



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

**Melissa Neis Roggia**

**ESTRUTURAÇÃO DE UMA METODOLOGIA PARA PROJETO DE  
SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM  
EDIFICAÇÕES**

**Dissertação apresentada à Faculdade  
de Engenharia e Arquitetura da  
Universidade de Passo Fundo, para  
obtenção do título de Mestre em  
Engenharia.**

**Passo Fundo**

**2007**

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

**Melissa Neis Roggia**

**ORIENTADOR: Dr<sup>a</sup>. Vera Maria Cartana Fernandes**

**ESTRUTURAÇÃO DE UMA METODOLOGIA PARA PROJETO DE  
SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM  
EDIFICAÇÕES.**

**Dissertação apresentada à Faculdade  
de Engenharia e Arquitetura da  
Universidade de Passo Fundo, para  
obtenção do título de Mestre em  
Engenharia.**

**Passo Fundo**

**2007**

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

**A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação:**

**Estruturação de uma metodologia para projeto de sistemas de aproveitamento de águas pluviais em edificações.**

**Elaborada por:**

**Melissa Neis Roggia**

**Como requisito para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia**

**Aprovado em: 22/01/2007**  
**Pela Comissão Examinadora**

**Dr<sup>a</sup>. Vera Maria Cartana Fernandes**  
**Presidente da Comissão Examinadora**  
**Orientadora**

**Dr. Henrique da Silva Pizzo**  
**CESAMA – Cia. de Saneamento**  
**Municipal de Juiz de Fora**

**Dr. Marcelo Hennkemeier**  
**UPF – FEAR**

**Dr. Antônio Thomé**  
**Coord. Prog. Pós-Graduação em Engenharia**

**Dra. Blanca Rosa Maquera Sosa**  
**UPF – FEAR**

**Passo Fundo**  
**2007**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a minha orientadora, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Vera Cartana Fernandes, pela orientação, incentivo, paciência e compreensão.

Às pessoas que colaboraram para que a coleta de água pluvial fosse realizada em suas edificações;

Agradeço a UPF pela bolsa de estudos a qual possibilitou o desenvolvimento do mestrado.

Agradeço a CAPES pela bolsa de estudos a qual possibilitou o desenvolvimento desta dissertação;

Ao PPGEng da UPF pelo financiamento de todas as análises qualitativas das águas pluviais realizadas nos laboratórios da UPF;

Aos meus amigos, que me deram força para fazer concessões em favor da realização do mestrado e que entenderam meus períodos de ausência e ansiedade.

Aos meus pais, pelo carinho, apoio e compreensão.

Ao meu companheiro de todos os momentos Daniel, pelo convívio, incentivo e presença constante nesta caminhada.

A todos, que direta ou indiretamente, contribuíram para que este trabalho fosse realizado.

Muito Obrigada.

## RESUMO

A falta de água é um dos graves problemas mundiais que pode afetar a sobrevivência dos seres humanos. O uso desordenado, o desperdício e o crescimento da demanda são fatores que contribuem para intensificar a escassez de água potável no planeta. O século XXI é considerado a era urbana, sendo previsto que dois terços da população mundial vivam em cidades até o ano de 2025. A concentração intensificada da população nas cidades e a urbanização acelerada tornarão mais sérios e críticos os estados de escassez de água como também os acidentes com inundação das cidades. O Brasil apresenta uma das maiores bacias hídricas do mundo. Porém, a falta de água potável em diversas regiões tem sido provocada pelo desequilíbrio entre as distribuições demográficas, industriais e agrícolas. Muitas medidas estão sendo colocadas em prática para o combate à escassez de água, como a utilização consciente da água pela população, o controle e fiscalização para que os mananciais não sejam mais poluídos e a recuperação de leitos poluídos. O reúso da água e o aproveitamento de águas pluviais, para fins não potáveis, têm adquirido espaço. O aproveitamento de águas pluviais para consumo não potável é uma medida utilizada em vários países há anos. A chuva é uma fonte de água facilmente disponível a qualquer pessoa, sendo assim, não é correto jogá-la integralmente na rede de drenagem. No entanto é necessário que ocorra uma preocupação com a implantação dos sistemas de águas pluviais, pois muitas vezes o sistema pode ser implantado sem o devido cuidado com a qualidade da água, podendo vir a acarretar problemas de saúde pública da população. Assim, o objetivo deste trabalho foi o de estruturar uma metodologia para projeto de sistemas de aproveitamento de águas pluviais em edificações, de forma a garantir que os sistemas não sejam implantados de forma inadequada o que pode comprometer a sua credibilidade e a saúde de seus usuários. Para tanto, foi realizado um estudo de diversos métodos e tecnologias de captação e aproveitamento de águas pluviais, os quais foram validados através da análise e estudos de caso em três tipologias de edificações. Com base nesses estudos tornou-se evidente que o aproveitamento de águas pluviais deve ser considerado como um item necessário a ser implantado em todas as novas edificações, como forma de reduzir o consumo de água potável e os casos de enchentes urbanas. No entanto ficou também evidente que é necessário e urgente a criação de uma normalização específica e a padronização para as águas de uso não potável.

Palavras-chave: águas pluviais, água não potável, sustentabilidade hídrica, sistemas de aproveitamento de água de chuva.

## ABSTRACT

The lack of water is one of the world's worst problems that may affect the survival of human beings. Disordered use, waste, and demand growth are some of the reasons that contribute to increase the lack of potable water in the planet. XXI century is considered the urban age, being predicted that two third of the world population will be living in cities by the year 2025. Intensified concentration of population in cities and speed urbanization will reach more serious and critical lack of water situations, also accidents involving cities flooding. Brazil presents one of the greatest hydro beds in the world. Nevertheless, lack of potable water in several regions has been provoked by the unbalance between the demographic, industrial and agricultural distribution. Many measurements are going to be employed to fight the lack of water, as the conscious use by the population, control and inspection, so the fountainhead won't be polluted and the polluted beds will be recovered. Reutilization of water and employment of pluvial water, for non-potable intentions have grown. Exploitation of pluvial waters for non-potable use is a measure adopted in several countries for years. Rain is a source of water effortlessly available to anyone, so **it is not** correct to throw it completely into the draining network. However, it is necessary that a worry about implementation of pluvial waters systems occur, because many times the system may be executed without the proper care for water quality, and problems concerning the public health of population may appear. This way, the purpose of this work was structure a methodology for the system of pluvial waters employment in edifications; in a way to guarantee that the exploitation of these systems won't be inappropriately executed, what may compromise its credibility and the consumer's health. Subsequently, a study of several methods, achievement of technologies and utilization of pluvial waters was accomplished, which were validated by analysis and study of cases in three typologies of edification. Based on these studies was evident that the exploitation of pluvial waters must be considerate as a necessary item to be realized in all new edifications, as a way to reduce consume of potable water and cases of urban flooding. Still, was also obvious that is necessary and urgent the creation of a specific normalization and the standardization of non-potable water employment.

**Key words:** pluvial waters, non-potable water, hydro sustainability, rainwater exploitation systems.

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>01</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>05</b>
2.1 A ÁGUA E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL .....	05
2.2 APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS .....	11
2.2.1 HISTÓRICO .....	11
2.2.2 O USO DE ÁGUAS PLUVIAIS NO MUNDO .....	14
2.2.3 O USO DE ÁGUAS PLUVIAIS NO BRASIL .....	24
2.3 ESTUDOS DE ALGUMAS METODOLOGIAS PARA UTILIZAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS .....	34
2.4 NORMALIZAÇÃO PARA O APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS .....	38
2.4.1 ANÁLISES FÍSICAS DA ÁGUA - PARÂMETROS ANALISADOS .....	45
2.4.2 ANÁLISES QUÍMICAS DA ÁGUA - PARÂMETROS ANALISADOS .....	46
2.4.3 ANÁLISES BACTERIOLÓGICAS DA ÁGUA - PARÂMETROS ANALISADOS .....	48
2.5 APRESENTAÇÃO DOS PARÂMETROS DE DIMENSIONAMENTO PARA SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DAS ÁGUAS.....	
PLUVIAIS.....	49
2.5.1 PRECIPITAÇÕES.....	49
2.5.1.1 TIPOS DE PRECIPITAÇÕES.....	50
2.5.1.2 GRANDEZAS QUE CARACTERIZAM AS PRECIPITAÇÕES .....	57
2.5.2 CÁLCULO DA VAZÃO DAS ÁGUAS PLUVIAIS .....	58
2.5.3 ÁREAS DE CONTRIBUIÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS.....	59
2.5.4 DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE DEFLÚVIO .....	61
2.5.5 CONSUMO MÉDIO POR ATIVIDADE.....	62
2.6 CONCEPÇÃO E DIMENSIONAMENTO DOS SISTEMAS PREDIAIS DE CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUAS.....	
PLUVIAIS .....	70
2.6.1 CALHA, CONDUTOR VERTICAL E CONDUTOR HORIZONTAL.....	71
2.6.1.1 CALHA.....	72
2.6.1.2 CONDUTOR VERTICAL .....	74
2.6.1.3 CONDUTOR HORIZONTAL .....	77
2.6.2 COMPONENTE DE AUTO-LIMPEZA OU RESERVATÓRIOS DE DESCARTE .....	79
2.6.2.1 TONEL PARA DESCARTE DA ÁGUA DE LIMPEZA DO TELHADO .....	79
2.6.2.2 RESERVATÓRIO DE AUTO-LIMPEZA COM TORNEIRA BÓIA.....	81
2.6.2.3 TUBO DE AUTO-LIMPEZA.....	85
2.6.3 RESERVATÓRIO PARA O ARMAZENAMENTO DA ÁGUA PLUVIAL.....	88
2.6.3.1 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO DE ÁGUAS PLUVIAIS .....	90
2.6.4 SISTEMA DE BOMBEAMENTO .....	96
2.6.4.1 DETERMINAÇÃO DA VAZÃO DE RECALQUE .....	97
2.6.4.2 DIMENSIONAMENTO DO DIÂMETRO DE RECALQUE E SUÇÃO.....	97
2.6.4.3 DETERMINAÇÃO DA ALTURA MANOMÉTRICA .....	98
2.6.5 TUBULAÇÕES DE DISTRIBUIÇÃO DA ÁGUA PLUVIAL .....	99
2.7 SISTEMAS DE FILTRAGEM E TRATAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS.....	100
2.7.1 FILTRO DE AREIA .....	102
2.7.2 ZONAS ÚMIDAS (WETLANDS).....	105
2.7.2.1 WETLANDS DE FLUXO SUPERFICIAL (FS).....	107
2.7.2.2 WETLANDS DE FLUXO SUBSUPERFICIAL (FSS).....	108
2.7.2.3 WETLANDS NATURAIS .....	109
2.7.3 FILTRO VF1 (3P TECHNIK).....	110
2.7.4 FILTRO 3P RAINUS .....	112
2.7.5 OUTROS TIPOS DE FILTRO .....	114
2.8 INTERLIGAÇÃO ENTRE OS ABASTECIMENTOS DE ÁGUA POTÁVEL E ÁGUA PLUVIAL .....	116

<b>3 METODOLOGIA DA PESQUISA .....</b>	<b>118</b>
3.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS ..... 118
3.2	LOCAL DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA ..... 119
3.3	DETERMINAÇÃO DAS AMOSTRAS..... 120
3.4	ANÁLISES QUANTITATIVAS DAS ÁGUAS PLUVIAIS ..... 121
3.4.1	A INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA DA CIDADE DE CRUZ ALTA ..... 121
3.4.2	ANÁLISE DO CONSUMO DE ÁGUA ..... 123
3.4.2.1	REGA DE JARDIM..... 124
3.4.2.2	LAVAGEM DE CALÇADAS..... 124
3.4.2.3	LAVAGEM DE AUTOMÓVEIS ..... 124
3.4.2.4	BACIA SANITÁRIA ..... 124
3.5	ANÁLISE QUALITATIVA DAS ÁGUAS PLUVIAIS ..... 125
3.5.1	PARÂMETROS ANALISADOS..... 125
<b>4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....</b>	<b>127</b>
4.1	METODOLOGIA DE PROJETO PARA SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS ..... 127
4.2	APRESENTAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS ..... 130
4.2.1	AMOSTRA 01 - RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR ..... 131
4.2.2	AMOSTRA 02 - CONDOMÍNIO VERTICAL MISTO ..... 131
4.2.3	AMOSTRA 03 - POSTO DE COMBUSTÍVEL ..... 131
4.3	RESULTADO DAS ANÁLISES QUALITATIVAS DAS ÁGUAS PLUVIAIS ..... 132
4.4	RESULTADOS DA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA PARA O PROJETO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL..... 137
4.4.1	RESULTADO DA AMOSTRA 01 - RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR ..... 137
4.4.2	RESULTADO DA AMOSTRA 02 - CONDOMÍNIO VERTICAL MISTO ..... 149
4.4.3	RESULTADO DA AMOSTRA 03 - POSTO DE COMBUSTÍVEL..... 160
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>170</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>173</b>
<b>ANEXO A - ANÁLISES QUALITATIVAS DAS ÁGUAS PLUVIAIS</b>	
<b>ANEXO B - PROJETO AMOSTRA 01 – RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR</b>	
<b>ANEXO C - SISTEMA DISTRIBUIÇÃO AP – RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR</b>	
<b>ANEXO D - PROJETO AMOSTRA 02 – CONDOMÍNIO VERTICAL</b>	
<b>ANEXO E - SISTEMA DISTRIBUIÇÃO AP – CONDOMÍNIO VERTICAL</b>	
<b>ANEXO F - PROJETO AMOSTRA 03 – POSTO DE COMBUSTÍVEL</b>	
<b>ANEXO G - SISTEMA DISTRIBUIÇÃO AP – POSTO DE COMBUSTÍVEL</b>	

# 1 INTRODUÇÃO

A água encontrada na natureza é essencial para a vida no nosso planeta. No entanto, esse recurso tem se tornado cada vez mais escasso. O aumento do consumo devido ao crescimento populacional acentuado e desordenado é um dos principais fatores que influenciam no aumento da demanda de água, principalmente nos grandes centros urbanos.

O abastecimento urbano de água potável é um dos grandes problemas ambientais dos grandes centros. Conforme Vesentini (1999) apud Fiori (2005), a qualidade da água que abastece as residências é tão importante que, 80% das doenças existentes nos países subdesenvolvidos devem-se à má utilização desse recurso hídrico. Apesar da grande expansão da rede de água para abastecimento urbano que existe no Brasil, ela ainda é insuficiente para a crescente população das grandes e médias cidades. Uma parcela da população, especialmente nas periferias e bairros pobres, sempre fica à margem da rede de água tratada. É sempre bom ter em mente que a escassez de água é responsável pelos problemas mais graves de saúde pública e aliado a tudo isso existe o desperdício da água potável, pela sua utilização em atividades onde água de qualidade inferior poderia ser realizada.

Dessa forma, pensar em fontes alternativas de água não potável é o grande desafio que se enfrentará nos próximos anos, pois é necessário o desenvolvimento de sistemas ambientalmente seguros, que não coloquem em risco a saúde pública.

Atualmente a população consome água, sem pagar por ela, apenas por sua distribuição e por seu tratamento. Mas está se caminhando rumo à escassez desse bem tão precioso que é a água, o que fará com que se tenha que pagar não só pela distribuição e tratamento, mas também pela água que for consumida. A água da chuva será, e em muitos casos já é, uma opção mais acessível, podendo ser utilizada para fins não potáveis.

Atualmente se torna imprescindível que a população em geral e mais especificamente os profissionais de engenharia e arquitetura tenham a devida preocupação com os recursos

hídricos do Planeta. A água é um bem precioso indispensável à vida dos seres humanos. Porém, ela está se tornando escassa em muitos locais e/ou completamente poluída em outros.

Uma opção que a população tem é a captação e o aproveitamento das águas pluviais quer seja para compensar grandes períodos de estiagem, ou até mesmo, para locais com abundância de chuvas, visando à preocupação em não desperdiçar água tratada para fins denominados de menos nobres.

Além disso, o armazenamento de águas pluviais tem por finalidade a contenção de enchentes, pois ao armazenar a água pluvial, quer seja temporariamente ou para utilização, diminui-se a vazão e o volume de água que iria para os rios, diminuindo assim o risco de enchentes e inundações.

Muitos estudos estão sendo realizados visando à utilização de águas pluviais, porém ainda não se tem exatamente definido os volumes de utilização, bem como as técnicas de implantação do sistema de coleta, ou qual é a melhor forma de armazenamento e quais os padrões que estas águas devem ter. Sendo assim, o problema da pesquisa pode ser resumido em: Será realmente viável tecnicamente o desenvolvimento de uma metodologia para projeto de implantação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais em edificações?

Um grande número de países já não dispõe da quantidade de água necessária para a sobrevivência de seus habitantes. De acordo com Fiori (2005), países com suprimentos anuais entre 1 e 2 mil metros cúbicos por pessoa são definidos pelos engenheiros sanitaristas como pobres em água. Atualmente, 26 países, com população em torno de 250 milhões de pessoas, estão incluídos nessa classificação e, com o crescimento acelerado em todos eles, a situação tende a se agravar.

Uma avaliação detalhada dos recursos hídricos, realizada pela ONU em 1997, indicou que a demanda da água cresce em velocidade duas vezes maior do que o crescimento da população, fato este que é considerado por muitos como um dos motivos que levarão a guerras (CHENG, 2000 apud PAULA E OLIVEIRA, 2005).

Países como a China, Índia, México, Tailândia, parte do oeste dos Estados Unidos, norte da África e áreas do Oriente Médio estão retirando do lençol freático mais água que o ciclo hidrológico consegue repor. Em Pequim, os lençóis freáticos, mesmo parcialmente

reabastecidos pelas chuvas, estão baixando 1 a 2 metros ao ano e relatos falam da secagem de mais de 30% dos poços (FIORI, 2005).

O ser humano frente a todos estes problemas teve de pensar em outras soluções para suprir suas necessidades em relação à água, em alguns casos o reúso de água residuárias e, em outros, o aproveitamento da água pluvial.

Muitas pessoas já estão realizando o aproveitamento de águas pluviais, porém a maioria sem o devido cuidado, principalmente com a saúde pública. Este estudo mostrará aos profissionais e aos usuários a viabilidade ambiental da coleta e utilização de águas pluviais; de uma forma mais segura e menos empírica.

Através deste trabalho propôs-se a utilização de águas pluviais em três tipologias, residência unifamiliar, condomínio vertical e posto de combustíveis, para a cidade de Cruz Alta/RS, visando a utilização de água pluvial para fins denominados de menos nobres, economizando assim água de qualidade superior.

Sendo assim, o objetivo geral deste trabalho foi o de difundir o conhecimento e conceitos sobre a utilização de águas pluviais, avaliando a implantação de sistemas de aproveitamento destas águas, em edificações residenciais e comerciais, mostrando o seu ganho ambiental, e indicando os principais problemas que devem ser observados para uma utilização segura sob o ponto de vista da saúde pública.

Para alcançar o objetivo pretendido com esta pesquisa, tornou-se necessário o desenvolvimento dos seguintes objetivos específicos:

- Situar o leitor no estado da arte em relação à utilização de águas pluviais para fins não potáveis;
- Apresentar os parâmetros hidrológicos e de projeto que devem ser considerados no momento em que se estuda a utilização de águas pluviais para fins não potáveis;
- Analisar os parâmetros relacionados à qualidade da água pluvial através de ensaios de caracterização, com vistas a sua qualificação;
- Organizar uma metodologia para implantação dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais;

- Aplicar a metodologia através da análise dos projetos hidráulicos, e do consumo de água em três tipologias de edificação: residência unifamiliar, condomínio vertical e posto de combustível;

Além do presente capítulo, no qual se apresenta o problema de pesquisa, a justificativa e os objetivos, este relatório de dissertação está composto por mais 5 capítulos.

No capítulo 2, é apresentada uma revisão de literatura, abordando o aproveitamento de águas pluviais, com um histórico, as utilizações no Mundo e no Brasil, a normalização para o aproveitamento de águas pluviais, assim como estudos de metodologias para utilização de águas pluviais. São conceituadas algumas grandezas relativas a precipitações, como áreas de contribuição, cálculo de vazão, cálculo do volume, de consumo de água por atividade e no final a concepção dos sistemas prediais de águas pluviais é abordado. Nesse capítulo ainda pode ser visto o dimensionamento dos sistemas prediais de captação de águas pluviais, abordando dimensionamento de calhas, condutores verticais, dispositivos de autolimpeza e reservatórios, sistemas de filtragem e tratamento e sistema de bombeamento.

No capítulo 3, a metodologia da pesquisa mostra o local de desenvolvimento do trabalho, a determinação do tipo e quantidade das amostras, apresentação e caracterização das amostras e os parâmetros de qualidade analisados, além da estruturação de uma metodologia para o projeto de sistemas de aproveitamento de águas pluviais.

No capítulo 4, são apresentados os resultados das análises qualitativas da águas pluviais, bem como a aplicação da metodologia organizada para a implantação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais.

E no último capítulo tem-se as conclusões do trabalho e as recomendações para trabalhos futuros.

## **2 REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1 A água e o desenvolvimento sustentável**

Dentre os programas que abordam o desenvolvimento sustentável, pode-se citar a Agenda 21, que é um plano de ação para ser adotado global, nacional e localmente, por organizações do sistema das Nações Unidas, governos e pela sociedade civil, em todas as áreas em que a ação humana impacta o meio ambiente (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2000).

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2000), o conceito de sustentabilidade tem suas raízes na ecologia e está associado à capacidade de recomposição e regeneração dos ecossistemas. No entanto, a exigência de inserção desse conceito em outros aspectos das relações sociais e do ser humano com a natureza fez que alguns teóricos passassem a conceituar distintas dimensões desse tema.

Para Guimarães (1994) e Sachs (1993) apud Ministério do Meio Ambiente (2000), a sustentabilidade ecológica, refere-se à base física do processo de crescimento e tem como objetivo a manutenção de estoques de capital natural, incorporados às atividades produtivas. Já a sustentabilidade ambiental, refere-se à manutenção da capacidade de sustentação dos ecossistemas, o que implica a capacidade de absorção e recomposição dos ecossistemas em face das agressões antrópicas.

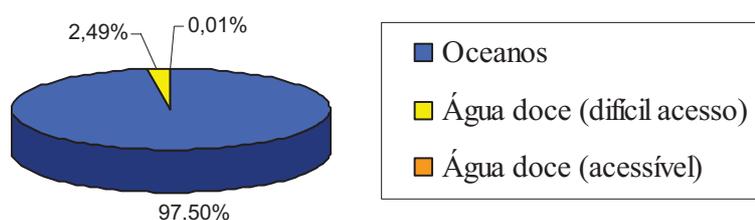
A água é um bem precioso e insubstituível. Além de ser um elemento vital para a existência da própria vida na Terra, a água é um recurso natural que pode propiciar saúde, conforto e riqueza ao homem, por meio de seus incontáveis usos, dos quais se destacam o abastecimento das populações, a irrigação, a produção de energia, a navegação e mesmo a

veiculação e o afastamento de esgoto e efluentes (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2000).

No que se refere aos diferentes usos da água, predomina hoje, no Brasil, o princípio de “bem coletivo”. A Constituição de 1988 estabelece que, praticamente, todas as águas são públicas, sendo que, em função da localização do manancial, elas são consideradas bens de domínio da União ou dos estados. Deixam de existir, desse modo, as águas comuns, municipais e particulares, cuja existência era prevista no Código de Águas de 1934 (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2000).

A água é imprescindível a qualquer ecossistema, sem ela a vida não existiria no Planeta. Segundo Tomaz (2003), seus ciclos meteorológicos a tornam presentes em todos os pontos do Globo sob várias formas: chuva, neve, gelo, águas fluviais, lacustres, subterrâneas, oceânicas, vapor e umidade. Em cada um desses estágios desempenha um papel ecológico decisivo com respeito à existência, manutenção e qualidade de vida.

O Planeta Terra possui aproximadamente 1,36 bilhão de metros cúbicos de volume de água, dos quais 97,2% são salgadas e 2,8% são doces, sendo que deste total de água doce 2,15% localizam-se em geleiras e 0,65% estão disponíveis como águas subterrâneas e superficiais. Deste total estão subdivididos em 0,31% de águas subterrâneas profundas, ou seja, fora do alcance na crosta terrestre e de 0,34% de águas subterrâneas acessíveis e superficiais. A figura 01 ilustra a distribuição de água no planeta.



Fonte: World Resources Institute ONU (2003) apud Roggia (2003)

**Figura 01:** Disponibilidade Mundial de Água.

Para Mollison (1988), existem poucas reservas de água no planeta realmente disponíveis para suprir as necessidades humanas. Muitas áreas densamente povoadas,

poluídas por indústrias e pela agricultura, enfrentam sérios problemas com relação à escassez de água potável, especialmente em regiões mais secas.

Para Lyle (1994), cerca de 3 bilhões de pessoas no Mundo não tem acesso a água potável, em outras situações utiliza-se água em uma condição acima da qualidade adaptável para consumo humano, por exemplo, para abastecimento de sanitários, irrigação de jardins e até mesmo para alguns processos industriais.

Segundo Lyle (1994), a degradação dos maiores rios do Mundo, tem iniciado com a perda de vegetação próxima as vertentes, sendo que a regeneração das vertentes deveria ser um dos assuntos no topo da agenda ambiental das próximas décadas.

Diversos países do oriente médio, onde a precipitação média oscila entre 100 e 200mm por ano, dependem de alguns poucos rios perenes e pequenos reservatórios de água subterrânea, geralmente localizados em regiões montanhosas, de difícil acesso. A água potável é proporcionada através de sistemas de dessalinização da água do mar e, devido à impossibilidade de manter uma agricultura irrigada, mais de 50% da demanda de alimentos é satisfeita através da importação de produtos alimentícios básicos (HESPANHOL, 2005).

De acordo com Macedo apud Silva et al. (2003), o mundo já esta vivendo uma crise de água, atualmente 29 países não possuem água doce para toda a população. Em 2025, segundo a ONU, serão 48, e em 2050, cerca de 50. Acredita-se que, aproximadamente, dois terços da humanidade viverão em países sofrendo de escassez de água.

De acordo com Tchobanoglous (1996) apud Vivacqua (2005), as principais reservas hídricas do planeta são demonstradas no quadro 01:

<b>Localização</b>	<b>Área (10<sup>3</sup>km<sup>2</sup>)</b>	<b>Volume (10<sup>3</sup>km<sup>3</sup>)</b>	<b>% do total</b>	<b>Tempo de Residência Médio</b>
Oceanos	361.300,00	1.338.000,00	96,538	Milhares de anos
Atmosfera	510.000,00	12,90	0,00093	9 dias
Rios	148.800,00	2,12	0,00015	2 semanas
Subterrânea, Umidade do Solo	134.800,00	23.400,00	1,688	Centenas a milhares de anos
Lagos	2.058,70	176,40	0,0127	Dezenas de anos
Cobertura de Neve, Geleiras e Icebergs	37.277,00	24.364,00	1,758	Dezenas a milhares de anos
Outros		28,58	0,0022	
<b>Total</b>	<b>1.194.235,70</b>	<b>1.385.984,00</b>	<b>100,00</b>	

Fonte: Tchobanoglous (1996) apud Vivacqua (2005).

#### **Quadro 01:** Principais reservas hídricas do planeta

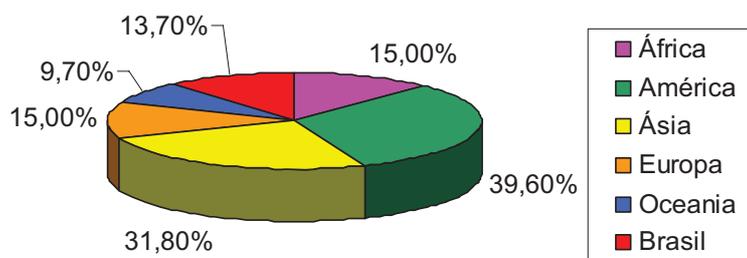
Para o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, PNUMA (2004) apud Vivacqua (2005), a distribuição de água potável com valores expressos em porcentagem é apresentada no quadro 02:

<b>Localização</b>	<b>Volume (10<sup>3</sup>km<sup>3</sup>)</b>	<b>% do Total</b>	<b>% do Total de Água Doce</b>
Coberturas de neve permanente, Geleiras	24.064	1,74	68,7
Água doce Subterrânea	10.530	0,76	30,06
Solo congelado, camada de gelo permanente	300	0,022	0,86
Lagos	91	0,007	0,26
Umidade do Solo	16,5	0,001	0,05
Vapor de Água na Atmosfera	12,9	0,001	0,04
Pântanos, Áreas Úmidas	11,5	0,001	0,03
Rios	2,12	0,0002	0,006
Incorporados na Biota	1,12	0,0001	0,003
<b>Total</b>	<b>35.029</b>	<b>2,5323</b>	<b>100,00</b>

Fonte: PNUMA (2004) apud VIVACQUA (2005).

#### **Quadro 02:** Distribuição de água potável

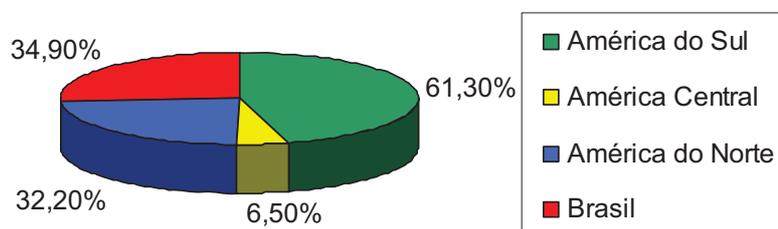
O Brasil detém uma das maiores bacias hídricas do planeta, ou seja, um quinto de toda a reserva global. De acordo com Tomaz apud May e Prado (2004), o Brasil possui 13,70% da água doce do mundo, como mostra a figura 02.



