} = \text{mínimo de (volume anual precipitado aproveitável e volume anual de consumo)} \times 0,06 \text{ (6 \%)}$

$$V_{\text{adotadomín}} = (V; D) \times 0,06$$

onde:

V é o valor numérico do volume aproveitável de água de chuva anual, expresso em litros (L);

D é o valor numérico da demanda anual da água não potável, expresso em litros (L);

V_{adotado} é O valor numérico do volume de água do reservatório, expresso em litros (L).

– Método prático inglês

O volume de chuva é obtido pela seguinte equação:

$$V = 0,05 \times P \times A$$

onde:

P é o valor numérico da precipitação média anual, expresso em milímetros (mm);

A é o valor numérico da área de coleta em projeção, expresso em metros quadrados (m²);

V é o valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água da cisterna, expresso em litros(L)

– Método prático australiano

O volume de chuva é obtido pela seguinte equação:

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

Onde:

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

P é a precipitação média mensal

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

A é a área de coleta

Q é o volume mensal produzido pela chuva

Calculo do volume do reservatório (realizado por tentativas, até utilizar valores otimizados e de confiança)

$$V(t) = V(t-1) + Q(t) - D(t)$$

Onde:

Q(t) é o volume mensal produzido pela chuva no mês t

V(t) é o volume de água que está no tanque no fim do mês t

V(t-1) é o volume de água que está no tanque no início do mês t

D(t) é a demanda mensal

Sendo que para o primeiro mês o reservatório será considerado vazio.

Quando $V(t) = V(t-1) + Q(t) - D(t) < 0$, considera $V(t) = 0$

Volume do tanque escolhido será T

Valores de confiança:

$$P(r) = N(r) / N$$

Onde:

$P(r)$ é a falha

$N(r)$ é o número de meses em que o reservatório não atendeu à demanda, quando $V(t)=0$

N é o número de meses considerado , em geral 12 meses.

Confiança = $(1 - P_r)$, estando esses valores entre 90% e 99%

Os métodos para cálculo de dimensionamento são escolhidos de acordo com critérios técnicos, econômicos e ambientais, podendo ser utilizado outro método que não esteja na normativa pelo projetista, desde que este seja devidamente justificado.

2.5 Estudos em sistemas de aproveitamento de água da chuva

Devido a preocupação de alguns pesquisadores em não só racionalizar o uso da água potável e aproveitar a água pluvial para fins não potáveis, alguns estudos foram realizados em locais onde há a existência de sistemas de aproveitamento de água pluvial, com a intenção de analisar a qualidade da água armazenada e monitorar o funcionamento e a eficiência do sistema.

2.5.1 Hospital Campus -Chhatrapati Shivaji – Nagar, Pune Índia

Em 2007, no Hospital Campus Chhatrapati Shivaji, foi realizada pela equipe da chefe de projetos Pradnya Thakur, da Fundação Ecosanservices, uma análise de qualidade da água coletada do sistema de aproveitamento de água pluvial, onde a área de coleta era de 200m² de cobertura do tipo amianto e a água coletada era armazenada em dois tanques de sintex, de 500L cada, somando ao todo 1000 litros. Sendo estes protegidos da luz solar e o sistema possuindo filtro de areia feito no local, não sofrendo nenhum tratamento químico, como cloro para desinfecção.

A análise da água foi feita semanalmente num período, de maio de 2007 a setembro de 2008. Sendo analisados os parâmetros físicos e químicos das amostras, onde estas foram coletadas em frascos de plástico de 1L e levadas imediatamente ao laboratório (fig14).

Figura 14: Coleta das amostras



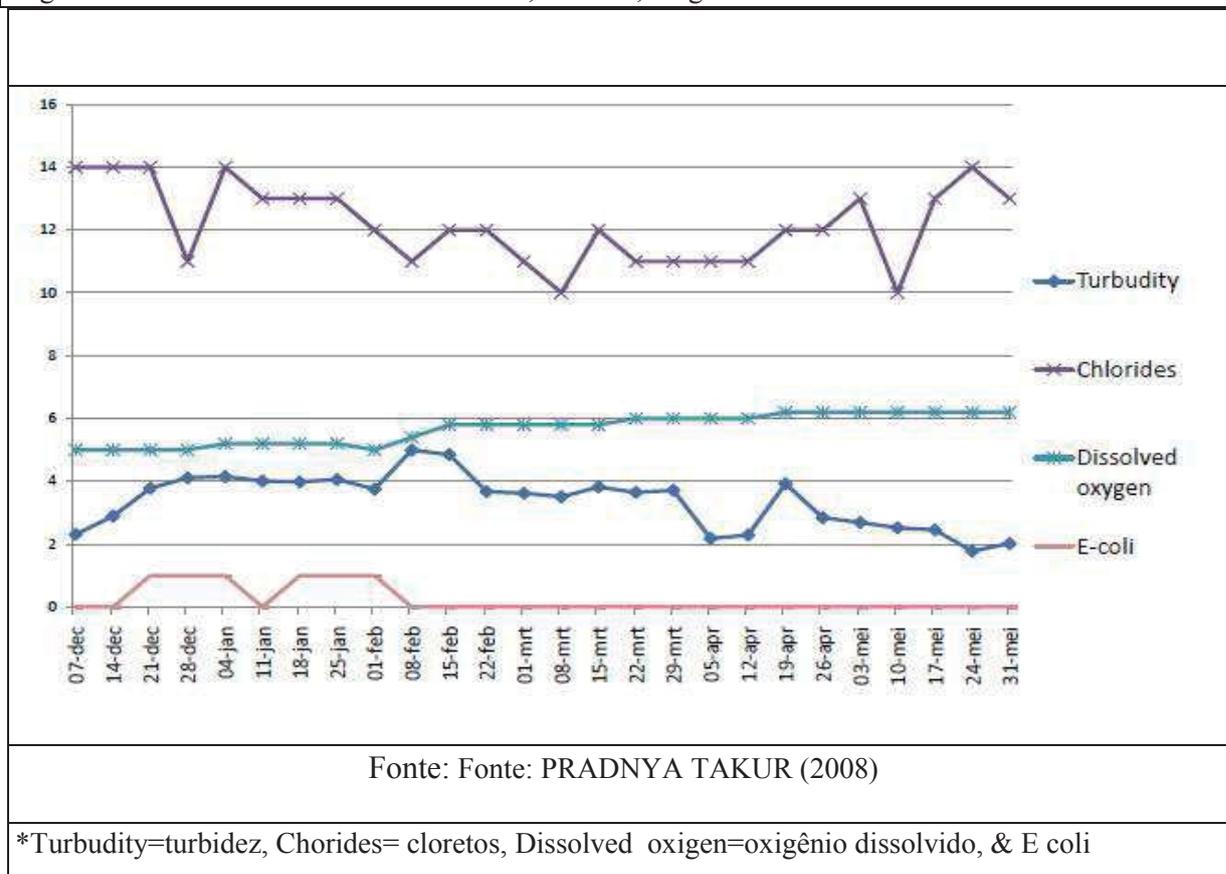
Fonte: PRADNYA TAKUR (2008)

O padrão para análise das amostras, foi realizado de acordo com *Water Act*, (Federal *Water Pollution Control Act* ou “*Clean Water Act - CWA*”), lei federal americana de controle de poluição da água.

Nas análises feitas constatou-se que:

Na contagem bacteriana, foi detectada um agente microbiológico, o mais provável *E.Coli*, embora houve uma diminuição gradual das bactérias no período de 6 de setembro a 6 de outubro de 2007, já em 7 de maio de 2008 a amostra de água não possuía nenhum agente microbiológico contaminante. Sendo que o período significativo da presença do *E.Coli* foi entre 14 de dezembro e 8 de fevereiro de 2007. (fig.15).

Figura 15: resultados da análise de turbidez, cloretos, oxigênio dissolvido & E coli



Quanto às análises físico-químicas o ph sempre se manteve constante, na faixa de 6 a 8.

Tanto o oxigênio dissolvido como os cloretos não sofreram muita variação, e se mostraram constantes ao longo das análises.

Já os sólidos dissolvidos como o grau de dureza, sofreram uma diminuição gradual, neste período.

No que se refere a turbidez da água, mostrou-se constante durante todas as análises, assim como os sólidos suspensos . que são os grandes responsáveis pela turbidez da água, já que valores elevados contribuem para a proliferação de microrganismos.

Segundo Pradnya (2008), seria necessário a desinfecção química da água armazenada para uma água potável de qualidade aos usuários, já que as amostras revelaram um grau de contaminação num determinado período do monitoramento.

2.5.2 Sistema experimental para a coleta das águas pluviais – USP.

No Centro de Técnicas de Construção Civil da Escola Politécnica da USP, CTCC, foi construído um sistema experimental, com o objetivo de coletar amostras de águas pluviais para análise das mesmas.

O sistema experimental de coleta era constituído pelos componentes: área de coleta de 82m², condutores horizontais (calhas) e verticais, sistema de peneira para retirada de folhas e dois reservatórios de acumulação de águas pluviais, de polietileno com capacidade de 500 litros cada, ligados por dutos comunicantes(fig18).

Figura 16: Reservatório do sistema experimental no CTCC-USP



Fonte: May (2004)

O processo de filtração era feito através de um filtro rápido de pressão de escoamento descendente. O meio filtrante é composto de areia com granulometrias diferentes, de 0,45mm a 0,55mm.

As amostras de águas pluviais foram coletadas com frascos de polipropileno, e as análises bacteriológicas, físicas e químicas foram analisadas no Laboratório de Saneamento Básico da Escola Politécnica da USP. Ao todo foram coletadas 80 amostras, num período de agosto de 2006 à maio de 2007, com duas variantes, algumas amostras foram coletadas sem tratamento, tendo passado somente pelo processo de filtração, e outras após tratamento com hipoclorito de sódio. Resultados demonstrados no quadro 06.

Nas amostras coletadas sem tratamento químico, a cor aparente e a turbidez, estavam acima dos valores estabelecidos pela NBR 15527/2007, já após o tratamento químico, esses valores se enquadraram dentro dos requisitos mínimos para consumo não potável.

Outro fato, é que nos meses em que a frequência de precipitação é maior, o PH estava menos ácido, assim como nos períodos de estiagem o grau de agentes contaminantes como coliformes totais e termotolerantes tendem a ser bastante elevados nas águas sem tratamento químico.

Quadro 06: Valores obtidos nas amostras com tratamento e sem tratamento

PARÂMETROS ANALIZADOS	ÁGUAS PLUVIAIS SEM TRATAMENTO	ÁGUAS PLUVIAIS TRATADA
	Media	Media
Cor aparente (uC)	21.6	8.2
Odor	Não desagradáveis 3.3	Não desagradáveis 0.8
Turbidez (UNT)	6.8	6.5
Temperatura (C°)	20	20
Alcalinidade (mg/L)	10	10
Condutividade (µs/cm)	54.5	39.8
Residual de cloro (mg/L)	-	0.8
Termotolerantes (NMP/100mL)	-220	Ausentes
Coliformes totais (NMP/100mL)	3x10 ³	Ausentes

May (2009) conclui que devido ao perigo constante de contaminação e concentração de bactérias nas águas pluviais, é fundamental a utilização de agente químico para a desinfecção, nos sistemas de aproveitamento de água pluvial, para que a utilização dessa água não se torne um agente de risco para a saúde do usuário.

2.5.3 Monitoramento do sistema de aproveitamento de água pluvial em uma edificação UFSCar.

Para avaliar quantitativamente e qualitativamente um sistema de aproveitamento de água pluvial, HERNANDES e AMORIM, monitoraram uma edificação, no período de junho de 2004 a julho de 2005. Os resultados foram obtidos através de hidrômetros instalados no sistema de água pluvial e no de água potável. Para determinar o volume captado foi utilizado o método Racional indicados no quadro 07.

Quadro 07: Resultados quantitativos do sistema

Uso	Consumo
Total de água consumida na edificação	262,10m ³
Total de água potável consumida	188,27m ³
Total de água pluvial consumida	73,83m ³
Total de água pluvial consumida na bacia sanitária	26,30m ³
Total de água pluvial captada	446,10m ³
Total de água pluvial descartada	372,26m ³
Total de água pluvial infiltrada	342,47m ³
Economia	28%
Participação das descargas sanitárias no volume total de água pluvial aproveitada	36%
Participação da bacia sanitária no consumo total de água da casa	10%
Relação água infiltrada/captada	77%
Relação volume aproveitado/volume captado	17%

Fonte: Hernandes e Amorim

Os resultados mostram que a cisterna cumpre a função a que foi destinada e supre a demanda da edificação em estudo gerando uma economia significativa principalmente no que diz respeito a descarga utilizada nas bacias sanitárias.

Para avaliar a qualidade da água da cisterna, foram utilizados oito parâmetros: odor, cor, pH, índice de sólidos totais dissolvidos, coliforme total, coliforme termotolerantes e E. Coli.

Como referência foram utilizadas a Norma Canadense de Qualidade de Água para uso Recreacional (1992), a norma Australiana de Qualidade da Água para Águas Doces e Marinhas (1992) e a portaria CONAMA n°274/2004, para corpos d'água classe2.

No que se refere aos parâmetros químicos, por se tratar de água para uso de serviços gerais e não para consumo, os resultados, demonstrados nas tabelas 04 e 05 segundo HERNANDES e AMORIM foram atendidos. Enquanto a qualidade microbiológica apresenta uma pequena contaminação.

Tabela 04: Qualidade água – aspectos físicos

NORMA	ODOR	COR(mgPt/l)	pH	TURBIDEZ (U.T)	ISDT(mg/l)
CONAMA/classe2	Ausente	75	6,0-9,0	100	500
Australia	X	X	6,5-8,5	X	1000
Canadá	Ausente	X	6,5-8,5	50	X
RESULTADOS					
MÁXIMO	Ausente	10,0	9,3	5,6	88
MÍNIMO	Ausente	2,	6,3	0,5	11

Tabela 05: qualidade da água- aspectos microbiológicos

NORMA	COLIFORMES TERMOTOLERANTES (unidades/ml)	<i>E. Coli</i> (unidades/ml)	COLIFORMES TOTAIS (unidades/ml)
CONAMA/classe2	<1.000	<800	X
Australia	<150	X	X
Canadá	X	<200	X
RESULTADOS			
MÁXIMO	1	Presença em %das amostras a	16
MÍNIMO	<1		<1

Mesmo que as amostras tenham revelado um grau de contaminação quanto a sua qualidade, para os autores, o uso dessa água seria permitido para contato primário do usuário, como irrigação e lavagem de piso

2.5.4 Avaliação de um sistema de aproveitamento de água pluvial em uma empresa em Vila Maria- RS

Após a implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial em uma empresa em Vila Maria- RS, Furlani (2011) fez uma avaliação qualitativa e quantitativa, objetivando avaliar a viabilidade pós ocupação do mesmo. A empresa utiliza a água pluvial para processos industriais, bacias sanitárias e regas de jardins limpeza de calçadas.

Para análise quantitativa do sistema foi feita uma comparação do dimensionamento real do reservatório com o dimensionamento dado pelo método de Rippl, verificando assim se a dimensão da cisterna corresponde a demanda da indústria.

Para análises qualitativas, foi realizada coleta no reservatório inferior e verificado parâmetros físicos químicos e microbiológicos.

O reservatório atual possui uma dimensão de 64,97m², com um volume de 143m³ de reserva de água pluvial, com uma demanda total de 203,20m³ utilizada pela empresa

Após os cálculos obtidos através do método de Rippl chegou-se a conclusão que o reservatório da empresa deveria ter um volume total de 710m³. Segundo Furlani(2011), constatou-se que o sistema não está suprindo as necessidades da empresa, devido ao dimensionamento da cisterna ser inferior a demanda, já que o volume de água pluvial armazenada é menor do que o volume necessário para os usos estabelecidos para água pluvial da empresa.

Quanto a qualidade da água, como referência foi observado a Portaria 518./04, conforme quadros 08 e 09.

Quadro08: Análise físico e químico da água

Parâmetros	Resultados	Vmp/ portaria 518
pH	10,24	6,0 – 9,0
Condutividade	39,8	X
Turbidez (NTU)	0,07	5
Cor (UH)	ND	15
Sólidos suspensos (mg/l)	1	X

Quadro 09 Análise microbiológico da água

Parâmetros	Unidade	Resultados	VMP/ portaria 518
Coliformes totais	NMP/100mL	Ausente	Ausência em 100mL
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	Ausente	Ausência em 100mL
Contagem de bactérias heterotróficas	UFC/mL	33,33	500UFC/mL

Os resultados obtidos com a análise das amostras, conforme comparação feita com os valores máximos permitidos (VMP) da portaria 518/04, a água se apresenta com qualidade para o uso definido pelo sistema.

No que se refere às análises físico-químico, o pH deve ser corrigido já que obteve valores elevados e acima da referência estabelecida. Assim como os parâmetros referentes a

Condutividade e Sólidos Suspensos, que também apresentaram índices acima dos estabelecidos.

2.5.5 Análise do sistema de aproveitamento de água pluvial em edificação unifamiliar e multifamiliar em Passo Fundo

Rosa(2012) analisou quantitativamente e qualitativamente os sistemas de aproveitamento de água pluviais de duas edificações. As tipologias monitoradas foram uma residência multifamiliar denominada como Sistema 1, e uma residência unifamiliar, denominado Sistema 2, ambas as residências localizadas em Passo Fundo, RS.

Para análise qualitativa, foram coletadas três amostras de pontos distintos dos dois sistemas, são elas:

- a) Três (3) amostras na caixa acoplada da bacia sanitária no Sistema 1.
- b) Uma amostra na torneira do jardim no Sistema 2.
- c) Uma diretamente do telhado, após a precipitação nos Sistemas 1 e 2.
- d) Uma amostra da precipitação, sem obstáculos entre a atmosfera e a superfície.

Nas amostras coletadas foram realizados ensaios físico-químico e microbiológico e comparados com as seguintes normas e resoluções:

CONAMA 274/2000

CONAMA 357/2005

Manual de Conservação e Reúso de Águas em Edificações – ANA/FIESP & SindusCon-SP

NBR13969/1997

NBR 15527/2007

Portaria MS 2914/2011.

Os resultados das amostras dos sistemas 1 e 2 referente às bacias sanitárias e lavagem de pisos, conforme demonstrado no quadro 10, se enquadraram somente dentro dos limites estabelecidos pelo CONAMA 274/2000 e CONAMA 357/2005. Que é em relação ao contato primário como uso de água pluvial para lavagem de pisos, já que os valores encontrados estão abaixo dos valores máximos estabelecidos.

Quadro 10: Comparação da qualidade da água dos sistemas nos pontos de uso

PARÂMETROS	Sistema 1			Sistema 2		
	Resultado da amostra Bacia sanitaria			Resultado da amostra Torneira jardim		
	1 ^a 24/07/12	2 ^a 28/08/12	3 ^a 11/09/12	1 ^a 24/07/12	2 ^a 28/08/12	3 ^a 11/09/12
pH	7,44	7,28	6,98	7,89	7,23	7,01
Turbidez(UNT)	9,25	23,24	32,05	0,7	1,71	8,21
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	<1,1	2,6	>8,0	1,1	<1,1	>8,0
Bactérias heterotróficas (UFC/mL)	3,4x 10 ³	2,0x 10 ³	4,0x 10 ³	2,3x 10 ³	6,8x 10 ³	1,0x 10 ³
Sólidos dissolvidos (mg L-1)	74	118	95	70	84	63
Cloro residual livre (mg L-1)	0,06	ND	ND	ND	ND	0,05

No Sistema 1, o pH ficou dentro dos limites estabelecidos pelas normativas e resoluções estabelecidas como referência, que é entre 6,0 e 9,0. Já os demais parâmetros possuem valores acima dos estabelecidos, com exceção do cloro residual livre que se encontrou abaixo da referência dada pela NBR 15527. Ficando com um valor de 0,5mg/L.

No quadro 11, os resultados das amostras do telhado, tanto do sistema 1 quanto do sistema 2, não estiveram dentro dos padrões estabelecidos na normativa 15527/2007, com exceção do pH do sistema 2, que ficou perto do limite máximo dado pela normativa, e o cloro residual livre que em ambos os sistemas tiveram valores abaixo do estabelecido.

Quadro 11: Comparação da qualidade da água entre os telhados

PARÂMETROS	Sistema 1	Sistema 2
	Resultado da amostra Coleta do telhado após precipitação	Resultado da amostra Coleta do telhado após precipitação
pH	9,69	7,84
Turbidez(UNT)	21,94	10,08
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	<1,1	8
Bactérias heterotróficas (UFC/mL)	4,9x10 ³	3,8x10 ³
Sólidos dissolvidos (mg L-1)	145	31
Cloro residual livre (mg L-1)	0,18	0,11

Em relação aos parâmetros do Manual de conservação de uso e reuso de águas em edificações, somente o item sólidos dissolvidos ficou abaixo da especificação, tanto no Sistema 1 como no Sistema 2.

Já no que diz respeito aos parâmetros estabelecidos pela resolução CONAMA 274/00 para balneabilidade e a resolução CONAMA 357/05, para classificação das águas, os valores estão abaixo do limite dado como referencia tanto no sistema1 quanto no sistema 2.

Em relação às amostras coletadas nos pontos estabelecidos dos dois sistemas, verificou-se que os valores não se enquadram aos padrões estabelecidos pelas normativas e resoluções.

Embora os valores obtidos nos dois sistemas tenham se equiparados, o sistema 2 obteve valores mais próximos aos parâmetros estabelecidos, principalmente no que diz respeito a Turbidez.

Quanto a amostra coletada diretamente da precipitação, sem obstáculos entre atmosfera e superfície, obteve valores acima dos estabelecido pelas normativas e resoluções, demonstrado noquadro 12.

Observa-se que foram encontrados coliformes termotolerantes e bactérias heterotróficas, embora não haja um diagnostico do por que desses valores, sendo que deveria ser ausente para esse parâmetro.

Quadro 12: análise da qualidade da água da precipitação.

PARÂMETROS	Resultado da amostra
	Coleta direta da precipitação 24/07/12
pH	7,06
Turbidez (UNT)	4,97
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	<1,1
Bactérias heterotróficas (UFC/mL)	1,1x10 ³
Sólidos dissolvidos (mg L-1)	9
Cloro residual livre (mg L-1)	0,12

Para análise quantitativa foi analisada a demanda do sistema e o volume reservado na cisterna, para cada sistema monitorado, assim como comparação com outros métodos de dimensionamento do reservatório.

Tabela 06: Realidade atual da capacidade do reservatório

LOCAL	RESERVATÓRIO capacidade (L)	Área coleta (m ²)	Demanda mensal (L)	Oferta mensal captada(L)
Sistema 1	12.500	368.7	41.000	48.640
Sistema 2	10.000	285	1.953,6	37.600

Métodos utilizados para o dimensionamento do reservatório (tab. 07):

- a) Método de Rippl
- b) Método de Azevedo Neto
- c) Método prático alemão
- d) Método prático inglês

Tabela 07: Volume do reservatório conforme os métodos utilizados

LOCAL	MÉTODOS			
	RIPPL (L)	AZEVEDO NETO (L)	PRÁTICO INGLES (L)	PRÁTICO ALEMÃO (L)
SISTEMA 1	40.000	30.650	36.500	29.520
SISTEMA 2	2.000	23.700	28.200	1.410

Os resultados dos cálculos, demonstraram que o reservatório do sistema 1 está subdimensionado, isto é, a demanda é maior que o volume reservado atualmente, resultando num abastecimento desnecessário de água potável para atender a demanda, mesmo em períodos de chuva.

Enquanto o sistema 2, os métodos que utilizam a área de coleta obtiveram valores maiores para o dimensionamento do reservatório (Azevedo Neto e Inglês) os métodos que consideram a demanda o reservatório atual está superdimensionado devido a demanda ser muito pouca neste caso.

Os cálculos evidenciaram que os dois sistemas necessitariam de uma adequação no seu volume de reservação utilizando a demanda como fator, afim de garantir um suprimento mais adequado as edificações.

Os sistemas foram analisados conforme requisitos da NBR 15527/2007, quanto a sua instalação, manutenção e uso, a fim de que fosse feita uma análise e comparação, entre valores obtidos quanto a parte qualitativa e quantitativa do mesmo. Somente o dispositivo de esgotamento e o abastecimento de agua potável estão instalados no sistema 01. O restante dos itens, todos, estão em desacordo com NBR 15527/2007.

2.5.6 Comparação do método de aproveitamento máximo e do método de análise de simulação

Afim de analisar a aplicação do método desenvolvido por Mierzwa, o Método de Aproveitamento Máximo (MMA) , Carvalho, Oliveira e Moruzzi (2003) usaram como método comparativo o Método de Análise de Simulação (MAS) , sendo utilizado para isso, o dimensionamento de um reservatório que atende a demanda das bacias sanitárias de uma residência unifamiliar.

O Método de Aproveitamento Máximo, baseia-se no conceito de que o volume máximo aproveitável de água pluvial no dia é igual ou superior à demanda.

Para dimensionar o reservatório e comparar os métodos, foram utilizados dados pluviométricos da cidade de São Carlos (SP), assim como os dados da área de captação, usou-se coberturas de telhas cerâmicas, com projeção horizontal de 80m², assim como o mesmo fator de escoamento 0,8.

Para a demanda, foram consideradas bacias sanitárias com caixa acoplada, em residências unifamiliares, de 3, 4 e 5 habitantes, considerando 5 descargas por habitantes/dia, com volume de descarga de 6L.

Em relação ao MMA, verificou-se que independente da demanda e da área de captação, o volume de descarte da primeira chuva é inversamente proporcional ao volume aproveitável no ano, isto é, se o volume de descarte for maior, menor é o volume aproveitável, já que a diminuição da oferta.

No método MAS, o aumento da capacidade do reservatório está ligado a diminuição dos dias onde não há oferta de água pluvial ou seja, dias em que o reservatório permanece sem água, já que a quantidade de água armazenada aumenta nos períodos chuvosos.

Tabela 08: Volumes de reservação determinados pelos métodos selecionados (m³)

Volume do reservatório (m ³)	MMA		MAS	
	Dias de déficit	Potencial de economia	Dias de déficit	Eficiência
2	129	65%	133	64%
5	97	73%	99	73%
10	55	85%	57	84%
15	14	96%	13	96%

Comparação entre os dias de déficit e eficiência dos dois métodos (MMA e MAS). Considerando área de captação de 80m², descarte da primeira chuva de 2mm e demanda de 0,12m³/dia

Na avaliação final, concluiu-se que os dois métodos podem ser utilizados, principalmente se forem utilizados em conjunto para um dimensionamento mais preciso, comparando o volume de reservação e dados pelo MMA, podem ser comparados com do MAS, conforme tabela 08, resultando uma maior precisão na definição do volume e da eficiência alcançada.

2.5.7 Análise do volume do reservatório no campus da UNICAMP através dos métodos adotados NBR15527/2007

Campos e Ilha (2010) selecionaram diversos métodos para calcular o volume de reservação para o sistema de coleta de água pluvial do campus Zeferino Vaz da UNICAMP. Tendo em vista o fator econômico do reservatório.

A área total de coleta para água pluvial é de 1222m², telhas metálicas, com uma população média semanal de 2405, e uma população fixa de 11 pessoas.

O uso do sistema é para as bacias sanitárias, lavagem de pátio e rega de jardim, com uma demanda para o mês de fevereiro de 59,04m³, estimando para um mês de 31 dias, 65,22m³ e para um mês de 30 dias, 62,23m³.

Entre os métodos selecionados estão o Método de Rippl – dados mensais, método de Rippl, dados diários, métodos práticos constantes na NBR 15527/2007 (brasileiro, alemão, australiano e inglês); método de Weibull e método de Simulação (Netuno).

Após os resultados obtidos com os cálculos, foram analisados 2, dois cenários, um com os métodos selecionados para dimensionamento do reservatório e outro analisando a eficiência do sistema. Tabela 9 e Tabela 10.

Tabela 09: Volumes de reservação determinados pelos métodos selecionados (m³)

Rippl mensal	Rippl diário	Prático Brasileiro	Prático inglês	Prático Alemão	Prático Australiano	Weibull	Netuno
61,25	70,08	256,28	91,34	45,87	32,00	96,72	16,00

Tabela 10: Eficiência do sistema determinada pela média histórica nos últimos 30 anos H30, comparados com o Netuno (%)

Rippl mensal		Rippl diário		Prático Brasileiro		Prático inglês		Prático Alemão		Prático Australiano		Weibull		Netuno	
H30	Net	H30	Net	H30	Net	H30	Net	H30	Net	H30	Net	H30	Net	H30	Net
68	84	71	86	100	100	78	89	63	81	56	76	80	90	43	63

Verificou-se que os valores obtidos para a eficiência são similares aos valores obtidos com os fornecidos pelo Método Netuno, sendo que os valores estimados pelos método prático inglês e brasileiro, apresentam eficiência elevada devido ao volume de reservação.

Embora o método de Weibull tenha apresentado valores mais adequados para a situação de estudo, mostrando eficiência mais alta para volumes menores, o método não considera a área de captação pois os cálculos são estimado sem uma situação ideal e não real do local no qual quer ser implantado o sistema de aproveitamento de água pluvial.

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

3.1 Local de desenvolvimento do estudo

O desenvolvimento do trabalho ocorre no município de Passo Fundo, localizado na região norte do estado do Rio Grande do Sul – Brasil (fig19) Possui uma população de 184.869 habitantes (IBGE, 2010), numa extensão territorial de 783,42 km² (IBGE, 2010).

Figura17: Localização de Passo Fundo no Rio Grande do Sul



Fonte: ABREU. R.L .Wikipedia

O município é conhecido como um divisor de águas, isto é, divisor das Bacias Hidrográficas do Uruguai e do Atlântico Sul, integrando também as Bacias Hidrográficas do Alto Jacuí, de Passo Fundo, da Várzea, da Apuaê-Inhandava e Taquari-Antas.

Inserido no Bioma da Mata Atlântica, possui uma precipitação pluviométrica média mensal de 148.98mm, pela classificação de Köppen, está situado na Zona Climática Fundamental Temperada(C), que apresenta um clima do tipo fundamental úmido(f) e variedade específica subtropical (Cfa), sendo assim um clima subtropical úmido, com chuvas bem distribuídas durante o ano e temperatura média do mês mais quente superior a 22°C.(fig20)

Figura 18: normais climatológicas de Passo Fundo (1961-1990),

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA ANUAL
Temperatura Média (°C)	22,1	21,9	20,6	17,6	14,3	12,7	12,8	14,0	14,8	17,7	19,8	21,5	17,5
Temperatura Max.(°C)	28,3	28,0	26,7	23,7	20,7	18,4	18,5	19,9	21,2	23,8	26,0	27,8	23,6
Temperatura mín (°C)	17,5	17,5	16,3	13,5	10,9	8,9	8,9	9,9	11,0	12,9	14,8	16,5	13,2
Precipitação total(mm)	143,4	148,3	121,3	118,2	131,3	129,4	153,4	165,7	206,8	167,1	141,4	161,5	1787,8
Umidade Relativa(%)	71	74	75	74	75	76	75	73	72	69	67	67	72

Fonte: Embrapa Trigo(2010)

O abastecimento de água do município é realizado em forma de concessão pela Companhia Riograndense de Saneamento, a CORSAN, responsável também pela coleta e tratamento de esgoto na cidade.

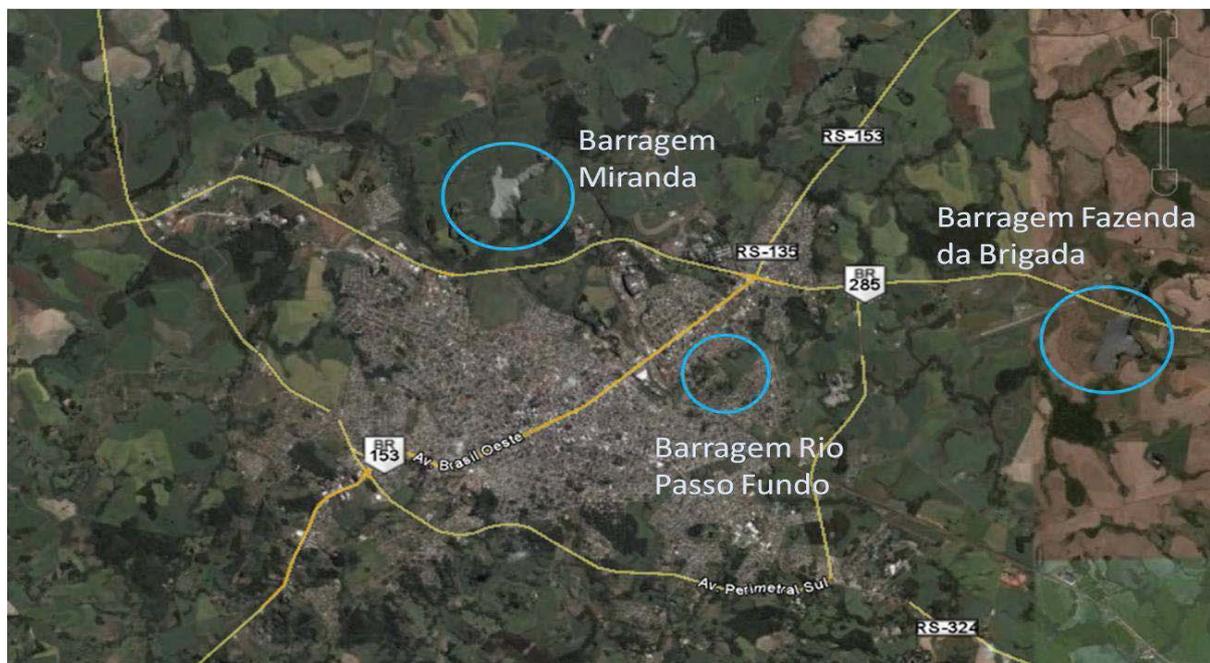
A CORSAN possui 3 (três) pontos de captação para o abastecimento na cidade:

Barragem de acumulação do Arroio Miranda com capacidade de 1,3 milhões de m³

Barragem de acumulação da Fazenda da Brigada com capacidade de 3,5 milhões m³ e a Barragem de nível do Passo Fundo Velho (fig.21)

As barragens atendem à um consumo na cidade de Passo Fundo de 1,5 milhões de m³/mês.

Figura 19: Localização das Barragens no município de Passo Fundo.



Fonte: adaptação Google Earth(2010)

Passo Fundo possui uma extensão de rede de água de 540km, correspondendo a 99% da população. O volume de água micro medido é de 67%, num volume de água produzido de 1.320m³ (mensal). Possui também 23.250 números de hidrômetros instalados na rede, num total de 36.626 ligações à rede distribuidora.

Quanto a rede de abastecimento urbana, a cidade de Passo Fundo consta com 3 estações de tratamento de água, 09 estações de bombeamento de água tratada, 18 reservatórios com capacidade total de reservação de 17.350m³.

Referente ao tratamento de efluentes, a cidade possui uma extensão de rede de esgoto de 33.000km, equivalendo a 20% da cidade, sendo 2.321 ligações que atendem a 9.527 economias, segundo dados da prefeitura de 2010.

O controle de qualidade da água potável que a concessionária fornece no município, acontece rigorosamente tanto na entrada das estações de abastecimento de água quanto nas saídas das estações de tratamento de água, assim como são realizadas coletas nas redes de água em pontos estratégicos da cidade.

As informações das análises de qualidade de água são fornecidas nas contas de água da CORSAN, mostrado no quadro 13, conforme PORTARIA MS 2914/2011

Quadro 13: Dados da análise de qualidade da água potável fornecida em Passo Fundo

PARÂMETROS	PADRÃO DE QUALIDADE	MÉDIA
Turbidez	0.0 a 5.0 UT	0.9 UT
Cor	0 a 15 UH	3 UH
Cloro Residual Livre	0,20 a 5, 00 mg/L	0,95mg/L
Coliformes Totais	Ausente em 100mL	ausente
Coliformes Termotolerantes	Ausente em 100m/l	ausente

Fonte: dados CORSAN (2012)

3.2 Local de monitoramento: Centro de Convivência - UPF

A edificação comercial, que foi escolhida para análise e monitoramento do seu sistema de aproveitamento de água pluvial, é o centro de Convivência da Universidade de Passo Fundo possuindo uma área de 3.665,16m², (fig. 22) em uso desde 2009. Agregando atividades comerciais e de serviços, entre elas: lojas, praça de alimentação, banco e farmácia. Funcionando nos horários das 7:30hrs às 22:30hrs de segunda a sexta-feira e das 7:30hrs às 14:30hrs aos sábados.

Figura 20: Centro de Convivência-UPF.



A edificação está afastada do centro urbano, possuindo ao seu redor vias de tráfego local da instituição e uma grande área arborizada.(fig.23).

Figura 21:Vista aérea centro de convivência



Fonte: Google Maps

A população usuária do sistema está classificada como flutuante, pois, além dos funcionários, atende toda a comunidade da instituição e também usuários externos que vão à busca de serviços prestados pelo local.

O sistema de aproveitamento de água pluvial foi instalado e projetado junto com o prédio, e está em funcionamento desde 2009. A função que se destina o sistema é para, as bacias sanitárias, mictórios, e 3 torneiras de uso restrito para limpeza além do reservatório de incêndio.

3.3 Procedimentos metodológicos

O trabalho teve como objetivo principal avaliar o desempenho do sistema de aproveitamento de água pluvial do Centro de Convivência da UPFL, isto é, se o sistema atende a demanda de consumo e a qualidade da água pluvial armazenada. Para isto, foi necessário o monitoramento desse sistema, implantado e em uso, avaliando tanto o aspecto qualitativo como o aspecto quantitativo.

Após uma pesquisa anterior baseada em legislações, normas técnicas e estudos de casos referentes ao tema, a metodologia foi baseada na avaliação dos aspectos qualitativos, referente ao padrão de qualidade de água originada do sistema (fig.24), e aspecto quantitativos, referindo-se a funcionalidade do sistema, como suprimento adequado de água pluvial, e quantidade de água armazenada (fig.25).

Figura 22: Fluxograma da metodologia qualitativa

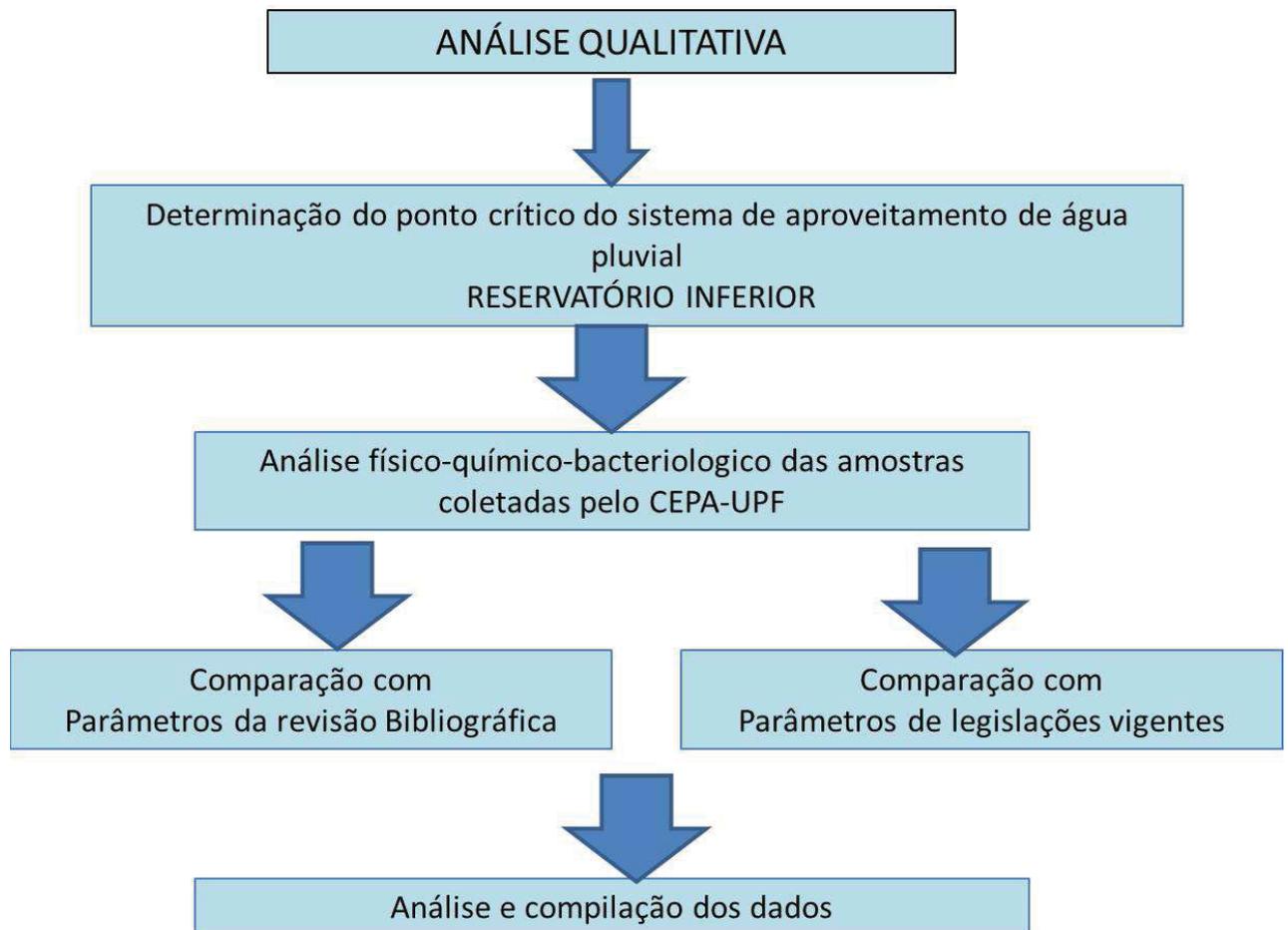
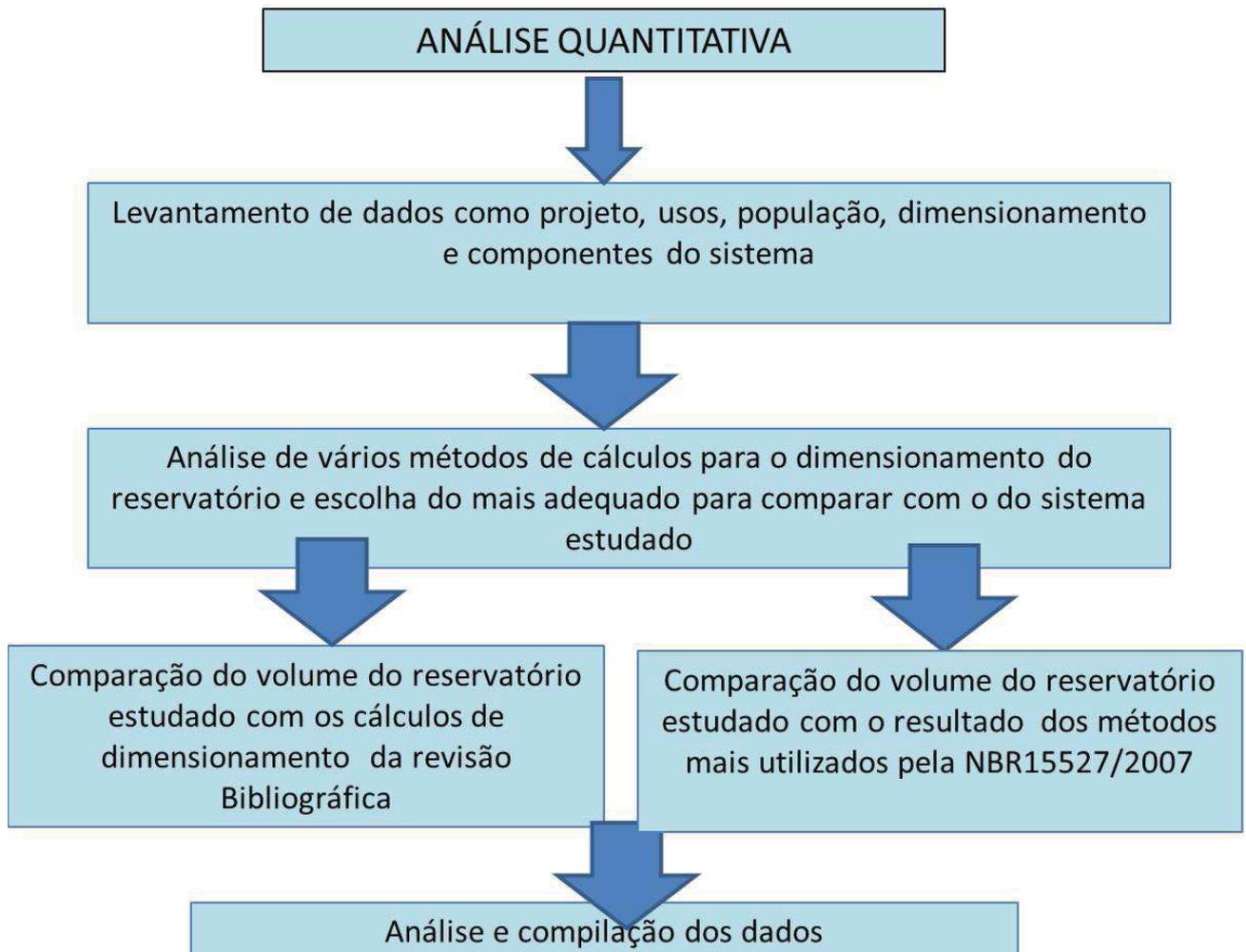


Figura 23: Fluxograma da metodologia quantitativa



3.3.1 Análise qualitativa

Para análise qualitativa, foi necessário levantar os pontos considerados como críticos do sistema monitorado. Estes pontos críticos foram estabelecidos após uma análise de todo o sistema de água pluvial, tanto visual como a técnica, estabelecendo assim o local de maior risco para contaminação da água do sistema.