Fonte: ANA – Agência Nacional de Águas, 2005.

**Figura 02:** Distribuição de água doce superficial no mundo

Do continente americano, o Brasil dispõe de 34,9 % de água doce, mostrado na figura 03 (ANA, 2005).



Fonte: ANA – Agência Nacional de Águas, 2005.

**Figura 03:** Distribuição de água doce superficial no continente americano

No Brasil, apesar de ser um dos países com grande quantidade de água doce, possui uma má distribuição dessa água, a região norte concentra um volume de água correspondente a 68,5%, na região centro-oeste, 15,7%, na região sul, 6,5%, na região sudeste, 6,0% e na região nordeste, 3,3%.

De acordo com Silva et al. (2003), a tecnologia moderna está agravando ainda mais a situação, pois está destruindo rapidamente as capacidades geradoras de vida da água,

através do aumento da população, do lixo industrial e agrotóxico, contaminando as fontes de água.

Na medida em que a água pluvial é coletada para seu uso direto, várias etapas são suprimidas e conseqüentemente o ciclo hidrológico tradicional é abreviado. Com isto, parcelas da água que iriam se degradar pelo contato com superfícies poluídas, para depois serem tratadas e reconduzidas aos mesmos pontos aonde elas se precipitaram, podem se constituir desde o momento inicial em fonte de abastecimento das edificações, concomitantemente com os sistemas públicos (HERNANDES; AMORIM, 2005).

O conceito de "substituição de fontes" se mostra como a alternativa mais plausível para satisfazer a demandas menos restritivas, liberando as águas de melhor qualidade para usos mais nobres, como o abastecimento doméstico. Em 1985, o Conselho Econômico e Social das Nações Unidas, estabeleceu uma política de gestão para áreas carentes de recursos hídricos, que suporta este conceito: "a não ser que exista grande disponibilidade, nenhuma água de boa qualidade deve ser utilizada para usos que toleram águas de qualidade inferior" (HESPANHOL, 2005).

As perdas devem ser levadas em consideração, estima-se que as perdas em países desenvolvidos alcancem 30%, enquanto em regiões como São Paulo tem-se um valor de cerca de 40%. Só os vazamentos levam a uma perda na ordem de 20%, que é o dobro da taxa aceita por padrões internacionais (MACEDO apud SILVA et al., 2003).

A Agenda 21, no seu capítulo 18, na área de abastecimento de água potável e saneamento, propõe a expansão do abastecimento hidráulico urbano e rural e estabelecimento e ampliação de sistemas de captação de água da chuva, particularmente em pequenas ilhas, acessórios à rede de abastecimento de água.

Algumas tecnologias para a conservação da água estão sendo incentivadas, como a obrigatoriedade em todo país do uso e da comercialização de bacias sanitárias com volume de 6 litros, muitos regulamentos, códigos e leis são incentivos para que se pratique a conservação da água (PNCDA, 2005).

A água é um bem de que todos os seres humanos necessitam, com sua atual e possível escassez a maioria das espécies do planeta estão ameaçadas, cabendo aos profissionais da

área se conscientizarem de que uma busca por novas tecnologias é fundamental para que esse bem não termine completamente poluído ou até mesmo esgotado.

É necessário que o ser humano caminhe em direção a um Planeta mais sustentável, não comprometendo a sua sobrevivência, bem como a dos seres vivos, sem comprometer também o desenvolvimento das futuras gerações.

## **2.2 Aproveitamento de águas pluviais**

### **2.2.1 Histórico**

A captação de água de chuva tem sido uma técnica popular em muitas partes do mundo, especialmente em regiões áridas e semi-áridas (mais ou menos 30 % da superfície da terra). A captação de água de chuva foi incentivada em diversas partes do mundo e em diferentes continentes há milhares de anos. Foi usada e difundida especialmente em regiões semi-áridas onde as chuvas ocorrem somente durante poucos meses e em locais diferentes (GNADLINGER, 2000).

Segundo Tomaz (2003), a grande fortaleza e o convento dos Templários, localizada na cidade de Tomar, Portugal, que teve início de construção em 1 de março de 1160, existem dois reservatórios para aproveitamento de água de chuva, sendo um com 215m<sup>3</sup> e outro com 145m<sup>3</sup>.

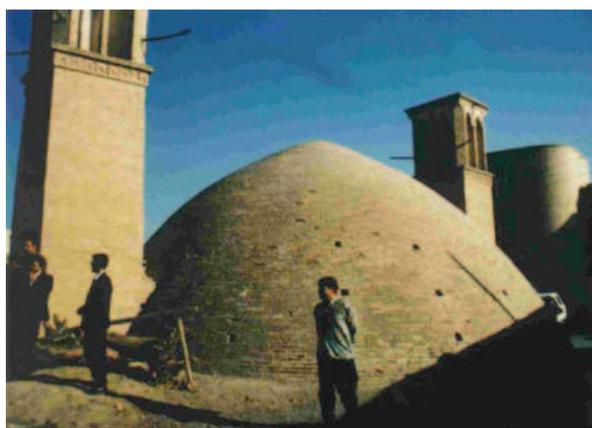
Segundo Tomaz (2003), uma das inscrições mais antigas do mundo é a conhecida Pedra Moabita, encontrada no Oriente Médio, datada de 850 a.C. Nela, o rei sugere que seja feito um reservatório em cada casa para aproveitamento de águas pluviais.

A famosa fortaleza de Masada, em Israel, tem dez reservatórios cavados nas rochas com capacidade total de 40 milhões de litros. Na Península de Iucatã, no México, existem reservatórios que datam de antes da chegada de Cristóvão Colombo à América, e que estão ainda em uso (TOMAZ, 2003).

Em 2750 a.C, na Mesopotâmia, já se utilizava água de chuva. Foi descoberto em 1885, em Monturque, Roma, doze reservatórios subterrâneos com entrada superior, cada unidade tinha largura de 3,08m, comprimento de 6,65m e altura de 4,83m que perfaziam  $98,93\text{m}^3$  cada totalizando volume de  $1.187\text{m}^3$  e que era usado para abastecimento público (TOMAZ, 2003).

Na Índia, um projeto de pesquisa denominado “Sabedoria” enumera muitas experiências tradicionais de captação de água de chuva nas quinze diferentes zonas ambientais do país (GNADLINGER, 2000).

No Irã são encontrados os “Abanbars”, como pode ser visto na figura 04, que são estruturas que fazem o tradicional sistema de captação de água de chuva comunitário (GNADLINGER, 2000).



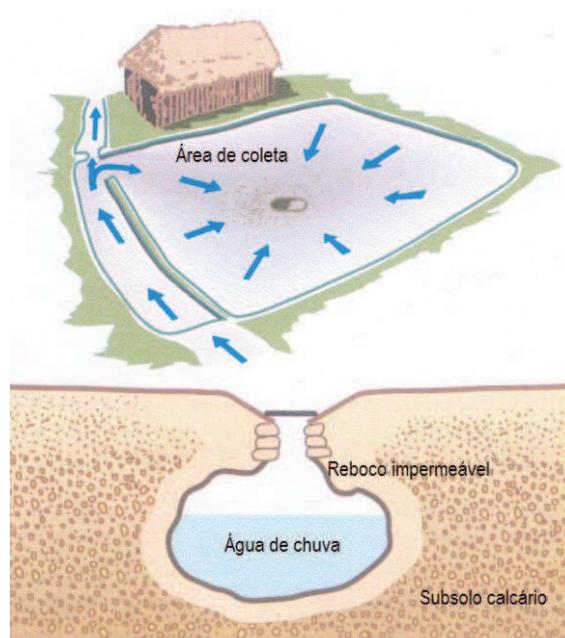
Fonte: Gnadlinger, 2000.

**Figura 04:** Reservatório tradicional usado no Irã

O México como um todo é rico em antigas e tradicionais tecnologias de captação de água de chuva, datadas da época dos Aztecas e Mayas. Ao sul da cidade de Oxkutzcab ao pé do Monte Puuc ainda hoje se pode ver as realizações dos Mayas. No século X existia ali uma agricultura baseada na captação de água de chuva. As pessoas viviam nas encostas e sua água potável era fornecida por reservatórios enterrados com capacidade de 20.000 a 45.000 litros, chamadas “Chultuns” (GNADLINGER, 2000).

Na figura 05, a abertura do reservatório é coberta por uma pedra com um buraco no meio, onde se encaixa um pino de madeira, que se retrai quando chove. Estes reservatórios

tinham um diâmetro de aproximadamente 5 metros e eram escavadas no subsolo calcário, revestidas com reboco impermeável. Acima deles havia uma área de captação de 100 a 200m<sup>2</sup>. Nos vales usavam-se outros sistemas de captação de água de chuva, como “Aguadas” (reservatórios de água de chuva cavado artificialmente com capacidade de 10 a 150 milhões de litros) e “Aquaditas” (pequenos reservatórios artificiais para 100 a 50.000litros) (GNADLINGER, 2000).



Fonte: Gnadlinger, 2000.

**Figura 05:** Reservatório do povo Maya, chamada Chultun.

Na península de Yucatan, o desaparecimento do uso da captação de água de chuva aconteceu em parte pelas lutas entre os diversos povos indígenas, mas principalmente pela invasão espanhola no século XVI. Os colonizadores espanhóis introduziram um outro sistema de agricultura, vários novos animais domésticos, plantas e métodos de construção europeus. Estes não eram adaptados à realidade cultural e ambiental de Yucatan (GNADLINGER, 2000).

Na Índia, razões semelhantes causaram o desaparecimento da captação de água de chuva. O sistema colonial britânico só se interessava por tributos, forçando, portanto as pessoas a abandonarem o sistema de captação de água comunitário dos vilarejos e causando assim o colapso de um sistema centenário (GNADLINGER, 2000).

O progresso técnico do século XIX e XX ocorreu principalmente nos assim chamados países desenvolvidos, em zonas climáticas moderadas e mais úmidas, sem necessidade de captação de água de chuva. Como conseqüência da colonização, práticas de agricultura de zonas climáticas moderadas foram implantadas em zonas climáticas mais secas. Além disso, houve uma ênfase na construção de grandes barragens, no desenvolvimento do aproveitamento de águas subterrâneas, e em projetos de irrigação encanada com altos índices de uso de energia fóssil e elétrica; estas são algumas razões porque as tecnologias de captação de água de chuva foram postas de lado ou completamente esquecidas (GNADLINGER, 2000).

Com a construção de barragens, utilização de águas subterrâneas, através de poços, o ser humano foi deixando de lado a prática da captação de água da chuva. Atualmente é mais prático utilizar água encanada e tratada; para o usuário basta abrir a torneira e consumir a água; ou muitas vezes, perfurar um poço e utilizar esta água sem tratamento, com baixo custo, mas de qualidade duvidosa. Com os problemas atuais, só resta à humanidade retomar suas práticas mais antigas utilizando-se de técnicas mais atuais e modernas.

### **2.2.2 O uso de águas pluviais no mundo**

Na Califórnia, Alemanha e Japão, são oferecidos financiamentos para a construção de estruturas para captação de água da chuva. Em Hamburgo, na Alemanha, é concedido gratuitamente cerca de US\$ 1.500,00 a US\$ 2.000,00 a quem aproveitar a água da chuva, que também servirá para conter picos de enchentes. Na Alemanha, o aproveitamento da água da chuva é destinado à irrigação de jardins, descarga de bacias sanitárias, máquinas de lavar roupa e uso comercial e industrial e vem sendo feito desde o ano de 1980 (TOMAZ, 2003).

De acordo com Tomaz (2003) países como o Japão e a Alemanha estão empenhados no aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis. Outros países, como os Estados

Unidos, Austrália e Singapura, também desenvolvem pesquisas a respeito de águas pluviais.

No Japão, na cidade de Kitakyushu, em 1995, foi construído um edifício com 14 pavimentos prevendo a utilização de águas pluviais, sendo que esta água ficava armazenada em um reservatório enterrado com 1 milhão de litros. As águas servidas, de pias, torneiras, máquina de lavar roupa, com exceção das águas de bacia sanitária e da pia da cozinha, são também reaproveitadas e acrescentadas à água da chuva. As bacias sanitárias são alimentadas com água não potável de chuva e servida. Estão em construção mais de 30 prédios com estas características (TOMAZ, 2003).

A República de Singapura, com 2,7 milhões de habitantes, área de 620 km<sup>2</sup> e chuva anual média de 2.370 mm, está tomando medidas para a conservação da água. Substituindo água potável por água não potável, quer seja água de chuva ou do mar, para fins comerciais e industriais. As águas pluviais são usadas pelas indústrias na descarga de bacias sanitárias e em irrigação de jardins (TOMAZ, 2003).

De acordo com o Group Raindrops (2002), na cidade de Sumida, Japão, muitos tanques cheios de água potável são colocados ao longo das margens das ruas a fim de combater incêndios. Os membros que tinham formulado “Conceito do Oásis de Sumida” propuseram armazenar em tais tanques água da chuva ao invés de potável. Essa água, além de ser utilizada no combate a incêndio, era utilizada para irrigação e até mesmo como alternativa em tempos de seca. O tanque foi nomeado de tanque “Tensuison”, que significa “respeito à abençoada água da chuva”.

Em algumas cidades da Alemanha, os usuários de águas pluviais devem comunicar ao serviço de água municipal a quantidade estimada de água de chuva que está usando e os fins a que se destina: irrigação de jardins, descarga de bacias sanitárias, máquinas de lavar roupa ou uso comercial e industrial; podendo estar sujeito a cobrança de tarifa de esgoto sanitário ou não (TOMAZ, 2003).

Segundo Tomaz (2003), algumas pesquisas realizadas no Japão mostraram que, com o uso da água reciclada (pluvial e servida) para fins não potáveis, conseguiu-se reduzir o consumo de 30% da água potável.

Em alguns países da Europa, o aproveitamento da água da chuva é bastante intensificado. Segundo PNUMA (2001) apud May (2005), no 2º Fórum Mundial da Água, organizado pelo Conselho Mundial da Água em março de 2000, na Holanda, discutiu-se a metodologia utilizada há anos na Europa, principalmente em países como a Alemanha, Japão e em alguns países como os Estados Unidos.

Na Holanda, a água é coletada para evitar o transbordamento dos canais que rodeiam o país, situado abaixo do nível do mar. A água armazenada é utilizada na irrigação de lavouras e abastecimento de fontes ornamentais. Na Alemanha, o processo de coleta e aproveitamento de água da chuva ajudou a solucionar os problemas acarretados pela péssima qualidade de água distribuída (PNUMA, 2001 apud MAY, 2005).

No Planalto de Loess do Norte e Noroeste da China, onde as precipitações são baixas e as águas subterrâneas são escassas, as pessoas têm feito muitas experiências com a captação de água de chuva. A agricultura nesta região depende principalmente da chuva como fonte de água. Nos últimos anos, o governo local da província de Gansu colocou em prática o projeto de captação de água de chuva denominado "121": o governo auxiliou cada família a construir uma área de captação de água, dois tanques de armazenamento de água e um lote para plantação de culturas comercializáveis. O projeto solucionou o problema de água potável para 1,3 milhão de pessoas (260.000 famílias) e seus 1,18 milhão de animais (GNADLINGER, 2000).

Desde 1997, o projeto de captação de água de chuva e irrigação na China tem tido continuidade, almejando fornecer água para uma irrigação suplementar com um método altamente eficiente de economia de água. A água de chuva é captada nos pátios, como se pode ver na figura 06, ou em áreas inclinadas guarnecidas com lajes de concreto e armazenada em tanques subterrâneos. Culturas comercializáveis como verduras, ervas medicinais, flores e árvores frutíferas foram plantadas, como também viveiros. A captação de água de chuva tem se tornado uma medida estratégica para o desenvolvimento social e econômico desta região semi-árida (GNADLINGER, 2000).



Fonte: Gnadlinger, 2000.

**Figura 06:** Projeto de captação de água de chuva denominado "121" no Norte da China.

Na cidade de Badulla, localizada numa área montanhosa de Sri Lanka, as fontes de água são poucas e tendem a estar no fundo dos montes. As mulheres das comunidades necessitavam percorrer longos percursos para terem acesso a essa água. Para diminuir esse esforço, a autoridade local forneceu tanques, como mostra a figura 07, de ferro-cimento de 5.000 litros, para serem utilizados como fonte de água pluvial nas residências (IRCSA, 2005).



Fonte: IRCSA, 2005.

**Figura 07:** Tanque para captação de água da chuva.

No nordeste da Tailândia ocorre que a água do solo encontra-se muito espalhada, então os tailandeses optaram por armazenar água pluvial em um reservatório denominado “Thai jar” mostrado na figura 08 que possui de 1.000 a 2.000 litros. O projeto passou por

vários estágios, até que passaram a produzir em quantidades, chegando a um valor muito baixo. Atualmente a maioria das casas, seja classe rica ou pobre, já possuem ao menos um (IRCSA, 2005).



Fonte: IRCSA, 2005.

**Figura 08:** Reservatório denominado “Thai jar”.

O Departamento de Tecnologia do Desenvolvimento da Universidade de Warwick visa pesquisar e promover tecnologias adequadas para o uso prático no Terceiro Mundo. O departamento, recentemente, desenvolveu três pequenos jarros (entre 500 e 750 litros) para o armazenamento de água da chuva. Seu objetivo era desenvolver várias alternativas seguras e de baixo custo para este fim (REES, 2005).

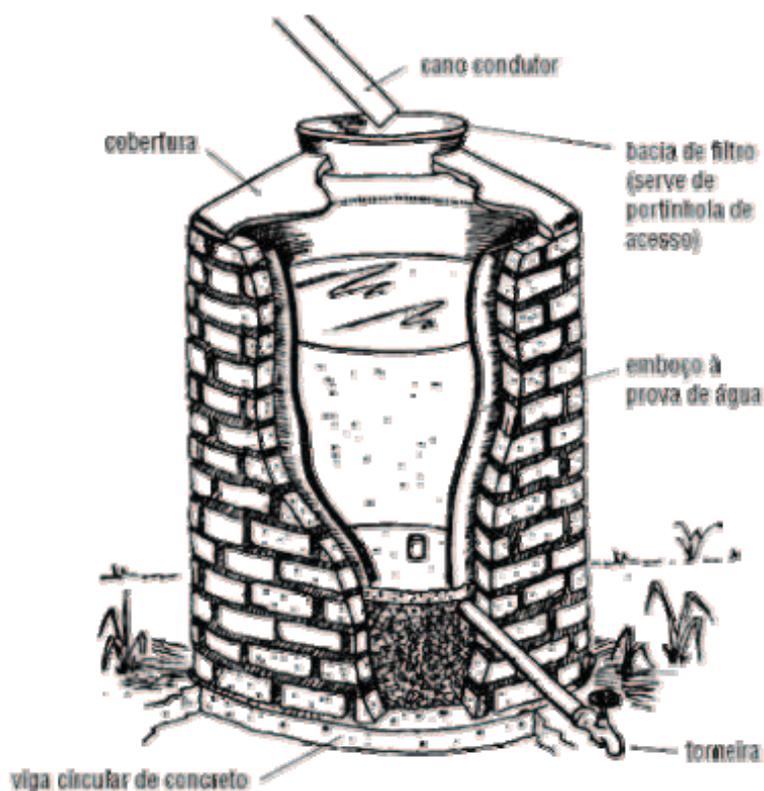
O trabalho de pesquisa foi realizado na Fazenda Kyera, um centro de treinamento para a lavoura orgânica perto de Mbarara, Uganda. Foram desenvolvidos três tanques de teste na fazenda e, então, foram construídos dez tanques no povoado vizinho de Kyera (REES, 2005).

Um estudo semelhante no oeste de Uganda mostrou que até 70% ou 80% das necessidades domésticas de água podem ser satisfeitas com pequenos jarros para água da chuva. Sua coleta funciona melhor, se as chuvas forem regulares durante o ano (REES, 2005).

Um estudo no Distrito de Kabarole, em Uganda, durante a estação seca, mostrou que, com apenas doze dias de chuva em dois meses, uma família de cinco pessoas era capaz de obter 60% de toda a água necessária para o uso doméstico através do tanque – um total de 2.360 litros. Se sua fonte de água habitual estivesse a 500 metros de distância, em dois

meses, eles economizariam quase 50 horas de seu tempo usando a água do tanque (REES, 2005).

De acordo com Rees (2005), o jarro de tijolos, mostrado na figura 09 foi desenvolvido visando utilizar tijolo, que é um material comum na região. O jarro é feito de um cilindro de tijolos simples. A água é trazida para fora através de uma torneira na altura certa para um recipiente de coleta. A cobertura é feita com argamassa de cimento armado, e é utilizada uma bacia de filtro para o jarro de cimento armado, que será descrito a seguir, sendo interessante acrescentar um reforço para os tijolos, como tiras de arame.

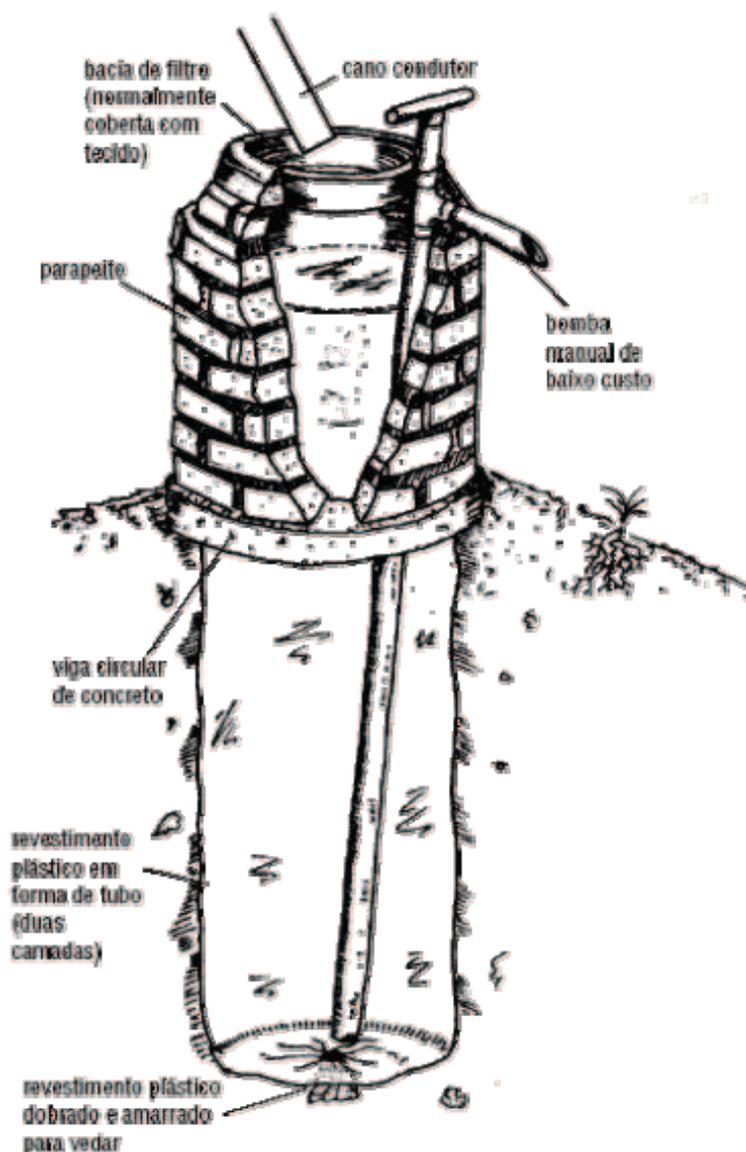


Fonte: Rees (2005).

**Figura 09:** Jarro de tijolos

O tanque de tubo plástico, mostrado na figura 10, pode ser encontrado nos mercados locais. Cava-se um buraco no solo, dentro do qual é colocada a maior parte do tubo plástico. A extremidade do tubo plástico é dobrada e amarrada várias vezes, para ficar vedada. São utilizadas duas camadas de plástico, para o caso de uma delas furar. É

construída uma parede de tijolos ao redor, são colocados um extravasor e uma bomba manual de baixo custo, e é utilizada uma bacia, como nos outros exemplos (REES, 2005).

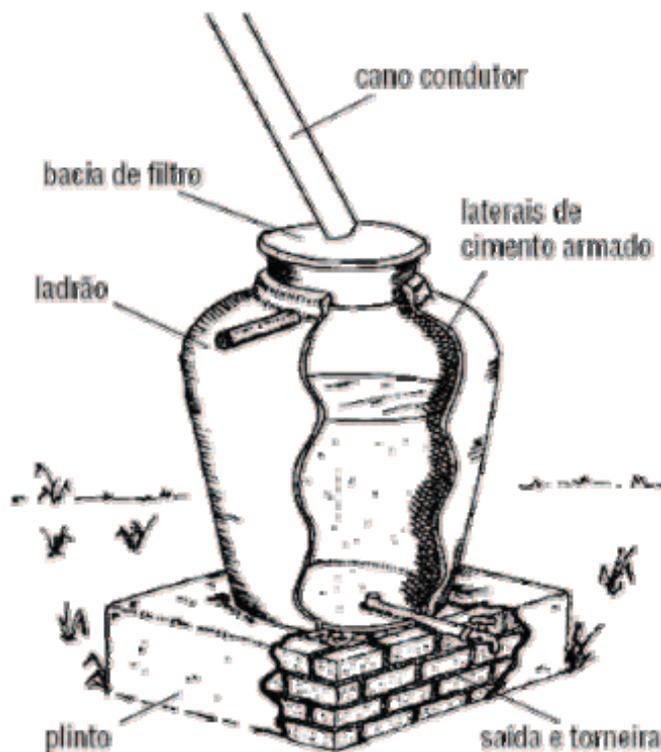


Fonte: Rees (2005).

**Figura 10:** Tanque de tubo plástico.

O modelo de jarro de cimento armado, mostrado na figura 11, já é bem conhecido. Sua tecnologia utiliza tela de arame para galinheiros entre camadas de argamassa de cimento. Faz-se uma fôrma modelada com sacos cheios de serragem. A fôrma é, então, rebocada com uma pasta de areia e cimento, numa razão de 3:1. Esta é, então, coberta com

tela de arame para galinheiros de 1/2 polegada (13 mm) e recebe mais uma camada de argamassa. São colocados uma torneira e um ladrão, e utiliza-se uma bacia de plástico para formar a abertura no topo – onde é colocado um filtro, para remover partículas grandes da água. O jarro é erguido acima do solo, para que se possam encher os recipientes de coleta facilmente com a torneira (REES, 2005).



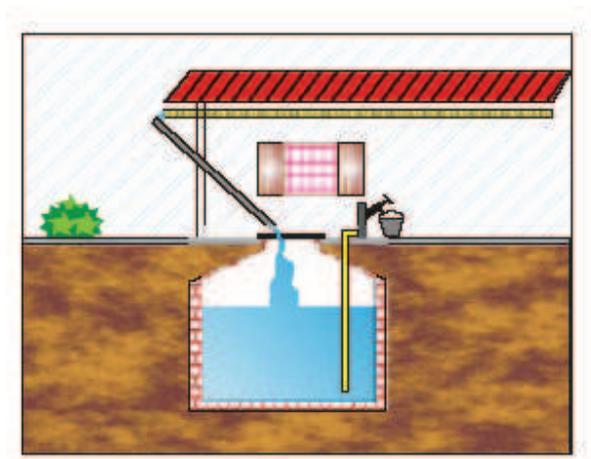
Fonte: Rees (2005).

**Figura 11:** Jarro de cimento armado.

Em 1995 foram projetados no Sirilanka dois tipos de tanques de armazenagem de água de chuva com capacidade de 5m<sup>3</sup>. Os sistemas apresentados nas figuras 12 e 13 foram construídos pela Comunidade de Abastecimento de Água e Projetos Sanitário do Sirilanka. Os objetivos dos construtores eram manter o sistema isolado de raios solares para impedir a proliferação de algas e o crescimento de larvas de mosquitos (PAULA, 2005).

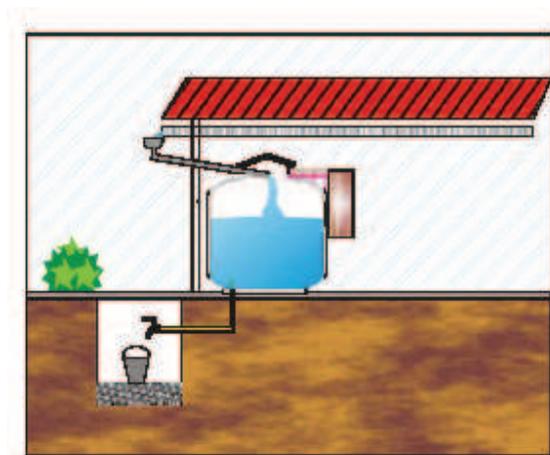
O primeiro, executado de tijolos comuns, assentados meia vez e revestido com argamassa, denominado de cúpula, foi construído enterrado conforme ilustra a figura 12. O outro,

chamado de tanque de ferro-cimento ou argamassa armada, figura 13, foi construído apoiado no solo e possui o formato de um jarro esférico (PAULA, 2005).



Fonte: Ariyananda e Mawatha (1999) apud Paula (2005).

**Figura 12:** Reservatório construído de tijolo comum e argamassa.



Fonte: Ariyananda e Mawatha (1999) apud Paula (2005).