O reservatório é considerado na literatura como o componente mais vulnerável do sistema para contaminação, por isto foi definido como o componente a ser monitorado.

Sendo assim, as coletas das amostras foram realizadas tanto no reservatório inferior de água pluvial que, além de ser o primeiro local de armazenamento de água do sistema, é também o único ponto do sistema de aproveitamento de água da chuva que possui ligação

direta com o sistema de água potável, já que em épocas de estiagem há o abastecimento para suprir a demanda. Sendo ali, um local de risco para contaminação do sistema de água potável.

Outro reservatório que foi coletada a amostra de água, foi o reservatório de reserva de incêndio, já que essa água fica a mais tempo armazenada e só é trocada quando o mesmo sofreria limpeza (a cada seis meses, conforme projetista) .

Assim sendo, ficaram estabelecido os seguintes pontos para coleta de amostras de água armazenada no sistema de água pluvial:

- Saída do reservatório inferior de consumo de água pluvial;
- Saída do reservatório de reserva de incêndio.

As amostras após coletadas foram levadas ao CEPA Centro de Pesquisa em Alimentação – laboratório. O laboratório é credenciado na engenharia de alimentos da UPF, onde passaram pelas análises microbiológica e físico-química.

Para análise microbiológica foram realizados os seguintes ensaios:

- Coliformes totais
- Coliformes termotolerantes

Para análises Físico-químico foram realizados os seguintes ensaios:

- Turbidez (NTU)
- Cloro Livre (mg L^{-1})
- Cor

Os resultados das amostras foram confrontados com as seguintes normativas e resoluções.

- NBR 15527/2007
- NBR 13969/1997
- CONAMA 274/2000
- CONAMA 357//2005
- PORTARIA MS 2914/2011

3.3.2 Análise quantitativas

Para determinar a eficiência quantitativa e econômica do sistema, isto é, se o suprimento de água estabelecido no projeto está de acordo com a demanda utilizada e o fator econômico quanto à redução de utilização de água potável é significativo, foram necessários os seguintes procedimentos:

- Verificação da capacidade dos reservatórios de reservação,
- Determinação dos locais a serem monitorados de acordo com o uso do sistema de aproveitamento de água pluvial.
- Medição de vazão do sistema.
- Determinação da população.
- Verificação a utilização da água pluvial do sistema.

Para a análise crítica do projeto, foram observados os itens fixados pela NBR 15527/2007, tanto para elaboração como para execução do projeto de sistemas de aproveitamento de águas pluviais.

Para a verificação da capacidade de armazenamento do reservatório de água pluvial, além da medição através de hidrômetros, foram utilizados para fins de comparação, alguns métodos recomendados pela NBR 15527/2007. São eles o Método de Rippl, e o Método da Simulação.

Segundo Hagemann (2009), tais métodos objetivam a análise de resultados mais simplificados em relação a um método mais detalhado.

- Método de Rippl (foram usadas séries históricas mensais)

$$S(t) = D(t) - Q(t)$$

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

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

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

Onde:

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

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

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

V = é o volume do reservatório

C = é o coeficiente de escoamento superficial

- Método da Simulação

$$S(t) = Q(t) + S(t-1) - D(t)$$

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

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

Onde:

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

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

$Q(t)$ é o volume de chuva no tempo t

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

V é o volume do reservatório fixado

C é o coeficiente de escoamento superficial

3.3.2.1 Locais monitorados

Para determinar os locais a serem monitorados para avaliação quantitativa, foi necessário analisar os usos do sistema de aproveitamento de água pluvial da edificação.

De acordo com a NBR 15527/2007, o aproveitamento de água pluvial só pode ser utilizado para fins não potáveis, como descargas em bacias sanitárias, irrigação de gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios, espelhos d'água e usos industriais e reserva de incêndio. E mesmo assim, o uso só é permitido após tratamento adequado.

Esses usos delimitam os pontos de monitoramento para bacias sanitárias (uso em descargas) e os reservatórios (consumo e reservas de incêndios), já que as torneiras (para irrigação de jardins, lavagem e limpeza externas) não são utilizadas

Os pontos de monitoramento quantitativo servirão para medição de vazão do sistema (para reservatórios) e determinação da população usuária (para pontos de consumo, tais como bacias sanitárias) do sistema de aproveitamento de água pluvial.

3.3.2.2 Medição de vazão do sistema

O processo de medição de vazão do sistema foi feito através de monitoramento por hidrometração, ou seja, instalação de hidrômetro diretamente nas tubulações do sistema de aproveitamento pluvial, ligadas aos reservatórios de água pluvial.

Os hidrômetros utilizados são modelo Flodis classe A, (fig.26), acoplado ao hidrômetro um conjunto de Data Logger modelo LOGBOX-AA IP65(fig.27) onde os dados são armazenados, e o Cyble pulsado (fig.28) que é um leitor de pulsos, formando assim, um sistema de medição remota.

Figura 24: Hidrômetro mod Flodis, classe A.



Fonte: Marques(2009)

Figura 25: LOGBOX-AA IP65



Figura 26: Cyble pulsado



O processo de hidrometração funciona da seguinte maneira:

Conforme Fernandes e Marques (2009) os medidores registram a leitura de consumo, emitindo pulsos que são lidos e emitidos pelo Cyble pulsado ao LOGBOX-AA IP65, o qual tem a função de armazenar os dados provenientes da medição da vazão em intervalos de tempo predefinidos, sendo os dados recolhidos de tempos em tempos, de acordo com o objetivo da medição (um tempo de medição mínimo é de 30 dias), com o auxílio de uma interface de comunicação ótica, modelo IrLink-USB,(fig.29), ao qual transfere as informação a um computador. Esses dados recolhidos possibilitam a criação de um perfil de consumo local.

Figura 27: IrLink-USB



3.3.2.3 Determinação da população

Para determinar a população usuária do sistema, foram utilizadas as seguintes metodologias:

a) Sistema de medição de usos:

A determinação para a população usuária foi realizada através de um sistema instalados nos pontos de consumo que utiliza a contagem chave de fluxo (CF) para as bacias sanitárias e chave de contato nos mictórios, para o envio de dados, sendo o armazenamento dos mesmos através de uma central de armazenamento de dados. (CAD). Os dados são acessados por um adaptador wireless, USB, conectado a um microcomputador com o auxílio de um software exclusivo para a conexão e leitura dos dados armazenados, sendo esses processados e analisados, determinando assim a população usuária do local e a montagem dos perfis de consumo.

Conforme Fernandes e Marques (2009) para cada ponto de consumo, no caso, bacia sanitária, é instalada uma chave de fluxo (fig. 30), chave de contato nos mictórios (fig31), estes detectam o momento de consumo d'água, quando o equipamento sanitário onde estão instalados é acionado.

A Central de Armazenamento de Dados –CAD-(fig. 32), instalada fora do alcance do público através de conexão wireless (fig.33) recebe as informações pelos Módulos Transmissores de Eventos-MTEs- (fig34), instalados dentro do ambiente em monitoramento, estes detectam os acionamentos das Chaves de Fluxos (CFs), armazenando cronologicamente os dados.

Figura 28: Chave de Fluxo (CF)



Figura 29: Chave de Contato



Figura 30: Central de Armazenamento de Dados (CAD)

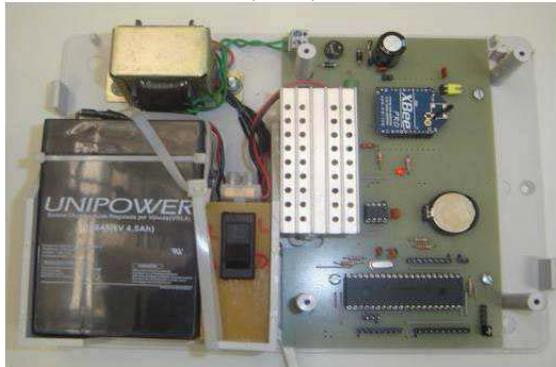
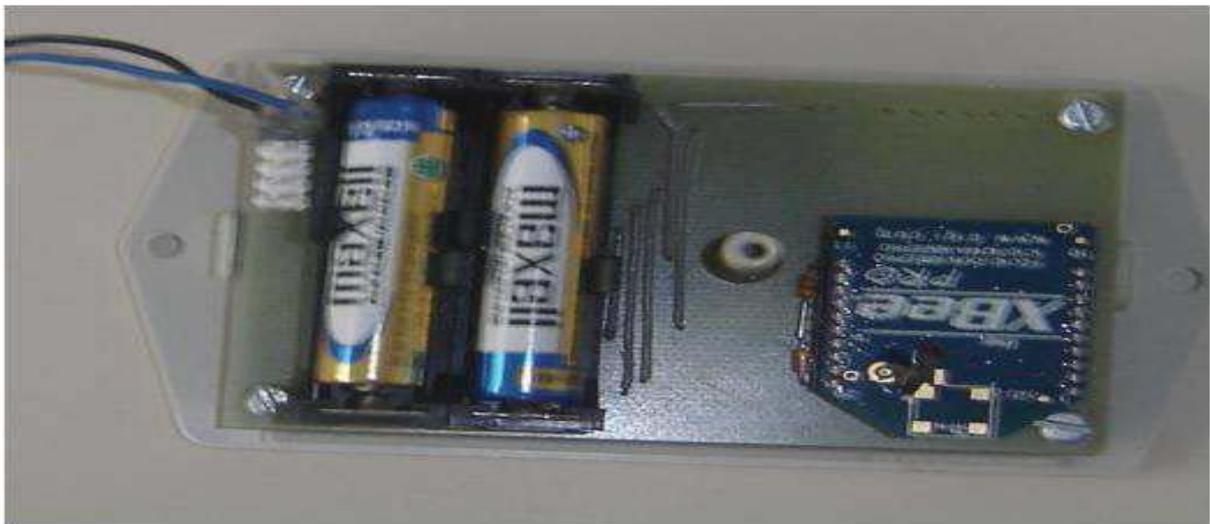


Figura 31: Adaptador wireles



Figura 32: Módulo Transmissor de Eventos (MTE)



b) Levantamento *in loco*:

Os dados do levantamento *in loco* foram coletados através de entrevistas tanto da administração do centro de Convivência, como dos donos dos estabelecimentos comerciais da praça de alimentação.

A população fixa é referente ao número de funcionários totais, que atuam diariamente no Centro de Convivência, demonstrados no quadro 14.

Quadro 14: População fixa no Centro de Convivência- diárias

Classificação da população fixa	População fixa
Funcionários centro comercial	11
Funcionários das 22 lojas	115
Total	126

Para a população flutuante foi coletado dados através de uma estimativa feita pela Administração do Centro de Convivência, e outro feito pelo número de pedidos diários da praça de alimentação, onde através de entrevistas e observação local chegou-se há uma porcentagem de que 30% dessa população diária que passa pelo Centro de convivência ou da praça de alimentação usava os pontos de consumo dos banheiros do Centro de Convivência.

Quadro 15: População flutuante no centro comercial – diárias.

Classificação população flutuante diária	População flutuante total	População usuária 30%_s
Atendimentos diários na praça de alimentação nas 8 lojas	3200	960
Dados administração centro comercial	3500	1050

b) Cálculo da concessionária local (CORSAN)

Através das recomendações estabelecidas pela concessionária local, CORSAN, foi utilizado o cálculo para determinação da população e consumo diário per capita.

Como diretriz foi utilizado as recomendações para prédios comerciais, para definir a taxa de ocupação do estabelecimento e , Edifícios Públicos e Comerciais para definição do consumo diário “per capita”, conforme quadro 16.

Quadro 16: Recomendações da CORSAN de cálculo populacional e consumo per capita

Taxa ocupação	7 m ² por área útil por pessoa
Consumo diário “per capita”	50 L/ dia por pessoa

Tomaz (2003) deu parâmetros para os aparelhos para calcular a demanda de água não potável em uma residência, podendo também ser utilizado em equipamentos comerciais. Demonstrado no quadro 17.

Quadro 17: Demanda de aparelhos sanitários em litros

Aparelho	Unidade	Valor Nominal
Bacia sanitária volume	L/descarga	6
Mictórios	L/descargas	3

Fonte: adaptado de Tomaz (2003)

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

A apresentação dos resultados está dividida em três etapas, quais sejam:

- Análise geral do projeto do sistema de aproveitamento de águas pluviais do Centro de Convivência da UPF;
- Análise qualitativa do projeto do sistema de aproveitamento de águas pluviais do Centro de Convivência da UPF;
- Análise quantitativa do projeto do sistema de aproveitamento de águas pluviais do Centro de Convivência da UPF;

4.1 Análise geral do projeto de sistema de aproveitamento de água pluvial

Após a escolha da edificação, cujo sistema de aproveitamento de água pluvial foi monitorado, foram levantadas as seguintes características conforme o projeto estudado, para fins de cálculos e dimensionamento.

- Área do projeto: 3.665m²;
- Área de captação total : 2.362m²;
- Área de captação utilizada no dimensionamento: 1.181m²;
- Tipo de telha: metálica;
- Tipo de calha: metálicas internas;
- Modo de coleta: Coletores verticais e horizontais em PVC;
- Uso atual da água coletada pelo sistema: Bacias sanitárias, mictórios e a reserva de incêndio;
- Data de instalação do sistema: Março de 2009.

Os pontos de consumo de água pluvial estão descritos conforme tabela 11.

Tabela 11: Pontos de consumo de água pluvial

Pontos de consumo previstos	Unidades	Capacidade unidade
Bacias sanitárias	14	6 L
Mictórios	3	3L
Torneiras para uso restrito	3	Não utilizadas
Reservatório de incêndio	4	40m ³

O sistema possui dois reservatórios inferiores de água pluvial, com capacidade total de 20.000 litros, e um reservatório superior de água pluvial com capacidade de 10.000 litros, interligados com o abastecimento de água potável, a fim de suprir a demanda em tempos de estiagem. Ambos são cilíndricos, em fibra e dimensionados para atender o consumo diário dos usos destinados.

De acordo com o memorial descritivo, elaborado pelo responsável técnico, na entrada do reservatório superior, deveria ser instalado um dosador de cloro, para desinfecção da água pluvial para ser utilizada nas bacias sanitárias, mictórios e torneiras de lavagem, o qual não foi executado.

O dimensionamento do sistema foi feito de acordo com os critérios fixados pela NBR-10844: Instalações prediais de águas pluviais da ABNT, sendo formadas por calhas, lajes impermeabilizadas com coletores verticais e horizontais em PVC interligados por caixas de areia. Sendo que apenas metade da água coletada pelo sistema predial de água pluvial, terá como destino o sistema de aproveitamento de água pluvial, sendo o excedente encaminhado para a rede urbana de águas pluviais.

Quanto aos reservatórios de água pluvial de combate a incêndios, o volume reservado atende a todos os hidrantes, sendo proveniente de quatro reservatórios inferiores de fibra, totalizando 40.000 litros. O abastecimento destes reservatórios é realizado pelo sistema de aproveitamento de água pluvial, mas possui também um abastecimento de água potável, para suprir os tempos de estiagem.

Os reservatórios, de acordo com o memorial técnico, deveriam sofrer limpeza a cada seis meses, mas desde sua implantação, nenhuma manutenção foi realizada. Também, os pontos de consumo de água pluvial, segundo o projetista devem ser sinalizados, avisando a existência de abastecimento de água não potável aos usuários. Mas somente a torneiras de uso restrito possuem este aviso. A manutenção do sistema foi indicada pelo responsável técnico, de acordo com as tabelas 12 .

Tabela 12: Tabela de Manutenção conforme memorial descritivo elaborado pelo projetista

Componente	Frequência de manutenção
Dispositivo de descarte e escoamento inicial	Limpeza mensal ou após chuva de grande intensidade (50% acima da média mensal)
Calhas, condutores verticais e horizontais	2 a 3 vezes por ano
Desinfecção com cloro	Manutenção mensal do sistema
Bombas	Manutenção mensal
Reservatórios	Limpeza e desinfecção anual
Análise da qualidade da água	A cada troca de estação

Fonte: ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas: NBR 15527/2007

O quadro 18 mostra o plano de manutenção do sistema, pós ocupação, que indica se o memorial descritivo elaborado pelo responsável técnico conforme a ABNT NBR 15527/2007, foi colocado em prática e se há alguma divergência entre eles.

Quadro 18: Plano de Manutenção do sistema durante o uso, conforme especificado no projeto

Componente	Frequência de manutenção
Dispositivo de descarte e escoamento inicial	Não executado
Calhas, condutores verticais e horizontais	Não executado
Desinfecção com cloro	Não executado
Bombas	Não executado
Reservatórios	Não executado
Análise da qualidade da água	Não executado

O plano de controle da qualidade da água coletada pelo sistema também não foi executado em nenhum momento, desde o início de uso do sistema. O Memorial técnico indica quais parâmetros para análise dessa água devem ser seguidos e a periodicidade dessas análises, conforme indicada na NBR 15527/2007, demonstrada na tabela 13

Tabela 13: Parâmetros para qualidade da água não potável que serão analisados, conforme memorial descritivo.

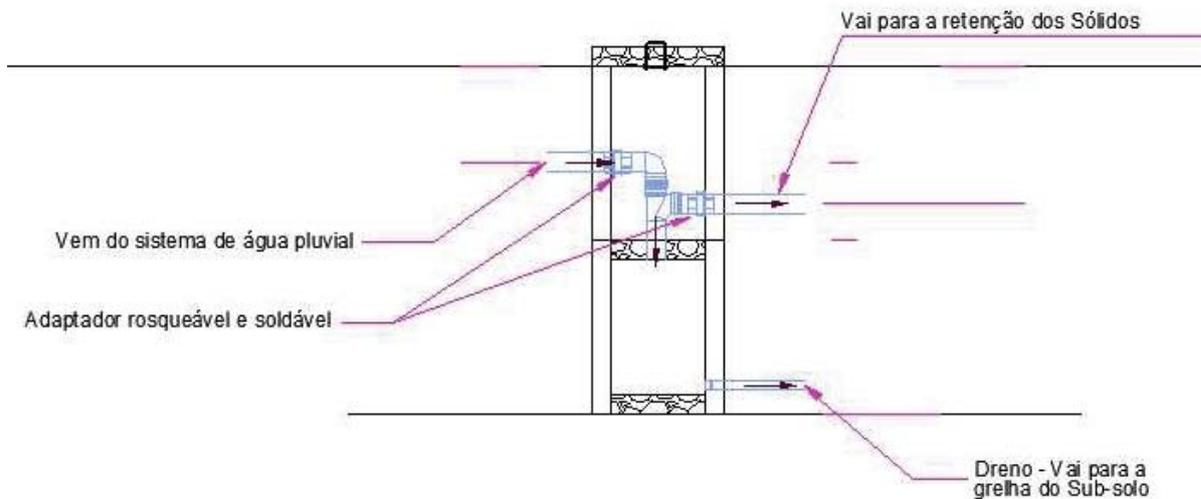
Parâmetro	Análise	Valor
Coliformes totais	Semestral	Ausência em 100ml
Coliformes termotolerantes	Semestral	Ausência em 100ml
Cloro residual livre a	Mensal	0,5 a 3,0 mg/L
Turbidez	Mensal	< 2,0uT b, para usos menos restritivos < 5,0uT
Cor aparente (caso não seja utilizado nenhum corante, ou antes, da sua utilização	Mensal	<15uH c
;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.
Nota: podem ser usados outros processos de desinfecção além do cloro, com a aplicação de raio ultravioleta e aplicação de ozônio.		
a no caso de serem utilizados compostos de cloro para desinfecção		
b uT é a unidade de turbidez		
c uH é a unidade de Hazen		

Fonte: ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas: NBR 15527/2007

Na análise *in loco* da edificação e do sistema de aproveitamento de água pluvial, verificou-se que algumas partes do sistema de aproveitamento de água pluvial não foram executadas, como o dispositivo de descarte e as telas das caixas de areia para retenção de sólidos.

O dispositivo de descarte, que serviria para eliminar a primeira água coletada do telhado e assim possibilitar que o próximo fluxo de água venha mais limpo para os filtros fazia parte do projeto, assim como é um elemento obrigatório pela NBR 15527/2007. O motivo para este importante elemento do sistema não ter sido executado, foi devido a mudança sofrida no nível do projeto arquitetônico, durante as terraplanagens (fig35).

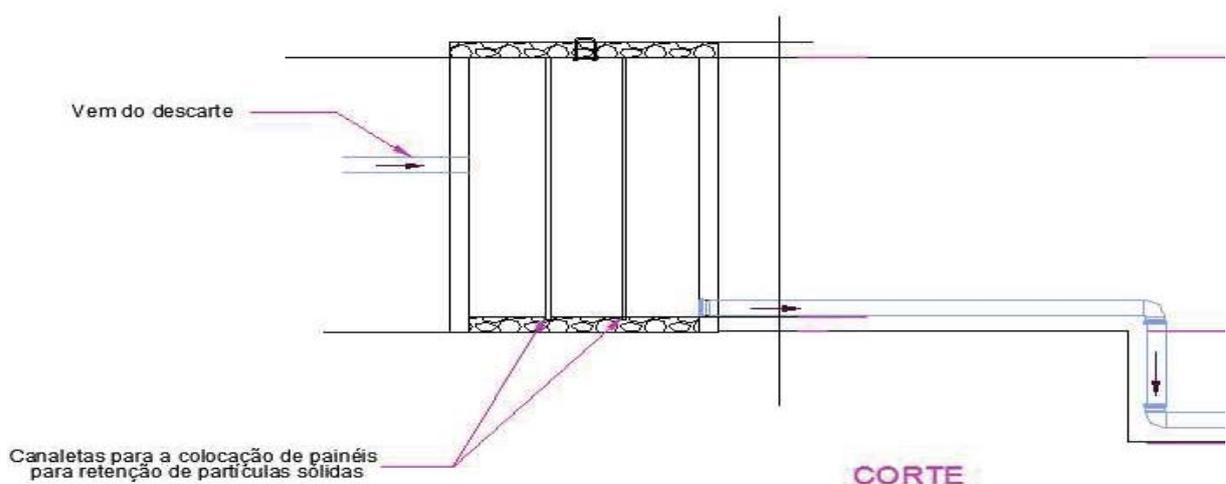
Figura 33: Sistema de Descarte da primeira água da pluvial.