**Figura 13:** Reservatório construído com argamassa armada.

Na Índia, existem 16 projetos do CSE (Centro de Ciência e Ambiente), que visam responder as dúvidas mais frequentes da população. Estes também agem como ferramentas eficazes para estabelecer o fato de que coletar água pluvial pode ser executado com sucesso em centros urbanos, por todos os indivíduos que tenham interesse em coletar a própria água que necessitam. Enquanto o CSE faz uma campanha de conscientização para a população a

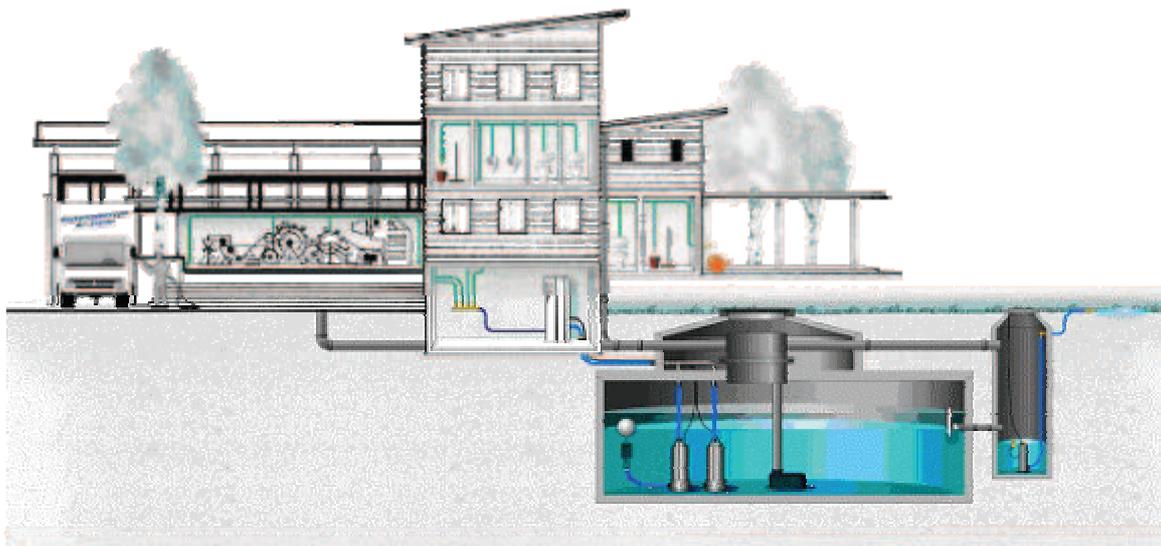
respeito da captação de águas pluviais, o centro também identifica os dezesseis modelos de projetos em Deli. O CSE ajudou no processo de execução destes projetos e tem monitorado o seu desenvolvimento. Os modelos têm características geográficas e geológicas distintas, como por exemplo, o modelo da escola de Mira, foi construído em terreno sedimentar, enquanto a escola de Shri esta localizada em terreno montanhoso (CSE, 2005).

O modelo de sistema da Escola de Mira tem área de coleta de 16.200 m<sup>2</sup>, e chuva anual média em Deli de 611 mm, e o volume de água da chuva coletado é de 4.454 m<sup>3</sup>. Isto correspondendo a 45% do total da água necessária para consumo.

No lado ocidental do edifício, a cobertura juntamente com a área de coleta próxima ao *playground* é interceptada por um dreno que se conecta a uma câmara. As impurezas da água ficam retidas nessa câmara, que mede 0,3m x 0,3m x 0,3m. Após passar por essa câmara, a água é direcionada para o reservatório perfurado a 15 metros, que possui 100 mm de diâmetro. Uma camada de seixos e de areia é colocada dentro do reservatório para filtragem média, assegurando a qualidade da água que esta sendo carregada. Já no lado oriental do edifício, a água da chuva da cobertura está canalizada entre um dreno de água e a recarga da estrutura medindo 2m x 2m x 3m. Para facilitar a recarga são perfurados 8 metros de reservatório com 100mm de diâmetro.

O campo de futebol da Escola de Mira possui um reservatório de 1,5m x 1,5m x 1,5m, onde a água chega após passar por uma trincheira preenchida com seixos que cercam o reservatório. O excesso de água é drenado para outro reservatório de 2mx2mx2m através de uma rede de tubulações interligadas. O projeto foi implementado em Junho de 2001.

Regiões com escassez de água tem tornado importante a utilização de águas pluviais. A água da chuva na cidade de *Wasseraufbereitungsgeräten* pode ser transformada em água potável. O uso de água da chuva pode ser usado como um complemento da água, em sistemas de refrigeração e com finalidade de limpeza e outras aplicações comerciais e industriais o sistema já esta sendo implementado em vários casos. O fator econômico foi o que impulsionou a utilização desse sistema. Dependendo das taxas da água potável e da conexão com a rede de esgoto, os investimentos se amortizavam em intervalos relativamente curtos. A figura 14 mostra uma instalação em área comercial (SPERFELD, 2005).



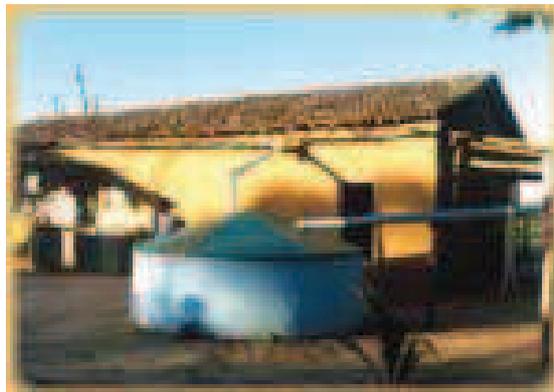
Fonte: Sperfeld (2005)

**Figura 14:** Coleta de água da chuva, exemplo para uma área comercial.

### 2.2.3 O uso de águas pluviais no Brasil

Soares et al. (2000) apud May (2005), descreve que o sistema de coleta e aproveitamento de água de chuva é considerado uma técnica popular, especialmente em regiões do semi-áridas brasileiras. Para Schistek (2001) apud May (2005), o Semi Árido Brasileiro apresenta chuvas irregulares e alta taxa de evaporação potencial. Cerca de 80% da área geográfica do subsolo de regiões semi-áridas brasileiras apresentam formação cristalina, sem lençol freático. Sendo assim, a coleta de água da chuva tem se mostrado a opção mais indicada para disponibilizar água para consumo humano.

Mesmo nos locais onde a chuva é geralmente escassa, como no semi-árido Nordeste (cerca de 400 mm/ano), é viável a captação da água da chuva. O Governo de 2004 teve um plano para a construção de um milhão de reservatórios, como mostra a figura 15 (UFRRJ, 2005).



Fonte: UFRRJ, 2005.

**Figura 15:** Reservatório de captação de água da chuva.

O Brasil tem longa tradição na captação da água da chuva para atender a população nordestina, através da prática secular da construção de açudes ou açudagem. Os maiores problemas dessa técnica são: a grande perda de água por evaporação (mais de 2m/ano), a contínua salinização e o acesso de animais (UFRRJ, 2005).

O barreiro é um mini-açude, com menos água, ocupa menor área e não possui estruturas hidráulicas (barragem, comportas e vertedouros) como nos grandes açudes, mas em compensação serve apenas a um domicílio (UFRRJ, 2005).

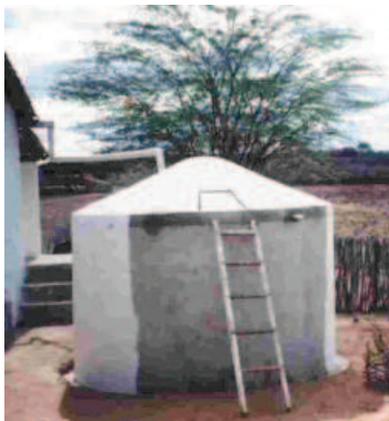
A cacimba, como mostra a figura 16, é um pequeno poço escavado no solo (em geral, leito seco de um rio), para retirada de água do lençol freático, é menor que o barreiro. Contudo, neste caso, a captação é de água subterrânea e não de chuva (UFRRJ, 2005).



Fonte: UFRRJ, 2005.

**Figura 16:** Cacimba para retirada de água do lençol freático.

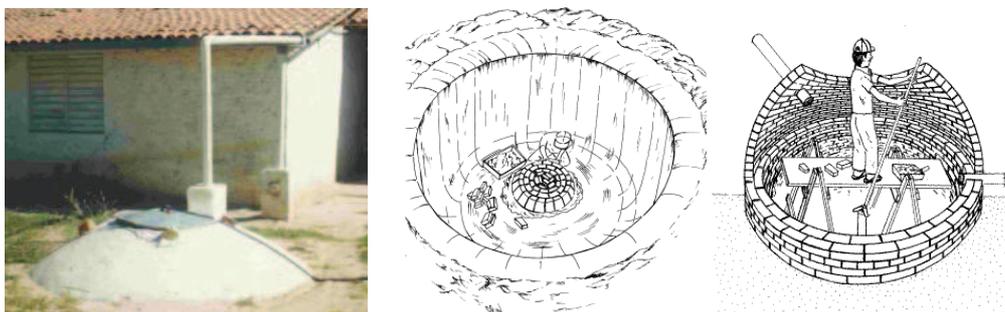
Entre os tipos diferentes de reservatórios usados para resolver o problema da água potável em áreas rurais do Nordeste, o reservatório de placa de concreto, mostrado na figura 17, com tela de arame, fortificada com arame galvanizado de aço nº 12 e rebocada por dentro e por fora foi o reservatório mais construído. A aderência entre as placas de concreto às vezes é fraca, por isso, a tensão pode causar rachaduras, por onde a água pode vazar. Por esta razão, o reservatório de concreto com tela de arame (que utiliza uma fôrma durante a primeira fase de construção) é o tipo mais usado e apropriado para a região nordeste. Um reservatório desse tipo raramente vaza, e se isso acontecer, poderá ser facilmente consertado. É igualmente adequado também para pequenos e grandes programas de construção de reservatórios de águas pluviais (GNADLINGER, 2000).



Fonte: Gnadlinger, 2000.

**Figura 17:** Reservatório de concreto com tela de arame para 10.000 litros

Um reservatório subterrâneo feito com massa de cal e tijolos relembra os Abanbars do Irã e os Chultuns do México, como mostra a figura 18 (GNADLINGER, 2000).



Fonte: Gnadlinger, 2000.

**Figura 18:** Reservatório subterrâneo de massa de cal e tijolos

Segundo Gnadlinger (2000), em algumas partes da região semi-árida pode-se observar ao renascimento de “caxios”, mostrado na figura 19, que são reservatórios cavados manualmente na rocha; trata-se de uma maneira tradicional de captar a água de chuva. Sua água é geralmente usada para os animais, porém, depois de filtrada, pode ser usada também para consumo humano.



Fonte: Gnadlinger, 2000.

**Figura 19:** “Caxio”, reservatório cavado manualmente na rocha.

No Brasil em áreas urbanas, em geral os primeiros 10 m<sup>3</sup> de água fornecida pelo serviço público é subsidiada, ficando o custo muito barato para o consumidor e deixando de lado a alternativa do uso da água da chuva. Em locais, onde não existe rede pública é viável a utilização de águas pluviais (TOMAZ, 2003).

Em São Paulo, o Condomínio Victoria Falls, mostrado na figura 20, utiliza água pluvial para lavagem de pisos e irrigação de jardim, tendo um consumo médio de 32m<sup>3</sup>/mês ou 384m<sup>3</sup>/ano. A área de captação da água pluvial é de 450 m<sup>2</sup>. O reservatório tem volume

de 36 m<sup>3</sup> e localiza-se no subsolo, como mostra a figura 21. A economia no condomínio é de aproximadamente 80% do consumo de água (ENGEPLAS, 2005).



Fonte: ENGEPLAS, 2005.

**Figura 20:** Condomínio Victoria Fall.

**Figura 21:** Localização do reservatório.

Uma residência, também em São Paulo utiliza água pluvial para irrigação de jardins, bacias sanitárias e lavagem de roupas. Tem um consumo de 400 m<sup>3</sup>/ano e sua área de captação é de 200 m<sup>2</sup>, onde a água é captada através do telhado, de calhas e condutores, como mostra a figura 22. O reservatório tem 10 m<sup>3</sup> e localiza-se no subsolo (ENGEPLAS, 2005).



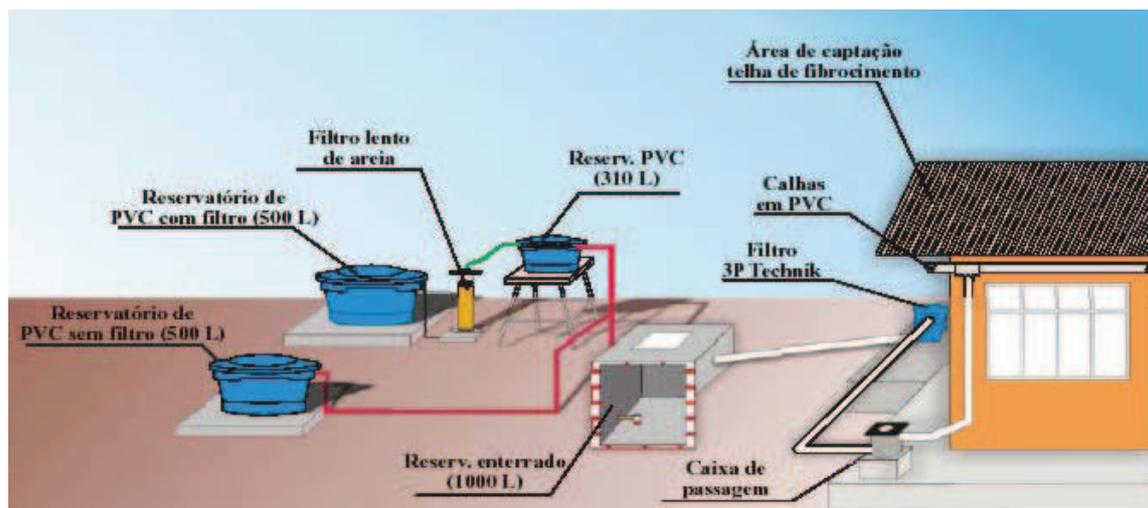
Fonte: ENGEPLAS, 2005.

**Figura 22:** Captação de água pluvial através de calhas e condutor vertical.

Alguns trabalhos relacionados a águas pluviais estão sendo desenvolvidos no Brasil, como o de Paula e Oliveira (2005), que teve como objetivos analisar a qualidade da água da chuva captada e armazenada, pelo período de cinco meses, sendo que a água captada na estação chuvosa será utilizada na estação seca. Outro objetivo foi definir através da qualidade da água coletada após um período de armazenamento, quais os tipos de usos mais

recomendados e, por fim, verificar a viabilidade de utilização de água da chuva na cidade de Goiânia, que tem o período chuvoso de novembro a março e tem estiagem de abril a outubro.

O sistema de aproveitamento de água de chuva, construído no Laboratório de Sistemas Prediais da Escola de Engenharia Civil/UFG, é apresentado na Figura 23.



Fonte: Paula e Oliveira (2005).

**Figura 23:** Esquema do sistema de aproveitamento de água da chuva.

O sistema possui uma área de captação ou de coleta de, aproximadamente, 100 m<sup>2</sup>. A água da chuva é coletada por meio de calhas de PVC, e conduzidas por condutores verticais a caixas de passagem de água pluvial, também de PVC. Em seguida, a água de chuva é destinada a um filtro de partículas grosseiras, conhecido no mercado como 3P Technik, realizando um gradeamento. Desta forma, procede a primeira etapa de armazenagem em um reservatório de alvenaria de tijolo comum, revestimento de argamassa e sistema de impermeabilização, chamado de reservatório enterrado (PAULA E OLIVEIRA, 2005).

No reservatório foi instalado um sistema de recalque que conduz a água armazenada para três outros reservatórios. O primeiro é um reservatório de 500 litros, onde a água é armazenada sem passar por nenhuma etapa intermediária ou tratamento, denominado de reservatório de PVC sem filtro. Já os outros dois reservatórios constituem uma pequena estação de tratamento, neste caso a filtração lenta. A água de chuva, bombeada, foi inicialmente, armazenada em um reservatório de 310 litros, que serve para manter o nível mínimo de 5 cm de água sobre o leito filtrante. A água filtrada foi novamente armazenada,

desta vez em um reservatório de PVC de 500 litros, denominado reservatório de PVC com filtro (PAULA E OLIVEIRA, 2005).

Neste trabalho foram analisados: a amônia, nitrito, nitrato, turbidez, cor, coliformes fecais e bactérias. Para Paula e Oliveira (2005), a conclusão deste trabalho foi a eficiência de um tratamento simples. Pois, através da análise dos parâmetros ao longo das 37 semanas, que foi o tempo de detenção, notou-se que os parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos não sofreram alterações que pudessem descartar o uso da água da chuva. Por outro lado, comparando a qualidade da água exigida para uso em piscinas e confecção de concretos, que era a intenção de utilização de água pluvial do trabalho, conclui-se, que a água de chuva pode ser destinada, sem problemas, para estes fins. Contudo, mesmo para fins não potáveis, mas que tenha o contato com o usuário sugere-se a desinfecção da água de chuva por meio de cloração.

Na pesquisa realizada por Batista e Ghisi (2005), foi realizado um levantamento do consumo de águas pluviais em duas edificações, uma com área de captação de 50 m<sup>2</sup> e a segunda com área de 100 m<sup>2</sup>, porém ambas as residências foram consideradas residências unifamiliares, com quatro ocupantes, tendo então a mesma demanda de água em ambas. Segundo o Governo Federal (2002) apud Batista e Ghisi (2005), para o cálculo da demanda diária, foi considerado, o consumo médio *per capita* de água do município, correspondente a 111,47 litros por dia. Depois de levantado o consumo de cada residência, considerou-se que 50% da demanda de água potável poderia ser substituída por água pluvial.

Para o dimensionamento dos reservatórios, foi levada em consideração a precipitação média local, onde foi observado que os valores de precipitação são muito baixos durante a estação seca ocorrendo períodos de até três meses seguidos sem chuva (BATISTA E GHISI, 2005).

Para o dimensionamento do reservatório, Batista e Ghisi (2005), adotaram um método proposto pelo Group Raindrops, que se encontra embasado numa análise estatística que considera os dias consecutivos com chuva.

Foram realizadas 2 estimativas de volume de reservatórios: na primeira chegou-se a um volume aproximado de 600 litros, porém observou-se que na residência 1 o reservatório permanece aproximadamente 90% vazio no período analisado, e na residência 2 o reservatório permanece 83% vazio no período analisado. Estes valores indicam que o

aumento da área de captação não é proporcional ao aumento da economia, ou seja, não implica em diferenças significativas quanto ao potencial de economia de água tratada nas edificações em estudo (BATISTA E GHISI, 2005).

Na estimativa 2, com auxílio do programa computacional Netuno - o programa tem por objetivo determinar o potencial de economia de água tratada através do aproveitamento de água pluvial (no setor residencial) para usos onde a água não precisa ser tratada, tais como descarga de bacias sanitárias, limpeza de pisos, rega de jardim, lavagem de roupas e de carros - , para a residência 1, o volume de 2000 litros seria o mais adequado (economia de 11,8% de água tratada) e para a residência 2, o volume de 2500 litros seria o mais apropriado (19,9% economia de água tratada) (BATISTA E GHISI, 2005).

Os resultados demonstraram que os reservatórios das residências estudadas permaneceriam ociosos por vários dias seguidos durante a estação seca. No entanto, foram alcançados percentuais de economia de aproximadamente 20%, graças à adoção de um maior volume do reservatório. Considerando-se as irregularidades no abastecimento de água em localidades como Santana do Ipanema, o potencial de economia de água tratada através do aproveitamento de águas pluviais em residências apresenta-se como uma alternativa válida, podendo ser utilizado como estratégia para auxiliar no atendimento à demanda nos períodos de estiagem (BATISTA E GHISI, 2005).

No Brasil a falta de parâmetros relacionados à qualidade da água não potável faz com que seja necessária a elaboração de trabalhos para estes fins. Existem alguns trabalhos relacionados ao reúso da água que serão utilizados para fornecer diretrizes para a utilização de águas pluviais.

A presente pesquisa, além de trabalhar com a utilização de águas pluviais para fins não potáveis em residência e condomínio vertical, trabalhou também com a sua utilização em lavagem de veículos.

Dentre os trabalhos a respeito de lavagem de veículos, podemos citar o de Morelli (2005). Para Teixeira (2003) apud Morelli (2005), a indústria de lavagem de veículos inclui diferentes tipos e operações, cada uma com necessidades e características próprias. Variam quanto ao volume de água utilizado, carga de contaminantes e substâncias químicas nos processos de lavagem. São divididos em três tipos:

- Túnel: o veículo segue pelo interior do equipamento em formato de túnel, passando por áreas de lavagem, enxágüe, enceramento e secagem, respectivamente, como mostram as figuras 24 (a limpeza é efetuada mecanicamente através de escovas) e 25 (a limpeza é efetuada mecanicamente através de jatos de alta pressão). Nos Estados Unidos, este é o tipo mais comum, onde grande parte dos estabelecimentos recicla a água de lavagem e enxágüe. No Brasil, não ocorrem as etapas de enceramento e secagem (TEIXEIRA, 2003 apud MORELLI, 2005).



Fonte: Teixeira (2003) apud Morelli (2005).

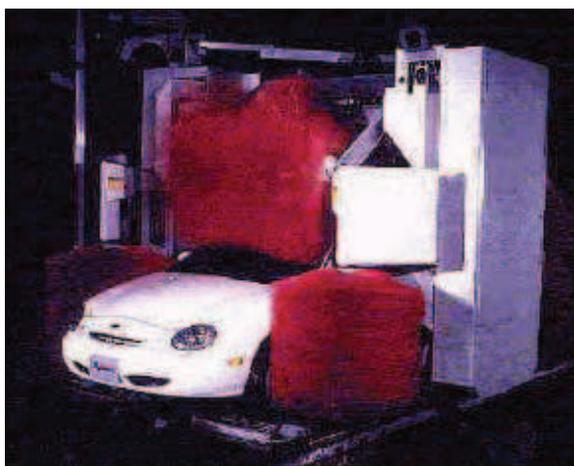
**Figura 24:** Lavagem de carro em equipamento do tipo “túnel”.



Fonte: Teixeira (2003) apud Morelli (2005).

**Figura 25:** Lavagem de carro em equipamento do tipo “túnel” (2)

- Rollover: o automóvel fica parado enquanto a máquina de lavagem passa por ele, como mostra a figura 26. O equipamento é dotado de escovas cilíndricas que giram em torno de seu próprio eixo. O efluente gerado é coletado numa vala situada abaixo do sistema (TEIXEIRA, 2003 apud MORELLI, 2005).



Fonte: Teixeira (2003) apud Morelli (2005).

**Figura 26:** Lavagem de carro em equipamento do tipo “Rollover”.

- Lavagem a jato manual: lava-se o veículo utilizando uma mangueira com jatos de alta pressão de ar e água. Em alguns casos a água é coletada numa vala. É muito comum no Brasil (TEIXEIRA, 2003 apud MORELLI, 2005).

Os três tipos de lavagem são comparados no quadro 03:

Tipo	Capacidade (veículos/dia)	Volume médio (L/veículo)	Descarga (m <sup>3</sup> /dia)	Perdas (L/veículo) (evaporação e outras)
Túnel	100-600 média: 250	262	75,7	7-30
Rollover	10-150 média: 75	112-168	11,4	7-30
Lavagem a jato manual	40-96 média: 64	Variável	19,9	Variável

Fonte: adaptado de U.S.EPA (1980) apud Teixeira (2003) apud Morelli (2005).

**Quadro 03:** Vazão e capacidade para diferentes processos de lavagem de veículos

Segundo Teixeira (2003) apud Morelli (2005), os principais problemas a serem enfrentados no desenvolvimento de tecnologias para reciclagem de água de lavagem de veículos são:

- Área Ocupada: sua concepção deve ser compacta, pois, provavelmente, será instalado num local onde já funciona um equipamento de lavagem, sem previsão de espaço para a inclusão do equipamento;

- Geração de Odores: deve contemplar a necessidade de controle de odores gerados pela proliferação de microrganismos nas águas armazenadas para a reciclagem;

- Geração de Lodo: a maioria dos sistemas de tratamento de efluentes gera resíduos e estes deverão ter seu volume minimizado e disposição final adequada;

- Custo de Implantação: deve ser o menor possível, de forma que possa ser competitivo com o custo da água, recuperando-se o investimento em curto prazo;

- Operação e Manutenção: a simplicidade, neste aspecto, é um fator limitante na escolha da tecnologia. Sistemas mais complexos tornam-se inviáveis tanto economicamente, como operacionalmente para os proprietários de postos de combustíveis ou lava-rápidos;

- Concentração de Sólidos Dissolvidos: à medida que a água recircula pelo sistema de lavagem, alguns poluentes podem se concentrar, por não serem totalmente removidos no tratamento;

- Necessidade de Diluição: como há aumento na concentração de certos poluentes, a diluição torna-se necessária para manter a qualidade necessária da água a ser reciclada. Pode ser realizada com água potável ou água da chuva.

### **2.3 Estudo de algumas metodologias para utilização de águas pluviais**

De acordo com May e Prado (2004) são necessários estudos referentes à conservação de água, para que esse recurso possa ser preservado de forma que minimize o problema de escassez de água potável. Uma maneira de conservar a água é aproveitar as águas pluviais para consumo não potável em edificações. Para que o uso da água não seja prejudicial à

saúde de seus usuários, é necessário verificar a qualidade e a necessidade de tratamento a ser aplicado na água antes de sua utilização.

A água pluvial pode ser utilizada para os fins não potáveis. Os usos urbanos não potáveis envolvem riscos menores e devem ser considerados como opção de utilização de águas pluviais. Entretanto, cuidados especiais devem ser tomados quando ocorre contato direto do público com gramados de parques, jardins, hotéis, áreas turísticas e campos de esporte. Os maiores potenciais que empregam águas pluviais são (HESPANHOL, 2005):

- Irrigação de parques e jardins públicos, centros esportivos, campos de futebol, quadras de golfe, jardins de escolas e universidades, gramados, árvores e arbustos decorativos ao longo de avenidas e rodovias;
- Irrigação de áreas ajardinadas ao redor de edifícios públicos, residenciais e industriais;
- Reserva de proteção contra incêndios;
- Controle de poeira em movimentos de terra, etc;
- Sistemas decorativos aquáticos tais como fontes, espelhos e quedas d' água;
- Descarga sanitária em banheiros públicos e em edifícios comerciais e industriais;
- Lavagem de trens e ônibus públicos.

A qualidade da água utilizada e o uso em que ela será aplicada estabelecerão os níveis de tratamento recomendados, os critérios de segurança a serem adotados e os custos de capital e de operação e manutenção associados. As possibilidades e formas potenciais de águas pluviais dependem, evidentemente, de características, condições e fatores locais, tais como decisão política, esquemas institucionais, disponibilidade técnica e fatores econômicos, sociais e culturais (HESPANHOL, 2005).

Soares apud May e Prado (2004) relatam que a utilização de água de chuva torna-se atraente nos seguintes casos: áreas de precipitação elevada, com escassez de abastecimento, com alto custo de extração de água subterrânea.

Para Mano e Schimitt (2004), a utilização da água pluvial pode variar entre o uso total e o parcial. O total é a água de beber, higiene e cozinha, já o parcial vai desde uma aplicação em todos os outros pontos hidráulicos do edifício até uma aplicação específica.

De acordo com Simioni et al. (2004) um sistema de captação de água da chuva é composto de três elementos: superfície de captação, condutores e reservatório. A superfície coletora, os telhados geralmente, deve ser composta de materiais não tóxicos para não comprometer a qualidade da água coletada. Para Simioni et al. (2004) cinco minutos são o suficiente para que o telhado seja limpo pela própria chuva. De acordo com May e Prado (2004), o tempo aconselhável para a limpeza do telhado é de vinte minutos.

O reservatório pode ser localizado acima ou abaixo do solo, devendo ser de material plástico, como fibra de vidro, aço inoxidável ou qualquer outro material inerte. O reservatório deve ser mantido fechado, a fim de evitar possíveis contaminações através de pássaros, insetos, e também é necessário que receba limpeza periódica. A tubulação de saída para consumo deve estar aproximadamente 10 cm acima da base do reservatório. Também é recomendado utilizar uma tubulação diferenciada por cor para água da chuva nas edificações (SIMIONI et al., 2004).

Segundo Campos e Amorim (2004), os elementos presentes nos sistemas de captação de águas pluviais, classificam-se em: elementos essenciais e acessórios. Os elementos essenciais estão presentes em todos os sistemas de aproveitamento de águas pluviais, independentes do grau de complexidade dele. Como exemplo, a área de captação, calhas e tubos de queda e o reservatório. E os acessórios são dispositivos colocados no sistema com a finalidade de facilitar a operação e manutenção do sistema. Como exemplo têm-se, filtros, válvula de descarte da primeira chuva, aparelhos de esterilização de luz ultravioleta, bombas, grelhas.

Para May e Prado (2004) no sistema de coleta e aproveitamento de água de chuva alguns cuidados deverão ser tomados com relação à instalação e a manutenção do sistema, a saber:

- evitar a entrada de luz do sol no reservatório para diminuir a proliferação de microorganismo;
- pelo menos uma vez a cada seis meses deverá ser feita a limpeza no reservatório, removendo a lama que se acumula no fundo;

- numa estiagem prolongada, deve-se prever o reabastecimento do reservatório de água de chuva com água potável, em quantidades que garantam o consumo diário;

- no fundo do reservatório deverá existir um dispositivo para evitar turbulência na água e não agitar o material sedimentado do fundo do reservatório de água e chuva;

- a tubulação de água de chuva deverá ser de outra cor para realçar uso não potável, além disso, poderão ser utilizadas roscas e torneiras diferentes para evitar uma possível interconexão com o sistema de água potável;

- próxima a mangueira do jardim ou quintal deverá existir uma placa de aviso “Água não Potável”;

- deverá ser verificada a necessidade de tratar a água de chuva antes de sua utilização;

- não deverá ser feita a conexão da rede de água potável com a rede de água da chuva no sistema de distribuição.