Fonte: Projetista

As caixas de areia foram moldadas *in loco* em alvenaria de tijolos, revestidas internamente com argamassa de cimento e areia, com tampo em laje removível, com dimensão interna de 60x60 cm, 80x80 ou 60x120 cm. Todas com tampas acima do nível do solo, quando na parte externa da edificação, para evitar a entrada de sujeira, no projeto era previsto e foi executado um sistema de retenção de sólidos (fig. 36).

Figura 34: Sistema de Retenção de Sólidos



Fonte: Projetista

No que diz respeito às de retenção de sólidos e impurezas, alguns materiais foram substituídos, como as tela metálicas e o geotextil especificadas pelo projetista, foram trocadas por grelhas metálicas, que durante o tempo de uso do sistema e sem nenhuma manutenção e limpeza acabaram oxidando e sofreram deterioração. Praticamente essas grelhas não existem mais devido ao avançado processo de ferrugem, possibilitando que as impurezas entrem diretamente dentro dos reservatórios acarretando um possível elemento para contaminação (fig. 37 e 38)..

Figura 35: Caixa de retenção de sólidos -1



Figura 36: Caixa de retenção de sólidos - 2



Todos os elementos que fazem parte do sistema, principalmente os reservatórios inferiores de consumo de água pluvial, como o superior de água pluvial, incluindo os reservatórios de reserva para incêndio, nunca sofreram manutenção. Os reservatórios de consumo, ainda sofrem uma troca permanente de água devido a sua demanda e a entrada de água potável para suprimento da mesma, mas os de reserva de incêndio continuam com a água parada, servindo de proliferação para agentes micro bacteriológicos.

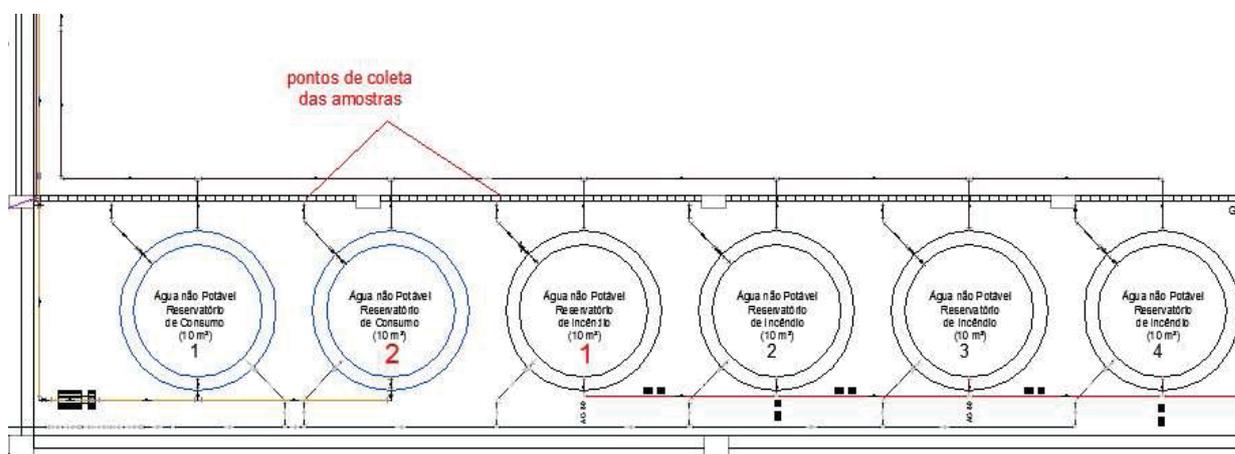
4.2 Análise qualitativa da água coletada do sistema de aproveitamento de águas pluviais

Para determinar a qualidade de água do sistema de aproveitamento de água pluvial, foram coletadas 2 (duas) amostras, para cada ponto de análise do sistema, uma para parâmetro físico químico e outra para parâmetro microbiológico.

Os pontos para coleta das amostras para análise qualitativa foram dos seguintes reservatórios: (fig. 39):

- O reservatório de reserva de incêndio, pois a água armazenada neste reservatório, não sofreu troca, nem mesmo manutenção desde sua instalação. Essa amostra foi denominada como AMOSTRA 01
- O reservatório de consumo inferior, ponto crítico do sistema, onde há conexão cruzada com o sistema de água potável. Essa amostra foi denominada como AMOSTRA 02

Figura 37: Localização dos pontos de coleta das amostras 01 e 02.



O dia da coleta foi estabelecido conforme a data mais próxima do último dia de precipitação, e obedeceu a agendamento do laboratório, isto é, a água pluvial estava reservada no reservatório há 2 dias .

Foram coletadas as amostras da tubulação de descarte do reservatório, procurando assim coletar a água que está armazenada no nível mais baixo. No primeiro momento foi desperdiçada o primeiro fluxo de água, respeitando um tempo de 1 (um minuto) para limpeza da tubulação (fig40).A quantidade de água pluvial para amostra, respeitou o mínimo exigido pelo laboratório para análise, 100ml (fig41).

Figura 38: Água desperdiçada para limpeza da tubulação



Figura 39: Amostra coletada



Após análise realizada no laboratório do CEPA-UPF, e conforme ensaios estabelecidos pela NBR15527/2007, os resultados foram comparados com os parâmetros de padrões de qualidade da água propostos pela PORTARIA M.S 2914/2011, NBR15527, CONAMA 274/00, Padrões de qualidade de água da concessionária CORSAN .

Em relação às análises entre as amostras, houve uma diferença muito grande no que diz respeito aos ensaios micro bacteriológicos, demonstradas no quadro 19.

Quadro 19: Resultado das amostras coletadas no sistema

Ensaio	AMOSTRA 01 Reservatório de incêndio	AMOSTRA 02 Reservatório inferior
Coliformes Totais (NMP/100mL)	230000	<18
Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)	1700	<18
Turbidez (UNT)	4,85	0,4
Cloro Residual livre (mg L ⁻¹)	0,05	0,24
Cor	25	ND *

*não detectado pelo método

Os resultados da amostra 01, do reservatório de incêndio, tiveram valores elevados devido ao longo período de armazenamento da água coletada. Já que desde a implantação do sistema não houve troca dessa água, isto é, desde 2009.

Já no reservatório inferior, conforme a amostra 02, apesar de ter sido abastecido com água potável para suprir a demanda, também apresentou valores de contaminação por agentes bacteriológicos. Mesmo com a troca de água tanto potável como de água pluvial é preocupante uma contaminação dentro desse reservatório.

Um dos fatores que agravam essa qualidade da água é a falta de manutenção e limpeza dos reservatórios e do sistema em geral, prevista na NBR1527/2007 e no plano de manutenção do projeto.

4.2.1 Comparações dos valores obtidos no Centro de convivência com parâmetros estabelecidos pelas legislações e normativas

Para melhor avaliar a qualidade da água armazenada nos reservatórios, foi feita uma comparação com parâmetros estabelecidos pelas legislações vigentes, a fim de verificar a segurança dessa água para os usuários do Centro de Convivência.

Ao comparar as amostras com os parâmetros estabelecidos pelas legislações e normativas as amostras estão desconforme em alguns limites estabelecidos.

A amostra 01, em relação à análise micro bacteriológica, não se enquadra em nenhum parâmetro, com um valor de Coliformes termotolerantes bem acima do estabelecido pela CONAMA 274/00, que é a que define uma maior tolerância para este item de até 250 NMP por 100mL. Na amostra 1 foi encontrada 1700NMP/100mL, indicados na tabela 14.

Tabela 14: Parâmetros para qualidade das amostras coletadas do centro de convivência em relação resoluções

Parâmetros	CONAMA 357/05	CONAMA 274/00	MS 2914/2011	Centro de convivência	
				Amostra01	Amostra02
Turbidez(UNT)	40	-	5	4,85	0,4
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	<200	<=250	ausência	1700	<18
Coliformes Totais (NMP/100mL)	-	-	-	230000	<18
Cor	500	-	15	25	ND *
Cloro residual livre (mg L-1)	0,01	-	-	0,05	0,24

*ND não detectado pelo método

Comparado os valores com as normativas NBR 15527, NBR 13969 e o Padrão de qualidade da CORSAN, os resultados também estão desconformes, possuem valores maiores que o permitido, indicados na tabela 15

Tabela 15: Parâmetros para qualidade das amostras coletadas do centro de convivência em relação normativas e CORSAN

Parâmetros	NBR 15527/2007	NBR 13969/97	CORSAN	Centro de convivência	
				Amostra01	Amostra02
Turbidez(UNT)	< 2,0	<5	0,9	4,85	0,4
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	Ausência	<200	Ausência	1700	<18
Coliformes Totais (NMP/100mL)	Ausência	-	Ausência	230000	<18
Cor uH	-	-	3,0uH	25	ND *
Cloro residual livre (mg L-1)	0,5 a 3,0	0,5 – 1,5	0,95mg/L	0,05	0,24

A amostra 02, em relação à turbidez, cloro residual livre e cor se enquadra dentro dos parâmetros das normativas. Já a amostra 01, está bem acima desses limites, ficando abaixo só em relação ao cloro residual livre, onde o limite máximo, conforme a NBR 13969 estabelece $1,5\text{mgL}^{-1}$, alcança valor máximo de $0,05\text{mgL}^{-1}$.

A amostra 02 também apresenta grau de contaminação tanto com Coliformes Totais como para Termotolerantes, embora tenha um valor menor que a amostra 01, ela ainda está fora dos limites estabelecidos pela NBR 15527/2007, sendo considerada inadequada para uso.

No caso do reservatório de consumo, conforme mostra a amostra 02, mesmo que a alteração de agentes microbiológicos seja pequena, ela não se encontra de acordo com a NBR 15527/2007, nem a CONAMA 357/05.

A amostra 01, coletada na água acumulada no reservatório de reserva de incêndio, é mais preocupante, pois os valores encontrados nos ensaios microbiológicos estão bem acima dos parâmetros conforme indicam as legislações pertinentes. Os valores dos parâmetros microbiológicos estão acima até dos valores permitidos pela CONAMA 274/00, esta resolução que da parâmetros de balneabilidade para águas não potáveis. Significa que a amostra fica enquadrada como insatisfatória para contato direto, isto é de acordo com a NBR15527/2007 não deveria ser utilizada no sistema.

Embora a água do reservatório de incêndio não seja de uso para suprir a demanda do Centro de Convivência e sim para casos esporádicos e emergenciais como um sinistro de incêndio a alta taxa de contaminação torna o uso dessa água extremamente perigoso a saúde de quem a manipular.

4.2.2 Comparações dos valores obtidos no Centro de convivência com parâmetros encontrados em estudos de caso.

Alguns estudos realizados na revisão bibliográfica, serviram de parâmetro para análise da qualidade da água não só para comparar comparação dessa qualidade, mas também para verificar a influência do tipo de sistema implantado e sua relação com a qualidade de água armazenada.

Estudos usados para parâmetros de comparação:

- May- USP-(2004) Sistema experimental para a coleta das águas pluviais:

Amostra 01 – amostra sem tratamento químico;

Amostra 02 - amostra após tratamento químico.

- Empresa na cidade de Vila Maria;

- Residência em Passo Fundo: Sistema para uso em bacias Sanitárias, com a coleta de três amostras;

Ao comparar o resultado das amostras coletadas no Centro de Convivência, com os resultados obtidos em outros estudos realizados, seus valores também ficaram acima em alguns parâmetros. Conforme tabela 16.

Tabela 16: Parâmetros dos estudos de caso com o Centro de Convivência

Parâmetros	Empresa em Vila Maria	May-USP		Residência Passo Fundo Sistema 01			Centro de convivência	
		01	02	01	02	03	Amostra01	Amostra02
Turbidez(UNT)	10,24	6,8	6,5	9,25	23,24	32,05	4,85	0,4
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	Ausência	220	Ausentes	<1,1	2,6	>8,0	1700	<18
Coliformes Totais (NMP/100mL)	Ausência	3x10 ³	Ausente				230000	<18
cor	ND	21,6	8,2				25	ND *
Cloro residual livre (mg L-1)	0,5 a 3,0	-	0,8	0,06	ND	ND	0,05	0,24

A amostra 01 do centro de convivência obteve valores maiores que os dos outros estudos, ficando com um valor menor apenas que o parâmetro de Turbidez, que é de 4,85 UNT em relação a empresa em Vila Maria que apresentou um valor de 10,24UNT. No que diz respeito a cloro residual livre, a amostra 02 manteve a média em relação aos valores dos outros estudos.

A amostra 02 somente nos itens de cloro residual livre e turbidez, também manteve-se na média comparada aos parâmetros dos demais estudos usados como referência. Mas no que diz respeito a análise micro bacteriológica, ambas as amostras 01 e 02 do centro de convivência demonstraram contaminação. Somente as amostras analisadas por May(2004), denominada 01, que seria uma água pluvial sem tratamento químico, demonstrou também grau de contaminação, e mesmo assim valor abaixo da amostra 02 do Centro de Convivência.

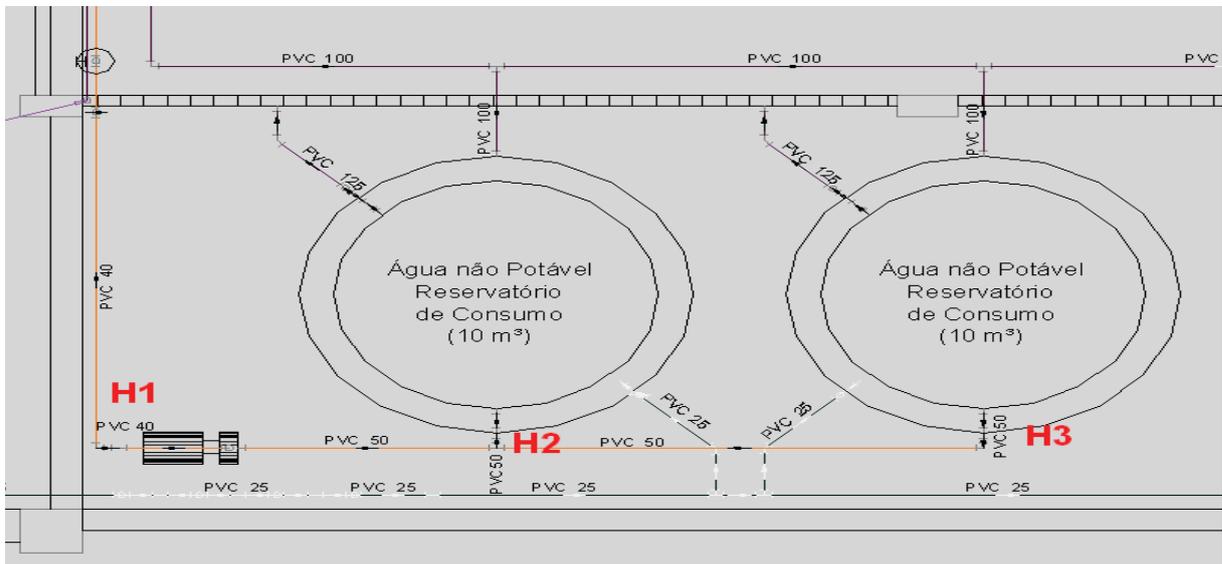
4.3 Análise quantitativa do projeto do sistema de aproveitamento de águas pluviais

4.3.1 Análise dos volumes consumidos

O volume do sistema foi medido através de 3 (três) hidrômetros. Sendo um na entrada do reservatório superior de água pluvial, na tubulação de passagem da água armazenada dos reservatórios inferiores para o reservatório superior, localizada no subsolo e denominado H1 ou Hidrômetro Geral.

Os outros dois hidrômetros, denominados cada um de H2 e H3, foram instalados na entrada de água potável dos reservatórios inferiores de água pluvial (fig.42) monitorando a entrada de água potável nos reservatórios quando não havia suprimento de água pluvial.

Figura 40: Localização dos hidrômetros em planta baixa, nos reservatórios.



O hidrômetro, H1 instalado na entrada do reservatório superior de água pluvial, (fig43) identifica quanto está usando de água não potável de todo o sistema.

A instalação dos hidrômetros, H2 e H3, na entrada de água potável dos reservatórios inferiores de água pluvial (fig. 44 e fig. 45), servem para identificar, através dos dados coletados (fig. 45e fig. 46), quanto de água potável está entrando para suprir a demanda do reservatório de água pluvial nos períodos de estiagem, e se o seu dimensionamento está sendo suficiente para suprir a demanda.

Figura 41: Coleta de dados na entrada do reservatório superior de água não potável H1

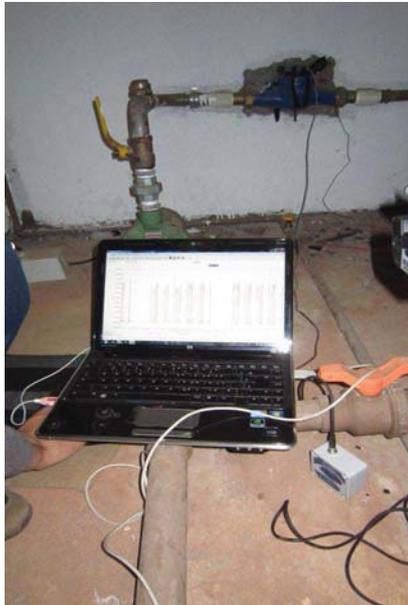


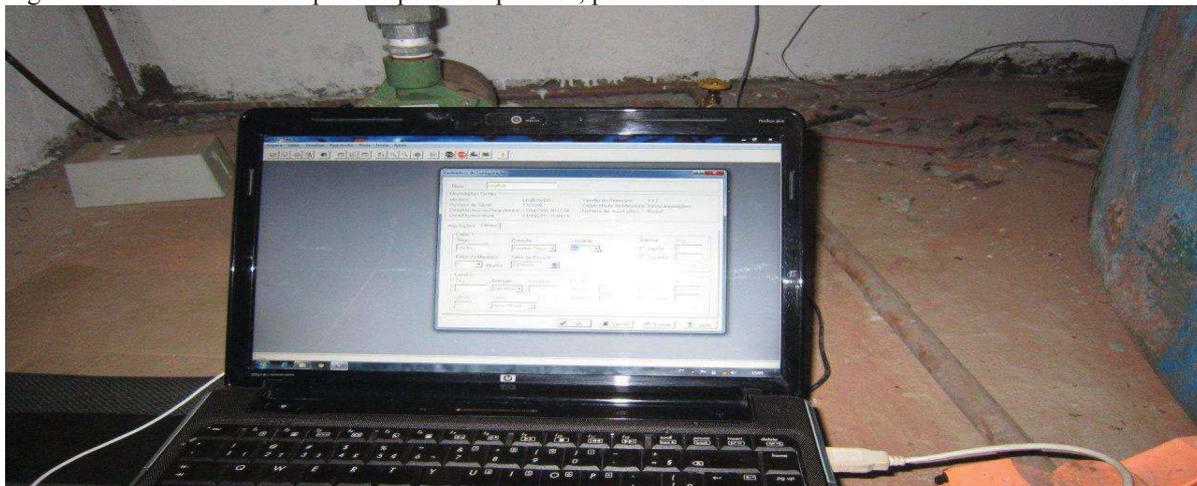
Figura 42: Coleta de dados na entrada de água potável do reservatório inferior de água pluvial H2



Figura 43: Coleta de dados na entrada de água potável do reservatório inferior de água pluvial H3



Figura 44: Dados sendo compilados pelo computador, para análise.



O período de monitoramento para determinação dos volumes consumidos no sistema, teve início em 6 de maio de 2011 até 29 de agosto de 2011, podendo assim fazer uma análise de 15 dias.

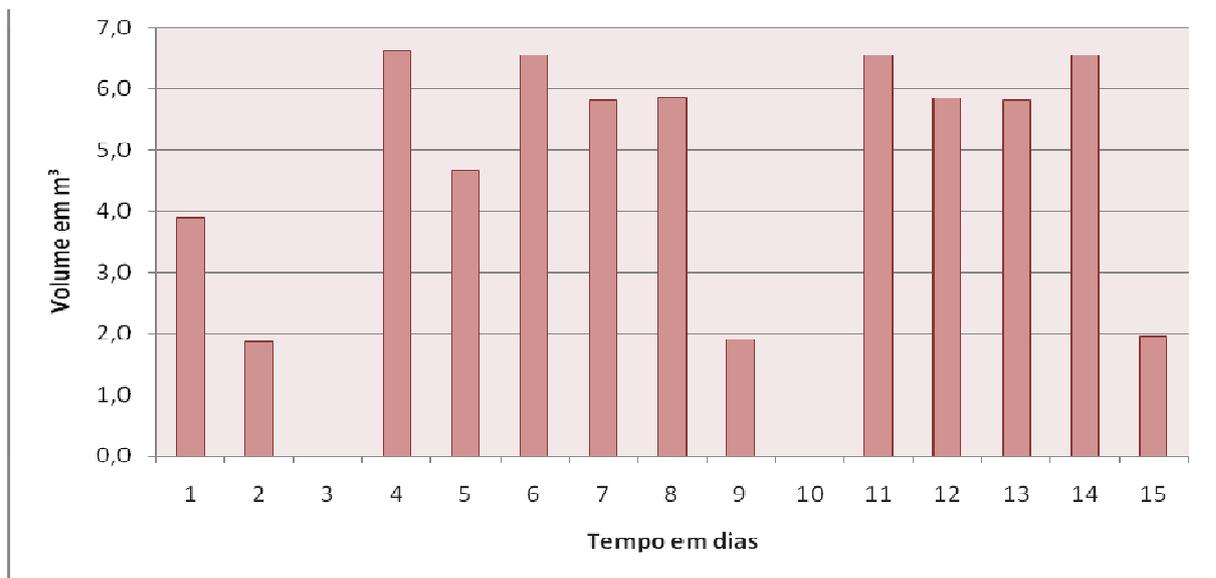
Os primeiros dados coletados, mostram que nesse período, o reservatório superior de água pluvial, o hidrômetro geral, onde foi instalado o H1, consumiu 63,917m³, conforme Quadro 20.

Quadro 20: Volume geral consumido pelo H1 ou Hidrômetro Geral

Precipitação (mm)	Dia	Volume Diário (m ³)	Volume Acumulado (m ³)
0	1	3,910	3,910
0	2	1,860	5,770
0	3	0,000	5,770
7.6	4	6,620	12,390
3.0	5	4,660	17,049
63.2	6	6,560	23,609
0	7	5,810	29,419
0	8	5,870	35,289
0	9	1,900	37,189
45.0	10	0,000	37,189
0	11	6,560	43,748
0	12	5,850	49,598
0	13	5,800	55,398
0	14	6,560	61,958
0	15	1,960	63,917

O gráfico do volume diário do H1 (fig. 47) mostra o volume de água que os reservatórios inferiores tiveram que bombear para o reservatório superior para suprir a demanda. No terceiro e décimo dia, correspondem ao dia em que o Centro de Convivência não funciona, domingo. Já no dia que precede este, há uma diminuição grande em relação aos demais dias.