De acordo com Sautchuk et al. (2005), a metodologia básica para projeto de sistemas de coleta, tratamento e uso de água pluvial envolve as seguintes etapas:

- determinação da precipitação média local (mm/mês);

- determinação da área de coleta;

- determinação do coeficiente de escoamento superficial;

- caracterização da qualidade da água pluvial;

- projeto do reservatório de descarte;

- projeto do reservatório de armazenamento;

- identificação dos usos da água (demanda e qualidade);

- estabelecimento do sistema de tratamento necessário;

- projeto dos sistemas complementares (grades, filtros, tubulações etc.).

## 2.4 Normalização para o aproveitamento das águas pluviais

De acordo com o Código das Águas (1934), as águas pluviais pertencem ao dono do prédio onde caírem diretamente, podendo o mesmo dispor delas a vontade, salvo existindo direito em sentido contrário, porém ao dono do prédio não é permitido, desperdiçar essas águas em prejuízo dos outros prédios que delas se possam aproveitar, sob pena de indenização aos proprietários dos mesmos; desviar essas águas de seu curso natural para lhes dar outro, sem consentimento expresso dos donos dos prédios que irão recebê-las.

São de domínio público de uso comum as águas pluviais que caírem em lugares ou terrenos públicos de uso comum. A todos é lícito apanhar estas águas. Não se poderão, porém, construir nestes lugares ou terrenos, reservatórios para o aproveitamento das mesmas águas sem licença da administração (CÓDIGO DAS ÁGUAS, 1934).

São objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos, assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água. O regime de outorga de direitos de uso de recursos hídricos tem como objetivos assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água (LEI Nº 9.433, 1997).

Estão sujeitos a outorga pelo Poder Público os direitos dos seguintes usos de recursos hídricos: derivação ou captação de parcela da água existente em um corpo de água para consumo final, inclusive abastecimento público, ou insumo de processo produtivo; extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo; lançamento em corpo de água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final; aproveitamento dos potenciais hidrelétricos; outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água (LEI Nº 9.433, 1997).

Independem de outorga pelo Poder Público, conforme definido em regulamento: o uso de recursos hídricos para a satisfação das necessidades de pequenos núcleos populacionais, distribuídos no meio rural; as derivações, captações e lançamentos considerados insignificantes; as acumulações de volumes de água consideradas insignificantes (LEI Nº 9.433, 1997).

De acordo com a Lei Nº 9.433 (1997), a outorga de direito de uso de recursos hídricos poderá ser suspensa parcial ou totalmente, em definitivo ou por prazo determinado, nas seguintes circunstâncias: não cumprimento pelo outorgado dos termos da outorga; ausência de uso por três anos consecutivos; necessidade premente de água para atender a situações de calamidade, inclusive as decorrentes de condições climáticas adversas; necessidade de se prevenir ou reverter grave degradação ambiental; necessidade de se atender a usos prioritários, de interesse coletivo, para os quais não se disponha de fontes alternativas; necessidade de serem mantidas as características de navegabilidade do corpo de água.

Os valores arrecadados com a cobrança pelo uso de recursos hídricos serão aplicados prioritariamente na bacia hidrográfica em que foram gerados e serão utilizados: no financiamento de estudos, programas, projetos e obras incluídos nos Planos de Recursos Hídricos; no pagamento de despesas de implantação e custeio administrativo dos órgãos e entidades integrantes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (LEI Nº 9.433, 1997).

A Lei Nº 9.984 (2000) cria a Agência Nacional de Águas - ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, integrante do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, estabelecendo regras para a sua atuação, sua estrutura administrativa e suas fontes de recursos.

A ANA terá sede e foro no Distrito Federal, podendo instalar unidades administrativas regionais. A atuação da ANA obedecerá aos fundamentos, objetivos, diretrizes e instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos e será desenvolvida em articulação com órgãos e entidades públicas e privadas integrantes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, cabendo-lhe (LEI Nº 9.984, 2000):

- supervisionar, controlar e avaliar as ações e atividades decorrentes do cumprimento da legislação federal pertinente aos recursos hídricos;
- disciplinar, em caráter normativo, a implementação, a operacionalização, o controle e a avaliação dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos;
- fiscalizar os usos de recursos hídricos nos corpos de água de domínio da União;
- elaborar estudos técnicos para subsidiar a definição, pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos, dos valores a serem cobrados pelo uso de recursos hídricos de domínio

da União, com base nos mecanismos e quantitativos sugeridos pelos Comitês de Bacia Hidrográfica;

- estimular e apoiar as iniciativas voltadas para a criação de Comitês de Bacia Hidrográfica;

- implementar, em articulação com os Comitês de Bacia Hidrográfica, a cobrança pelo uso de recursos hídricos de domínio da União;

- planejar e promover ações destinadas a prevenir ou minimizar os efeitos de secas e inundações, no âmbito do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, em articulação com o órgão central do Sistema Nacional de Defesa Civil, em apoio aos Estados e Municípios;

- promover a elaboração de estudos para subsidiar a aplicação de recursos financeiros da União em obras e serviços de regularização de cursos de água, de alocação e distribuição de água, e de controle da poluição hídrica, em consonância com o estabelecido nos planos de recursos hídricos;

- definir e fiscalizar as condições de operação de reservatórios por agentes públicos e privados, visando a garantir o uso múltiplo dos recursos hídricos, conforme estabelecido nos planos de recursos hídricos das respectivas bacias hidrográficas;

- promover a coordenação das atividades desenvolvidas no âmbito da rede hidrometeorológica nacional, em articulação com órgãos e entidades públicas ou privadas que a integram, ou que dela sejam usuárias;

- organizar, implantar e gerir o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos;

- estimular a pesquisa e a capacitação de recursos humanos para a gestão de recursos hídricos;

- prestar apoio aos Estados na criação de órgãos gestores de recursos hídricos;

- propor ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos o estabelecimento de incentivos, inclusive financeiros, à conservação qualitativa e quantitativa de recursos hídricos.

Considerada como o resultado mais importante da Eco-92 (Conferência Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento), a Agenda 21, documento assinado por 179 países naquela ocasião, é um texto chave com as estratégias que devem ser adotadas para a sustentabilidade. Já adotada em diversas cidades por todo o mundo, inclusive através de

parcerias e de intercâmbio de informações entre municipalidades, esse compromisso se desenrola no âmbito da cooperação e do compromisso de governos locais. Leva em conta, principalmente, as especificidades e as características particulares de cada localidade, de cada cidade, para planejar o que deve ser desenvolvimento sustentável em cada uma delas.

De acordo com o Código das Águas (1934), consideram-se águas pluviais as que procedem imediatamente das chuvas; as águas pluviais pertencem ao dono do prédio onde caírem diretamente, podendo o mesmo dispor delas à vontade, salvo existindo direito em sentido contrário. Ao dono do prédio, porém, não é permitido: desperdiçar essas águas em prejuízo dos outros prédios que delas se possam aproveitar, sob pena de indenização aos proprietários dos mesmos; desviar essas águas de seu curso natural para lhes dar outro, sem consentimento expresso dos donos dos prédios que irão recebê-las. Transpondo o limite do prédio em que caírem, abandonadas pelo proprietário do mesmo, as águas pluviais, no que lhes for aplicável, ficam sujeitas às regras ditadas para as águas comuns e para as águas públicas. É imprescritível o direito de uso das águas pluviais. São de domínio público de uso comum as águas pluviais que caírem em lugares ou terrenos públicos de uso comum. A todos é lícito apanhar estas águas. Não se poderão, porém, construir nestes lugares ou terrenos, reservatórios para o aproveitamento das mesmas águas, sem licença da administração.

O Código Sanitário do Estado de São Paulo (Decreto 12.342, de 27/9/78) diz que não será permitida: a interconexão de tubulações ligadas diretamente a sistemas públicos com tubulações que contenham água proveniente de outras fontes de abastecimento e que é expressamente proibida a introdução direta ou indireta de águas pluviais ou resultantes de drenagem nos ramais prediais de esgoto. (MAY, 2005).

O Decreto N° 41814/2002 do município de São Paulo/SP, regulamenta a LEI N° 13.276/2002 e decreta que o reservatório previsto no artigo 1° da Lei n° 13.276, de 4 de janeiro de 2002, deverá ser exigido nos projetos de reformas e obras novas de edificações cujos pedidos de aprovação tenham sido protocolados após 5 de janeiro de 2002, de acordo com o disposto no artigo 2° da referida lei, não eximindo do atendimento integral às exigências do item 10.1.5 do Anexo I da Lei n° 11.228, de 25 de junho de 1992 (Código de Obras e Edificações).

- Nos projetos de reforma e obra nova, deverá ser indicada a localização do reservatório e apresentado o cálculo do seu volume.

- No caso de opção por conduzir as águas pluviais para outro reservatório, conforme previsto no § 2º do artigo 2º da Lei nº 13.276, de 2002, objetivando o reúso da água para finalidades não potáveis, deverá ser indicada a localização desse reservatório e apresentado o cálculo do seu volume.

Nas reformas, o reservatório previsto na Lei nº 13.276, de 2002, será exigido quando houver acréscimo de área impermeabilizada igual ou superior a 100,00 m<sup>2</sup> (cem metros quadrados) e a somatória da área impermeabilizada existente e a construir resultar em área superior a 500,00 m<sup>2</sup> (quinhentos metros quadrados).

- O reservatório referido no artigo será calculado em relação à área impermeabilizada acrescida.

- Quando houver reformas sucessivas de edificações cujos acréscimos, a cada pedido de reforma, não atingirem 100,00 m<sup>2</sup> (cem metros quadrados) e a somatória das áreas acrescidas e aprovadas após 5 de janeiro de 2002, for igual ou superior a 100,00 m<sup>2</sup> (cem metros quadrados), será exigido o reservatório dimensionado considerando-se toda a área impermeabilizada acrescida.

Nos projetos modificativos de obra nova de edificações aprovadas, anteriormente a 5 de janeiro de 2002, será exigido o atendimento às disposições da Lei nº 13.276, de 2002, e deste decreto, apenas quando houver acréscimo de área impermeabilizada igual ou superior a 100,00 m<sup>2</sup> (cem metros quadrados), sendo o reservatório calculado sobre toda a área impermeabilizada do projeto.

A Lei Nº 13.276/2002 do Município de São Paulo/SP torna obrigatória a execução de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500m<sup>2</sup> (quinhentos metros quadrados). Nestes lotes deverão ser executados reservatórios para acumulação das águas pluviais como condição para obtenção do Certificado de Conclusão ou Auto de Regularização previstos na Lei 11.228, de 26 de junho de 1992. A capacidade do reservatório deverá ser calculada com base na equação 01 (ARCE, 2004):

$$V = 0,15 \times Ai \times IP \times t \quad (01)$$

Onde:

$V$  = volume do reservatório ( $m^3$ );

$Ai$  = área impermeabilizada ( $m^2$ );

$IP$  = índice pluviométrico igual a 0,06 m/h;

$t$  = tempo de duração da chuva igual à uma hora.

Observações:

- Deverá ser instalado um sistema que conduza toda água captada por telhados, coberturas, terraços e pavimentos descobertos ao reservatório.

- A água contida pelo reservatório deverá preferencialmente infiltrar-se no solo, podendo ser despejada na rede pública de drenagem após uma hora de chuva ou ser conduzida para outro reservatório para ser utilizada para finalidades não potáveis.

- Os estacionamentos em terrenos autorizados, existentes e futuros, deverão ter 30% (trinta por cento) de sua área com piso drenante ou com área naturalmente permeável.

O município de Curitiba/PR criou o PURAE, Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações, sancionando a LEI Nº 10785/2003: O PURAE tem como objetivo instituir medidas que induzam à conservação, uso racional e utilização de fontes alternativas para captação de água nas novas edificações, bem como a conscientização dos usuários sobre a importância da conservação da água (ARCE, 2004).

As águas servidas compreendem as águas utilizadas no tanque ou máquina de lavar e no chuveiro ou banheira. A utilização de fontes alternativas é o conjunto de ações que possibilitam o uso de outras fontes para captação de água que não o Sistema Público de Abastecimento e compreendem: a captação, armazenamento e utilização de água proveniente das chuvas e, a captação e armazenamento e utilização de águas servidas (ARCE, 2004).

A água da chuva será captada na cobertura das edificações e encaminhada a um reservatório ou tanque, para ser utilizada em atividades que não requeiram o uso de água tratada, proveniente da Rede Pública de Abastecimento, tais como: rega de jardins e hortas, lavagem de roupa; lavagem de veículos; lavagem de vidros, calçadas e pisos. As Águas

Servidas serão direcionadas, através de encanamento próprio, ao reservatório destinado a abastecer as descargas das bacias sanitárias e, apenas após tal utilização, será descarregada na rede pública de esgotos (ARCE, 2004).

O município de Maringá/PR aprovou e a prefeitura sancionou a LEI N° 6345/2003, Os munícipes serão incentivados a instalar reservatórios para a contenção de águas servidas na base de chuveiros, banheiras, lavatórios e em outros locais julgados convenientes, bem como para o recolhimento de águas das chuvas, e também dispositivos para a utilização dessas águas na descarga de vasos sanitários e mictórios e lavagem de pisos, terraços e outros procedimentos similares (ARCE, 2004).

De acordo com o Decreto N° 23940/2004, a prefeitura do Rio de Janeiro, no intuito de ajudar a prevenir inundações através da retenção temporária de águas pluviais em reservatórios especialmente criados com essa finalidade, considerando as possibilidades de reaproveitamento de águas pluviais para usos não potáveis, como lavagem de veículos e partes comuns, jardinagem e outras, decreta que fica obrigatória, nos empreendimentos que tenham área impermeabilizada superior a quinhentos metros quadrados, a construção de reservatórios que retardem os escoamentos das águas pluviais para a rede de drenagem.

Segundo o Ministério da Saúde, Portaria n° 518, a qualidade da água é definida por sua composição física, química e bacteriológica. Para o consumo humano é necessário que a água seja potável, isto é, livre de matéria suspensa visível, cor, sabor e odor, de quaisquer organismos capazes de provocar enfermidades de quaisquer substâncias orgânicas ou inorgânicas que possam produzir efeitos fisiológicos prejudiciais.

Um dos parâmetros utilizados para sistemas de aproveitamento de águas pluviais é a resolução do CONAMA n° 357 de 17 de Março de 2005, artigo 4°, onde é feita a classificação das águas doces, como pode ser visto no quadro 04.

<b>Classificação:</b>	<b>Destino da água:</b>
I – classe especial: águas destinadas:	a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
II – classe 1: águas que podem ser destinadas:	a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho; d) a irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e e) a proteção de comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
III – classe 2: águas que podem ser destinadas:	a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho; d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e e) à aqüicultura e a atividade de pesca.
IV – classe 3: águas que podem ser destinadas:	a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; c) à pesca amadora; d) à recreação de contato secundário; e e) à dessedentação de animais.
V – classe 4: águas que podem ser destinadas:	a) à navegação; e b) à harmonia paisagística.

Fonte: CONAMA (2005)

#### **Quadro 04:** Classificação das águas doces

Para esta pesquisa alguns parâmetros foram analisados, são eles:

#### **2.4.1 Análises físicas da água – Parâmetros Analisados**

Segundo Di Bernardo et al. (2002) apud Paula (2005), as características físicas da água têm importância relativamente pequena do ponto de vista sanitário. Elas podem ser determinantes na escolha da tecnologia de tratamento. As características físicas estão

relacionadas, principalmente, com o aspecto estético da água (MOTA, 1995 apud PAULA, 2005). Sendo a mais importante a ser considerada os sólidos totais.

- **Sólidos Totais:** segundo Jordão e Pessoa (1995) apud May (2005), a matéria sólida do efluente é definida como a matéria que permanece como resíduo após evaporação a 103°C. Se este resíduo é calcinado a 600°C, as substâncias orgânicas se volatilizam e as minerais permanecem em forma de cinza, compõe assim, representativamente, a matéria sólida volátil, ou seja, sólidos voláteis e a matéria fixa.

#### 2.4.2 Análises Químicas da água – Parâmetros Analisados

Do ponto de vista sanitário, as características químicas das águas são de grande importância, pois a presença de alguns elementos ou compostos químicos pode inviabilizar o uso de certas tecnologias de tratamento e exigir tratamentos específicos (DI BERNARDO et al., 2002 apud PAULA, 2005). Entre as características químicas, merecem ser destacadas as apresentadas a seguir.

- **pH:** o pH é utilizado universalmente para expressar o caráter ácido ou alcalino de uma solução. O parâmetro pH mede a concentração do íon hidrogênio, podendo ser analisado colorimetricamente ou eletrometricamente. Com a análise do potencial hidrogeniônico da água é possível verificar a ocorrência de corrosividade quando o pH é baixo ou incrustações nas tubulações do sistema de distribuição com pH alto. O Ministério da Saúde, portaria nº 518 de 2004, artigo 16º recomenda que para padrão de aceitação para consumo humano, o pH da água esteja entre 6,0 e 9,5. Para o CONAMA (2005) na resolução nº 357 de 17 de Março de 2005, art. 4º, o pH da água deve estar entre 6,0 e 9,0, para as classes I, II, III e IV.

- **Ferro:** o ferro confere à água um sabor amargo adstringente e coloração amarelada e turva, decorrente da precipitação do mesmo quando oxidado. Segundo o CONAMA (2005) na resolução nº 357 de 17 de Março de 2005, art. 4º, o valor máximo permitido para o parâmetro do ferro é 0,3 mg/L, para a classe I e II, e 5,0 mg/L para a classe III. E para o

Ministério da Saúde, portaria nº 518 de 2004, artigo 16º, o valor máximo permitido para o parâmetro ferro é 0,3 mg/L, para padrão de aceitação para consumo humano.

- **Chumbo:** Segundo o CONAMA (2005) na resolução nº 357 de 17 de Março de 2005, art. 4º, o valor máximo permitido para o parâmetro do chumbo é 0,01 mg/L para classe I e II e 0,033 mg/L para classe III.

- **Demanda química de oxigênio (DQO) e Demanda bioquímica de oxigênio (DBO):** a DQO é a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica através de um agente químico. Segundo a PORTARIA 05/89 do RS apud Fiori (2005), o valor máximo permitido para DQO é 450 (para  $Q \leq 20 \text{m}^3/\text{dia}$ ). A DBO é normalmente considerada como a quantidade de oxigênio consumido durante um determinado período de tempo, numa temperatura de incubação específica, ou seja, a DBO é um parâmetro que indica a quantidade de oxigênio necessária, em um meio aquático, à respiração de microrganismos aeróbios, para consumirem a matéria orgânica introduzida na forma de esgotos ou de outros resíduos orgânicos (MOTA, 1995). Segundo USEPA (1992) e Hespanhol (2003), a demanda bioquímica de oxigênio deve ser  $\leq 10 \text{mg/L}$ . Segundo o CONAMA (2005) na resolução nº 357 de 17 de Março de 2005, art. 4º, o valor máximo permitido para o parâmetro da DBO é até 3 mg/L para classe I, até 5 mg/L para classe II e até 10 mg/L para classe III.

- **Nitrato:** as águas naturais, em geral, contêm nitratos em solução e, principalmente águas que recebem esgoto, podem conter quantidades variáveis de compostos mais complexos, ou menos oxidados, tais como: compostos orgânicos, amônia e nitritos. Em geral a presença destes representa a existência de poluição recente, uma vez que essas substâncias são oxidadas rapidamente na água. Por essa razão constituem um importante índice da presença de despejos orgânicos recentes. Segundo o CONAMA (2005) na resolução nº 357 de 17 de Março de 2005, art. 4º, o valor máximo permitido para o parâmetro do nitrato é 10,0 mg/L, para as classes I, II e III. Para Hespanhol (2003) e o Ministério da Saúde (2000) apud May (2005), o parâmetro nitrato também deve ser  $\leq 10 \text{mg/L}$ .

### 2.4.3 Análises Bacteriológicas da Água – Parâmetros Analisados

As características biológicas das águas são determinadas por meio de exames bacteriológicos e hidrológicos. Segundo Di Bernardo et al. (2002) apud Paula (2005), o exame hidrobiológico visa identificar e quantificar as espécies de organismos presentes na água. Em geral, esses organismos são microscópicos e comumente são denominados plânctons, destacando-se as algas, bactérias e larvas de insetos.

O exame bacteriológico corresponde à avaliação da presença de coliformes totais ou fecais. Ao serem detectados nas águas destinadas ao consumo humano, devem ser tomados cuidados especiais com a escolha da tecnologia de tratamento, por haver relação íntima entre turbidez e número de coliformes nos efluentes de filtros rápidos. Em geral, quanto menor a turbidez da água filtrada, menor o número de coliformes, o que contribui para melhorar a eficiência da desinfecção (PAULA, 2005).

De acordo com Mota (1995) apud Paula (2005), os microrganismos aquáticos desenvolvem, na água, suas atividades biológicas de nutrição, respiração, excreção etc., provocando modificações de caráter químico e ecológico no próprio ambiente aquático. Entre as características bacteriológicas, merecem ser destacadas:

- **Coliformes Fecais:** Segundo o CONAMA (2000), na resolução nº 274 de 29 de novembro de 2000, art 1º, coliformes fecais (termotolerantes) são bactérias pertencentes ao grupo dos coliformes totais, caracterizadas pela presença de enzima  $\beta$ - galactosidase e pela capacidade de fermentar a lactose com produção de gás em 24 a temperatura de 44-45 °C em meios contendo sais biliares ou outros agentes tenso-ativos com propriedades inibidoras semelhantes. Além de presentes em fezes humanas ou de animais podem, também, ser encontradas em solos, plantas ou quaisquer efluentes contendo matéria orgânica.

A contagem de coliformes fecais (colônia) serve para determinar: (EXPOLABOR, 2002 apud MAY, 2005):

- avaliação e controle da qualidade bacteriológica de águas minerais e potáveis de mesa, na origem, no processo e no produto de mesa;
- avaliação e controle de águas tratadas;

- avaliação e controle de qualidade de mananciais e corpos de água;
- avaliação e controle das condições higiênicas de sistemas industriais.

Segundo o CONAMA (2005) na resolução nº 357 de 17 de Março de 2005, art. 4º, o valor máximo permitido para o parâmetro dos coliformes fecais é 200 para classe I, de 1000 para classe II e 2500 para classe III.

- **Coliformes Totais:** segundo Expolabor (2002) apud May (2005), o grupo dos coliformes totais inclui todas as bactérias na forma de bastonetes gram-negativos, não esporogênicos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, capazes de fermentar a lactose com produção de gás, em 24 a 48 horas a 35°C. O índice de coliformes totais avalia as condições higiênicas, enquanto que os índices de coliformes fecais é empregado como indicador de contaminação fecal, avaliando as condições higiênico-sanitárias deficientes, sendo que a população deste grupo é constituída de uma alta proporção de E. Coli (*Escherichia coli*).

## **2.5 Apresentação dos parâmetros de dimensionamento para sistemas de aproveitamento das águas pluviais**

Dentre os estudos de sistemas alternativos de abastecimento de água, a utilização de águas pluviais é um dos que vem apresentando os melhores resultados, porém é necessário que o aproveitamento de águas pluviais seja realizado de maneira consciente. Para isso é necessário conhecer cada uma das partes que forma este sistema, iniciando pelos parâmetros hidrológicos.

### **2.5.1 Precipitações**

A precipitação é entendida em hidrologia como toda água proveniente do meio atmosférico que atinge a superfície terrestre. Neblina, chuva, granizo, saraiva, orvalho,

gueda e neve são formas diferentes de precipitações. O que diferencia essas formas de precipitações é o estado em que a água se encontra (TUCCI, 1993).

De acordo com Villela e Mattos (1975), precipitação é em geral o termo de todas as formas de umidade emanadas da atmosfera e depositadas na superfície terrestre como chuva, granizo, orvalho, neblina, neve ou geada.

Para Villiers (2002) apud May (2005), precipitação é a liberação de água proveniente do vapor d'água da atmosfera sobre a superfície da Terra, sobre a forma de orvalho, chuvisco, chuva, granizo, saraiva ou neve. A chuva também é importante para o equilíbrio radioativo da terra, porém, a chuva não depende apenas da quantidade de vapor, depende também da tipologia local, dos padrões de evaporação e dos ventos (MAY, 2005).

#### **2.5.1.1 Tipos de precipitação**

Segundo Tucci (1993), as precipitações podem ser classificadas em:

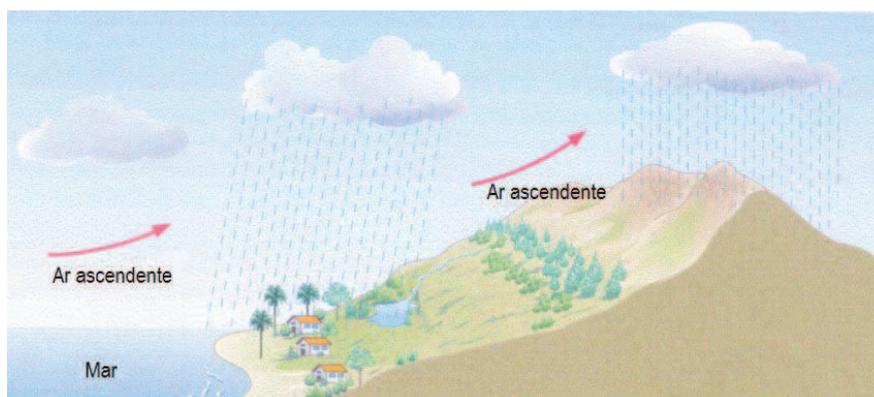
- **Convectivas ou de convecção:** quando em tempo calmo, o ar úmido for aquecido na vizinhança do solo, podem-se criar camadas de ar que se mantêm em equilíbrio instável. Perturbado o equilíbrio, forma-se uma brusca ascensão local de ar menos denso que atingirá seu nível de condensação com formação de nuvens e, muitas vezes, precipitações. São as chuvas convectivas, características das regiões equatoriais, onde os ventos são fracos e os movimentos de ar são essencialmente verticais, podendo ocorrer nas regiões temperadas por ocasião do verão (tempestades violentas). São, geralmente, chuvas de grande intensidade e de pequena duração, restritas a áreas pequenas. São precipitações que podem provocar importantes inundações em pequenas bacias. Na figura 27 observa-se como as chuvas convectivas se comportam.



Fonte: ANCCT – Agência Nacional para Cultura Científica e Tecnológica (2003) apud May (2005)

**Figura 27:** Chuvas convectivas ou de convecção.

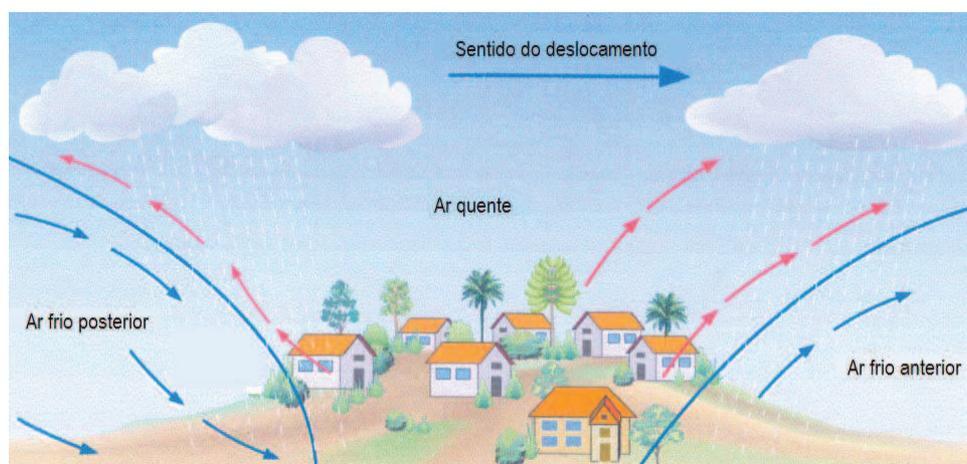
- **Orográficas ou de relevo:** quando ventos quentes e úmidos, soprando geralmente do oceano para o continente, encontram uma barreira montanhosa, elevam-se e se resfriam, havendo condensação do vapor, formação de nuvens e ocorrência de chuvas. São chuvas de pequena intensidade e de grande duração, que cobrem pequenas áreas. Quando os ventos conseguem ultrapassar a barreira montanhosa, do lado oposto projeta-se a sombra pluviométrica, dando lugar a áreas secas ou semi-áridas causadas pelo ar seco, já que a umidade foi descarregada na encosta oposta. Na figura 28 observa-se como as chuvas orográficas se comportam.



Fonte: ANCCT – Agência Nacional para Cultura Científica e Tecnológica (2003) apud May (2005)

**Figura 28:** Chuvas orográficas ou de relevo.

- **Frontais ou ciclônicas:** provêm da interação de massas de ar quentes e frias. Nas regiões de convergência na atmosfera, o ar mais quente e úmido é violentamente impulsionado para cima, resultando no seu resfriamento e na condensação do vapor de água, de forma a produzir chuvas. São chuvas de grande duração, atingindo grandes áreas com intensidade média. Essas precipitações podem vir acompanhadas por ventos fortes com circulação ciclônica. Podem produzir cheias em grandes bacias. Na figura 29 se observa como as chuvas frontais se comportam.