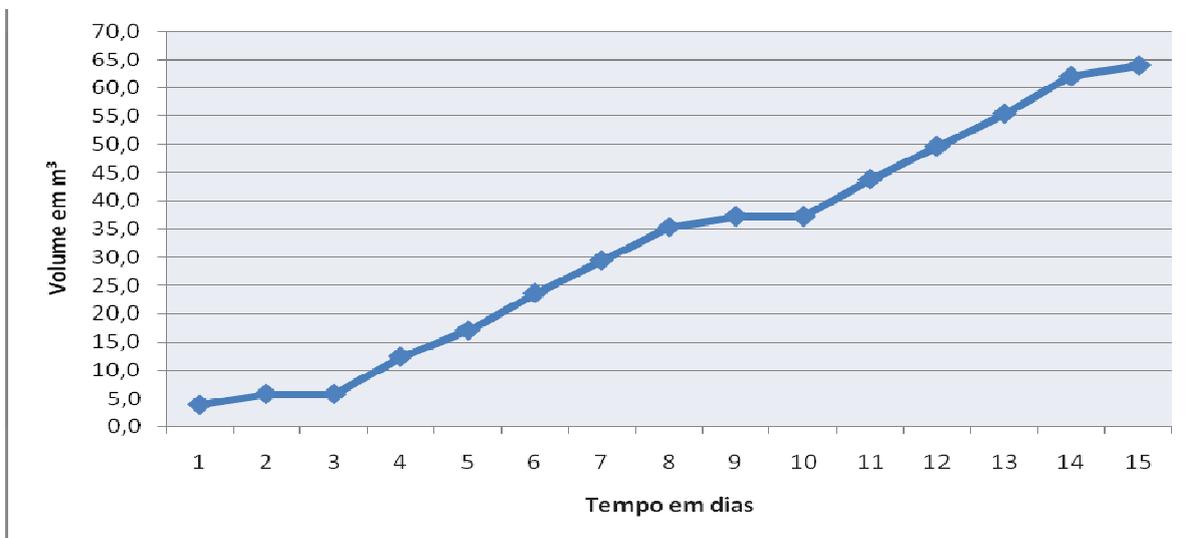
Figura 45: Volume diário consumido pelo reservatório de água pluvial superior



O Volume acumulado (fig48) no período mostra o quanto foi necessário que entrasse de água no reservatório superior para garantir o fornecimento de água para as bacias sanitárias e mictórios.

Neste período o reservatório superior foi abastecido com 63,917m³, de água, vinda dos reservatórios inferiores, que também são alimentados por água potável quando a demanda é maior que a oferta.

Figura 46: Volume acumulado consumido pelo reservatório de água pluvial superior



Já nos dados coletados nos reservatórios inferiores de água pluvial, demonstram que a entrada de água potável nos reservatórios foi elevada, como indica quadro 21.

Quadro 21: Somatório do volume de água potável no H2 e H3

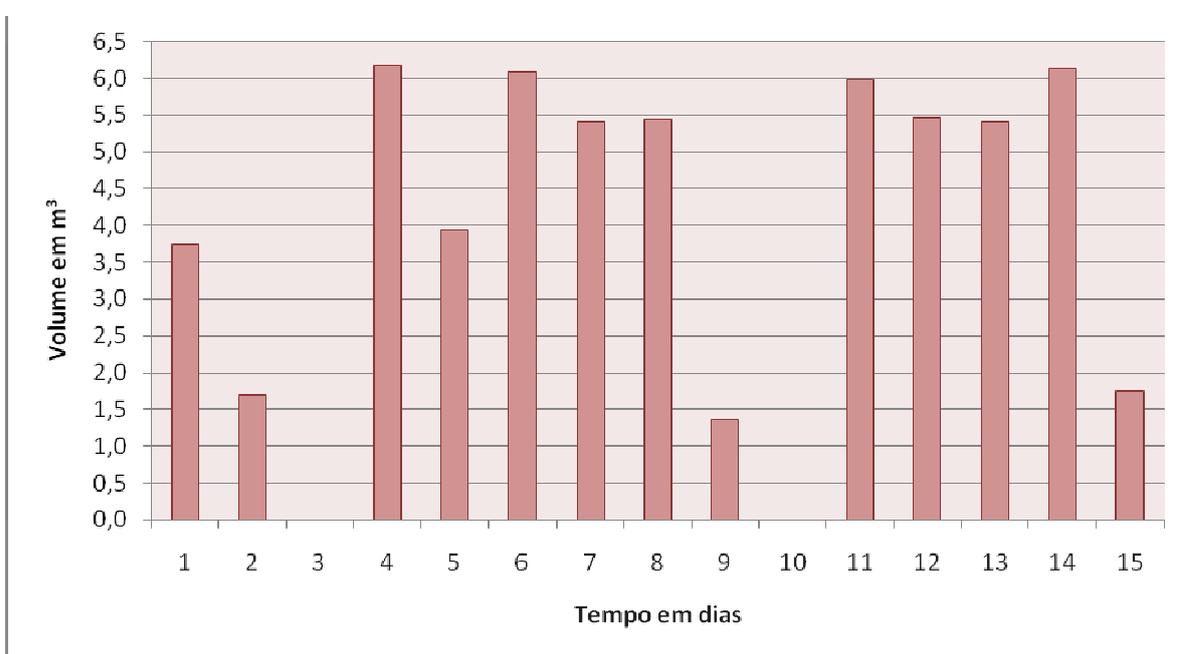
Precipitação (mm)	Dia	Volume Diário (m³)	Volume Acumulado (m³)
0	1	3,736	3,736
0	2	1,696	5,432
0	3	0,000	5,432
7.6	4	6,166	11,597
3.0	5	3,943	15,540
63.2	6	6,090	21,629
0	7	5,411	27,040
0	8	5,447	32,486
0	9	1,376	33,862
45.0	10	0,000	33,862
0	11	5,983	39,845
0	12	5,462	45,306
0	13	5,412	50,718
0	14	6,144	56,862
0	15	1,747	58,609

No dia de maior precipitação, 63.2mm, que corresponde ao 6º dia, houve a necessidade de abastecimento de água potável nos reservatórios, com um volume de 6,09m³. Já no 10º dia, mesmo com um volume de precipitação de 45mm, não houve volume de água

potável para o sistema, pois não havia demanda para este dia, pois o mesmo correspondia ao domingo, dia que os pontos monitorados não são utilizados.

Mesmo possuindo reserva de água pluvial armazenada nos reservatórios, no 11º que houve a necessidade de abastecimento de água potável no sistema (fig49), pois as precipitações que ocorreram não foram suficientes para suprimento da demanda do Centro de Convivência.

Figura 47: Volume diário consumido pelos reservatórios inferiores de água potável H1+H2



O volume acumulado de água potável nesse período segue de forma crescente, visto que a precipitação foi insuficiente para suprimento da demanda total exigida pelo sistema. (fig. 50).

Figura 48: Volume acumulado consumido pelos reservatórios inferiores de água potável



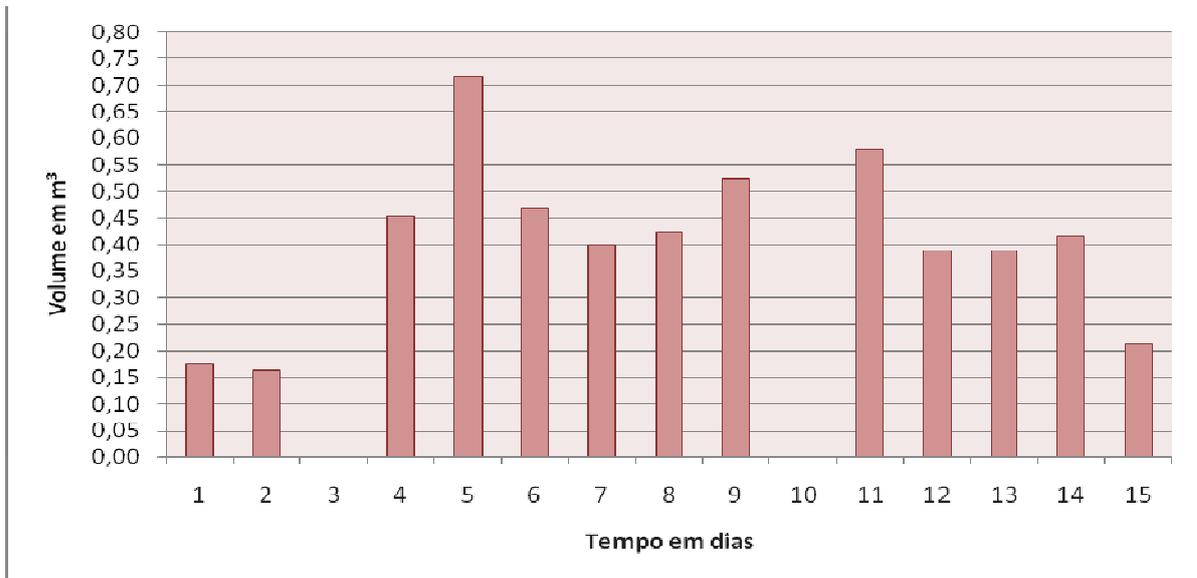
De acordo com o quadro 22, a diferença entre o hidrômetro geral, denominado H1 e as somatórias dos volumes dos hidrômetros H2 e H3, demonstram o total real de água pluvial utilizado pelo sistema, no período analisado.

Quadro 22: Valor real do aproveitamento pluvial

Precipitação (mm)	Dia	Volume Diário (m³)	Volume Acumulado (m³)
0	1	0,174	0,174
0	2	0,164	0,338
0	3	0,000	0,338
7.6	4	0,454	0,792
3.0	5	0,717	1,510
63.2	6	0,470	1,980
0	7	0,399	2,379
0	8	0,423	2,802
0	9	0,524	3,326
45.0	10	0,000	3,326
0	11	0,577	3,903
0	12	0,388	4,292
0	13	0,388	4,680
0	14	0,415	5,095
0	15	0,213	5,308

A partir do 4º, quarto, dia, o volume de água pluvial sofre um pequeno aumento devido aos dias de precipitação que ocorreram no período.(fig51).

Figura 49: Volume diário utilizado de água pluvial pelo sistema



O volume acumulado de água pluvial no sistema foi de 5,30m³ no final do período (fig52).

Figura 50: Volume acumulado utilizado de água pluvial pelo sistema



No mesmo período dos dados coletados no mês de maio, houve um longo período de estiagem, sendo significativo para a demanda do sistema, apenas dois dias de precipitação abastecendo o sistema com 108,2mm, sendo que o total de chuva no período foi de 137,00mm.

O quadro 23 mostra que no período monitorado que compreende entre os dias 06 ao dia 20, apenas nos dias 09, 10, 11 e 15 houve precipitação.

Quadro 23: Precipitação diária- Mês Maio-2011

Dia	Precipitação (mm)	Dia	Precipitação (mm)
01	1.4	17	0.0
02	1.0	18	0.0
03	6.4	19	0.0
04	0.0	20	0.0
05	0.0	21	0.0
06	0.0	22	0.0
07	0.0	23	9.0
08	0.0	24	0.5
09	7.6	25	0.0
10	3.0	26	0.0
11	63.2	27	0.0
12	0.0	28	0.0
13	0.0	29	0.0
14	0.0	30	0.0
15	45.0	31	0.0
16	0.0		
Total no período			137.1
Normal mensal			131.3

Fonte: Adaptação de Embrapa - Centro Nacional de Pesquisa de Trigo

Dos 63,917m³ utilizados no sistema durante este período, 58,.609m³ foram de água potável para garantir o suprimento e apenas 5,.308m³ foram de água pluvial.

Logo, em projeção num período de 30 dias o volume consumido para abastecimento das bacias sanitárias e mictórios é de aproximadamente 127,83 m³. Sendo que deste total apenas 10,62m³ foram supridos por água pluvial, ou seja, apenas 8,31%.

4.3.2 Análise da população usuária e determinação da demanda de água pluvial

Para determinar a população que usa o sistema de aproveitamento de água pluvial, foi utilizado o sistema de contagem de fluxo. O ambiente escolhido para monitoramento foram os sanitários masculinos e femininos (fig. 53 e fig. 54).

Figura 51: Instalação da CAD, MTE e CF, no sanitário masculino

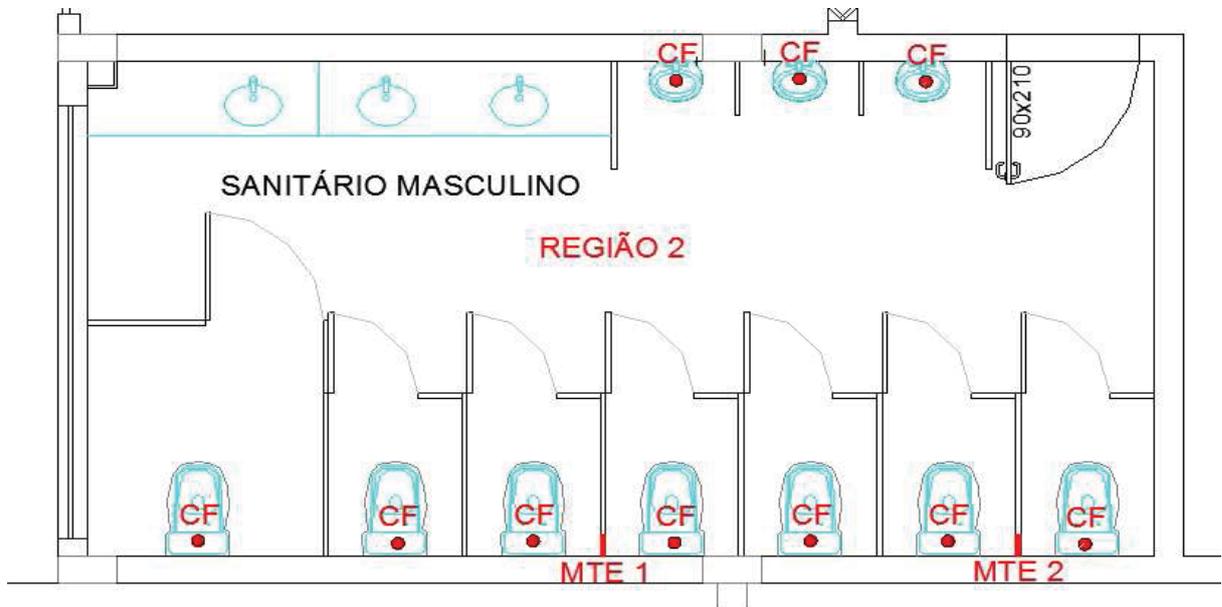
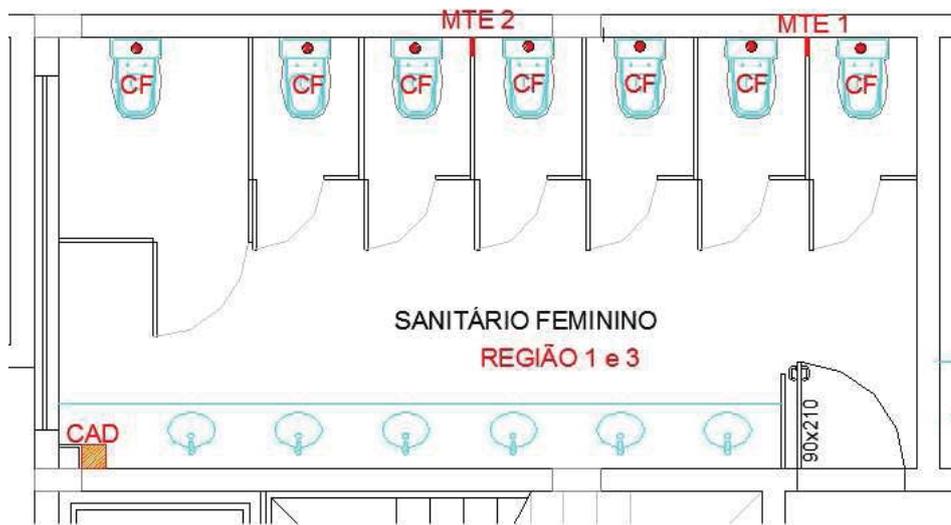


Figura 52: Instalação MTE e CF, no sanitário Feminino



Nos pontos de consumo das bacias sanitárias para cada uma delas foi adaptada uma Chave de Fluxo (fig. 55).

Figura 53: Instalação em cada ponto de consumo da CF



Nos pontos de consumo dos mictórios, adaptado para cada um uma Chave de Contato, ligada a uma MTE (fig. 56 e fig. 57).

Figura 54: Chave de contato ligado a um mictório



Figura 55: MTE ligada aos mictórios



Ainda dentro do ambiente sanitário, os Módulos Transmissores de Eventos (MTE) foram instalados, tanto no masculino como no feminino (fig. 58 e fig. 59).

Figura 56: MTE

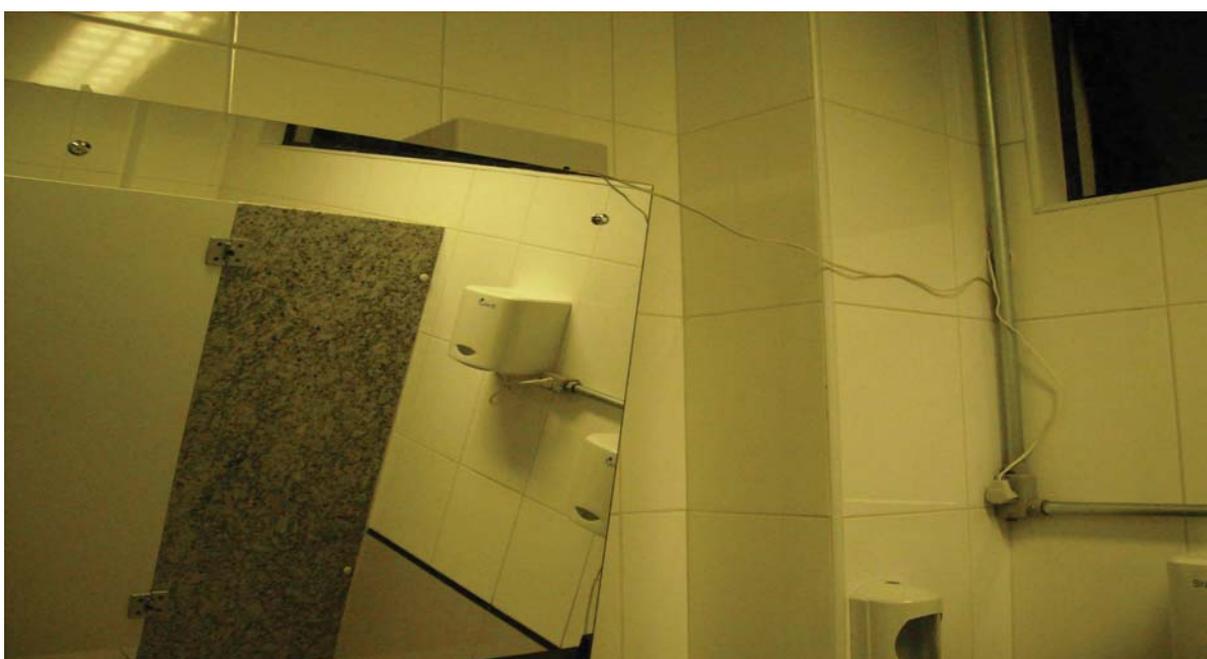


Figura 57: MTE ligada as bacias sanitárias



A Central de Armazenamento de Dados (CAD) foi instalada no sanitário Feminino em local onde pudesse ser acessado para coleta dos dados (fig.60).

Figura 58: Local da CAD-Central de Armazenamento de Dados



Os dados coletados, foram transmitidos através do adaptador wireless, diretamente ao computador onde o programa SISMOS fez a análise (fig. 61 e fig. 62).

Figura 59: Computador externo ao ambiente monitorado conectado pelo sistema wireless



Figura 60: Captação dos dados para análise.



No período de monitoramento para determinar o perfil da população, o sistema ficou instalado durante o mês de outubro de 2012 e registrou 21.296 eventos., isto é, número de vezes que os pontos de uso foram acionados.

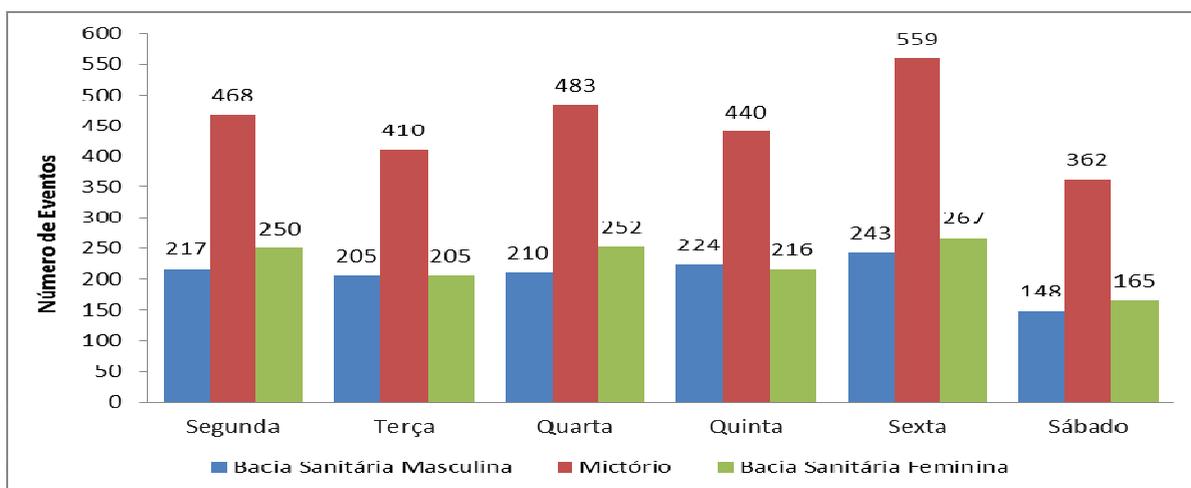
Destes 21.296 eventos, no Sanitário Masculino, foram 4992 nas bacias sanitárias e 10884 nos mictórios, enquanto que no sanitário feminino foram registrados 5420 eventos. Conforme mostra o quadro 24.

Quadro 24: Número de eventos monitorados no período

	Bacia Sanitária Masculina	Mictório	Bacia Sanitária Feminina
Segunda	217	468	250
Terça	205	410	205
Quarta	210	483	252
Quinta	224	440	216
Sexta	243	559	267
Sábado	148	362	165
TOTAL	1248	2721	1355

Durante os dias analisados, o mictório foi o aparelho que alcançou maior número de eventos. Já a bacia sanitária feminina, registrou um número maior de eventos que a masculina, mas mesmo os maiores usos foram nos banheiros masculinos (fig. 63).