Fonte: ANCCT – Agência Nacional para Cultura Científica e Tecnológica (2003) apud May (2005)

**Figura 29:** Chuvas frontais ou ciclônicas.

Para se calcular a precipitação média numa superfície qualquer, é necessário utilizar as observações dentro dessa superfície e nas suas vizinhanças. Se aceita a precipitação média como sendo uma lâmina de água de altura uniforme sobre toda a área considerada, associada a um período de tempo dado (hora, data, dia, mês, ano) (TUCCI, 1993).

A aquisição de conhecimentos relativos ao tempo é um objetivo do ramo da ciência denominada meteorologia. Os fenômenos meteorológicos são estudados a partir das observações, experiências e métodos científicos de análise. A observação meteorológica é uma avaliação ou uma medida de um ou vários parâmetros meteorológicos (INMET, 2005).

Portanto, os instrumentos meteorológicos são equipamentos utilizados para adquirir dados meteorológicos (termômetro / temperatura do ar, pressão atmosférica / barômetro, higrômetro / umidade relativa do ar, etc). Para registrar a quantidade de precipitação pluvial

(chuva), em milímetros (mm) utiliza-se o pluviógrafo; e para medir a quantidade de precipitação pluvial, utiliza-se o pluviômetro.

O pluviógrafo é o registrador da precipitação que fornece informações sobre o começo, intensidade e duração da chuva. Existem vários tipos, sendo o mostrado na figura 30, o de sifão que é o mais usado. A água é recolhida passando por um depósito com uma bóia. O movimento ascendente da bóia é transmitido a uma planilha que vai ficando registrado. A inclinação em um gráfico vai indicar a intensidade da chuva (METEOSORT, 2005).



Fonte: Meteosort (2005)

**Figura 30:** Pluviógrafo de sifão.

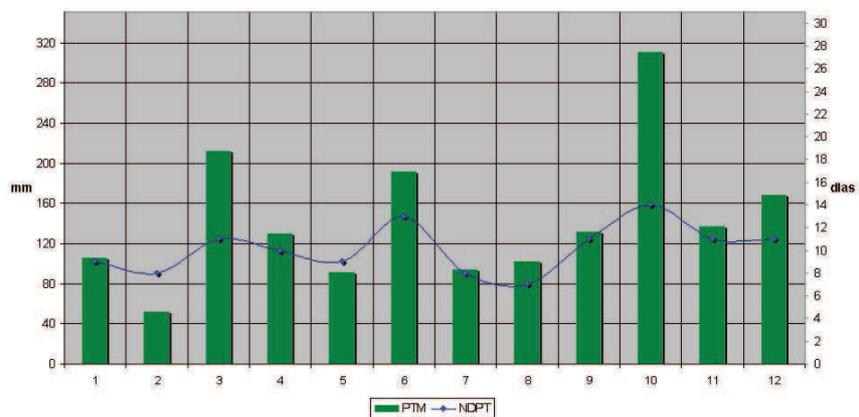
O pluviômetro tradicional, mostrado na figura 31, é um recipiente com uma superfície captadora circular de  $200 \text{ cm}^2$ . Nenhum objeto, casas, árvores, etc. podem estar a uma distância menor de 4 vezes a sua altura. As medições se realizam diariamente e o resultado é fornecido em medidas de comprimento (mm) (METEOSORT, 2005).



Fonte: Meteosort (2005)

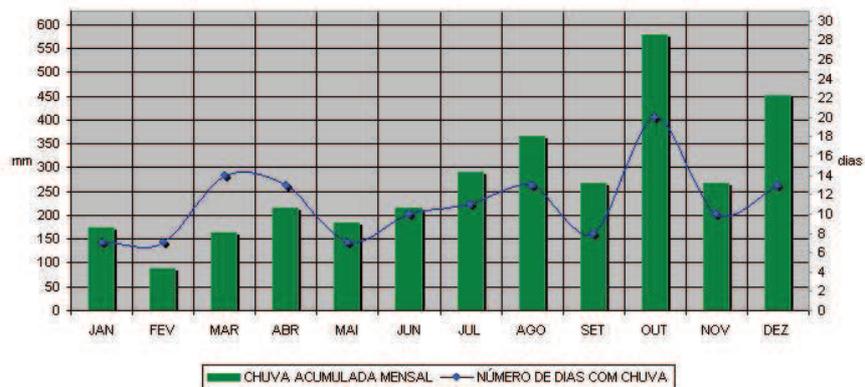
**Figura 31:** Pluviômetro.

Na figuras de 32 a 36 pode-se ver as diferentes formas de apresentação das precipitações médias mensais e a média anual para o período de 2000 a 2005 para a cidade de Cruz Alta / RS, que é o local onde foi realizado este estudo.



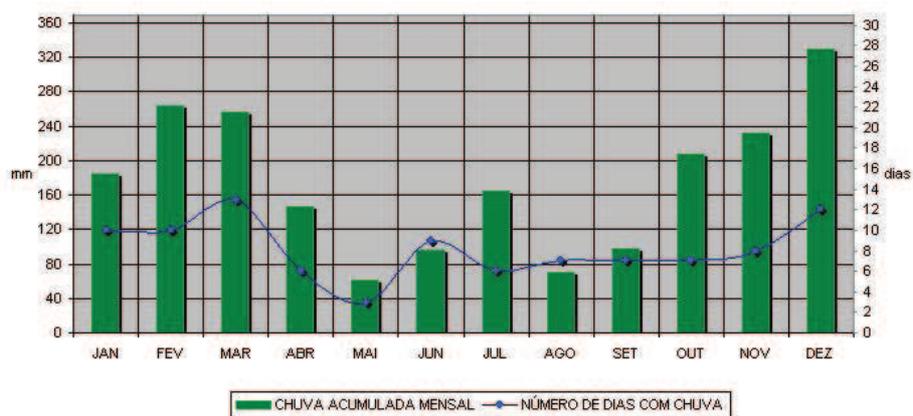
Fonte: INMET, 2005.

**Figura 32:** Precipitação total mensal (PTM) x número de dias com precipitação (NDPT) 2000.



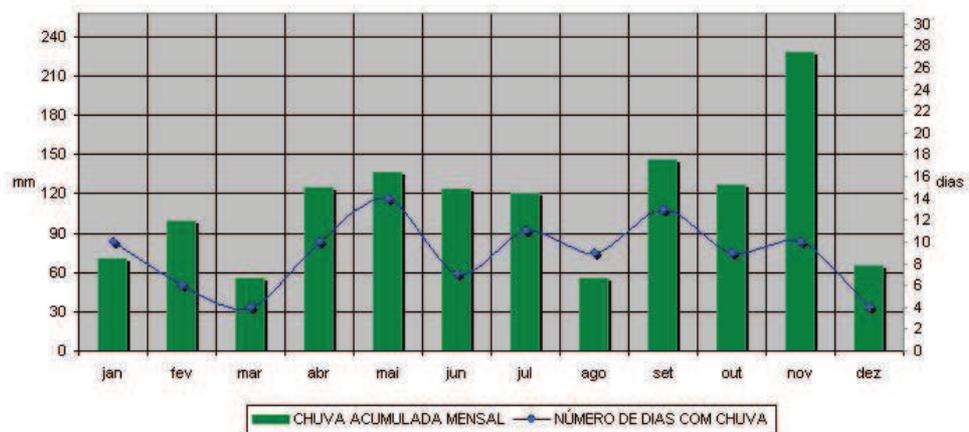
Fonte: INMET, 2005.

**Figura 33:** Precipitação total mensal (PTM) x número de dias com precipitação (NDPT) 2002



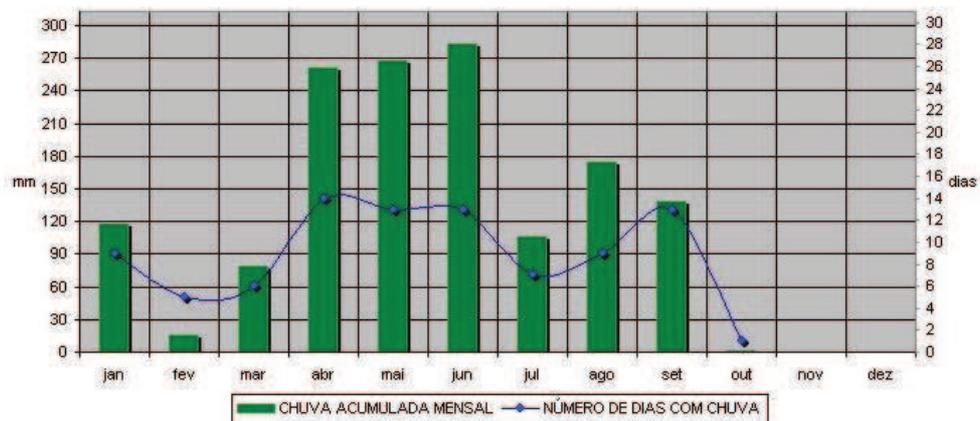
Fonte: INMET, 2005.

**Figura 34:** Precipitação total mensal (PTM) x número de dias com precipitação (NDPT) 2003.



Fonte: INMET, 2005.

**Figura 35:** Precipitação total mensal (PTM) x número de dias com precipitação (NDPT) 2004.



Fonte: INMET, 2005.

**Figura 36:** Precipitação total mensal (PTM) x número de dias com precipitação (NDPT) 2005.

### 2.5.1.2 Grandezas que caracterizam as precipitações

As grandezas que caracterizam uma precipitação, segundo Tucci (1993), são:

- **altura pluviométrica (P ou r):** é a espessura média da lâmina de água precipitada que recobriria a região atingida pela precipitação admitindo-se que essa água não se infiltrasse, não se evaporasse, nem se escoasse para fora dos limites da região. A unidade de medição habitual é o milímetro de chuva, definido como a quantidade de precipitação correspondente ao volume de 1 litro por metro quadrado de superfície;

- **Duração (t):** é o período de tempo durante o qual a chuva cai. As unidades normalmente utilizadas são o minuto ou a hora;

- **Intensidade da Precipitação:** é a precipitação por unidade de tempo, obtida na equação 02:

$$i = P/t \quad (02)$$

Onde:

$i$  – é a intensidade de precipitação, em mm/h ou mm/min;

$P$  – é a altura pluviométrica, em mm;

$t$  – é a duração, em horas ou minutos.

A intensidade de uma precipitação apresenta variabilidade temporal, mas, para análise dos processos hidrológicos, geralmente são definidos intervalos de tempo nos quais é considerada constante.

- **Frequência de probabilidade e tempo de recorrência (Tr):** a precipitação é um fenômeno de tipo aleatório. Na análise de alturas pluviométricas máximas, o  $Tr$  é interpretado como o número médio de anos durante o qual se espera que a precipitação analisada seja igualada ou superada. O seu inverso é a probabilidade de um fenômeno igual ou superior ao analisado, se apresentar em um ano qualquer (probabilidade anual).

Para as obras de engenharia a sua segurança e durabilidade freqüentemente associam-se a tempo ou período de recorrência cujo significado refere-se ao espaço de tempo em anos onde provavelmente ocorrerá um fenômeno de grande magnitude pelo menos uma vez. Como os danos decorrentes da insuficiência de vazão dependem também da importância da obra no sistema, são diferentes os valores a serem adotados para o período de recorrência, variando conforme o tipo de obra (MANUAL HIDROLOGIA, 2005).

Adota-se em geral para obras de edificações residenciais, comerciais e industriais o seguinte:

Tr= 1 ano, para áreas pavimentadas onde podem ser toleradas poças;

Tr= 5 anos, para coberturas e terraços;

Tr= 25 anos para coberturas e áreas onde empoçamentos não possam ser tolerados.

Nesse trabalho, com a finalidade de uniformizar a nomenclatura, as precipitações passarão a se denominar por águas pluviais.

### 2.5.2 Cálculo da vazão das águas pluviais

Para Macintyre (1990), as chuvas de grande intensidade têm curta duração, e as prolongadas são de menor intensidade. Os ralos, calhas e condutores que recebem essas precipitações devem ser dimensionados para as chuvas intensas, de modo que as águas sejam drenadas integralmente e em espaços de tempo muito pequeno.

Conforme já visto anteriormente, a água pluvial (precipitação) é expressa por sua intensidade ( $i$ ), a qual é medida em milímetros de altura de água por hora.

O cálculo da vazão de água pluvial é obtido da fórmula racional, que pode ser expressa pela equação 03 (NBR 10884/89):

$$Q = C \frac{ixA}{60} \quad (03)$$

Onde:

$Q$  é a vazão, em  $m^3/s$ ;

$C$  é o coeficiente de deflúvio;

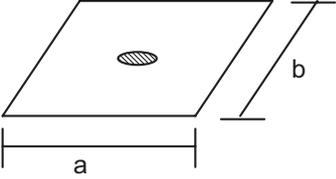
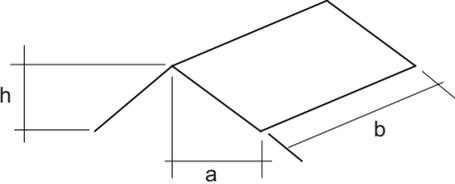
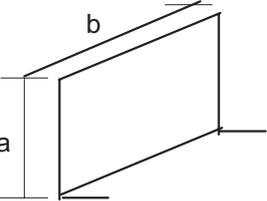
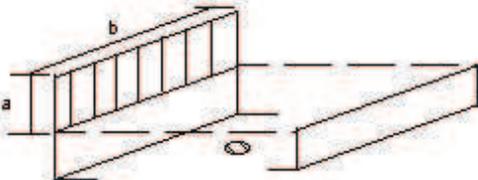
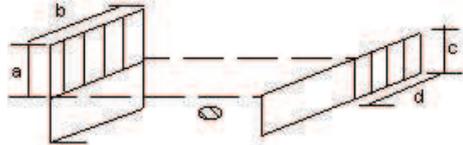
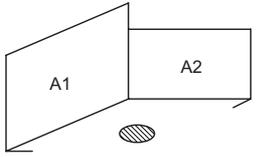
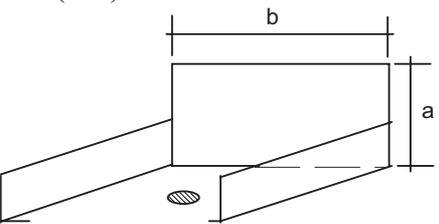
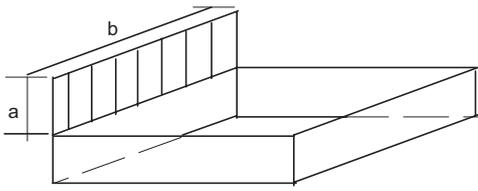
$i$  é a intensidade da chuva, em  $mm/h$ ;

$A$  é a área de drenagem, em  $m^2$ .

### 2.5.3 Áreas de contribuição de águas pluviais

Na determinação da capacidade de utilização de águas pluviais, um dos fatores importante de ser determinado é a área de contribuição, pois é a partir desse conhecimento que se podem quantificar os volumes e as vazões dessas águas possíveis de serem aproveitados.

No cálculo da área de contribuição, além da área plana horizontal, devem-se considerar os incrementos devidos à inclinação da cobertura e às paredes que interceptam água da chuva que também deve ser drenada pela cobertura, onde as fórmulas estão associadas à ação dos ventos, como mostra o quadro 05. A ação dos ventos deve ser levada em consideração através da adoção de um ângulo de inclinação da chuva em relação à horizontal igual a  $\text{arc tg}^2 \Theta$ , para o cálculo da quantidade de chuva a ser interceptada por superfícies inclinadas ou verticais. O vento deve ser considerado na direção que ocasionar maior quantidade de chuva interceptada pelas superfícies consideradas (NBR 10844/89). Como mostra o quadro 05.

$A = axb$  Superfície Plana Horizontal	$A = (a+h/2)xb$  Superfície Inclinada
$A = (axb)/2$  Superfície plana vertical única	$A = (axb)/2$  Duas Superfícies planas verticais opostas
$ab < cd - A = (cxd - axb)/2$ $ab > cd - A = (axb - cxd)/2$  Duas superfícies verticais opostas	$A = \frac{\sqrt{A1^2 + A2^2}}{2}$  Duas superfícies planas verticais adjacentes e perpendiculares
$A = (axb)/2$  Três superfícies verticais adjacentes e perpendiculares sendo as duas opostas idênticas	$A = (axb)/2$  Quatro superfícies planas verticais sendo uma com maior altura

Fonte: NBR 10844/89

**Quadro 05:** Cálculo da área de contribuição

#### 2.5.4 Determinação do coeficiente de deflúvio

Segundo Tomaz (2003) apud May (2005), para efeito de cálculo, o volume de água de chuva que pode ser aproveitado não é o mesmo que o precipitado. Assim, são estimadas perdas que vão de 10% a 33% do volume precipitado. Coeficiente de Deflúvio é definido como a razão entre o volume de água escoado superficialmente e o volume precipitado.

Utiliza-se a letra C para indicar o Coeficiente de Deflúvio, e o mesmo é conhecido também por coeficiente de *runoff*.

A aplicação da fórmula racional depende do Coeficiente de Deflúvio. Existem tabelas que relacionam o Coeficiente de Deflúvio com a natureza da superfície onde a água escoar.

O *Domestic Roofwater Harvesting Programme* da Universidade de *Warwick* no Reino Unido apud Paula (2005), apresenta uma comparação entre diversos tipos de materiais constituintes das telhas da cobertura com suas vantagens e desvantagens, a qual se encontra reproduzida no quadro 06.

Tipo	Coeficiente de <i>Runoff</i>	Notas
Folhas de ferro galvanizado	Maior que 0,90	Qualidade excelente da água. A superfície é excelente e, nos dias quentes, a alta temperatura ajuda a esterilizar a água.
Telha cerâmica	0,60 a 0,90	Se vitrificada apresenta melhor qualidade. Caso contrário, pode apresentar mofo. Pode existir contaminação nas junções das telhas.
Telhas de cimento amianto	0,80 a 0,90	Folhas novas podem dar boa qualidade à água. Não existe nenhuma evidência, que causa efeito cancerígeno pela ingestão da água que passa por elas. Levemente porosas, o que diminui o coeficiente de <i>runoff</i> . Quando velhas, podem apresentar lodo e rachaduras.
Orgânicos (Sapê)	0,20	Baixa qualidade (>200CF/100mL) Pouca eficiência da primeira chuva. Alta turbidez devido à presença de matéria orgânica dissolvida e em suspensão.

Fonte: [www.eng.warwick.ac.uk/dtu/rwh](http://www.eng.warwick.ac.uk/dtu/rwh) apud Paula (2005).

**Quadro 06:** Tipos e características dos materiais constituintes de telhados.

### 2.5.5 Consumo médio por atividade

Para a determinação da viabilidade de utilização das águas pluviais faz-se necessário o conhecimento dos consumos específicos por atividades, pois determinadas atividades requerem maior ou menor nível de potabilidade. A seguir, o consumo médio por atividade em diversos países, e no Brasil.

As categorias de consumo de água em sistemas prediais podem ser residencial, comercial, industrial e pública. O consumo residencial é relativo a residências unifamiliares e edifícios multifamiliares. O consumo comercial é de restaurantes, hospitais e serviços de saúde, hotéis, lavanderias, auto-posto e lava-rápidos, clubes esportivos, bares, lanchonetes e lojas. O consumo industrial são as indústrias químicas e de produtos afins, indústria metalúrgica básica, indústria de papéis, indústria de alimentação. Na categoria de consumo público estão os edifícios públicos, escolas, enfim, todos os edifícios municipais, estaduais e federais existentes (TOMAZ, 2000).

Muitos usos de água podem ser substituídos por águas pluviais, como bacias sanitárias, lavagem de automóveis, lavagem de calçadas, rega de jardins, lava roupas, porém, para esta utilização é necessário que a água passe por uma análise para se determinar o tipo de tratamento necessário para cada fim.

Existem alguns estudos referentes ao consumo de água, neste trabalho é abordado os estudos referentes a edificações residenciais (unifamiliares e condomínios verticais) e comerciais (os postos de combustíveis com lavagem de automóveis).

De acordo com Tomaz (2003), a grande dificuldade de se aplicar parâmetros de engenharia é o grande volume de informações necessárias e nem sempre disponíveis. Nas tabelas 01 e 02 estão os parâmetros de engenharia usados nos Estados Unidos para consumo residencial de água.

Uso Interno	Unidades	Parâmetros		
		Inferior	Superior	Mais provável
Gasto mensal	m <sup>3</sup> /pessoa/mês	3	5	5
Número de pessoas na casa	Pessoa	2	5	3
Descarga na bacia	Descarga/pessoa/dia	4	6	5
Volume de descarga	Litros/descarga	6,8	18	9
Vazamentos bacias sanitárias	Porcentagem	0	30	9
Frequência de banho	Banho/pessoa/dia	0	1	1
Duração do banho	Minutos	5	15	7,3
Vazão dos chuveiros	Litros/segundo	0,08	0,30	0,15
Uso da banheira	Banho/pessoa/dia	0	0,2	0,1
Volume de água	Litros/banho	113	180	113
Máquina de lavar pratos	Carga/pessoa/dia	0,1	0,3	0,1
Volume de água	Litro/ciclo	18	70	18
Máquina de lavar roupa	Carga/pessoa/dia	0,2	0,37	0,37
Volume de água	Litro/ciclo	108	189	108
Torneira da cozinha	Minuto/pessoa/dia	0,5	4	4
Vazão da torneira	Litros/segundo	0,126	0,189	0,15
Torneira de banheiro	Minuto/pessoa/dia	0,5	4	4
Vazão da torneira	Litros/segundo	0,126	0,189	0,15

Fonte: Tomaz, 2003.

**Tabela 01:** Parâmetros usados nos Estados Unidos para consumo residencial de água - interno

Uso Externo	Unidades	Valores
Casas com piscina	Porcentagem	0,1
Gramado ou jardim	Litros/dia/m <sup>2</sup>	2
Lavagem de carros	Litros/lavagem/carro	150
Lavagem de carros: frequência	Lavagem/mês	4
Mangueira de jardim ½" x 20m	Litros/dia	50
Manutenção de piscina	Litros/dia/m <sup>2</sup>	3
Perdas p/ evaporação em piscina	Litros/dia/m <sup>2</sup>	5,75
Reenchimento de piscinas	Anos	10
Tamanho da casa	m <sup>2</sup>	30 a 450
Tamanho do lote	m <sup>2</sup>	125 a 750

Fonte: Tomaz, 2003.

**Tabela 02:** Parâmetros usados nos Estados Unidos para consumo residencial de água - externo

Para usos comerciais, têm-se dados de Metcalf e Eddy (1991) apud Tomaz (2000), mostrados no quadro 7:

<b>Usuário</b>	<b>Unidade</b>	<b>Faixa de Vazão Litros/Unidade/Dia</b>	<b>Vazão Típica Litros/un/dia</b>
Aeroporto	Passageiro	15 a 19	11
Asilo	Residente	19 a 454	340
Asilo	Empregado	19 a 57	38
Auditórios	Assento	8 a 15	11
Banheiro público	Usuário	11 a 23	19
Cinemas	Assento	8 a 15	11
Escolas	Aluno	38 a 76	57
Escritório	Funcionário	30 a 76	57
Hospitais	Leito	491 a 983	567
Hospitais	Funcionários	19 a 57	38
Hotel	Hóspede	151 a 227	189
Hotel	Empregado	30 a 49	38
Lavanderia	Máquina	1512 a 2457	2079
Lavanderia	Lavagem	170 a 208	189
Posto de gasolina	Empregado	30 a 57	49
Posto de gasolina	Veículos servidos	30 a 57	38
Prisão	Funcionário	19 a 57	34
Prisão	Presidiário	302 a 567	454
Restaurante convencional	Cliente	30 a 38	34
Restaurante rápido	Cliente	11 a 30	23
Shopping Center	Estacionamento	4 a 11	8
Shopping Center	Funcionário	30 a 49	38

Fonte: Tomaz, 2000.

**Quadro 07:** Consumo de água em instalações comerciais.

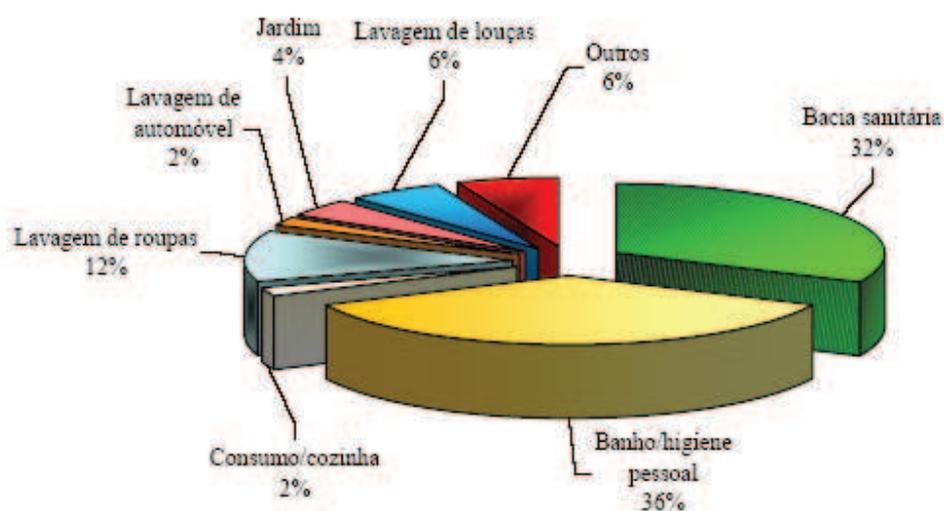
Segundo Mello e Netto (2000) o consumo médio de água por atividades específicas nos domicílios, no Brasil, é expresso no quadro 08:

Usos	Consumo (litros/dia)	%
Asseio pessoal	30 a 60	30
Bacia sanitária	30 a 60	30
Bebida	2	1 a 1,5
Cozinha	5 a 10	5 a 10
Lavagem de automóveis (domiciliar)	2 a 4	1 a 2
Lavagem de roupas pessoais	10 a 20	5 a 10
Limpeza domiciliar	10 a 20	5 a 10
Rega de jardins	1 a 3	2

Fonte: Melo e Netto, 2000

**Quadro 08:** Consumo de água médio nos domicílios

Outro estudo realizado para o Brasil, para o comportamento de consumo, foi apresentado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, e citada por Mano e Schmitt (2004) apud Paula (2005), apresentando dados relativos a Porto Alegre. Esse estudo afirma que, em termos percentuais, a descarga da bacia sanitária é responsável por uma parcela de quase um terço do consumo total da residência, detalhando-o na Figura 37.

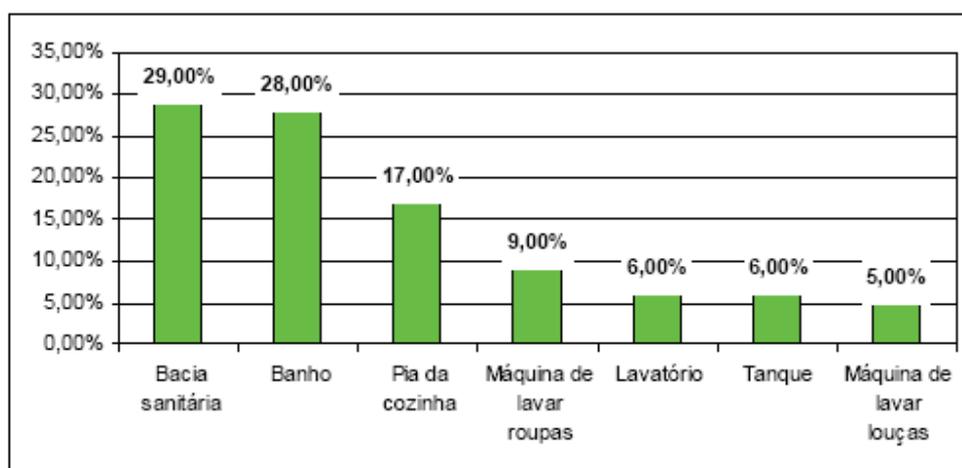


Fonte: Mano e Schmitt (2004) apud Paula (2005).

**Figura 37:** Uso doméstico da água em Porto Alegre.

O consumo diário doméstico é reconhecidamente modesto quando comparado com a demanda industrial. Mesmo assim, o cidadão comum pode fazer sua parte economizando água. São poucos os países que já refletiram sobre medidas para administrar o uso da água no que diz respeito a edifícios. Entretanto, já existem algumas tentativas e mesmo alguns sistemas desenvolvidos com esse objetivo (CIB AGENDA 21, 2000 apud PAULA, 2005).

Marinoski et al. (2004) apud Paula (2005) citam que são poucos e recentes os estudos relacionados ao consumo de água em edificações brasileiras, que levam em consideração o uso final. Um estudo de caso realizado pela USP - Universidade de São Paulo - em conjunto com a Sabesp - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - para edificações do tipo residencial revelou um quadro em relação ao uso final de água no Brasil conforme apresentado na Figura 38.



Fonte: Marinoski et al. (2004) apud Paula (2005).

**Figura 38:** Uso final de água potável em edifícios residenciais em São Paulo.

Segundo Mano e Schmitt (2004) apud Paula (2005), estes dados, no entanto, muito provavelmente tenham sido calculados sobre bacias sanitárias convencionais, com volumes entre 12 e 18 litros. Bacias de consumo reduzido (em torno de 6,8 litros) alterariam significativamente os dados de consumo para um cálculo do volume de reservação.

De acordo com Fewkes (1999) apud Paula (2005), a água de chuva sendo utilizada para a descarga das bacias sanitárias gera uma significativa redução no consumo de água potável. Porém, para determinar esta redução é necessário saber qual o volume de água que se deseja armazenar e por quanto tempo o sistema ficará em operação.

Neste caso, a demanda diária deve ser calculada através da equação 04:

$$D = \left( \sum_{i=1}^t C_i \times \rho_i \right) \times P \quad (04)$$

Onde:

$D$  = demanda diária, l/dia;

$C_i$  = consumo diária per capita, l/dia;

$\rho$  = perfil de consumo por atividade, %;

$P$  = número de usuários.

Determinado o valor da demanda diária, multiplica-se pelo número de dias que se deseja armazenar a água de chuva e obtém-se o valor do consumo de água de chuva.

A outra forma de se estimar o consumo de água de chuva em um edifício é através de frequências de utilização, encontrados em estudos do comportamento humano. Cheng (2003) apud Paula (2005) mostra que a frequência de utilização dos aparelhos sanitários pode ser calculada, também, adotando uma média ponderada, por exemplo, a utilização da bacia sanitária para evacuar é uma vez por dia, urinar três vezes por dia, durante os dias úteis da semana, e cinco vezes por dia aos sábados e domingos, proporciona uma média de 3,57 vezes/hab.dia, desconsiderando as vezes da evacuação.

A demanda para descarga da bacia sanitária, considerada por Fewkes (1999) apud Paula (2005) para o Reino Unido, varia entre 154 l/dia e 217,2 l/dia, o que equivale a 17-24 desc/resid.dia. Sendo considerado o número de três pessoas/residência, logo representa de 6 a 8 desc/hab.dia.

Há outra forma de estimar os números de usos das descargas através de observações sistemáticas do comportamento humano. Cheng (2003) apud Paula (2005) cita frequências como, por exemplo, uma média de 3,7 desc/hab.dia estimado Butler (1993) apud Paula (2005), que o autor considera como boa. Já Thackray (1978) apud Paula (2005) estima 3,3 desc/hab.dia.

Para as condições brasileiras foi proposto por Soares et al. (2000) apud Paula (2005), o número de usos como sendo 7 desc/hab.dia, com o volume de 12 litros por descarga.

Levando-se em consideração os dados apresentados anteriormente pode-se observar que o consumo, para a bacia sanitária, pode ser calculado através da equação 05 (PAULA, 2005):

$$C = T_u \times V_{desc} \times P \times N \quad (05)$$

Onde:

$C$  = consumo, L ou m<sup>3</sup> ;

$T_u$  = frequência de utilização por pessoa, vezes/dia;

$V_{desc}$  = volume de descarga da bacia sanitária, L;

$P$  = número de usuários;

$N$  = tempo de utilização, dias.

Outro dado que deve ser levado em consideração para o cálculo da demanda diária ou mensal é o consumo mensal de água por habitante. A tabela 03 mostra o este consumo para as diversas companhias de abastecimento do Brasil.

<b>Companhia</b>	<b>Consumo médio per capita de água (litros/hab/dia)</b>
CAERN/RN	122,32
CASAN/SC	132,89
CEDAE/RJ	213,09
CORSAN/RS	146,49
COSANPA/PA	84,97
EMBASA/BA	114,22
SABESP/SP	160,27
SANEAGO/GO	120,81
SANEPAR/PR	126,76
SANESUL/MS	101,44

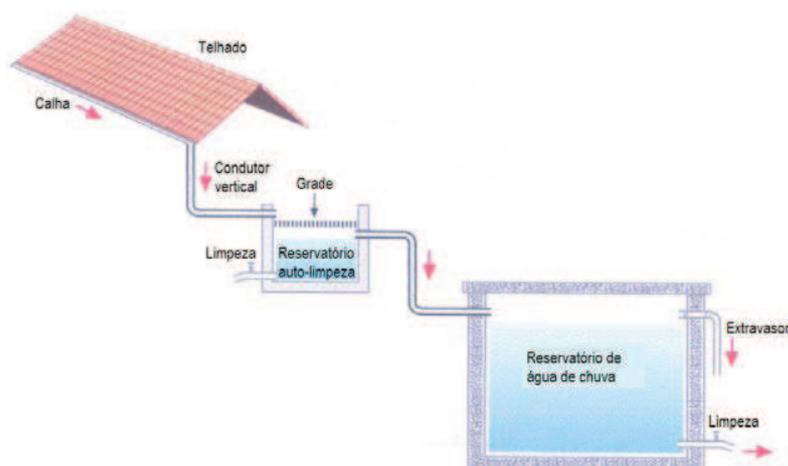
Fonte: SNIS, 2005.

**Tabela 03** : Consumo Médio per capita.

## 2.6 Concepção e dimensionamento dos sistemas prediais de captação e aproveitamento de águas pluviais

As edificações direcionam a água da chuva para o sistema de água pluvial convencional, onde a água é captada através da cobertura, terraço ou laje, passando, na maioria dos casos, por calha, após por condutor vertical, condutor horizontal e por caixas de inspeção ou areia, e finalmente encaminhado à rede pluvial.

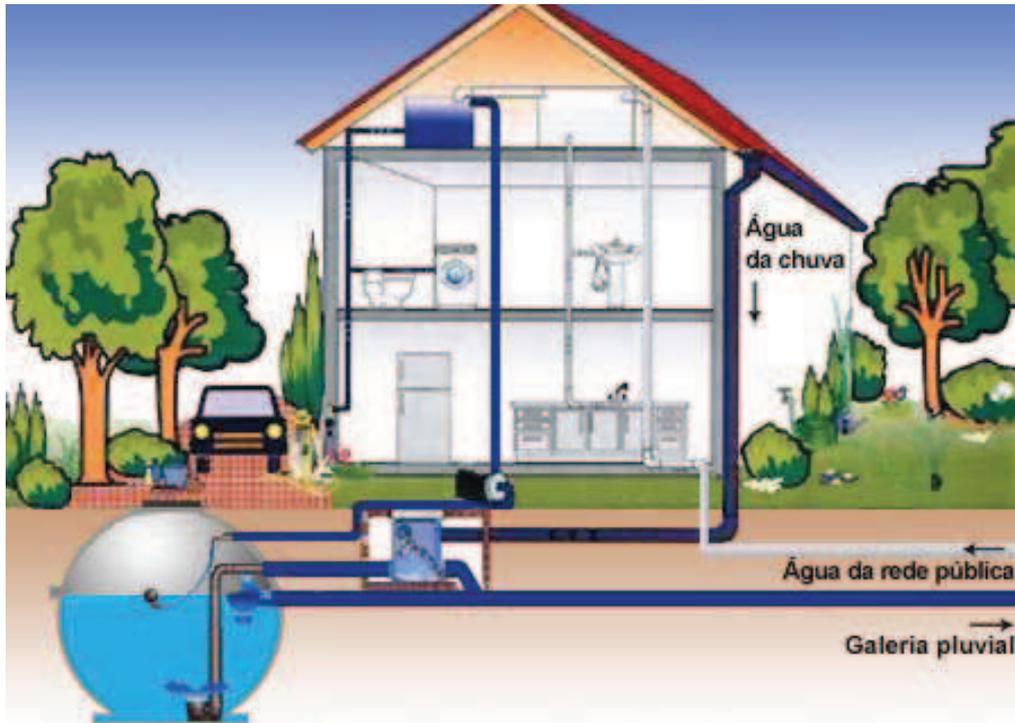
O que difere o sistema convencional do sistema de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis é que ao invés de direcionar a água para a rede pluvial, esta é redirecionada para o reservatório inferior, passando antes por um reservatório de auto-limpeza e/ou uma filtração. A figura 39 mostra o esquema de coleta e armazenamento de água da chuva, sem nenhum tipo de tratamento.



Fonte: Tomaz (1998) apud May (2005).

**Figura 39:** Esquema de coleta de água da chuva com reservatório de auto-limpeza.

Já na figura 40, pode-se ver que a única diferença entre esse sistema e o sistema de utilização desta água da figura 39, é que após passar pelo condutor horizontal, a água é encaminhada através de condutor vertical a um reservatório inferior, passando antes por sistema de filtro e de dispositivo de auto-limpeza (que descarta a primeira água que cai na área de coleta). Do reservatório inferior, a água pode ser utilizada ou bombeada para um reservatório superior, para posterior uso na edificação



Fonte: site: [www.bellacalha.com.br](http://www.bellacalha.com.br).

**Figura 40:** Esquema de utilização de águas pluviais.

Na seqüência será apresentada a forma de concepção e dimensionamento de cada um dos componentes que formam o sistema de aproveitamento de águas pluviais

### 2.6.1 Calha, condutor vertical e condutor horizontal

Após a passagem da água da chuva pela área de captação, está passa pela calha que a conduzirá para o condutor vertical e deste para o condutor horizontal.

### 2.6.1.1 Calha

Para Mello e Netto (1988), as calhas são componentes que captam as águas diretamente dos telhados impedindo que estas deságüem livremente causando danos nas áreas circunvizinhas, principalmente quando a edificação é alta.

Para Tomaz (2003), o material de fabricação das calhas deve ter as seguintes características: ser resistente à corrosão; ter longa durabilidade; não deve ser afetada por mudanças de temperatura; deve ser lisa, leve e rígida.

A escolha dos materiais depende muito do partido arquitetônico adotado, segundo Mello e Netto (1988), os materiais mais usados são:

- **chapa galvanizada:** muito usada, principalmente quando a calha fica protegida por platibanda, ou seja, de forma invisível e sem a possibilidade de receber esforços, pois são frágeis;

- **chapa de cobre:** de uso bastante difundido em épocas anteriores, quando este material era de fácil aquisição e por preços relativamente baixos, porém hoje está caindo em desuso face ao grande custo;

- **Cloreto de plovinila (PVC) :** muito usado no sul do país, onde existe o hábito de colocação, de forma aparente, presa às bordas dos telhados;

- **Cimento amianto:** são tubos partidos ao longo de sua geratriz e de uso menos comum;

- **Concreto:** geralmente é escolhido este tipo de material quando a própria calha trabalha também como elemento de sustentação da estrutura, ou seja, quando a viga funciona também como calha.

De acordo com Mello e Netto (1988), as seções das calhas possuem as mais variadas formas, dependendo das condições impostas pela arquitetura, bem como dos materiais empregados na confecção das mesmas, e podem ser:

- **Seção retangular:** é a mais usada, sendo o concreto e chapa galvanizada os materiais mais utilizados;

- **Seção trapezoidal:** o concreto é menos recomendado pela dificuldade na confecção das formas, sendo a chapa galvanizada o material preferido;

- **Seção semi-circular:** Os materiais mais próprios são concreto (tubos partidos), cimento amianto (tubos partidos) e PVC. Raramente as calhas possuem esta seção a não ser quando localizadas nas bordas externas dos telhados, onde o PVC tem grande aplicação.

No dimensionamento das calhas devem-se observar dois pontos principais, a calha deve captar toda a água do telhado sem transbordar e conduzi-la eficientemente para o reservatório. Esta tarefa parece ser relativamente fácil, porém verifica-se com frequência calhas que foram dimensionados de forma incorreta, no que se refere às dimensões adotadas e à inclinação.

O dimensionamento das calhas sugerido pela NBR 10844/89 é expresso na Equação 06.

$$Q = K \times \frac{S}{n} \times RH^{2/3} \times i^{1/2} \quad (06)$$

Onde:

- Q é vazão de projeto em l/min;
- S é a área da seção molhada em m<sup>2</sup>;
- n é o coeficiente de rugosidade;
- RH = S/P é o raio hidráulico em m;
- P é o perímetro molhado em m;
- i é a declividade da calha em m/m;
- K = 60.000.

Para o cálculo da vazão, é necessário conhecer o Coeficiente de rugosidade, o quadro 09 mostra o coeficiente de rugosidade para a fórmula de Manning – Strickler

Tipo de material utilizado	N
Plástico, fibrocimento, alumínio, aço inoxidável, aço galvanizado, cobre e latão	0.011
Ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida	0.012
Cerâmica e concreto não alisado	0.013
Alvenaria de tijolos não revestida	0.015

Fonte: ABNT NBR 10844/89

**Quadro 09:** Coeficiente de rugosidade para a fórmula de Manning-Strickler

### 2.6.1.2 Condutor Vertical

De acordo com Mello e Netto (1988) os condutores verticais “são tubos verticais que conduzem água das calhas às redes coletoras que poderão ser situadas no terreno ou presas ao teto do subsolo (no caso dos edifícios com sub-solo), ou despejar livremente na superfície do terreno”. Mas atualmente sabe-se que os tubos verticais servem também para conduzir a água das calhas ao reservatório inferior, para seu posterior aproveitamento.

Mello e Netto (1988) afirmam que o material utilizado para a sua confecção é o PVC para sistema de esgoto ou a linha reforçada própria para captação de águas pluviais.

Geralmente a utilização dos tubos para esgoto (paredes finas) é empregada quando a tubulação esta exposta, já se recomenda à utilização do tubo de paredes reforçadas para condutores verticais embutidos em pilares ou paredes falsas.

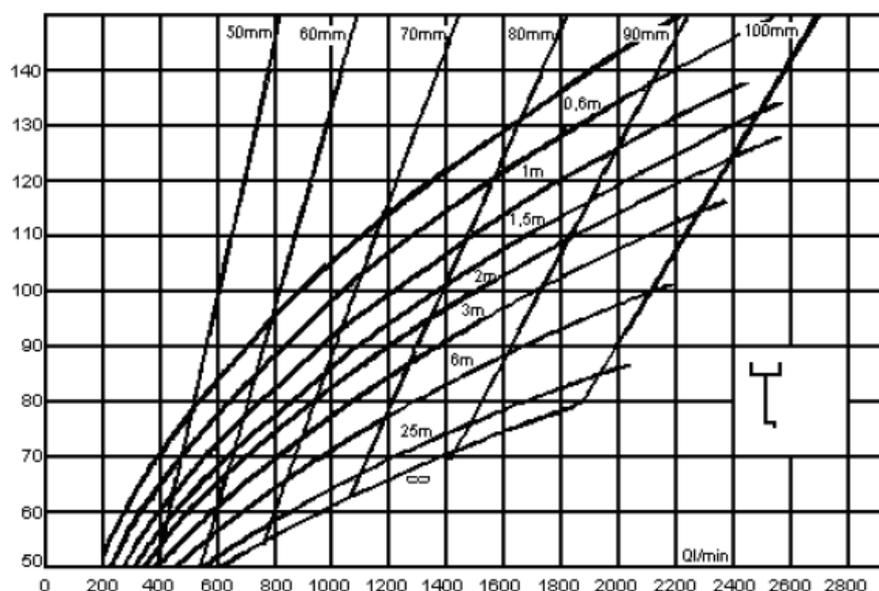
Para determinação do diâmetro, é necessário conhecer qual o tipo de componente esta sendo usado para captar a água que pode ser com ou sem calha.

#### **Com calha**

Para o caso de condutores que recebem as águas de calhas, o cálculo é realizado da seguinte forma, segundo a NBR -10844/89 da ABNT:

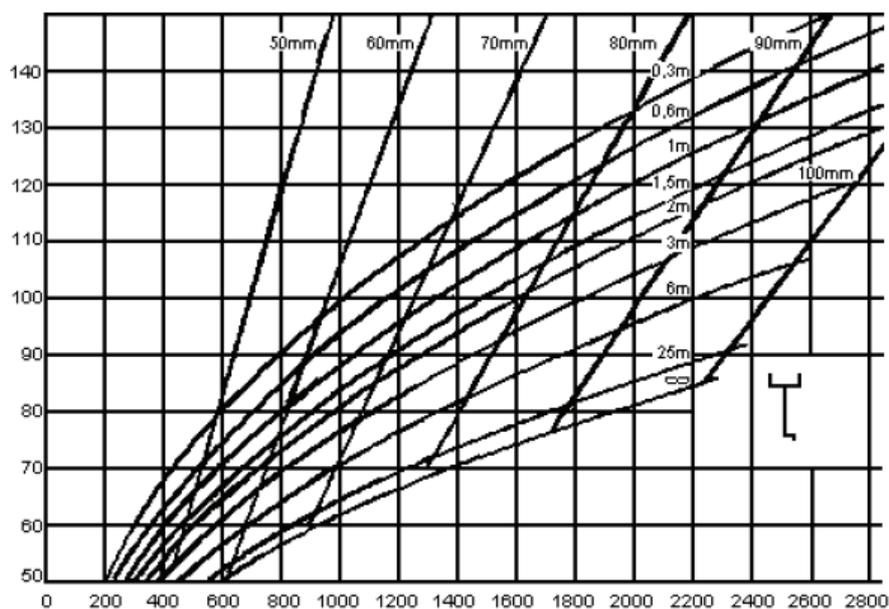
- Com a vazão de projeto (Q);
- A altura da lâmina de água na calha (H);
- O comprimento do condutor vertical (m).

São utilizados os ábacos das figuras 41 e 42, os quais correspondem ao tipo de saída de calha, em canto vivo ou em funil. Assim é obtido o diâmetro dos condutores verticais em (mm). É importante lembrar que, segundo a NBR -10844/89 da ABNT, nenhum condutor vertical pode ter diâmetro inferior a 75 mm.



Fonte: ABNT NBR 10844/89.

**Figura 41:** Curvas para dimensionamento da calha com saída em aresta viva.



Fonte: ABNT NBR 10844/89.

**Figura 42:** Curvas para dimensionamento da calha com funil de saída.

### Sem calhas

Neste caso as águas são conduzidas aos condutores verticais através de ralos, caixas, etc. Para essas configurações existem alguns autores que fornecem métodos práticos para o cálculo dos condutores verticais, tais como Botelho e Ribeiro (1998) apud Tomaz (2003) que citam um método prático que fornece o diâmetro do tubo para chuvas críticas de 120mm/h e 150mm/h, como mostra o quadro 10.

Diâmetro (mm)	Vazão (L/s)	Área do Telhado (m <sup>2</sup> ) Chuva de 150mm/h	Área do Telhado (m <sup>2</sup> ) Chuva de 120mm/h
50	0,57	14	17
75	1,76	42	53
100	3,78	90	114
125	7,00	167	212
150	11,53	275	348
200	25,18	600	760

Fonte: Botelho e Ribeiro (1998) apud Tomaz (2003)

**Quadro 10:** Critério de dimensionamento dos condutores verticais proposto por Botelho

Outro critério é o dos norte-americanos, citado por Macintyre apud Tomaz (2003) onde foi considerada que para uma chuva de 200mm/h onde pode-se usar a taxa de 0,50cm<sup>2</sup> de condutor por metro quadrado de área de telhado.

O quadro 11 mostra o exemplo para diâmetros nominais dos coletores verticais encontrados no Brasil.

Diâmetro Nominal	Área da seção transversal do condutor vertical (cm <sup>2</sup> )	Área do telhado (m <sup>2</sup> )
50	19,6	39
75	44,2	88
100	78,5	157
150	176,7	353
200	314,2	628
250	490,9	982
300	706,9	1414

Fonte: Tomaz (2003)

**Quadro 11:** Diâmetro do coletor vertical em função da área de telhado.

Segundo Mello e Netto (1988) supondo que a chuva crítica seja 150mm/hora, é utilizado o quadro 12 para o dimensionamento dos condutores verticais.

<b>Diâmetro (mm)</b>	<b>Área máxima de telhado (m<sup>2</sup>)</b>
50	13,6
75	42,0
100	91,0
150	275,0

Fonte: Mello e Netto (1988)

**Quadro 12:** Área máxima de cobertura para condutores verticais de seção circular.

É importante lembrar que nos quadros apresentados os pesquisadores estão utilizando diâmetros inferiores ao recomendado pela normalização brasileira.

Outra forma de calcular condutores verticais que não utilizam calhas é através do quadro 13 recomendado por Gonçalves (1997), onde com o valor da precipitação (mm/h) e a área de contribuição (m<sup>2</sup>), encontrando-se o diâmetro da coluna vertical, em polegadas.

<b>Precipitação (mm/h)</b>	<b>Diâmetro da coluna Vertical</b>					
	<b>2"</b>	<b>3"</b>	<b>4"</b>	<b>5"</b>	<b>6"</b>	<b>8"</b>
25	267.8	818.4	1711.2	3217.8	5022	10788
50	133.9	409	855.6	1608.9	2251	5394
76	89.3	272.5	570.1	1072.3	1673.5	3595.4
101	67	204.6	427.8	804.9	1255.5	2697
152	44.6	136.7	285.5	535.1	837	1796.3
178	38.1	117.2	244.6	459.9	717.5	1541
203	33.5	102.3	213.9	402.2	627.8	1348.5
229	29.8	91.1	190.2	357.6	558	1198.5
254	27	81.1	171.1	321.8	502.2	1078.8
279	24.2	74.4	155.8	292.5	456.6	980.7
305	22.3	67.5	142.3	267.8	418.5	898.4

Fonte: Gonçalves (1997)

**Quadro 13:** Diâmetro da coluna Vertical em polegadas.

### 2.6.1.3 Conductor horizontal

É o canal ou tubulação horizontal destinado a recolher e conduzir as águas pluviais até locais permitidos pelos dispositivos legais (NBR-10844/89). Sendo assim, é a tubulação que conduzirá a água pluvial do condutor vertical para o dispositivo de auto-limpeza e posteriormente ao reservatório inferior.

Segundo a NBR 10844/89, os condutores horizontais devem ser projetados, sempre que possível, com declividade uniforme, com valor mínimo de 0,5%.

O dimensionamento dos condutores horizontais de seção circular deve ser feito para escoamento com lâmina de altura igual a 2/3 do diâmetro interno (D) do tubo. As vazões para tubos de vários materiais e inclinações usuais estão indicados no quadro 14

Diâmetro Interno (mm)	n = 0,011				n = 0,012				n = 0,013			
	0,5%	1%	2%	4%	0,5%	1%	2%	4%	0,5%	1%	2%	4%
50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
100	204	287	405	575	187	264	372	527	172	243	343	486
125	370	521	735	1.040	339	478	674	956	313	441	622	882
150	602	847	1.198	1.890	358	777	1.100	1.550	509	717	1.010	1.430
200	1.300	1.820	2.670	6.650	1.190	1.870	2.360	3.350	1.100	1.540	2.180	6.040
250	2.350	3.310	4.580	6.620	2.150	3.030	4.280	6.070	1.990	2.800	3.950	5.600
300	3.820	5.380	7.590	10.800	8.500	4.930	6.960	9.870	3.230	4.550	6.420	9.110

Fonte: ABNT - NBR 10844/89

**Quadro 14:** Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min)

Nas tubulações aparentes, devem ser previstas inspeções sempre que houver conexões com outra tubulação, mudança de declividade, mudança de direção e ainda a cada trecho com 20 m nos percursos retilíneos.

A ligação entre os condutores verticais e horizontais é sempre feita por curva de raio longo, com inspeção ou caixa de areia, estando o condutor horizontal aparente ou enterrado.

A água pluvial após passar pela área de captação, calhas, e condutor horizontal pode conter impurezas e partículas que necessitam ser descartadas, dessa forma é recomendado a eliminação da primeira água de coleta, para isso utilizam-se os componentes denominados de auto-limpeza ou reservatórios de descarte, os quais serão abordados a seguir.

## **2.6.2 Componente de auto- limpeza ou reservatórios de descarte**

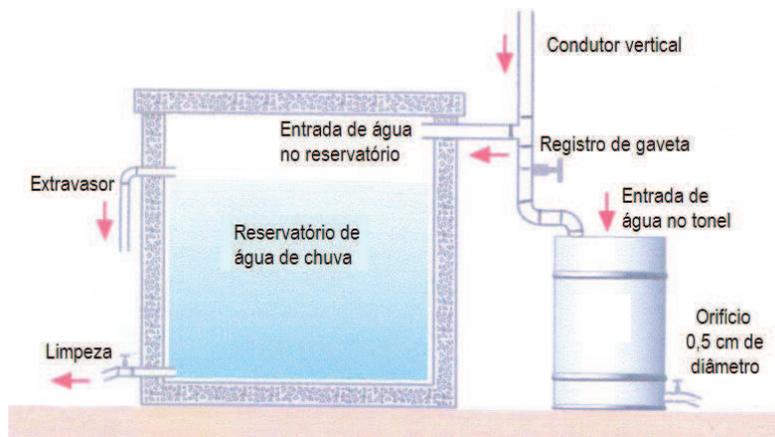
Segundo Campos (2004) apud Paula (2005) o descarte, em muitos casos, é ainda realizado de forma manual, provocando muitos inconvenientes operacionais, tais como: perdas desnecessárias e contaminação da água armazenada por aquelas provenientes dessa lavagem.

Existem diversas formas de realizar este descarte das primeiras chuvas podendo ser citados o reservatório de auto-limpeza com torneira bóia, tonel para descarte da água de limpeza do telhado, válvulas de descarte automático, entre outros.

A seguir algumas técnicas utilizadas para o descarte da água de limpeza do telhado. Essas técnicas podem ser manuais ou automáticas.

### **2.6.2.1 Tonel para descarte da água de limpeza do telhado**

Segundo Dacach (1990) apud May (2005), o funcionamento do tonel no sistema de coleta de água pluvial ocorre da seguinte maneira: a água do telhado passa pela calha e desce pelo condutor vertical chegando até um tonel com capacidade de 50 litros. Dependendo da área de coleta o tonel pode ser de maior volume, porém, deve ser provido de um pequeno orifício na parede inferior, com cerca de 0,5 cm de diâmetro. No condutor vertical é conectado um ramal horizontal para alimentar o reservatório de água pluvial. Na figura 43 verifica-se o esquema de funcionamento do tonel para descarte da água de limpeza do telhado.



Fonte: Dacach (1990) apud May (2005).

**Figura 43:** Reservatório de água pluvial com tonel.

Segundo Dacach (1990) apud May (2005), ao iniciar a chuva, a água desce até o tonel, onde sai parcialmente pelo orifício. Por ser relativamente pequena a vazão do orifício, a água coletada vai subindo no tonel e, posteriormente, no trecho inferior do condutor até a conexão com o ramal horizontal.

A descarga do orifício só desaparece minutos depois da parada da chuva, com o total esvaziamento do tonel. A quantidade de água que é descartada é maior que a capacidade do tonel. As chuvas de pequena intensidade não apresentam condições de aproveitamento, pois apenas atendem a vazão do orifício (MAY, 2005).

Uma variação deste tipo de componente pode ser vista no trabalho realizado por Hernandez e Amorim. (2004), apresentado na figura 44.



Fonte: Hernandes e Amorim. (2004)

**Figura 44:** Tonel para descarte da água pluvial.

### **2.6.2.2 Reservatório de auto-limpeza com torneira bóia**

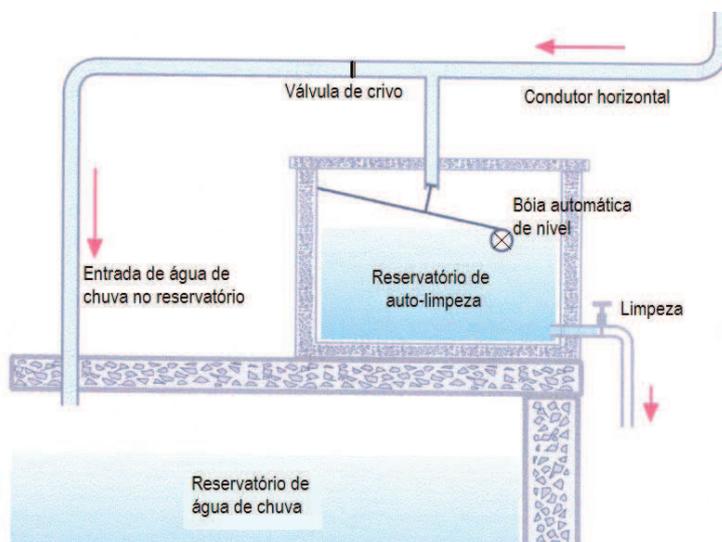
Para o descarte da água de limpeza do telhado, pode-se fazer uso de um reservatório de auto-limpeza munido de uma bóia de nível. O volume do reservatório de auto-limpeza é calculado através da área do telhado e do volume de água necessário para fazer a limpeza do telhado (MAY, 2005).

Segundo Tomaz (2003), na Flórida utilizam-se 40 litros para cada  $100 \text{ m}^2$  de volume do reservatório de auto-limpeza, ou seja,  $0,4 \text{ l/m}^2$ . Para Guarulhos, o valor adotado foi de  $1,00 \text{ l/m}^2$  ou seja 1mm de chuva por  $\text{m}^2$ . Já Dacach (1990) apud May (2005), considera que o reservatório de auto-limpeza deva ter entre  $0,8$  a  $1,5 \text{ l/m}^2$  de telhado.

O funcionamento do sistema ocorre da seguinte maneira: a água da chuva passa pela calha, em seguida pelo condutor vertical, chegando ao reservatório de auto-limpeza situado sobre o reservatório de água pluvial. A entrada de água no reservatório de auto-limpeza é provida de uma bóia de nível (MAY, 2005).

Ao iniciar a chuva, o reservatório de auto-limpeza que está vazio recebe a água da chuva e o nível da água sobe até atingir a posição limite, implicando no fechamento da torneira bóia. Só, então, a água começa a escoar para o reservatório de água pluvial. Cessada a chuva, o registro de descarte da água do reservatório de auto-limpeza deve ser aberto para

esvaziá-lo e retornar as condições de funcionamento. Na figura 45 é mostrado o esquema do reservatório de auto-limpeza com torneira bóia.