Figura 61: Gráfico da média dos eventos registrados na semana.



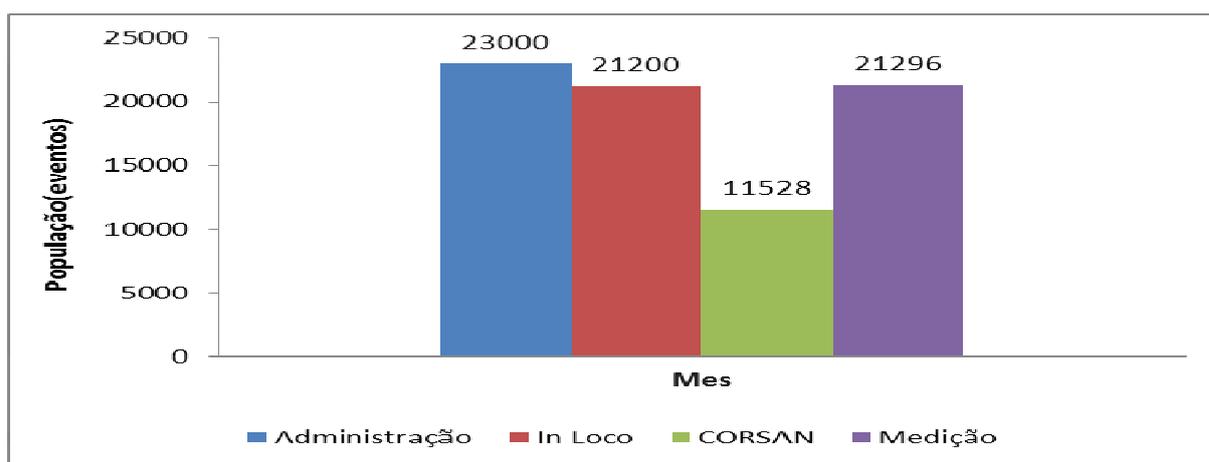
Após levantamento de perfil populacional obtido pelo sistema de chave de fluxo, e chave de contato, realizou-se um comparativo da população diária através dos dados obtidos pela administração do centro comercial, pelo levantamento *in loco* e pelos cálculos baseado nas recomendações da concessionária local a CORSAN. Valores demonstrados no quadro 25.

Quadro 25: População levantada no período.

	Administração (usuários)	In Loco (usuários)	CORSAN (usuários)	Medição (usuários)
Diária	1050	960	524	888
Semanal	5750	5300	2882	5324
Mensal	23000	21200	11528	21296

A população obtida pelos critérios da CORSAN foi a menor em relação aos demais levantamentos, que apresentaram valores mais uniformes, sendo que os dados obtidos com a administração do centro de convivência foi a que apresentou os maiores valores (fig. 64).

Figura 62: Gráfico das populações levantadas nos diversos métodos de análise



As populações referentes aos dados da Administração, *in loco* e da Medição tem uma proximidade em seus números, revelando um valor populacional em conformidade com a realidade de uso dos sanitários. Em contrapartida os dados da CORSAN, revela um valor muito inferior do real, já que o número obtido seria um valor fixo estipulado pela concessionária relativo a metragem do empreendimento e não sobre a população total ou usuária do sistema de aproveitamento pluvial.

A partir dos dados populacionais medidos e levantados tornou-se possível a determinação de demanda de água de chuva necessária para abastecer os ambientes sanitários do centro de convivência da UPF.

Os quadros 26 e 27 mostram a demanda diária e mensal de cada ponto de consumo, com os dados populacionais obtidos junto a administração do centro de convivência.

Quadro 26: Dados da administração- Dia

	Volume Nominal(L)	População (diária)	Demanda Total (m ³ /dia)
BSM	6	252	1,51
MIC	3	536	1,61
BSF	6	262	1,57
Demanda Total			4,69

Legenda: BSM: Bacia sanitária masculina;
BSF: Bacia sanitária feminina.

Quadro 27: Dados da administração -Mês

	Volume Nominal (L)	População (mensal)	Demanda Total (m ³ /mês)
BSM	6	5520	33,12
MIC	3	11730	35,19
BSF	6	5750	34,50
Demanda Total			102,81

MIC: Mictório;

Nos dados obtidos da população *in loco*, a demanda utilizada se assemelha aos dados obtidos da administração. Sendo um pouco inferior, em torno de 7,8 % em relação aos dados fornecidos pela administração do centro de convivência, como mostram os quadros 28 e 29.

Quadro 28: Dados *in loco* -Dia

	Volume Nominal (L)	População (diária)	Demanda Total (m ³ /dia)
BSM	6	230	1,38
MIC	3	490	1,47
BSF	6	240	1,44
Demanda Total			4,29

Quadro 29: Dados *in loco* -Mês

	Volume Nominal (L)	População (mensal)	Demanda Total (m ³ /mês)
BSM	6	5088	30,53
MIC	3	10812	32,43
BSF	6	5300	31,80
Demanda Total			94,76

Em relação aos dados resultantes da medição, também há uma relação de proximidade nos valores, sendo de 4,05% em relação ao levantamento *in loco* é de 11,56% em relação aos dados da administração, como mostram os quadros 30 e 31.

Quadro 30: Dados Medição-Dia

	Volume Nominal (L)	População (diária)	Demanda Total (m ³ /dia)
BSM	6,00	208	1,25
MIC	3,00	464	1,39
BSF	6,00	226	1,36
Demanda Total			4,00

Legenda: BSM: Bacia sanitária masculina;
MIC: Mictório;
BSF: Bacia sanitária feminina.

Quadro 31: Dados Medição -Mês

	Volume Nominal (L)	População (mensal)	Demanda Total (m ³ /mês)
BSM	6	4292	25,75
MIC	3	10886	32,66
BSF	6	5419	32,51
Demanda Total			90,92

Conforme os quadros 32 e 33, nos dados obtidos utilizando-se os critérios da CORSAN, pode-se notar uma grande diferença, chegando a 49,9% do valor da administração, 45,6% do valor obtido no levantamento *in loco* e 43,32% em relação aos valores obtidos com a medição. Tal diferença acredita-se que seja devido ao fato do critério da CORSAN utilizar a área construída apenas, não levando em conta a população flutuante do prédio analisado.

Quadro 32: Dados CORSAN-Dia

	Volume Nominal(L)	População (diária)	Demanda Total (m ³ /dia)
BSM	6	126	0,76
MIC	3	267	0,80
BSF	6	131	0,79
Demanda Total			2,35

Legenda: BSM: Bacia sanitária masculina;
BSF: Bacia sanitária feminina.

Quadro 33: Dados CORSAN- Mês

	Volume Nominal(L)	População (mensal)	Demanda Total (m ³ /mês)
BSM	6	2767	16,60
MIC	3	5879	17,64
BSF	6	2882	17,29
Demanda Total			51,53

MIC: Mictório;

O que se pode observar, em ambos os valores de demanda (diária e mensal), nos diferentes dados levantados é que, o mictório obteve o maior número de eventos em sua grande totalidade, foi praticamente o dobro de eventos em relação às bacias sanitárias, tanto masculina como feminina. Em compensação, o volume de água utilizado nos mictórios é a metade, fazendo com que a demanda final utilizado por esse ponto de consumo não seja tão diferente dos demais.

As figuras 65 e 66 mostram um comparativo entre os valores de demanda obtidos para os diversos métodos de determinação da população usuária.

Figura 63: Gráfico dos demanda mensal

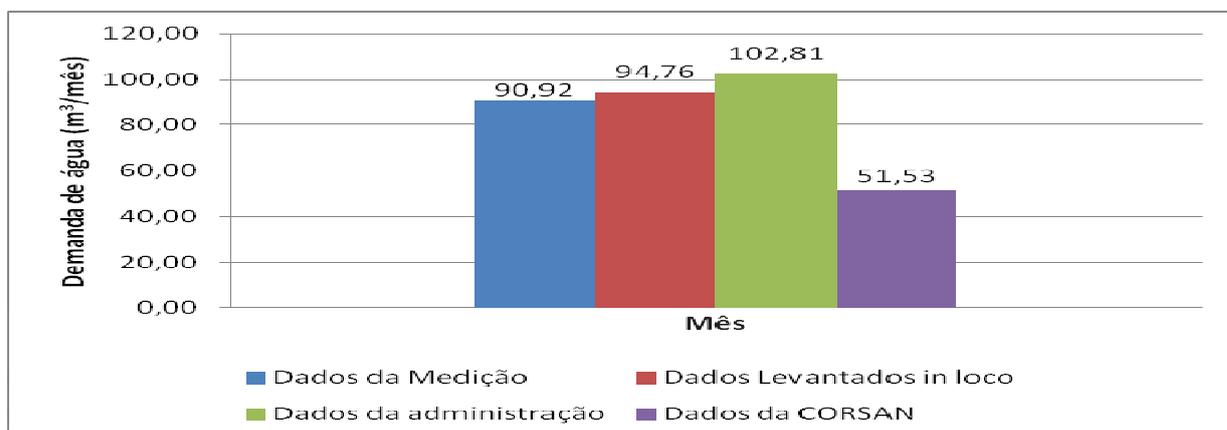
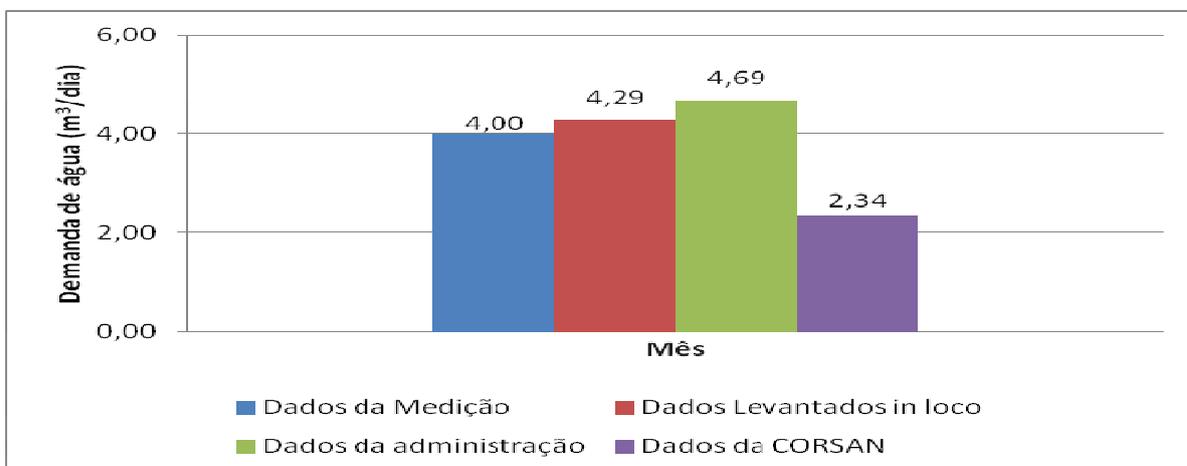


Figura 64: Gráfico dos demanda diária



4.3.3 Verificação do dimensionamento do reservatório de água pluvial

Para o dimensionamento dos reservatórios, que posteriormente foram comparados com o volume existente no centro de convivência, foi utilizado dois métodos de cálculos, aprovados pela NBR 15527/2007, que são o Método de Rippl e o Método da Simulação.

Para os dois métodos de dimensionamento foram utilizados os 4 cenários diferentes de demanda, conforme quadro 34:

- Demanda encontrada pelos critérios da CORSAN;
- Demanda encontrada pela Medição;
- Demanda encontrada pela Administração;
- Demanda encontrada nos levantamentos *in loco*.

Quadro 34: Demanda diária e mensal nos diferentes cálculos de população.

Parâmetros	População diária	Demanda Diária/m ³	Demanda Mensal/m ³
Administração	1050	4,69	102,81
<i>in loco</i>	960	4,29	94,76
CORSAN	524	2,34	51,53
Medição	888	4,00	90,92

Para cada cenário, pelo método de Rippl, foram utilizadas duas épocas de normais climatológicas, uma relativa as precipitações mensais dos últimos 20 anos para a cidade de Passo Fundo - RS, conforme tabela 17, e outra relativa aos valores mensais de precipitação, durante o ano de 2012, que corresponde ao período de 2012, conforme tabela 18.

Tabela 17: Normais climatológicas nos últimos 20 anos – PF- RS (1993 – 2012)

Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abril	Mai	Jun.	Jul.	Agos.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Precip. (mm)	174.8	159.1	136.9	150.1	143.1	154.6	165.9	121.5	165.5	233.2	156.6	147.7

Fonte: EMBRAPA- 2013

Tabela 18: Precipitações mensais do 2012.

Meses	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Prec.(mm)	105,2	69,3	100,8	58,2	28,5	183,4	208,3	28,1	142,3	253	34	176,3

Já para o Método da Simulação, foi utilizada a média diária anual do período monitorado o ano de 2012, conforme tabela 19.

Tabela 19: Médias diárias de precipitação do ano de 2012.

		Precipitação (mm)																															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
Janeiro		10,9	0	0	0	0	0	0,8	0	0	0	0	2,1	39,6	19,4	17,4	0	0	0	0	0	1,8	1	0,1	0,8	9,9	0	0	0	0	1,4	0	
Fevereiro		0	0	0	0,2	0	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,7	0,1	1,2	0	8,9	0,1	0,4	0	0,1	16,8	4,8	0	0	0		
Março		74,8	8,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	12,3	0	0	0	0	0	0	0,4	0	0	0	0	4,5	0	0	0		
Abril		0	0	0	0	0	16,9	0	0	0	0	0	6,3	0	6,6	4,4	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,1	1,3	0	14,4	0,1		
Mai		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,2	0,9	0,1	0	0	0	13,4	12,8	
Junho		0	0	58,2	5,6	1,6	0	0	0	0	0	25,3	0,2	0	0	0	0	0	63	2,3	0	0	25	2,2	0	0	0	0	0	0	0	0	
Julho		0	0	0	0	0	31,6	29	0,5	0	0	37,8	0,2	0	0	0	0	5,8	2,8	0	0	0	0	0	0,2	42,6	0	11,6	0	24	22,2	0	
Agosto		1,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	7,4	0	0	0,6	0	0	0	1,5	0	0	0	0	14,1	2,5	0,1	0	0	0	
Setembro		0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	29,6	12,5	0	0	0	0	0	0,6	96	0,4	1	0	0	0	0	0	0,4	0	0	0	0,8	0
Outubro		6,8	30,2	51,4	2,4	0	0	0	0	0	32,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,6	18,6	66,5	0	0	0,2	6,8	19	2	0,8	15,6	0	
Novembro		1,7	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,8	1,4	0	0	20,2	3	0	0	0	0,7	0	0,2	0	
Dezembro		0	20,8	0	0	3	16,8	0	6,2	0	0	27,6	1,1	17,2	0,8	0	0	1	0	10	0	2,8	17,8	0	0	0	0	32,7	17,5	1	0	0	
Média		8,0	1,0	5,5	0,9	0,6	9,7	5,7	1,0	1,3	1,0	9,9	1,8	5,0	3,6	4,5	1,6	3,6	7,7	2,3	1,7	2,7	4,3	2,3	2,3	10,6	4,5	5,3	2,5	8,3	8,2	4,0	

4.3.3.1 Dimensionamento através do Método de Rippl

Para fazer o cálculo de Rippl de dimensionamento do reservatório do sistema, foram utilizados oito cenários, usando a média mensal dos últimos 20 anos e o ano de 2012, ambos com as diferentes demandas determinadas anteriormente no trabalho.

Nas tabelas de 20 a 23 estão apresentados os cálculos para todos os cenários de demanda, utilizando-se a média mensal dos últimos 20 anos.

Nestes cenários, o dimensionamento mostrou que não haveria necessidade de um reservatório de acumulação, visto que mesmo nos diferentes tipos de demandas, os valores médios das precipitações seriam suficientes para abastecer o consumo local, sendo assim, comparando com os volumes atuais dos reservatórios existentes no centro de convivência hoje com os valores dados pelo método de Rippl para este cenário de precipitação, pode-se notar que eles são suficientes para suprir a demanda do centro de convivência da UPF.

Tabela 20: Cálculo do reservatório referente à demanda da Administração – 20 anos de precipitação.

Meses	Chuva média mensal 20 ANOS	Demanda mensal Administração	Volume acumulado	Área de coleta	Coefficiente de Runoff	Volume de chuva mensal	Volume acumulado	Volume de chuva de manda
	mm	m³	m³	m²		m³	m³	m³
Janeiro	174,80	102,81	102,81	1181,00	0,80	165,15	165,15	-62,34
Fevereiro	159,10	102,81	205,62	1181,00	0,80	150,32	315,47	-47,51
Março	136,90	102,81	308,43	1181,00	0,80	129,34	444,81	-26,53
Abril	150,10	102,81	411,24	1181,00	0,80	141,81	586,63	-39,00
Mai	143,10	102,81	514,05	1181,00	0,80	135,20	721,83	-32,39
Junho	154,60	102,81	616,86	1181,00	0,80	146,07	867,89	-43,26
Julho	165,90	102,81	719,67	1181,00	0,80	156,74	1024,64	-53,93
Agosto	121,50	102,81	822,48	1181,00	0,80	114,79	1139,43	-11,98
Setembro	165,50	102,81	925,29	1181,00	0,80	156,36	1295,79	-53,55
Outubro	233,20	102,81	1028,10	1181,00	0,80	220,33	1516,12	-117,52
Novembro	156,60	102,81	1130,91	1181,00	0,80	147,96	1664,08	-45,15
Dezembro	147,70	102,81	1233,72	1181,00	0,80	139,55	1803,62	-36,74

Tabela 21: Cálculo do reservatório referente a demanda dos levantamentos *in loco* – 20 anos de precipitação .

Meses	Chuva média mensal 20 ANOS	Demanda mensal <i>in loco</i>	Volume acumulado	Área de coleta	Coefficiente de Runoff	Volume de chuva mensal	Volume acumulado	Volume de chuva demanda
	mm	m³	m³	m²		m³	m³	m³
Janeiro	174,80	94,76	94,76	1181,00	0,80	165,15	165,15	-70,39
Fevereiro	159,10	94,76	189,53	1181,00	0,80	150,32	315,47	-55,55
Março	136,90	94,76	284,29	1181,00	0,80	129,34	444,81	-34,58
Abril	150,10	94,76	379,06	1181,00	0,80	141,81	586,63	-47,05
Mai	143,10	94,76	473,82	1181,00	0,80	135,20	721,83	-40,44
Junho	154,60	94,76	568,58	1181,00	0,80	146,07	867,89	-51,30
Julho	165,90	94,76	663,35	1181,00	0,80	156,74	1024,64	-61,98
Agosto	121,50	94,76	758,11	1181,00	0,80	114,79	1139,43	-20,03
Setembro	165,50	94,76	852,88	1181,00	0,80	156,36	1295,79	-61,60
Outubro	233,20	94,76	947,64	1181,00	0,80	220,33	1516,12	-125,56
Novembro	156,60	94,76	1042,40	1181,00	0,80	147,96	1664,08	-53,19
Dezembro	147,70	94,76	1137,17	1181,00	0,80	139,55	1803,62	-44,78

Tabela 22: Cálculo do reservatório referente a demanda da medição – 20 anos de precipitação .

Meses	Chuva média mensal 20 ANOS	Demanda mensal Medição	Volume acumulado	Área de coleta	Coefficiente de Runoff	Volume de chuva mensal	Volume acumulado	Volume de chuva de manda
	mm	m³	m³	m²		m³	m³	m³
Janeiro	174,80	90,92	90,92	1181,00	0,80	165,15	165,15	-74,23
Fevereiro	159,10	90,92	181,85	1181,00	0,80	150,32	315,47	-59,39
Março	136,90	90,92	272,77	1181,00	0,80	129,34	444,81	-38,42
Abril	150,10	90,92	363,70	1181,00	0,80	141,81	586,63	-50,89
Maiο	143,10	90,92	454,62	1181,00	0,80	135,20	721,83	-44,28
Junho	154,60	90,92	545,54	1181,00	0,80	146,07	867,89	-55,14
Julho	165,90	90,92	636,47	1181,00	0,80	156,74	1024,64	-65,82
Agosto	121,50	90,92	727,39	1181,00	0,80	114,79	1139,43	-23,87
Setembro	165,50	90,92	818,32	1181,00	0,80	156,36	1295,79	-65,44
Outubro	233,20	90,92	909,24	1181,00	0,80	220,33	1516,12	-129,40
Novembro	156,60	90,92	1000,16	1181,00	0,80	147,96	1664,08	-57,03
Dezembro	147,70	90,92	1091,09	1181,00	0,80	139,55	1803,62	-48,62

Tabela 23: Cálculo do reservatório referente a demanda da CORSAN – 20 anos de precipitação.

Meses	Chuva média mensal 20 ANOS	Demanda mensal CORSAN	Volume acumulado	Área de coleta	Coefficiente de Runoff	Volume de chuva mensal	Volume acumulado	Volume de chuva de manda
	mm	m³	m³	m²		m³	m³	m³
Janeiro	174,80	51,53	51,53	1181,00	0,80	165,15	165,15	-113,62
Fevereiro	159,10	51,53	103,06	1181,00	0,80	150,32	315,47	-98,79
Março	136,90	51,53	154,59	1181,00	0,80	129,34	444,81	-77,81
Abril	150,10	51,53	206,12	1181,00	0,80	141,81	586,63	-90,28
Maiο	143,10	51,53	257,65	1181,00	0,80	135,20	721,83	-83,67
Junho	154,60	51,53	309,18	1181,00	0,80	146,07	867,89	-94,54
Julho	165,90	51,53	360,71	1181,00	0,80	156,74	1024,64	-105,21
Agosto	121,50	51,53	412,24	1181,00	0,80	114,79	1139,43	-63,26
Setembro	165,50	51,53	463,77	1181,00	0,80	156,36	1295,79	-104,83
Outubro	233,20	51,53	515,30	1181,00	0,80	220,33	1516,12	-168,80
Novembro	156,60	51,53	566,83	1181,00	0,80	147,96	1664,08	-96,43
Dezembro	147,70	51,53	618,36	1181,00	0,80	139,55	1803,62	-88,02

Nas tabelas de 24 a 29 estão apresentados os dados obtidos para os cenários analisados no ano de 2012, período do monitoramento.

Neste caso, a estiagem comprometeu a eficiência do sistema, mostrando que se esta fosse à realidade histórica do local seriam necessários volumes muito grandes de reservatórios para suprir a demanda do sistema, uma vez que as disponibilidades de água pluvial mensal seriam muito abaixo em relação à elevada demanda do sistema.