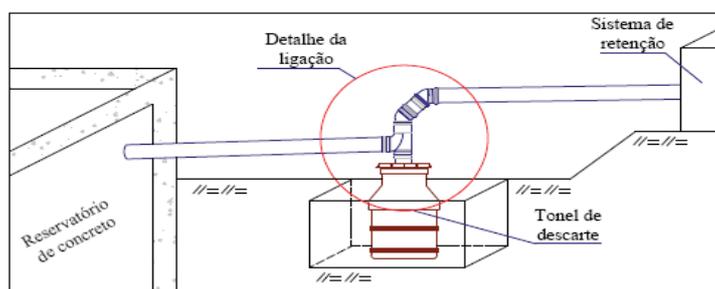


Fonte: Dacach (1990) apud May (2005).

**Figura 45:** Reservatório de auto-limpeza com torneira bóia.

Cabe salientar, que tanto no reservatório de auto-limpeza quanto no tonel de descarte a eficiência é reduzida a praticamente zero no acontecimento de chuvas de elevada intensidade, pois não ocorre o descarte devido à tendência do fluido de seguir sua trajetória, ou seja, a água tenderia a seguir pelo caminho mais simples, que seria o direto para o reservatório de armazenagem, não alcançando o objetivo do componente de descarte (PAULA, 2005).

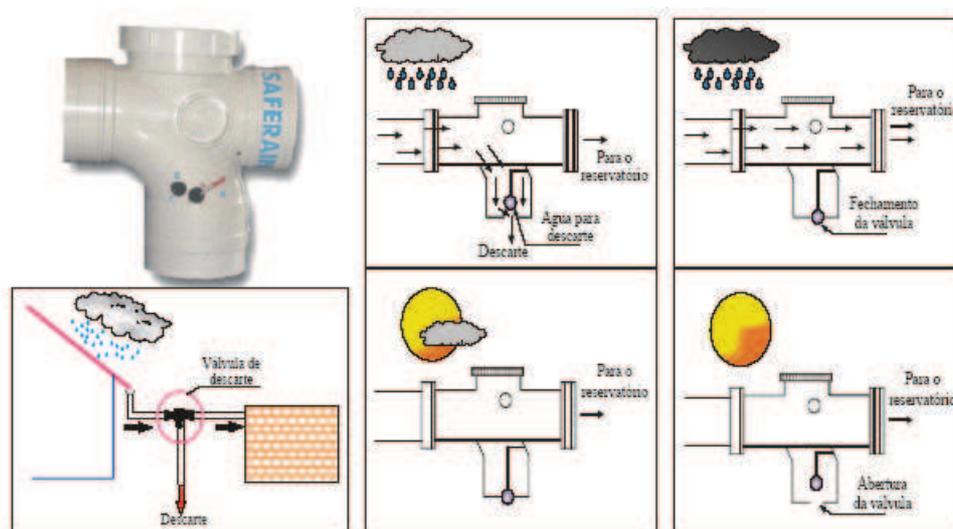
Ainda, segundo Paula (2005) uma maneira de solucionar este problema seria através da colocação de um desnível entre o componente de descarte e o reservatório de armazenagem, melhorando os resultados, como mostra a figura 46.



Fonte: Hernandez et al. (2004) *apud* Paula (2005).

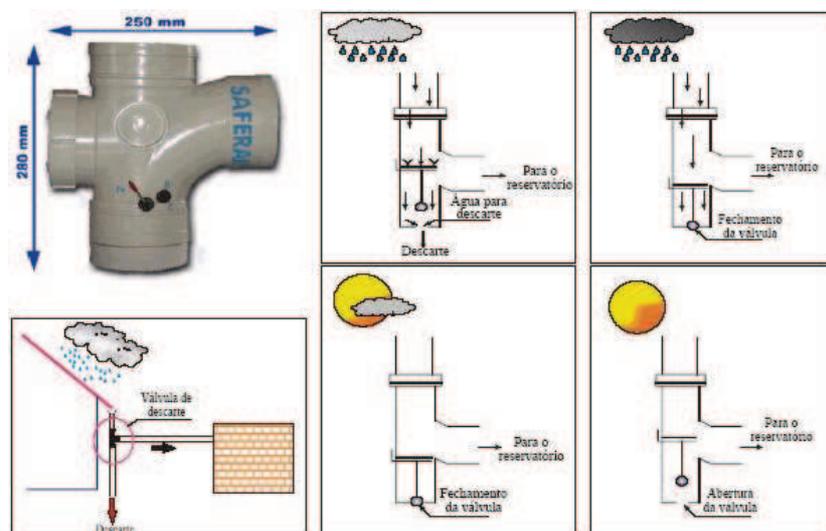
**Figura 46:** Tonel de descarte com desnível na tubulação e entrada da água pluvial.

Outro mecanismo de descarte, criado por uma empresa australiana, compõe-se de válvulas que descartam automaticamente os primeiros litros de chuva sem a intervenção humana, garantindo maior qualidade à água reservada. As Figuras 47 e 48 mostram válvulas de descarte, bem como o funcionamento das mesmas. Cabe salientar, que existem válvulas que podem ser posicionadas tanto na horizontal quanto na vertical, dependendo da escolha do sistema (PAULA, 2005).



Fonte: <http://www.saferain.com.au/horizon.htm> *apud* Paula (2005).

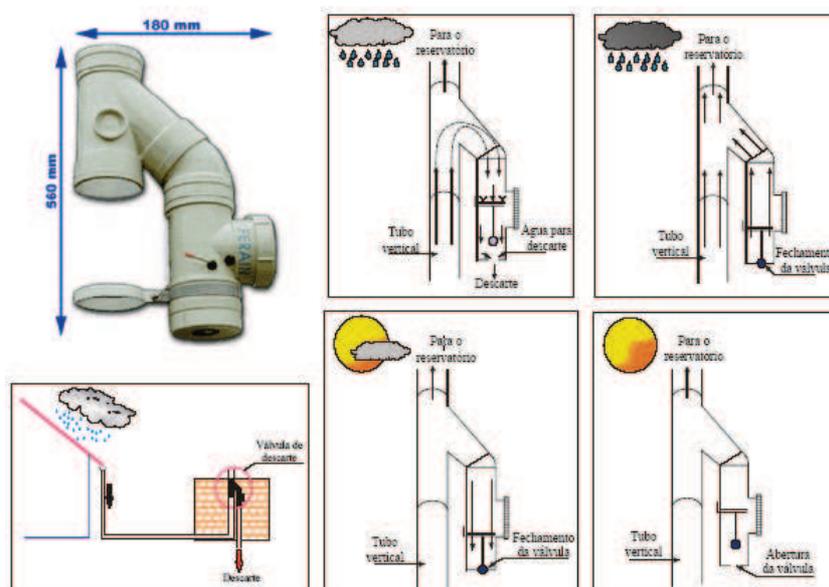
**Figura 47:** Válvula de funcionamento na horizontal.



Fonte: <http://www.saferain.com.au/horizon.htm> apud Paula (2005).

**Figura 48:** Válvula de funcionamento na vertical.

Segundo Paula (2005), além destes dois modelos de válvulas, a empresa australiana dispõe de outro componente denominada válvula reversa. Esta válvula reversa é posicionada na entrada do tanque de armazenagem de água pluvial. A Figura 49 mostra o funcionamento de uma válvula reversa.



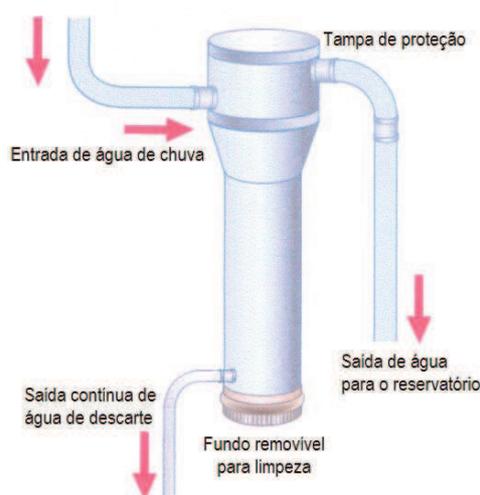
Fonte: <http://www.saferain.com.au/horizon.htm> apud Paula (2005).

**Figura 49:** Válvula de funcionamento reverso.

Estas válvulas devem funcionar através de uma programação de tempo de fechamento. Desta maneira, dificilmente o volume de descarte poderá ser considerado ideal. Nas chuvas intensas, da mesma forma dos demais componentes de descarte, as válvulas não terão a mesma eficiência (PAULA, 2005).

### 2.6.2.3 Tubo de auto-limpeza

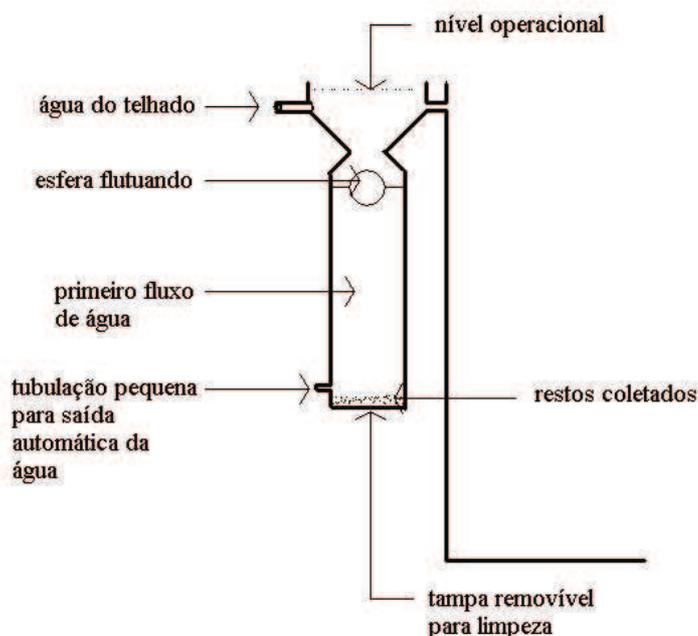
Na Austrália é utilizado um componente bastante simples para o descarte da água de limpeza do telhado. De acordo com Marks (2001) apud May (2005), o funcionamento deste componente ocorre da seguinte maneira: a água de limpeza do telhado é direcionada até ele através do condutor vertical e armazenada em um pequeno reservatório, formado por um pedaço de tubo. Este reservatório contém um pequeno orifício na parte inferior para descarte da água de limpeza do telhado e fundo removível para limpeza. No instante em que o reservatório estiver cheio, a água começa a escoar para o reservatório de água da chuva. O uso deste equipamento é aconselhável para pequenas áreas de coleta. A figura 50 mostra o esquema do componente para descarte da água de limpeza do telhado utilizado na Austrália.



Fonte: <http://www.eng.newcastle.edu.au/~cegak/Coombes/RainwaterScales.htm>. apud May (2005)

**Figura 50:** Componente de descarte da água de limpeza do telhado utilizado na Austrália.

Segundo Tomaz (2003) existem componentes baseados no peso da água, em bóia e no volume. Na figura 51, quando o reservatório a esquerda enche, a bóia fecha a entrada de água e a água da chuva passa para o reservatório.



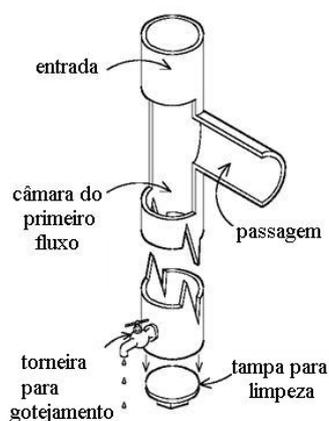
Fonte: adaptado de Tomaz, 2003

**Figura 51:** Componente de Autolimpeza.

Um outro componente de auto-limpeza, utilizado no Texas, é um tubo vertical de PVC, mostrado na figura 52. O tubo vertical se enche com água durante a chuva, o contrapeso da água é direcionado ao tanque. A limpeza do tubo vertical é realizada através da remoção da tampa de PVC, removendo os restos coletados após cada chuva (KRISHNA, 2005).

Este é o mais simples desviador do primeiro fluxo tem 0,15 a 0,20 metros de PVC. Primeiro o desviador se enche com água, permitindo que a água escoe para dentro do tubo principal. Este desviador tem geralmente um encaixe para limpeza no fundo, devendo ser esvaziados e limpos a cada chuva. Esta água pode ser destinada a rega de jardins. Um pequeno orifício feito no fundo ou uma torneira pequena ligeiramente aberta permite que a água escape gradualmente para fora. Se for utilizado PVC o diâmetro é de 76 mm ou

similar, sendo o comprimento de 0,80 metros de tubulação ou com diâmetro de 100 mm e 0,45 metros de comprimento (KRISHNA, 2005).



Fonte: Krishna (2005).

**Figura 52:** Tubo desviador do primeiro fluxo.

Há diversos outros tipos de desviadores do primeiro fluxo de água. O do tipo válvula de bola ou esfera consiste em uma esfera flutuando que lacra o topo do desviador do tanque, como mostra a figura 53. É necessário considerar o número de dias secos, a quantidade de microorganismos da área de coleta e o tipo de superfície da área coletora (KRISHNA,2005).

Quando a câmara se enche, a esfera flutua e fecha a entrada de água.



Fonte: Krishna (2005).

**Figura 53:** Desviador com válvula da bola.

O desviador do primeiro fluxo de água da chuva deve desviar no mínimo 44 litros para cada 92,9 m<sup>2</sup> da superfície coletora (KRISHNA, 2005). Porém para saber a quantidade exata, é necessário conhecer o número de dias secos, devido ao acúmulo de poeira, a quantidade e tipo de galhos e flores, os quais dependem da estação do ano.

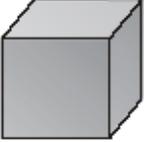
Um estudo realizado na Austrália recomenda que se colete 57 a 215 litros a cada 92,9 m<sup>2</sup> de superfície coletora (KRISHNA, 2005).

As estimativas variam muito porque não há nenhum cálculo exato para se determinar a quantidade inicial de água que deve ser desviada, devido ao fato de haver diversas variáveis que determinam a eficácia do processo. Por exemplo, a inclinação e a rugosidade da área de coleta, a intensidade do vento e da chuva, o tempo entre os ventos que faz variar a quantidade de elementos contaminantes, como também a natureza dos contaminantes (KRISHNA, 2005).

### **2.6.3 Reservatório para o armazenamento da água pluvial**

O reservatório é um dos itens que determinará a viabilidade técnica e econômica do sistema de aproveitamento de água pluvial. Por isso deve-se ter um cuidado maior com o seu dimensionamento.

Tratando-se da execução dos reservatórios de armazenagem de água de chuva, um fator que deve ser levado em conta, conforme já citado antes, é a viabilidade econômica, visto que este fator está intimamente ligado à geometria e tipo de material utilizado em sua confecção. O quadro 15 mostra a relação entre as diferentes geometrias e suas respectivas economias de materiais (PAULA, 2005).

Forma	Notas
Esfera 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- As esferas perfeitas são possíveis somente se forem subterrâneas ou em parte no subsolo.</li> <li>- Geração de baixas tensões na superfície do reservatório.</li> <li>- Somente apropriado para materiais possíveis de serem moldados como o cimento e a argila ou materiais flexíveis, tais como forro de plástico ou polietileno.</li> </ul>
Cilindro 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- É a forma mais popular para os tanques de água.</li> <li>- As tensões são aceitáveis na lateral do tanque, porém uma junção fixa entre a parede e a base ocorre maiores tensões.</li> <li>- Apropriado para o uso com materiais possíveis de serem modelados ou outros materiais que podem ser dobrados em um sentido (tal como a folha de metal).</li> </ul>
Meia Esfera 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Uma forma popular para os tanques subterrâneos, por ser fácil de escavar e para economizar materiais.</li> <li>- Requer uma tampa grande, não engastada.</li> <li>- Os tanques subterrâneos são simples de serem construídos utilizando materiais modulares.</li> </ul>
Cubo 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Como as esferas, os modelos cúbicos são perfeitos somente subterrâneas ou em parte no subsolo.</li> <li>- As tensões nas arestas são elevadas.</li> <li>- Muito simples de construir usando técnica semelhante aos reservatórios de edifícios.</li> <li>- Apropriado para todos os materiais incluindo tijolos e blocos.</li> </ul>

Fonte: <http://www.eng.warwick.ac.uk/DTU/pubs/rn/rwh/rn-rwh04.pdf> apud Paula (2005).

**Quadro 15:** Formas geométricas ideais de tanques, aliadas à economia de materiais.

Os materiais mais utilizados na execução dos reservatórios são o concreto, o plástico, a argamassa armada e tijolos comuns. Outro material utilizado é o aço que exige uma fundação firme e sua instalação é realizada em um curto período de tempo. Este tipo de tanque foi muito difundido em todo o mundo, principalmente na África. O único problema encontrado neste caso foi a corrosão no fundo do reservatório em um período de dois anos (PAULA, 2005).

### 2.6.3.1 Dimensionamento do reservatório de águas pluviais

Grande parte dos métodos existentes para dimensionamento do reservatório leva em conta a demanda no período de estiagem, bem como a quantidade de água possível de ser captada. O que difere é a forma com a qual se estima essa demanda.

Dependendo do volume obtido no cálculo e das condições do local, o armazenamento da água da chuva poderá ser realizado para atender as seguintes situações (MAY, 2005):

- armazenar água somente para suprir a demanda por alguns dias;
- armazenar água para suprir a demanda de 1 a 2 meses;
- armazenar água para suprir a demanda por 6 meses;
- armazenar água para suprir a demanda do ano inteiro.

De acordo com Soares et al. (2000) apud May (2005), os métodos utilizados para o cálculo do reservatório de águas pluviais podem ser classificados em quatro(4) principais grupos:

- métodos determinísticos: os dados referentes a precipitação pluviométrica e a demanda são analisados pela curva de massa;
- métodos aproximados: baseados em relações empíricas conhecidas;
- métodos de modelação: são também conhecidos como método de transição probabilística da matriz;
- método de análise de sistema: sendo linear, não linear ou de programação dinâmica.

Atualmente o método mais utilizado para dimensionamento do reservatório é o método de Rippl (TOMAZ, 2003).

Existem duas maneiras de usar o método de Rippl para demanda constante. Um é o método analítico e a outra maneira é o método gráfico. A seguir o método de Rippl para demanda constante (analítico) e chuvas mensais.

O quadro 16 mostra a tabela utilizada para aplicação do método de Rippl, sendo que as colunas que compõe o método serão explicadas posteriormente.

MESES	CHUVA MÉDIA MENSAL	DEMANDA MENSAL	VOLUME ACUMULADO	ÁREA DE COLETA	COEFICIENTE DE RUNOFF	VOLUME DE CHUVA MENSAL	VOLUME ACUMULADO	VOLUME DE CHUVA DEMANDA	VOLUME DO RESERVATÓRIO DE ÁGUA DA CHUVA
	mm	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>		m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
JANEIRO									
FEVEREIRO									
MARÇO									
ABRIL									
MAIO									
JUNHO									
JULHO									
AGOSTO									
SETEMBRO									
OUTUBRO									
NOVEMBRO									
DEZEMBRO									

Fonte: adaptado de Tomaz (2003)

**Quadro 16:** Dimensionamento de Reservatório pelo método de Rippl

**Coluna 1 - Chuva média mensal (mm):** para um cálculo mais preciso da precipitação média mensal é aconselhável a utilização dos índices pluviométricos mensais dos últimos 10 anos.

**Coluna 2 - Demanda mensal (m<sup>3</sup>):** a demanda mensal refere-se ao volume de água potável que pode ser substituído por água da chuva, ou seja, o volume de água necessário para alimentar os pontos onde não há necessidade da utilização de água potável no intervalo de um mês.

**Coluna 3 - Área de coleta (m<sup>2</sup>):** soma das áreas destinadas a coletar água pluvial.

**Coluna 4 - Coeficiente de Runoff:** esse coeficiente refere-se a perda de água por evaporação, vazamentos, lavagem do telhado, etc..

**Coluna 5 - Volume de chuva mensal (m<sup>3</sup>):** é o volume máximo de água pluvial que poderá ser coletado no intervalo de um mês. De acordo com Tomaz (1998) apud May (2005), o volume máximo de chuva mensal que pode ser armazenado é calculado pela equação 7:

$$V = P \times A \times C \quad (07)$$

Onde:

V = Volume anual de água da chuva (m<sup>3</sup>);

P = Precipitação média mensal (mm);

A = Área de coleta (m<sup>2</sup>);

C = Coeficiente de Runoff.

**Coluna 6 - Volume acumulado (m<sup>3</sup>):** é o somatório do volume de chuva mensal nos meses de janeiro a dezembro.

**Coluna 7 - Volume de chuva, demanda (m<sup>3</sup>):** é a diferença entre o volume de água da chuva disponível e o volume da demanda a ser atendida.

**Coluna 8 - Volume do reservatório de água da chuva (m<sup>3</sup>):** é o volume adquirido no somatório da diferença negativa do volume de chuva e da demanda.

**Coluna 8 - Número de dias que haverá suprimento com água de chuva:** é o número de dias em que o volume do reservatório sustenta a demanda do sistema sem utilizar água de outra fonte de alimentação em períodos de estiagem. Segundo Tomaz (1998) apud May (2005), o número de dias de seca que será suprido com água da chuva é calculado da seguinte maneira: volume do reservatório / volume demanda.

### Verificação do volume do reservatório de água pluvial

Segundo Chu et al. (1999) apud May (2005), no aproveitamento de água de chuva o reservatório é o componente mais dispendioso do sistema. Sua capacidade de armazenamento influencia não somente o custo, mas também a capacidade de atendimento da demanda. Segundo Cheng (2000) apud May (2005), é extremamente importante fazer a análise do volume de água de chuva a ser coletado, para que o custo final não inviabilize o uso do sistema. Na figura 54 verifica-se o esquema de funcionamento de entradas e saídas de água do reservatório de acumulação.



Fonte: Cheng (2000) apud May (2005).

**Figura 54:** Balanço de entrada e saída de água da chuva no reservatório.

O quadro 17 mostra a planilha de verificação do volume do reservatório de água da chuva.

MESES	CHUVA MÉDIA MENSAL	DEMANDA MENSAL	ÁREA DE COLETA	COEFICIENTE DE RUNOFF	VOLUME DO RESERVATÓRIO	VOLUME DO RESERVATÓRIO T-1	VOLUME DO RESERVATÓRIO T	OVERFLOW	SUPRIMENTO
	mm	m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>		m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
JANEIRO									
FEVEREIRO									
MARÇO									
ABRIL									
MAIO									
JUNHO									
JULHO									
AGOSTO									
SETEMBRO									
OUTUBRO									
NOVEMBRO									
DEZEMBRO									

**Quadro 17:** Verificação do Volume do Reservatório de água de chuva (m<sup>3</sup>)

**Coluna 1 - Chuva média mensal (mm):** como mencionado anteriormente, é aconselhável a utilização dos índices pluviométricos mensais dos últimos 10 anos.

**Coluna 2 - Demanda mensal ( $m^3$ ):** é o volume de água potável que pode ser substituído por água pluvial.

**Coluna 2 - Área de coleta ( $m^2$ ):** soma das áreas destinadas a coletar água pluvial.

**Coluna 3 - Coeficiente de Runoff:** este coeficiente refere-se a perda de água por evaporação, vazamentos, lavagem do telhado.

**Coluna 4 - Volume do Reservatório ( $m^3$ ):** o volume do reservatório é obtido no cálculo anterior pelo método de Rippl. Pode-se também adotar um volume para o reservatório conforme necessidade de projeto e condições de local de instalação do sistema (MAY, 2005).

**Coluna 5 - Volume de chuva mensal ( $m^3$ ):** é o volume máximo de água pluvial que poderá ser coletado no intervalo de um mês. O volume máximo que pode ser armazenado é calculado pela equação 7, vista anteriormente.

**Coluna 6 - Volume no reservatório no início do mês ( $T - 1$ ) ( $m^3$ ):** é o volume de água do reservatório no início de cada mês. O primeiro mês é considerado zero, pois se supõe que o reservatório está vazio.

**Coluna 7 - Volume no reservatório no final do mês ( $T$ ) ( $m^3$ ):** é o volume de água da chuva no reservatório no final do mês.

**Coluna 8 - *Overflow* ( $m^3$ ):** relativo ao extravasamento de água do reservatório.

**Coluna 9 - Suprimento ( $m^3$ ):** água que pode vir do abastecimento público, de caminhão-tanque ou de outra procedência, caso o volume de água da chuva no reservatório não tenha atendido a demanda.

**Coluna 10 - Confiança no Sistema (%):** Segundo McMahon (1993) apud Tomaz (2003), a confiança no sistema é determinada pela equação 8:

$$Rf = (1 - Fr) \quad (08)$$

$$Fr = \frac{Nr}{n} \quad (09)$$

Onde:

$Rf$  = Confiança no sistema; (%)

$Fr$  = Falha no sistema; (%)

$Nr$  = Número de meses que o reservatório não atendeu a demanda;

$N$  = Número total de meses.

**Eficiência do Sistema (%):** Segundo McMahon (1993) apud Tomaz (2003), a eficiência do sistema é determinada pela relação entre o volume anual de água utilizada e o volume anual de chuva.

Depois de calculado o volume total do reservatório, faz-se a distribuição deste volume entre o reservatório inferior, que abriga 60% do volume total e o reservatório superior, que abriga 40% do volume de água pluvial. A água coletada armazenada no reservatório inferior é bombeada posteriormente ao reservatório superior, sendo que é a partir deste que a água é distribuída para o consumo. Ressalta-se que, os volumes de água não potável nunca devem ser misturados com os volumes de água potável.

#### 2.6.4 Sistema de Bombeamento

O sistema de bombeamento se faz necessário, pois a maioria dos reservatórios se localiza na parte inferior da edificação, e é através do sistema de bombeamento que a água chegará ao reservatório superior para posterior abastecimento. A seguir será mostrado como deve ser realizado o dimensionamento do sistema de bombeamento.

### 2.6.4.1 Determinação da vazão de recalque

De acordo com Pierezan (2005), para determinação da vazão de recalque utiliza-se a equação 10:

$$Q_{rec} = CD/NF \quad (10)$$

Onde:

$Q_{rec}$  = vazão de recalque ( $m^3/h$ );

$NF$  = número de horas de funcionamento da bomba;

$CD$  = consumo diário de água não potável ( $m^3/dia$ ).

### 2.6.4.2 Dimensionamento do Diâmetro de recalque e sucção

O diâmetro de recalque é calculado utilizando-se a fórmula de Forchmeir, que esta apresentada na equação 11:

$$D_{rec} = 1,3 \times \left( Q_{rec}^{1/2} \right) \times \left( x^{1/4} \right) \quad (11)$$

Onde,

$D_{rec}$  = diâmetro de recalque (m);

$Q_{rec}$  = vazão de recalque, converte-se o valor de  $Q_{rec}$  ( $m^3/h$ ) para ( $m^3/s$ );

$x$  = número de horas de funcionamento sobre 24 horas diárias, de acordo com a NBR 5626/98, adota-se o valor de 6 horas diárias.

Para o diâmetro de sucção adota-se um valor imediatamente superior ao dimensionado e estabelecido para o recalque.

### 2.6.4.3 Determinação da altura manométrica

A determinação da altura manométrica é imprescindível para o dimensionamento da bomba a ser utilizada no sistema de elevação, para tanto se utilizou de uma rotina de cálculos, a seguir apresentada:

$$H_{man} = H_{man.rec} + H_{man.suc} \quad (12)$$

Onde:

$H_{man}$  = altura manométrica total (m);

$H_{man.rec}$  = altura manométrica de recalque (m);

$H_{man.suc}$  = altura manométrica de sucção (m).

Altura manométrica de recalque:

$$H_{man.rec} = H_{rec} + \Delta H_{rec} \quad (13)$$

Onde:

$H_{rec}$  = o desnível entre a bomba e o ponto mais alto a ser atingido pelo recalque;

$\Delta H_{rec}$  = a perda de carga no recalque.

E, o cálculo da perda de carga no recalque é dado por:

$$\Delta H_{rec} = j_{rec} \times L_{trec} \quad (14)$$

Onde:

$j_{rec}$  = a perda unitária no recalque;

$L_{trec}$  = comprimento real da tubulação de recalque mais os comprimentos equivalentes.

Altura manométrica de sucção:

$$H_{man.suc} = H_{suc} + \Delta H_{suc} \quad (15)$$

Onde:

$H_{suc}$  = o desnível entre a bomba e a superfície do líquido;

$\Delta H_{suc}$  = a perda de carga na sucção.

E, o cálculo da perda de carga na sucção é dado por:

$$\Delta H_{suc} = j_{suc} \times L_{suc} \quad (16)$$

Onde:

$j_{suc}$  = a perda unitária na sucção;

$L_{suc}$  = comprimento real da tubulação de sucção mais os comprimentos equivalentes.

Com o valor da altura monométrica total e a vazão de recalque, determina-se o tipo e a potencia da bomba a ser utilizada.

### 2.6.5 Tubulações de distribuição da água pluvial

As tubulações de distribuição da água pluvial podem ser de PVC, aço galvanizado, ou cobre. E devem ser observadas as mesmas condições de dimensionamento adotadas para as tubulações de água fria potável, ou seja, devem ser concebidas e projetadas como condutos forçados em escoamento permanente e uniforme. Onde é realizado um balanceamento entre o diâmetro da tubulação, a vazão de projeto e as pressões necessárias, tendo em vista a carga disponível. Sendo necessário, que fiquem bem definidos os quatro parâmetros hidráulicos, ou seja: pressão; velocidade; perda de carga e a vazão. Como até o momento ainda não existe uma normalização específica para o dimensionamento destes sistemas deve-se adotar a NBR 5626/98 da ABNT.

## 2.7 Sistemas de filtragem e tratamento de águas pluviais

Há várias maneiras de alterar as características da água para torná-la compatível com as exigências do consumidor e da saúde pública. Essa possibilidade de tratamento ou de condicionamento da água é praticamente ilimitada do ponto de vista técnico, mas imperativos de ordem econômica, restringindo a sua execução (BRAGA et al., 2002).