A tabela 24 resume os valores encontrados nos diversos cenários, onde pode-se ver os volumes que seriam necessários para o ano de 2012, período monitorado.

Tabela 24: Volume reservatórios nos diferentes cenários de Rippl

Cenário	Precipitação média 20 anos (m ³)	Precipitação ano estiagem 2012 (m ³)
Rippl Administração	30 ^(*) ou 20 ^(**) ou 10 ^(***)	318,98
Rippl <i>in loco</i>	30 ^(*) ou 20 ^(**) ou 10 ^(***)	267,76
Rippl Medição	30 ^(*) ou 20 ^(**) ou 10 ^(***)	248,56
Rippl CORSAN	30 ^(*) ou 20 ^(**) ou 10 ^(***)	69,00

(^{*}): Volume total dos reservatórios do Centro de Convivência da UPF;

(^{**}): Volume total dos reservatórios superiores do Centro de Convivência da UPF;

(^{***}): Volume total do reservatório inferior do Centro de Convivência da UPF.

Outra forma de se analisar os dados resultantes do dimensionamento de Rippl, seria a consideração do volume do reservatório como sendo o maior valor encontrado nos meses analisados. Como mostra a tabela 25.

Tabela 25: Volume reservatórios nos diferentes cenários de Rippl – maior valor anual.

Cenário	Precipitação média 20 anos (m ³)	Precipitação ano estiagem 2012 (m ³)
Rippl Administração	30 ^(*) ou 20 ^(**) ou 10 ^(***)	76,26
Rippl <i>in loco</i>	30 ^(*) ou 20 ^(**) ou 10 ^(***)	68,22
Rippl Medição	30 ^(*) ou 20 ^(**) ou 10 ^(***)	64,38
Rippl CORSAN	30 ^(*) ou 20 ^(**) ou 10 ^(***)	25

(^{*}): Volume total dos reservatórios do Centro de Convivência da UPF;

(^{**}): Volume total dos reservatórios superiores do Centro de Convivência da UPF;

(^{***}): Volume total do reservatório inferior do Centro de Convivência da UPF.

Com estes resultados o valor calculado para o reservatório do centro de convivência da UPF, torna-se mais viável do que os valores encontrados na tabela 27 e não haveria o risco do reservatório ficar muito tempo com água de chuva armazenada.

Tabela 26: Cálculo do reservatório com a demanda da Administração para o ano de 2012.

Meses	Chuva média mensal 2012	Demanda mensal Administração	Volume acumulado	Área de coleta	Coefficiente de Runoff	Volume de chuva mensal	Volume acumulado	Volume de chuva demanda
	mm	m³	m³	m²		m³	m³	m³
Janeiro	105,20	102,81	102,81	1181,00	0,80	99,39	99,39	3,42
Fevereiro	69,30	102,81	205,62	1181,00	0,80	65,47	164,87	37,34
Março	100,80	102,81	308,43	1181,00	0,80	95,24	260,10	7,57
Abril	58,20	102,81	411,24	1181,00	0,80	54,99	315,09	47,82
Maior	28,50	102,81	514,05	1181,00	0,80	26,93	342,02	75,88
Junho	183,40	102,81	616,86	1181,00	0,80	173,28	515,29	-70,47
Julho	208,30	102,81	719,67	1181,00	0,80	196,80	712,10	-93,99
Agosto	28,10	102,81	822,48	1181,00	0,80	26,55	738,64	76,26
Setembro	142,30	102,81	925,29	1181,00	0,80	134,45	873,09	-31,64
Outubro	253,00	102,81	1028,10	1181,00	0,80	239,03	1112,12	-136,22
Novembro	34,00	102,81	1130,91	1181,00	0,80	32,12	1144,25	70,69
Dezembro	176,30	102,81	1233,72	1181,00	0,80	166,57	1310,82	-63,76

Tabela 27: Cálculo do reservatório com a demanda *in loco* para o ano de 2012.

Meses	Chuva média mensal 2012	Demanda mensal in loco	Volume acumulado	Área de coleta	Coefficiente de Runoff	Volume de chuva mensal	Volume acumulado	Volume de chuva demanda
	mm	m³	m³	m²		m³	m³	m³
Janeiro	105,20	94,76	94,76	1181,00	0,80	99,39	99,39	-4,63
Fevereiro	69,30	94,76	189,53	1181,00	0,80	65,47	164,87	29,29
Março	100,80	94,76	284,29	1181,00	0,80	95,24	260,10	-0,47
Abril	58,20	94,76	379,06	1181,00	0,80	54,99	315,09	39,78
Maior	28,50	94,76	473,82	1181,00	0,80	26,93	342,02	67,84
Junho	183,40	94,76	568,58	1181,00	0,80	173,28	515,29	-78,51
Julho	208,30	94,76	663,35	1181,00	0,80	196,80	712,10	-102,04
Agosto	28,10	94,76	758,11	1181,00	0,80	26,55	738,64	68,22
Setembro	142,30	94,76	852,88	1181,00	0,80	134,45	873,09	-39,68
Outubro	253,00	94,76	947,64	1181,00	0,80	239,03	1112,12	-144,27
Novembro	34,00	94,76	1042,40	1181,00	0,80	32,12	1144,25	62,64
Dezembro	176,30	94,76	1137,17	1181,00	0,80	166,57	1310,82	-71,80

Tabela 28: Cálculo do reservatório com a demanda da Medição para o ano de 2012.

Meses	Chuva média mensal 2012	Demanda mensal Medição	Volume acumulado	Área de coleta	Coeficiente de Runoff	Volume de chuva mensal	Volume acumulado	Volume de chuva de manda
	mm							
Janeiro	105,20	90,92	90,92	1181,00	0,80	99,39	99,39	-8,47
Fevereiro	69,30	90,92	181,85	1181,00	0,80	65,47	164,87	25,45
Março	100,80	90,92	272,77	1181,00	0,80	95,24	260,10	-4,31
Abril	58,20	90,92	363,70	1181,00	0,80	54,99	315,09	35,94
Maiο	28,50	90,92	454,62	1181,00	0,80	26,93	342,02	64,00
Junho	183,40	90,92	545,54	1181,00	0,80	173,28	515,29	-82,35
Julho	208,30	90,92	636,47	1181,00	0,80	196,80	712,10	-105,88
Agosto	28,10	90,92	727,39	1181,00	0,80	26,55	738,64	64,38
Setembro	142,30	90,92	818,32	1181,00	0,80	134,45	873,09	-43,52
Outubro	253,00	90,92	909,24	1181,00	0,80	239,03	1112,12	-148,11
Novembro	34,00	90,92	1000,16	1181,00	0,80	32,12	1144,25	58,80
Dezembro	176,30	90,92	1091,09	1181,00	0,80	166,57	1310,82	-75,64

Tabela 29: Cálculo do reservatório referente a demanda da CORSAN para o ano de 2012.

Meses	Chuva média mensal 2012	Demanda mensal CORSAN	Volume acumulado	Área de coleta	Coeficiente de Runoff	Volume de chuva mensal	Volume acumulado	Volume de chuva demanda
	mm							
Janeiro	105,2	51,53	51,53	1.181,00	0,8	99,4	99,4	-47,9
Fevereiro	69,3	51,53	103,06	1.181,00	0,8	65,5	164,9	-13,9
Março	100,8	51,53	154,59	1.181,00	0,8	95,2	260,1	-43,7
Abril	58,2	51,53	206,12	1.181,00	0,8	55,0	315,1	-3,5
Maiο	28,5	51,53	257,65	1.181,00	0,8	26,9	342,0	24,6
Junho	183,4	51,53	309,18	1.181,00	0,8	173,3	515,3	-121,7
Julho	208,3	51,53	360,71	1.181,00	0,8	196,8	712,1	-145,3
Agosto	28,1	51,53	412,24	1.181,00	0,8	26,5	738,6	25,0
Setembro	142,3	51,53	463,77	1.181,00	0,8	134,4	873,1	-82,9
Outubro	253	51,53	515,3	1.181,00	0,8	239,0	1112,1	-187,5
Novembro	34	51,53	566,83	1.181,00	0,8	32,1	1144,2	19,4
Dezembro	176,3	51,53	618,36	1.181,00	0,8	166,6	1310,8	-115,0

4.3.4 Dimensionamento através do Método da Simulação

Este método é aplicado para verificação da eficiência do volume do reservatório, neste caso foram analisados os volumes de 30 m³ e o de 10 m³, que são os volumes existentes no centro de convivência, sendo o primeiro o volume total e o segundo o volume do reservatório superior.

Para a aplicação do Método de Simulação, foram feitos oito cenários, onde foi utilizada a média diária do ano de 2012 e as diferentes demandas encontradas no trabalho para os dois volumes de reservatórios existentes.

Nas tabelas de 30 a 32 são apresentados os resultados para os quatro cenários de demanda com a média diária do ano de 2012 com o volume de 30 m³.

Pode-se ver que neste caso, com o reservatório de 30 m³, não haveria, em um período de 31 dias, falta de água para nenhuma das demandas encontradas, considerando-se a média diária anual do ano de 2012.

Ressalta-se que este resultado é conflitante com os resultados obtidos no método da Rippl, onde para este mesmo ano (2012) haveriam meses em que a precipitação não seria suficiente para suprir a demanda do sistema.

Tabela 30: Cálculo do reservatório referente à demanda da Administração para volume de 30 m³.

Dias	Chuva média diária	Demanda diária Administração	Área de coleta	Coefficiente de Runoff	Volume de chuva diário	Volume do reservatório
	mm	m ³	m ²		m ³	m ³
						30
1	8,00	4,69	1.181,00	0,8	7,6	32,9
2	1,00	4,69	1.181,00	0,8	0,9	29,1
3	5,50	4,69	1.181,00	0,8	5,2	29,6
4	0,90	4,69	1.181,00	0,8	0,9	25,8
5	0,60	4,69	1.181,00	0,8	0,6	21,7
6	9,70	4,69	1.181,00	0,8	9,2	26,1
7	5,70	4,69	1.181,00	0,8	5,4	26,8
8	1,00	4,69	1.181,00	0,8	0,9	23,1
9	1,30	4,69	1.181,00	0,8	1,2	19,6
10	1,00	4,69	1.181,00	0,8	0,9	15,9
11	9,90	4,69	1.181,00	0,8	9,4	20,5
12	1,80	4,69	1.181,00	0,8	1,7	17,6
13	5,00	4,69	1.181,00	0,8	4,7	17,6
14	3,60	4,69	1.181,00	0,8	3,4	16,3
15	4,50	4,69	1.181,00	0,8	4,3	15,9
16	1,60	4,69	1.181,00	0,8	1,5	12,7
17	3,60	4,69	1.181,00	0,8	3,4	11,4
18	7,70	4,69	1.181,00	0,8	7,3	14,0
19	2,30	4,69	1.181,00	0,8	2,2	11,5
20	1,70	4,69	1.181,00	0,8	1,6	8,4
21	2,70	4,69	1.181,00	0,8	2,6	6,2
22	4,30	4,69	1.181,00	0,8	4,1	5,6
23	2,30	4,69	1.181,00	0,8	2,2	3,1
24	2,30	4,69	1.181,00	0,8	2,2	0,6
25	10,60	4,69	1.181,00	0,8	10,0	5,9
26	4,50	4,69	1.181,00	0,8	4,3	5,5
27	5,30	4,69	1.181,00	0,8	5,0	5,8
28	2,50	4,69	1.181,00	0,8	2,4	3,5
29	8,30	4,69	1.181,00	0,8	7,8	6,6
30	8,20	4,69	1.181,00	0,8	7,7	9,7
31	4,00	4,69	1.181,00	0,8	3,8	8,8

Tabela 31: Cálculo do reservatório referente a demanda *in loco* para volume de 30 m³.

Dias	Chuva média diária	Demanda diária <i>in loco</i>	Área de coleta	Coefficiente de Runoff	Volume de chuva diário	Volume do reservatório
	mm	m ³	m ²		m ³	m ³
						30
1	8,00	4,29	1.181,00	0,8	7,6	33,3
2	1,00	4,29	1.181,00	0,8	0,9	29,9
3	5,50	4,29	1.181,00	0,8	5,2	30,8
4	0,90	4,29	1.181,00	0,8	0,9	27,4
5	0,60	4,29	1.181,00	0,8	0,6	23,7
6	9,70	4,29	1.181,00	0,8	9,2	28,5
7	5,70	4,29	1.181,00	0,8	5,4	29,6
8	1,00	4,29	1.181,00	0,8	0,9	26,3
9	1,30	4,29	1.181,00	0,8	1,2	23,2
10	1,00	4,29	1.181,00	0,8	0,9	19,9
11	9,90	4,29	1.181,00	0,8	9,4	24,9
12	1,80	4,29	1.181,00	0,8	1,7	22,4
13	5,00	4,29	1.181,00	0,8	4,7	22,8
14	3,60	4,29	1.181,00	0,8	3,4	21,9
15	4,50	4,29	1.181,00	0,8	4,3	21,9
16	1,60	4,29	1.181,00	0,8	1,5	19,1
17	3,60	4,29	1.181,00	0,8	3,4	18,2
18	7,70	4,29	1.181,00	0,8	7,3	21,2
19	2,30	4,29	1.181,00	0,8	2,2	19,1
20	1,70	4,29	1.181,00	0,8	1,6	16,4
21	2,70	4,29	1.181,00	0,8	2,6	14,6
22	4,30	4,29	1.181,00	0,8	4,1	14,4
23	2,30	4,29	1.181,00	0,8	2,2	12,3
24	2,30	4,29	1.181,00	0,8	2,2	10,2
25	10,60	4,29	1.181,00	0,8	10,0	15,9
26	4,50	4,29	1.181,00	0,8	4,3	15,9
27	5,30	4,29	1.181,00	0,8	5,0	16,6
28	2,50	4,29	1.181,00	0,8	2,4	14,7
29	8,30	4,29	1.181,00	0,8	7,8	18,2
30	8,20	4,29	1.181,00	0,8	7,7	21,7
31	4,00	4,29	1.181,00	0,8	3,8	21,2

Tabela 32: Cálculo do reservatório referente a demanda da Medição para um volume de 30 m³.

Dias	Chuva média diária	Demanda diária Medição	Área de coleta	Coefficiente de Runoff	Volume de chuva diário	Volume do reservatório
	mm	m ³	m ²		m ³	m ³
						30,00
1,00	8,00	4,00	1181,00	0,80	7,56	33,56
2,00	1,00	4,00	1181,00	0,80	0,94	30,50
3,00	5,50	4,00	1181,00	0,80	5,20	31,70
4,00	0,90	4,00	1181,00	0,80	0,85	28,55
5,00	0,60	4,00	1181,00	0,80	0,57	25,12
6,00	9,70	4,00	1181,00	0,80	9,16	30,28
7,00	5,70	4,00	1181,00	0,80	5,39	31,67
8,00	1,00	4,00	1181,00	0,80	0,94	28,61
9,00	1,30	4,00	1181,00	0,80	1,23	25,84
10,00	1,00	4,00	1181,00	0,80	0,94	22,78
11,00	9,90	4,00	1181,00	0,80	9,35	28,14
12,00	1,80	4,00	1181,00	0,80	1,70	25,84
13,00	5,00	4,00	1181,00	0,80	4,72	26,56
14,00	3,60	4,00	1181,00	0,80	3,40	25,96
15,00	4,50	4,00	1181,00	0,80	4,25	26,22
16,00	1,60	4,00	1181,00	0,80	1,51	23,73
17,00	3,60	4,00	1181,00	0,80	3,40	23,13
18,00	7,70	4,00	1181,00	0,80	7,27	26,40
19,00	2,30	4,00	1181,00	0,80	2,17	24,58
20,00	1,70	4,00	1181,00	0,80	1,61	22,18
21,00	2,70	4,00	1181,00	0,80	2,55	20,73
22,00	4,30	4,00	1181,00	0,80	4,06	20,80
23,00	2,30	4,00	1181,00	0,80	2,17	18,97
24,00	2,30	4,00	1181,00	0,80	2,17	17,14
25,00	10,60	4,00	1181,00	0,80	10,01	23,16
26,00	4,50	4,00	1181,00	0,80	4,25	23,41
27,00	5,30	4,00	1181,00	0,80	5,01	24,42
28,00	2,50	4,00	1181,00	0,80	2,36	22,78
29,00	8,30	4,00	1181,00	0,80	7,84	26,62
30,00	8,20	4,00	1181,00	0,80	7,75	30,37
31,00	4,00	4,00	1181,00	0,80	3,78	30,15

Tabela 33: Cálculo do reservatório referente a demanda da CORSAN para um volume de 30 m³.

Dias	Chuva média diária	Demanda diária CORSAN	Área de coleta	Coefficiente de Runoff	Volume de chuva diário	Volume do reservatório
	mm	m ³	m ²		m ³	m ³
						30
1	8,0	2,34	1.181,00	0,8	7,6	35,2
2	1,0	2,34	1.181,00	0,8	0,9	33,8
3	5,5	2,34	1.181,00	0,8	5,2	36,7
4	0,9	2,34	1.181,00	0,8	0,9	35,2
5	0,6	2,34	1.181,00	0,8	0,6	33,4
6	9,7	2,34	1.181,00	0,8	9,2	40,2
7	5,7	2,34	1.181,00	0,8	5,4	43,3
8	1,0	2,34	1.181,00	0,8	0,9	41,9
9	1,3	2,34	1.181,00	0,8	1,2	40,8
10	1,0	2,34	1.181,00	0,8	0,9	39,4
11	9,9	2,34	1.181,00	0,8	9,4	46,4
12	1,8	2,34	1.181,00	0,8	1,7	45,8
13	5,0	2,34	1.181,00	0,8	4,7	48,1
14	3,6	2,34	1.181,00	0,8	3,4	49,2
15	4,5	2,34	1.181,00	0,8	4,3	51,1
16	1,6	2,34	1.181,00	0,8	1,5	50,3
17	3,6	2,34	1.181,00	0,8	3,4	51,3
18	7,7	2,34	1.181,00	0,8	7,3	56,3
19	2,3	2,34	1.181,00	0,8	2,2	56,1
20	1,7	2,34	1.181,00	0,8	1,6	55,4
21	2,7	2,34	1.181,00	0,8	2,6	55,6
22	4,3	2,34	1.181,00	0,8	4,1	57,3
23	2,3	2,34	1.181,00	0,8	2,2	57,1
24	2,3	2,34	1.181,00	0,8	2,2	57,0
25	10,6	2,34	1.181,00	0,8	10,0	64,7
26	4,5	2,34	1.181,00	0,8	4,3	66,6
27	5,3	2,34	1.181,00	0,8	5,0	69,2
28	2,5	2,34	1.181,00	0,8	2,4	69,3
29	8,3	2,34	1.181,00	0,8	7,8	74,8
30	8,2	2,34	1.181,00	0,8	7,7	80,2
31	4,0	2,34	1.181,00	0,8	3,8	81,6

Aplicando o método da Simulação para o volume total dos reservatórios existente no Centro de convivência, mesmo para o período de estiagem, segundo o método, não haveria necessidade de um reservatório de acumulação, já que os mesmos seriam suficientes para atender os diferentes tipos de demandas.

As tabelas de 34 a 36 apresentam os resultados para os quatro cenários de demanda com a média diária do ano de 2012, só que com o volume de 10 m³, correspondente ao volume do reservatório superior do centro de convivência da UPF.

Neste caso, com o reservatório de 10 m³, já existe a falta de água em alguns dias do mês para a demanda obtida com os dados de medição da população, com os dados fornecidos pela administração e com os dados levantados *in loco*. Apenas no caso dos dados obtidos com os regulamentos da CORSAN é que não haveria falta de água em nenhum dos dias analisados.

Esses resultados mostram que a utilização apenas do reservatório superior do centro de convivência da UPF não é suficiente para suprir a demanda diária.

Tabela 34: Cálculo do reservatório referente à demanda da Administração para volume de 10 m³.

Dias	Chuva média diária	Demanda diária ADMINISTRAÇÃO	Área de coleta	Coefficiente de Runoff	Volume de chuva diário	Volume do reservatório
	mm	m ³	m ²		m ³	m ³
						10
1	8,0	4,69	1.181,00	0,8	7,6	12,9
2	1,0	4,69	1.181,00	0,8	0,9	9,1
3	5,5	4,69	1.181,00	0,8	5,2	9,6
4	0,9	4,69	1.181,00	0,8	0,9	5,8
5	0,6	4,69	1.181,00	0,8	0,6	1,7
6	9,7	4,69	1.181,00	0,8	9,2	6,1
7	5,7	4,69	1.181,00	0,8	5,4	6,8
8	1,0	4,69	1.181,00	0,8	0,9	3,1
9	1,3	4,69	1.181,00	0,8	1,2	-0,4
10	1,0	4,69	1.181,00	0,8	0,9	-4,1
11	9,9	4,69	1.181,00	0,8	9,4	0,5
12	1,8	4,69	1.181,00	0,8	1,7	-2,4
13	5,0	4,69	1.181,00	0,8	4,7	-2,4
14	3,6	4,69	1.181,00	0,8	3,4	-3,7
15	4,5	4,69	1.181,00	0,8	4,3	-4,1
16	1,6	4,69	1.181,00	0,8	1,5	-7,3
17	3,6	4,69	1.181,00	0,8	3,4	-8,6
18	7,7	4,69	1.181,00	0,8	7,3	-6,0
19	2,3	4,69	1.181,00	0,8	2,2	-8,5
20	1,7	4,69	1.181,00	0,8	1,6	-11,6
21	2,7	4,69	1.181,00	0,8	2,6	-13,8
22	4,3	4,69	1.181,00	0,8	4,1	-14,4
23	2,3	4,69	1.181,00	0,8	2,2	-16,9
24	2,3	4,69	1.181,00	0,8	2,2	-19,4
25	10,6	4,69	1.181,00	0,8	10,0	-14,1
26	4,5	4,69	1.181,00	0,8	4,3	-14,5
27	5,3	4,69	1.181,00	0,8	5,0	-14,2
28	2,5	4,69	1.181,00	0,8	2,4	-16,5
29	8,3	4,69	1.181,00	0,8	7,8	-13,4
30	8,2	4,69	1.181,00	0,8	7,7	-10,3
31	4,0	4,69	1.181,00	0,8	3,8	-11,2

Tabela 35: Cálculo do reservatório referente a demanda *in loco* para volume de 10 m³.

Dias	Chuva média diária	Demanda diária <i>in loco</i>	Área de coleta	Coefficiente de Runoff	Volume de chuva diário	Volume do reservatório
	mm	m ³	m ²		m ³	m ³
						10
1	8,00	4,29	1.181,00	0,8	7,6	13,3
2	1,00	4,29	1.181,00	0,8	0,9	9,9
3	5,50	4,29	1.181,00	0,8	5,2	10,8
4	0,90	4,29	1.181,00	0,8	0,9	7,4
5	0,60	4,29	1.181,00	0,8	0,6	3,7
6	9,70	4,29	1.181,00	0,8	9,2	8,5
7	5,70	4,29	1.181,00	0,8	5,4	9,6
8	1,00	4,29	1.181,00	0,8	0,9	6,3
9	1,30	4,29	1.181,00	0,8	1,2	3,2
10	1,00	4,29	1.181,00	0,8	0,9	-0,1
11	9,90	4,29	1.181,00	0,8	9,4	4,9
12	1,80	4,29	1.181,00	0,8	1,7	2,4
13	5,00	4,29	1.181,00	0,8	4,7	2,8
14	3,60	4,29	1.181,00	0,8	3,4	1,9
15	4,50	4,29	1.181,00	0,8	4,3	1,9
16	1,60	4,29	1.181,00	0,8	1,5	-0,9
17	3,60	4,29	1.181,00	0,8	3,4	-1,8
18	7,70	4,29	1.181,00	0,8	7,3	1,2
19	2,30	4,29	1.181,00	0,8	2,2	-0,9
20	1,70	4,29	1.181,00	0,8	1,6	-3,6
21	2,70	4,29	1.181,00	0,8	2,6	-5,4
22	4,30	4,29	1.181,00	0,8	4,1	-5,6
23	2,30	4,29	1.181,00	0,8	2,2	-7,7
24	2,30	4,29	1.181,00	0,8	2,2	-9,8
25	10,60	4,29	1.181,00	0,8	10,0	-4,1
26	4,50	4,29	1.181,00	0,8	4,3	-4,1
27	5,30	4,29	1.181,00	0,8	5,0	-3,4
28	2,50	4,29	1.181,00	0,8	2,4	-5,3
29	8,30	4,29	1.181,00	0,8	7,8	-1,8
30	8,20	4,29	1.181,00	0,8	7,7	1,7
31	4,00	4,29	1.181,00	0,8	3,8	1,2

Tabela 36: Cálculo do reservatório referente a demanda da Medição para um volume de 10 m³.

Dias	Chuva média diária	Demanda diária Medição	Área de coleta	Coefficiente de Runoff	Volume de chuva diário	Volume do reservatório
	mm	m ³	m ²		m ³	m ³
						10,00
1,00	8,00	4,00	1181,00	0,80	7,56	13,56
2,00	1,00	4,00	1181,00	0,80	0,94	10,50
3,00	5,50	4,00	1181,00	0,80	5,20	11,70
4,00	0,90	4,00	1181,00	0,80	0,85	8,55
5,00	0,60	4,00	1181,00	0,80	0,57	5,12
6,00	9,70	4,00	1181,00	0,80	9,16	10,28
7,00	5,70	4,00	1181,00	0,80	5,39	11,67
8,00	1,00	4,00	1181,00	0,80	0,94	8,61
9,00	1,30	4,00	1181,00	0,80	1,23	5,84
10,00	1,00	4,00	1181,00	0,80	0,94	2,78
11,00	9,90	4,00	1181,00	0,80	9,35	8,14
12,00	1,80	4,00	1181,00	0,80	1,70	5,84
13,00	5,00	4,00	1181,00	0,80	4,72	6,56
14,00	3,60	4,00	1181,00	0,80	3,40	5,96
15,00	4,50	4,00	1181,00	0,80	4,25	6,22
16,00	1,60	4,00	1181,00	0,80	1,51	3,73
17,00	3,60	4,00	1181,00	0,80	3,40	3,13
18,00	7,70	4,00	1181,00	0,80	7,27	6,40
19,00	2,30	4,00	1181,00	0,80	2,17	4,58
20,00	1,70	4,00	1181,00	0,80	1,61	2,18
21,00	2,70	4,00	1181,00	0,80	2,55	0,73
22,00	4,30	4,00	1181,00	0,80	4,06	0,80
23,00	2,30	4,00	1181,00	0,80	2,17	-1,03
24,00	2,30	4,00	1181,00	0,80	2,17	-2,86
25,00	10,60	4,00	1181,00	0,80	10,01	3,16
26,00	4,50	4,00	1181,00	0,80	4,25	3,41
27,00	5,30	4,00	1181,00	0,80	5,01	4,42
28,00	2,50	4,00	1181,00	0,80	2,36	2,78
29,00	8,30	4,00	1181,00	0,80	7,84	6,62
30,00	8,20	4,00	1181,00	0,80	7,75	10,37
31,00	4,00	4,00	1181,00	0,80	3,78	10,15

Tabela 37: Cálculo do reservatório referente a demanda da CORSAN para um volume de 10 m³.

Dias	Chuva média diária	Demanda diária CORSAN	Área de coleta	Coefficiente de Runoff	Volume de chuva diário	Volume do reservatório
	mm	m ³	m ²		m ³	m ³
						10
1	8,0	2,34	1.181,00	0,8	7,6	15,2
2	1,0	2,34	1.181,00	0,8	0,9	13,8
3	5,5	2,34	1.181,00	0,8	5,2	16,7
4	0,9	2,34	1.181,00	0,8	0,9	15,2
5	0,6	2,34	1.181,00	0,8	0,6	13,4
6	9,7	2,34	1.181,00	0,8	9,2	20,2
7	5,7	2,34	1.181,00	0,8	5,4	23,3
8	1,0	2,34	1.181,00	0,8	0,9	21,9
9	1,3	2,34	1.181,00	0,8	1,2	20,8
10	1,0	2,34	1.181,00	0,8	0,9	19,4
11	9,9	2,34	1.181,00	0,8	9,4	26,4
12	1,8	2,34	1.181,00	0,8	1,7	25,8
13	5,0	2,34	1.181,00	0,8	4,7	28,1
14	3,6	2,34	1.181,00	0,8	3,4	29,2
15	4,5	2,34	1.181,00	0,8	4,3	31,1
16	1,6	2,34	1.181,00	0,8	1,5	30,3
17	3,6	2,34	1.181,00	0,8	3,4	31,3
18	7,7	2,34	1.181,00	0,8	7,3	36,3
19	2,3	2,34	1.181,00	0,8	2,2	36,1
20	1,7	2,34	1.181,00	0,8	1,6	35,4
21	2,7	2,34	1.181,00	0,8	2,6	35,6
22	4,3	2,34	1.181,00	0,8	4,1	37,3
23	2,3	2,34	1.181,00	0,8	2,2	37,1
24	2,3	2,34	1.181,00	0,8	2,2	37,0
25	10,6	2,34	1.181,00	0,8	10,0	44,7
26	4,5	2,34	1.181,00	0,8	4,3	46,6
27	5,3	2,34	1.181,00	0,8	5,0	49,2
28	2,5	2,34	1.181,00	0,8	2,4	49,3
29	8,3	2,34	1.181,00	0,8	7,8	54,8
30	8,2	2,34	1.181,00	0,8	7,7	60,2
31	4,0	2,34	1.181,00	0,8	3,8	61,6

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na análise in loco do sistema de aproveitamento de água pluvial no Centro de Convivência da Universidade de Passo Fundo, pode-se verificar que nem todos os elementos projetados pelo responsável técnico e especificados pela NBR 15527/2007 para o sistema foram executados.

Este fator contribuiu e muito para que a qualidade da água armazenada pelo sistema seja garantida. Tais elementos, como o mecanismo de descarte e as grelhas nas caixas de areia, são importantíssimos para a primeira limpeza desta água coletada. Enquanto o sistema de purificação química, também especificado no projeto, garantiria que a água armazenada ficasse livre de organismos bacteriológicos.

Ao analisar a qualidade dessa água, verificou-se que tanto nas amostras coletadas no reservatório de consumo inferior e no de incêndio, havia contaminação por agentes microbiológicos.

No caso do reservatório de consumo, conforme mostra a amostra 02, mesmo que a alteração de agentes microbiológicos seja pequena, ela não se encontra de acordo com a NBR 15527/2007, nem a CONAMA 357/05.

A amostra 01, coletada na água acumulada no reservatório de reserva de incêndio, é mais preocupante, pois os valores encontrados nos ensaios microbiológicos estão bem acima dos parâmetros conforme indicam as legislações pertinentes. Os valores dos parâmetros microbiológicos estão acima até dos valores permitidos pela CONAMA 274/00, que é a resolução que define os parâmetros de balneabilidade para águas não potáveis. Significa que a amostra fica enquadrada como insatisfatória para contato direto, isto é de acordo com a NBR 15527/2007 não deveria ser utilizada no sistema.

Quanto a análise feita para avaliar o aspecto quantitativo do sistema de aproveitamento de água pluvial do Centro de Convivência, no monitoramento feito no sistema os dados coletados nos hidrômetros, mostram que no período analisado, o uso da água potável foi maior do que o uso da água gerada pelo sistema, que seria o de água pluvial.

O total utilizado pelo sistema no período de monitoramento da vazão foi 63,91m³ de água, desses 5,308m² são realmente de água pluvial, visto que, o resultado obtido da quantidade de água potável que entrou nos reservatórios inferiores, foi de 58,61m.

Um dos fatores determinantes para isto é o período de estiagem que houve, pois o sistema de água potável teve que ser acionado para suprir a demanda de consumo do sistema, no entanto, pode-se também dizer que o sistema de captação e encaminhamento das águas pluviais para o sistema de aproveitamento pode não estar funcionando, o que necessita de uma maior investigação.

Os reservatórios foram dimensionados de acordo a atender a demanda do centro comercial, mas para estiagens muito prolongadas, é necessário rever cálculos de dimensionamento dos reservatórios, visto que, nesses casos, o uso da água potável é extremamente necessária para atender a demanda de consumo do local. Em contrapartida, é necessário averiguar até que ponto um novo volume de reservatório seria necessário, já que durante os outros períodos ele cumpre a demanda, e períodos longos de estiagem são uma exceção no local onde ele está inserido. Em relação ao cálculo do volume dos reservatórios, os dois métodos aplicados forneceram resultados conflitantes, principalmente quando foi analisado o ano do monitoramento.

A aplicação do método de Rippl utilizando-se os dados mensais dos últimos 20 anos apresentaram valores que indicavam que os volumes de reservatórios existentes no prédio analisado seriam suficientes para suprir a demanda durante todo.

Entretanto, confrontando com a medição dos volumes utilizados demonstrou que para o ano de monitoramento eles foram insuficientes, conseguindo suprir apenas uma pequena parte da demanda com o sistema de aproveitamento de água pluvial.

Na tentativa de explicar esse comportamento foram simulados volumes utilizando-se os dados mensais do ano do monitoramento (2012). Neste caso foram obtidos valores extremamente elevados de volumes para o reservatório, mesmo fazendo-se a consideração de que o volume de reservatório deveria ser o maior valor encontrado durante o ano e não o seu somatório, como preconiza o método.

Tais resultados, para o método de Rippl, demonstra a importância do emprego no cálculo de uma série histórica que represente bem a realidade do local onde o sistema será instalado para que não existam distorções causadas por anos atípicos, sejam eles de estiagem ou de cheias.

Já em relação ao método da Simulação, mesmo com o uso dos dados diários do ano do monitoramento, os resultados demonstraram que os reservatórios existentes seriam suficientes para abastecer a demanda do sistema, conflitando com os dados da medição que demonstrou que no mês do monitoramento os volumes armazenados não foram suficientes para suprir a demanda do sistema. Isso demonstra que neste estudo o método da simulação não apresentou valores compatíveis com os dados monitorados.

Quando levantado o quadro de demanda do Centro de Convivência, quatro hipóteses foram diagnosticadas, para os pontos de consumo de água pluvial do sistema, que seriam os sanitários feminino e masculinos.

Uma hipótese seria o dados diários levantado pela administração do Centro de Convivência, de 1050 usuários por dia. Uma segunda hipótese seria uma análise in loco, onde constatou-se que aproximadamente 960 usuários por dia utilizam os sanitários, outra para o regulamento da CORSAN, que se refere a área do projeto obtendo um valor de 524 usuários por dia, e para o sistema de medição utilizada com equipamentos resultou em um número de 888 usuários diários.

Quanto aos valores da demanda mensal em m^3 , observa-se que os dados obtidos da população pela CORSAN, são muito menores quando comparados aos outros, com um valor de $53,51m^3$, insuficiente para a demanda atual quando confrontado com valores que se assemelham a realidade do sistema, demonstrado nos dados fornecidos pela Administração que foi de $102,81m^3$, do levantamento in loco com $94,76m^3$ e do sistema de Medição com $90,92m^3$. A proximidade dos valores das demandas revela que elas se aproximam de um valor real do número de usuários do sistema

Sendo assim, a determinação da população usuária, fornece a demanda necessária, influenciando diretamente o volume correto do reservatório a ser utilizado pelo sistema de aproveitamento de água pluvial.

Ao utilizar a água pluvial para fins não nobres, a economia de água potável gerada é significativa, não só para a edificação como para o meio ambiente. Sendo importante, para isso, um projeto adequado, de acordo com a realidade local da edificação, seu uso e demanda mais próxima da realidade, assim como todos os cuidados necessários para que essa água tenha qualidade, como adequação do projeto a NBR15527/2007, e a sua manutenção. São elementos necessários para aproveitar essa água não potável da melhor forma possível.

6 Recomendações para trabalhos futuro

Para um bom desempenho quantitativo, tanto no fator econômico como no fator demanda, e qualitativo, no que se refere a qualidade dessa água coletada é importante que :

Elaborar e executar todos os elementos que compõem o sistema conforme especificados na NBR 15527/2007 ;

Realizar o plano de manutenção desses elementos conforme preconiza a normativa;

Implantar um sistema de desinfecção química no sistema para garantir a qualidade da água armazenada.

Determinar a população específica e escolher a série de precipitação conforme a realidade do local onde será implantado o sistema de aproveitamento de água pluvial.

Ao utilizar a água pluvial para fins não nobres, a economia de água potável gerada é significativa, não só para a edificação como para o meio ambiente. Sendo importante, para isso, um projeto adequado, de acordo com a realidade local da edificação, seu uso e demanda mais próxima da realidade, assim como todos os cuidados necessários para que essa água tenha qualidade, como adequação do projeto a NBR15527/2007, e a sua manutenção. São elementos necessários para aproveitar essa água não potável da melhor forma possível.

REFERÊNCIAS

- ANA. **Manual de conservação de água**. Disponível em <<http://www.cbcs.org.br/userfiles/bancoDeConhecimento/ManualConservacaoDaAgua.pdf>> acessado em 18 dez 2010.
- ANNECCHINI, K.P.V.,. **Aproveitamento das águas da chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória -ES**. 2005. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo ,Vitória, Espírito Santo, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13969: **Tanques sépticos- Unidades de tratamento complementar e disposição final de efluentes líquidos-** Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15527: **Aproveitamento de água da chuva e coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos**. São Paulo, 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10844: **Instalações prediais de águas pluviais - Requisitos**. São Paulo, 1989.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5626: **Instalações predial de água fria - Requisitos**. São Paulo, 1998.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 1221 3: **Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público - Requisitos**. São Paulo, 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 1221 4: **Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público - Requisitos**. São Paulo, 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 1221 7: **Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público - Requisitos**. São Paulo, 1994.
- BATALHA,B.L.;PARLATORE, A.C. **Controle da qualidade da água para consumo humano**.São Paulo, São Paulo: CETESP:, 1977.
- CAMPOS, M.A.S. **Aproveitamento de água pluvial em edifícios residenciais multifamiliares na cidade de São Carlos-SP** 2004. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, São Paulo, 2004
- CAMPOS,M.A.S.; ILHA, M.S.O. **Dimensionamento de reservatórios para o aproveitamento de água pluvial: critérios econômicos**. In: Encontro Nacional de tecnologia do Ambiente Construído,13,2010,Canela, RS.
- CARNEIRO, C.D.R; CAMPOS, H.C.N.S.; MENDONÇA, J.L.G Rios subterrâneos: Mito ou realidade. **Cienciahoje**,V.42, n°253,p18-25, out, 2008.

CARVALHO, G.S.; OLIVEIRA, S.C.; MORUZZI, R.B. **Cálculo do volume de reservatório de sistema de aproveitamento de água de chuva: Comparação entre métodos para aplicação em residência unifamiliar.** In: Simpósio Nacional de Sistemas Prediais, 10, 2007, São Carlos, SP..

CASA EFICIENTE: **sistema de aproveitamento de água da chuva.** Disponível em: <<http://www.eletrosul.gov.br/casaeficiente/br/home/conteudo.php?cd=51>>. Acessado em 07 dez 2010

CAVINATTO, V.M.. **Saneamento básico. Fonte de saúde e bem estar.** São Paulo, São Paulo: Moderna, 2003.

CONAMA- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº274 de 29 de novembro de 2000. **Revisa os critérios de balneabilidade em águas brasileiras.**

_____. Resolução nº357 de 29 de novembro de 2000. **Dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.**

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – CONAMA (Brasil). Ministério do Meio Ambiente. Resolução n. 274, de 29 de novembro de 2000. Revisa os critérios de Balneabilidade em Águas Brasileiras. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 08 jan. 2001. Seção 1, p. 70-71.

DECRETO Nº41814 DE 04 DE JANEIRO DE 2002. disponível em: <http://www.aquaflot.com.br/.../LEGISLA__O_SOBRE_USO_RACIONAL_DA__GUA.pdf/> Acesso em 29 de dezembro de 2010.

DECRETO Nº44128 DE 20 DE NOVEMBRO DE 2003. disponível em: <http://www.aquaflot.com.br/.../LEGISLA__O_SOBRE_USO_RACIONAL_DA__GUA.pdf/> Acesso em 29 de dezembro de 2010.

DECRETO Nº48138 DE 07 DE OUTUBRO DE 2003. disponível em: <http://www.aquaflot.com.br/.../LEGISLA__O_SOBRE_USO_RACIONAL_DA__GUA.pdf/> Acesso em 29 de dezembro de 2010.

EMBRAPA TRIGO; **Normais climatológicas de Passo Fundo.** Disponível em: <<http://www.cnpt.embrapa.br/pesquisa/agromet/app/principal/normais.php>>. acessado em 07 dez 2010.

FELTEN, C.K. **Análise quantitativa e qualitativa de água pluvial armazenada em cisternas para uso não potável.** 2008. Monografia. (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – União Dinâmica das Faculdades de Cataratas, Foz do Iguaçu, Paraná, 2008.

FERNANDES, C. V.M.; MARQUES, J; KOEHLNER, N. **Metodologia para determinação da população em ambientes sanitários por sistema de chaves de fluxo.** Laboratório de Sistemas Prediais, Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Universidade de Passo Fundo, UPF, 2009.

FERNANDES, C. V.M.; SCORTEGAGNA, V.; BECKER, V.; MARQUES, J.
Contribuições para Implantação de Programa de Conservação e Reúso de Água em Aeroportos de Pequeno Porte
. Laboratório de Sistemas Prediais, Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Universidade de Passo Fundo, UPF, 2009.

FIORI, S. **Avaliação qualitativa e quantitativa do potencial de reúso de água cinza em edifícios residenciais multifamiliares** 2005. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, Rio Grande do Sul, 2005.

FURLANI J. **Avaliação de um sistema de aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis..2011** Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo.RS.2011

GIHSI, E; GUGEL, E.C. **Instalações prediais de águas pluviais** 2005. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, 2005

GONÇALVES, R.F... **Uso racional da água em edificações-v. 5-consumo da água.**Petrópolis, Rio de Janeiro:Sermograf., 2006.

HARVESTING RAINWATER. **Study On Potential Uses of Rainwater HARvesting in Urban Areas- Pape.** Disponível em
<<http://www.nahrim.gov.my/pdf/Rainwater/Paper%208/Study%20On%20Potential%20Uses%20of%20Rainwater%20HArvesting%20in%20Urban%20Areas-%20Paper.pdf>> acessado em 07 dez.2010

HERNANDES,A.T.; AMORIM, S.V. **O sistema predial de água pluvial como instrumento de preservação ambiental.** Programa de pós Graduação em Construção Civil -PPEGCIV Universidade Federal de São Carlos. São Carlos. SP,2004.

Lei N°6345 15 DE OUTUBRO DE 2003. disponível em: <
http://www.aquafлот.com.br/.../LEGISLA__O_SOBRE_USO_RACIONAL_DA__GUA.pdf/>
Acesso em 29 de dezembro de 2010.

Lei N°10785 DE 18 DE SETEMBRO DE 2003. disponível em: <
http://www.aquafлот.com.br/.../LEGISLA__O_SOBRE_USO_RACIONAL_DA__GUA.pdf/>
Acesso em 29 de dezembro de 2010.

Lei N°13276 DE 04 DE JANEIRO DE 2002. disponível em: <
http://www.aquafлот.com.br/.../LEGISLA__O_SOBRE_USO_RACIONAL_DA__GUA.pdf/>
Acesso em 29 de dezembro de 2010.

Lei N°14401 DE 11 DE JUNHO DE 2001. disponível em: <
http://www.aquafлот.com.br/.../LEGISLA__O_SOBRE_USO_RACIONAL_DA__GUA.pdf/>
Acesso em 29 de dezembro de 2010.

MACÊDO, J.A.B, **Águas & Águas.**Juiz de Fora. Minas Gerais: Ortofarma:, 2000.

MAY, S. **Caracterização, tratamento e reúso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações.**2009. Tese.(Doutorado em Engenharia Hidráulica e Sanitária) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo. SP, 2009.

MAY, S. **Estudo de aproveitamento de águas pluviais para consumo não potável em edificações.**2004.. Dissertação.(Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo. SP, 2004.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria n° 518 de 25 de março de 2004.** Disponível em: <<http://dtr2001.saude.gov.br/sas/PORTARIAS/Port2004/GM/GM-518.htm>>, acessado em dez. 2010.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria n° 2914 de 12 de dezembro de 2011.** Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>, acessado em jul. 2012.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PASSO FUNDO. Disponível em: <<http://.pmpf.rs.com.br>>. Acesso em 06 dez. 2010.

PRADNYA, T. **Water Security Measures for Future Sustainability –Rainwater Harvesting** . Disponível em<http://www.india.aquatechtrade.com/in/en/2011/Documents/ConferencePresentations/Ecosan_Ms.%20Pradnya%20Thakur.pdf . Acessado em 12 jun 2011

ROSA, G.F. **Avaliação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais.2012** Relatório de monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo.RS.2012.

SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA USOS NÃO POTÁVEIS. **Téchné** n° 148, 2009, disponível em<<http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/133/imprime77982.asp>> acessado em 18 dez 2010.

SOUZA, L.P.. **Águas e sua proteção.**Curitiba: Ed.Juruá:, 2008.

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

TOMAZ, P. **Economia de água: para empresas e residências.** São Paulo: Navegar, 2001.

HAGEMANN, S.E., **Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação.** 2009. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria ,Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2009.