O tratamento da água pode ser feito para atender a várias finalidades (BRAGA et al., 2002), tidas como:

- higiênicas: remoção de bactérias, protozoários, vírus e outros microorganismos, de substâncias tóxicas ou nocivas, redução do excesso de impurezas e de teores elevados de compostos orgânicos;

- estéticas: correção de turbidez, cor, odor e sabor;

- econômicas: redução de corrosividade, dureza, cor, turbidez, ferro, manganês, etc.

A seguir, estão descritos os principais processos de tratamento de água. Eles quase nunca são utilizados isoladamente, sendo muito freqüente a associação de vários processos (BRAGA et al., 2002). É importante ressaltar que o tipo de processo de tratamento está intimamente relacionado ao uso que se pretende dar a água não potável.

Dentre os processos existentes podemos citar os seguintes:

- **sedimentação ou decantação**: Sedimentação é um processo de separação em que a mistura é deixada em repouso. A fase mais densa, por ação da gravidade deposita-se no fundo do recipiente (WIKIPÉDIA, 2006). A sedimentação é eficiente na remoção da matéria em suspensão, dependendo do tamanho e da densidade das partículas existentes e do tempo disponível para o processo. Partículas grandes ou pesadas são removidas em um intervalo de tempo relativamente curto, enquanto mais tempo é exigido para materiais leves ou finamente divididos. Se a concentração dessas partículas não sedimentáveis for excessiva, este método sozinho não será eficiente e outros meios deverão ser empregados;

- **coagulação/floculação**: está é uma técnica de tratar a água com produtos químicos coagulantes, aplicados para agregar partículas dificilmente sedimentáveis em aglomerados

que podem ser retirados mais facilmente. Os aglomerados de material sólido resultantes, chamados flocos, são removidos por sedimentação, por filtração ou por ambas as operações;

- **desinfecção:** a desinfecção objetiva a destruição de organismos patogênicos, e é feita usualmente pela aplicação de cloro ou compostos de cloro. A desinfecção é a única etapa do tratamento especificamente destinada ao controle da qualidade bacteriológica;

- **remoção de sabor e odor:** muitos dos processos de tratamento permitem reduzir o sabor e o odor da água. Processos especiais de controle só são necessários quando existem problemas excepcionais. Alguns dos odores são efetivamente removidos por aeração. Outros podem requerer adsorção ou oxidação para um controle eficiente;

- **controle de corrosão:** esse controle é utilizado em alguns casos para remoção do excesso de dióxido de carbono (por exemplo, por aeração). Em outros casos, aumenta-se a alcalinidade da água pela aplicação de um produto químico alcalino, tal como a cal e o carbonato de sódio.

A etapa de tratamento está diretamente relacionada as etapas de transporte e armazenagem, pois depende da qualidade da água no momento da coleta e por quanto tempo será armazenada antes de ser utilizada.

Uma vez que a chuva contata uma superfície coletora como um telhado ela pode lavar muitos tipos de contaminadores para o tanque de armazenamento. Os contaminadores podem incluir bactérias, algas, protozoários, poeira, pólen, fezes de pássaros e suas penas, insetos mortos, etc (Texas Natural Resource Conservation Commission - TNRCC, 2005).

Os interesses da saúde a respeito da água da chuva incluem microorganismos tais como as bactérias, os salmonela, o *e-coli*, e os contaminadores tais como pesticidas e arsênico. Se a água da chuva coletada for usada na edificação para usos potáveis, deve ser filtrada e tratada de alguma maneira para matar microorganismos e remover os contaminantes. Se a água da chuva for utilizada para fins não potáveis, como a irrigação de jardins, as exigências do tratamento podem ser menos rigorosas ou não existentes, desde que a água pluvial atenda às normas e recomendações para os determinados fins em que for utilizada (TNRCC, 2005).

Nem o TNRCC nem o departamento de Saúde do Texas (TDH) regulam sistemas residenciais de água. É para o indivíduo regular seu próprio sistema da água.

Todo material poroso, como por exemplo, a brita e o carvão ativado, são elementos filtrantes eficientes, sendo o carvão mais eficiente que a brita. (IPEMA, 2006).

Estes processos são os que a prefeitura das cidades e as concessionárias de água fazem com a água que todos consomem, captam água de rios poluídos e a tornam potável através de tratamentos químicos e filtros. Existem vários sistemas para revitalizar a água, alguns usam a oxigenação através de quedas de água, outros mais revolucionários, fazem a água circular em espirais em vários sentidos para adquirirem energia e com isto se vitalizam (IPEMA, 2006).

O aguapé (planta aquática) é usado para ajudar a filtrar as águas, estas plantas são eficientes e tem crescimento e reprodução rápida, é necessário só retirar os excessos de vez em quando (com até 80% de eficiência) (IPEMA, 2006).

A seguir alguns sistemas de filtragem que podem ser utilizados no sistema de aproveitamento de águas pluviais.

### **2.7.1 Filtro de areia**

Segundo Babbitt et al. (1973), a água ao passar pela areia, a matéria em suspensão e a matéria coloidal são quase completamente removidas, os componentes químicos são alterados e o número de bactérias é reduzido. Esses fenômenos são explicados tendo por base quatro ações: filtração mecânica, sedimentação e adsorção, efeitos elétricos e, em menor grau, alterações biológicas.

A filtração mecânica é responsável pela remoção de grandes partículas de matéria na superfície de areia. É, também, possível que partículas de qualquer tamanho sejam removidas próximo ou nos pontos de contato entre os grãos de areia, se ocuparem uma linha de fluxo bastante próxima a aqueles pontos. A remoção em tais pontos é descrita como filtração intersticial (BABBITT et al., 1973).

A sedimentação, a adsorção e a atração eletrostática contribuem para a remoção de algumas partículas pequenas de matéria em suspensão e de algumas bactérias. Os vazios entre os grãos de areia atuam como diminutas câmaras de sedimentação, nas quais as forças da gravidade terrestre, da atração gravitacional das partículas de matéria, e do magnetismo resultante de partículas vizinhas de matéria carregando cargas eletrostáticas desiguais, fazem as partículas em suspensão decantar sobre as paredes dos vazios. As partículas de matéria em suspensão aderem as paredes dos vazios, devido a camada gelatinosa previamente depositada pelas partículas que foram removidas da água (BABBITT et al., 1973).

A maior parte da ação filtrante num filtro lento de areia ocorre numa camada delgada de areia e de material depositado próximo ou na superfície do filtro. Num filtro rápido de areia, entretanto, a ação filtrante é distribuída em toda a profundidade do leito de areia, a maior parcela da ação filtrante ocorrendo na parte superior do filtro (BABBITT et al., 1973).

Um estudo, realizado por Sabioni (2001) apud Paula (2005) na cidade de Ouro Preto, teve como objetivo avaliar a eficiência de filtros de areia de baixo custo construtivo, como mostra o quadro 18, na redução do grau de contaminação microbiana e melhorar as características físicas da água, removendo a turbidez e partículas em suspensão. Os filtros foram montados domesticamente e instalados na saída das nascentes que alimentam alguns bairros da região metropolitana de Ouro Preto, Minas Gerais. A água coletada não possuía qualquer proteção, estando sujeita à contaminação microbiana por água de chuva. Neste caso chegou-se à conclusão de que os filtros reduziram os coliformes totais em até 57%, os coliformes fecais em aproximadamente 47% e a contagem de bactérias heterotróficas, que segundo a Portaria nº 518 do Ministério da Saúde, trata-se da determinação da densidade de bactérias que são capazes de produzir unidades formadoras de colônias (UFC), na presença de compostos orgânicos contidos em meio de cultura apropriada, sob condições pré-estabelecidas de incubação:  $35,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$  por 48 horas, em até 54%. Contudo, para atingir o padrão de potabilidade microbiológica recomendado pelo Ministério da Saúde, é necessária a desinfecção da água pela cloração. A montagem de um filtro de areia é de baixo custo e com materiais facilmente encontrados em depósitos de materiais de construção. O quadro

18 apresenta a relação do material, da quantidade e do custo estimativo para construção de um filtro.

Material	Quantidade	Custo (US*)
Tubo PVC DN 100	120 cm	3,34
Cap c/anéis de borracha (DN 100)	2 um	7,86
Flange rosqueado (DN 20)	2 um	1,93
Adaptador de manguera (DN 20)	2 um	0,39
Areia de filtro de piscina	7,5 l	3,47
Tecido acrílon	30 cm	0,96
TOTAL		14,95

\*US\$ - dólar cotado a R\$ 2,59.

Fonte: Sabioni (2001) apud Paula (2005)

**Quadro 18:** Relação do material e do custo para a montagem de um filtro de areia .

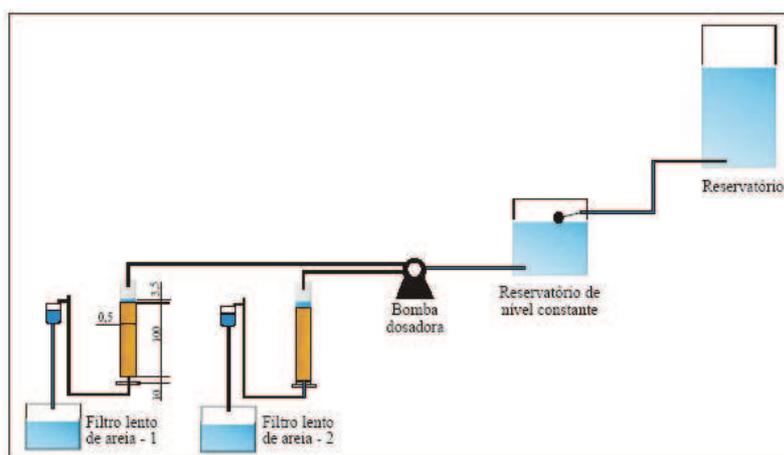
O filtro é montado dentro de um tubo PVC DN 100, adicionando-se os componentes na seguinte ordem: 10 cm de acrílon, 90 cm de areia e 20 cm de acrílon. O leito filtrante tem 120 cm de comprimento. Neste caso, a areia foi preparada da seguinte maneira (PAULA, 2005):

- a areia grossa foi peneirada em peneira de malha 5,4 mm;
- novamente peneirada em peneira 0,3 mm e utilizada a areia retida na peneira na montagem do filtro.

Após a montagem, é sugerido que o filtro seja desinfectado, repassando-se água contendo cloro na proporção de um litro de água sanitária para 10 litros de água. No caso da pesquisa realizada por Sabioni (2001) apud Paula (2005) foi estabelecida uma inclinação do filtro de 50% em relação ao solo. A cada três meses de uso, os filtros eram desmontados para efetuar a lavagem dos elementos filtrantes. Nesta ocasião, foi observada uma alteração nas colorações da areia e do acrílon, o que mostra a ajuda do filtro na melhoria na qualidade física da água, reduzindo a turbidez e partículas flutuantes.

No estudo realizado por Cezar et al. (2003) apud Paula (2005), com aplicação do filtro lento de areia para o tratamento da água do “ribeirão Contagem” e “córrego Paranoazinho”, que abastecem a cidade de Sobradinho/DF, as análises de coliformes totais para a água bruta indicavam valores superiores a 2419 NMP/100mL e de E. coli próximos a 15 NMP/100mL, para todas as análises. Após a filtração lenta os resultados de coliformes

totais relativos à água filtrada ficaram na faixa de 12 a 14 NMP/100mL e não foi detectada a presença de coliformes fecais. A Figura 55 mostra o esquema da instalação do filtro de areia.



Fonte: Cezar et al. (2003) apud Paula (2005).

**Figura 55:** Desenho esquemático da instalação piloto de filtração lenta.

## 2.7.2 Zonas Úmidas (Wetlands)

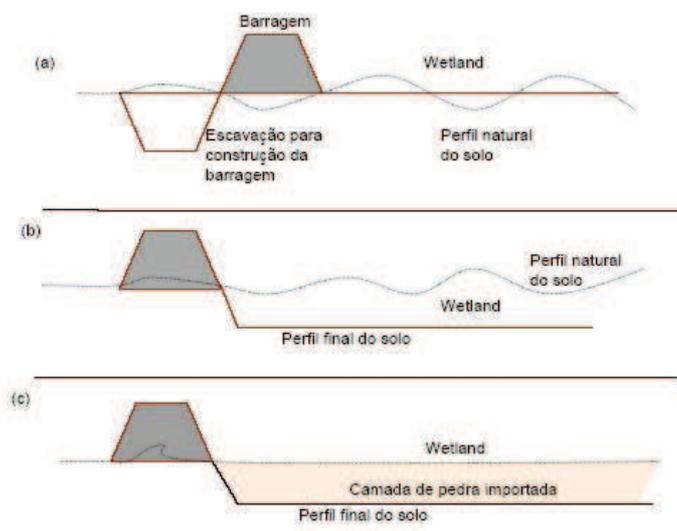
São solos onde a saturação da água é o fator dominante, determinando a natureza do solo e os tipos de comunidades de plantas e animais que vivem na sua superfície (COWARDIN, 1979 apud EPA, 2005). Variam de acordo com as diferenças regionais e locais dos solos, como topografia, clima, hidrologia, química da água, vegetação e outros fatores incluindo distúrbios humanos. As zonas úmidas são encontradas da Tundra aos Trópicos, e em todos os continentes, exceto na Antártica (EPA, 2005).

Com a finalidade de regular a limpeza da água, o termo *wetlands* significa: aquelas áreas que são inundadas ou saturadas pela superfície ou pela água do solo, a uma frequência e duração suficiente de suportar e que circunstâncias normais suportam, a prevalência de vegetações típicas adaptadas a vida em condições de solo saturado. *Wetlands* incluem pântanos e áreas similares (EPA, 2005).

As zonas úmidas podem ser classificadas de diversas formas dependendo do tipo de plantas, se são naturais ou construídas, e de seus objetivos (LAUTENSCHLAGER, 2001).

Segundo Kadlec e Knight (1996) apud Lautenschlager (2001), a construção planejada de *wetlands* constitui tecnologia relativamente recente. Tais *wetlands* procuram introduzir organismos com o objetivo principal de prover a melhoria da qualidade da água. Estes sistemas também têm sido utilizados como instrumentos importantes no controle de inundações e para a produção de alimentos.

*Wetlands* construídas para tratamento podem ser edificadas acima ou abaixo da superfície do solo existente, conforme apresentado na figura 56, o que envolve a necessidade de movimento de terra (LAUTENSCHLAGER, 2001).



**Legenda:**

- a) acima do terreno natural;
- b) abaixo do terreno natural;
- c) preenchida com camada de brita.

Fonte: Lautenschlager (2001)

**Figura 56:** Alguns exemplos de perfil do solo para construção de *wetlands*.

As *wetlands* podem ser projetadas e operadas para que exista uma quantidade adequada de água que permita o estabelecimento da vegetação. Porém, se a vazão de entrada for limitada ou se esta for variável no tempo, uma *wetland* construída para tratamento pode chegar a ponto de se tornar seca, impossibilitando a fixação da vegetação (LAUTENSCHLAGER, 2001).

De acordo com Lautenschlager (2001), quando é necessário proteger a qualidade da água do lençol freático, então são adicionadas camadas impermeáveis de solo ou de membranas geossintéticas. Tais camadas de solo são frequentemente constituídas de bentonita ou então se emprega mantas sintéticas de cloreto de polivinila (PVC) ou de polietileno de alta densidade (HDPE).

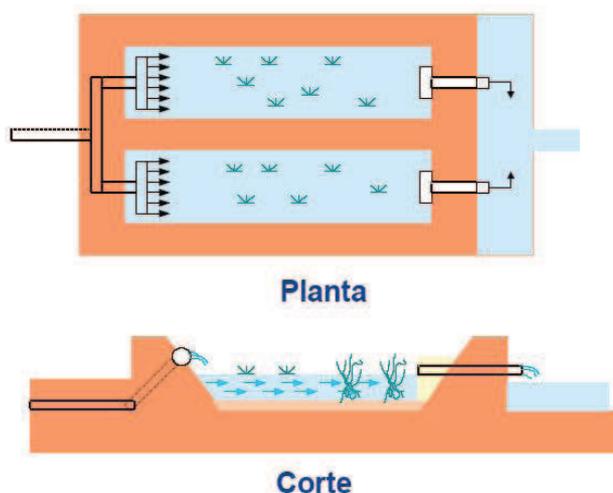
Um componente final para a formação do solo de uma *wetland* construída para tratamento é constituído por plantas apresentando propriedades de enraizamento adequadas. O solo tem que permitir amplas raízes para a estabilidade estrutural e nutrição das plantas. A maioria das plantas de *wetlands* apresentam um crescimento lento ou morrem quando colocadas em solos densos ou solos contendo pedras grandes e angulosas. Uma capa argilosa (tipicamente de 0,2 a 0,3 m de espessura) é recomendada para que as espécies vegetais prosperem (KADLEC; KNIGHT, 1996 apud LAUTENSCHLAGER, 2001).

Na seqüência são descritas três alternativas de *wetlands*: *wetlands* construídas apresentando fluxo superficial (FS) ou fluxo subsuperficial (FSS) e *wetlands* naturais apresentando fluxo superficial (KADLEC; KNIGHT, 1996 apud LAUTENSCHLAGER, 2001). Existem um grande número de variações de projeto para cada uma destas alternativas. Além destas três alternativas de *wetlands*, pode-se ainda combina-las entre si, ou com outras tecnologias naturais e criar sistemas híbridos que satisfaçam necessidades específicas. Cada alternativa tem vantagens e desvantagens para aplicações diferentes (LAUTENSCHLAGER, 2001).

#### **2.7.2.1 *Wetlands* de fluxo superficial (FS)**

Procuram reproduzir o comportamento de *wetlands* naturais, principalmente aquelas que apresentam fluxos superficiais rasos.

A figura 57 mostra as quatro características principais das *wetlands* deste tipo, as quais podem apresentar configurações distintas de: dispositivo de entrada de efluente, dique, plantas, dispositivo de saída do efluente.



Fonte: Kadlec e Knight (1996) apud Lautenschlager (2001)

**Figura 57:** Configuração típica de uma *wetland* de FS

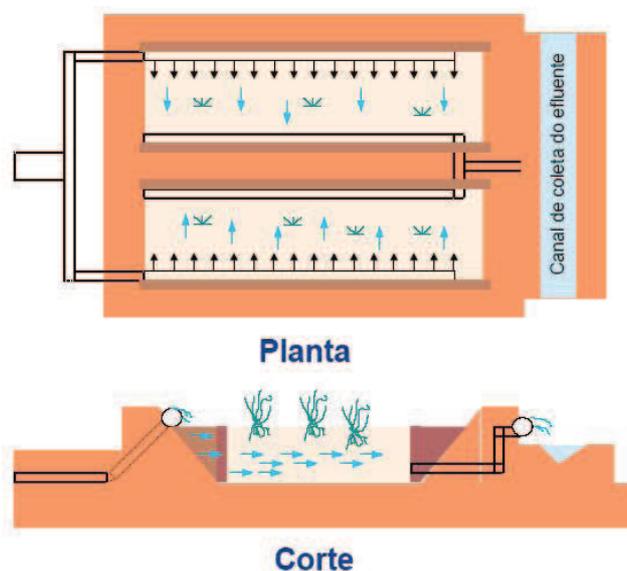
Os dispositivos de entrada de *wetlands* construídas são projetados de modo a se tentar otimizar o fluxo superficial do material afluente com relação a eficiência de tratamento (KADLEC; KNIGHT, 1996 apud LAUTENSCHLAGER, 2001).

As plantas são as principais responsáveis pela reciclagem de sais minerais e também funcionam para remover substâncias contendo metais pesados e compostos orgânicos tóxicos.

Os dispositivos de saída em *wetlands* construídas em fluxo superficial coletam a água superficial e a dirigem para jusante. Tais dispositivos são usados também para controlar o fluxo afluente (LAUTENSCHLAGER, 2001).

### 2.7.2.2 *Wetlands* de fluxo subsuperficial (FSS)

Tais sistemas tratam as águas residuárias passando-as através de meios porosos contendo raízes de plantas, por meio de fluxos horizontais ou verticais. Os componentes principais de uma *wetland* construída do tipo FSS são apresentados na figura 58, sendo eles: sistema de entrada do afluente, dique, o meio poroso, tipos de plantas, sistema de controle de saída do afluente (LAUTENSCHLAGER, 2001).



Fonte: Kadlec e Knight (1996) apud Lautenschlager (2001)

**Figura 58:** Configuração típica de uma *wetland* de FSS.

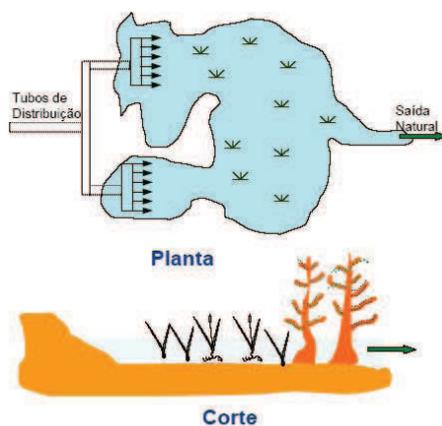
O sistema de entrada e a configuração do dique em *wetlands* construídas de FSS apresentam objetivos análogos aos das *wetlands* do tipo FS, porém eles são projetados de um modo diferente, pois a operação destes devem manter todo o fluxo subsuperficial, ou sua maior parte, através do meio poroso (LAUTENSCHLAGER, 2001).

### 2.7.2.3 *Wetlands* naturais

As *wetlands* naturais usadas para o tratamento de águas residuárias necessitam de um menor esforço do ponto de vista de projeto do que as *wetlands* construídas. Nas *wetlands* naturais somente o afluente a ser tratado é um dado de projeto, as outras variáveis de projeto são pré-fixadas. Do ponto de vista qualitativo *wetlands* naturais incluem os mesmos componentes que as *wetlands* construídas.

A figura 59 apresenta os principais componentes de um sistema de tratamento de *wetland* natural, sendo eles: sistema de entrada do afluente, área submersa da *wetland*, vegetação natural, meio poroso, sistema de saída do afluente.

A distribuição do fluxo de entrada em *wetlands* naturais pode afetar a eficiência de remoção de poluentes. Isto pode ocorrer devido a caminhos preferenciais onde ocorre redução do tempo de detenção hidráulico. Podem ser incluídas estruturas de saída em *wetlands*, porém, na maioria dos casos, é viável manter a configuração do fluxo natural de saída.



Fonte: Kadlec e Knight (1996) apud Lautenschlager (2001)

**Figura 59:** Configuração típica de uma *wetland* natural.

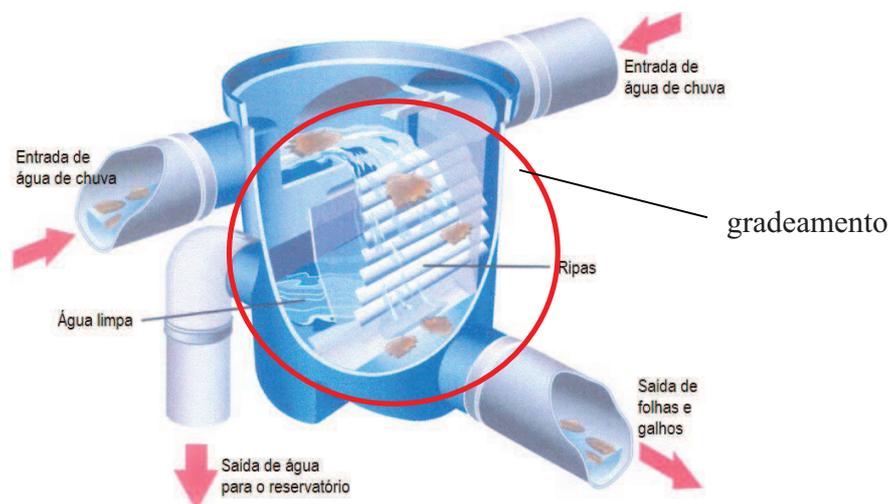
Embora existam diferenças entre estes três sistemas de *wetlands*, é possível verificar algumas semelhanças. Uma semelhança é o custo de construção, pois o mesmo é diretamente relacionado a intensidade do fluxo afluyente e a taxa projetada de remoção de poluentes para ambos os sistemas.

Os projetos dos sistemas construídos devem ser, na sua maioria, suficientes para alcançar as metas de tratamento, porém para isto os projetos devem ser mais seguros do ponto de vista de remoção de poluentes, o que pode aumentar substancialmente os custos de construção, pois as áreas devem tornar-se maiores.

### 2.7.3 Filtro VF1 (3P Technik)

O filtro 3P Technik, além de ser considerado um separador de material grosseiro, funciona indiretamente como um sistema de descarte, mesmo que não seja o desejado. A forma de seu gradeamento assemelha-se a de um vertedouro, assim grande parte da água segue

juntamente para a saída das folhas e galhos. A Figura 60 ilustra o gradeamento interno do separador de partículas grosseiras.



Fonte: Construkell (2005).

**Figura 60:** Detalhe do gradeamento do VF1.

O filtro VF1 funciona da seguinte maneira: a água de chuva, ao chegar ao filtro, é "freada" na depressão superior, de onde desce e entra nos vãos entre as ripas da cascata, por força do desenho especial das mesmas. A limpeza preliminar se dá pelo desenho das ripas da cascata. A sujeira mais grossa (folhas, etc.) passa por cima dos vãos e vai direto para a galeria pluvial ou esgoto. A água de chuva, já livre das impurezas maiores, passa então pela tela (malha de 0,26mm) abaixo da cascata. Esta tela, por suas características especiais, força a sujeira fina a ir para a canalização (isto é, ela é auto-limpante). Assim, os intervalos entre uma manutenção e outra são maiores. A água limpa é conduzida para o reservatório. A sujeira eliminada pela filtragem cai para a tubulação pluvial (CONSTRUKELL, 2005). Segundo Paula (2005),

“O sistema 3P Technik se considerado como um separador de folhas e descarte das primeiras águas atende bem estas propostas antes de armazenar as primeiras chuvas. Contudo, não pode ser considerado como um filtro de melhoria da qualidade da água, em se tratando principalmente de parâmetros químicos e bacteriológicos, pois o mesmo só realiza um gradeamento de partículas mais grosseiras. Além disso, foi observado que o sistema 3P Technick, em um curto espaço de tempo, ficou parcialmente colmatado. Fato este que ocasionou o descarte de uma parcela de água potencialmente utilizável. Sugere-se que a limpeza deste componente seja realizada pelo menos uma vez ao mês durante o período chuvoso”.

#### **2.7.4 Filtro 3P Rainus**

O filtro 3P Rainus, mostrado na figura 61, não serve somente para sistemas de aproveitamento da água de chuva, mas também como separador de folhas, de lama, e de areia, ele mantém os tubos de água livre de sedimentos e evita entupimentos em tubos verticais. A diferença deste filtro é que ele pode simplesmente ser inserido no tubo vertical sem que influencie o fluxo de água, como mostra a figura 62. Impurezas são jogadas para fora na frente do filtro. Aqui se aproveita outra vez o princípio consagrado de filtração do VF 1. Assim o controle do bom funcionamento é meramente visual: quando sair junto com as sujeiras mais água do que normal, é hora de promover a limpeza da tela removível. Ele promove filtração segura e eficiente para sistemas de aproveitamento da chuva, sistemas de percolação no subsolo, sistemas de retenção temporária, lagos e saídas para áreas abertas

como gramados e o fim dos entupimentos em tubos de descida, caixas de areia e de lama ou de calhas pluviais no chão, etc. (TECHNIK, 2005).



Fonte: Technik (2005)

**Figura 61:** Filtro 3P Rainus



Fonte: Technik (2005)

**Figura 62:** Localização do Filtro 3P Rainus

### 2.7.5 Outros tipos de filtro

O sistema de filtragem chamado de “Aqua Sure”, muito utilizado para a água da chuva nos Países Baixos, transforma a qualidade da água da chuva em água potável. Com o armazenamento da água da chuva e o processo subsequente, estes sistemas oferecem possibilidades de construir sistemas públicos de água potável para as comunidades e às vilas menores menos na área doméstica. Estes sistemas são projetados principalmente para as regiões, que não dispõem de uma infra-estrutura de água potável. A figura 63 mostra o sistema de tratamento da água, que passa por etapas como pré-filtração, adsorção, troca de íon e desinfecção. A capacidade do aparelho é de 40 l/hora. Esta quantidade sendo igual à necessidade diária de uma família (SPERFELD, 2005).

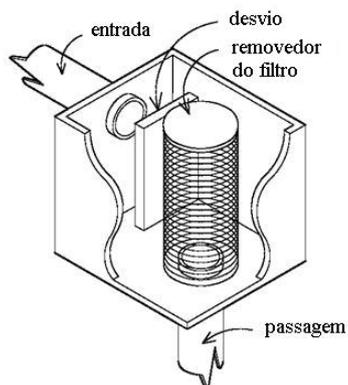


Fonte: Sperfeld (2005)

**Figura 63:** Filtro para tratamento de água da chuva, denominado “Aqua Sure”.

Outro tipo de filtro é o utilizado no Texas, localizado antes do reservatório, filtra partículas pequenas e folhas. O filtro consiste em um tanque, com capacidade de 30 a 50 litros (KRISHNA, 2005).

O filtro deve estar sempre limpo, pois sem manutenção apropriada obstrui e restringe o fluxo da água da chuva. O filtro mostrado na figura 64 é disponível comercialmente em material de fibra de vidro.



Fonte: Sperfeld (2005)

**Figura 64:** Filtro de fibra de vidro.

Além dos filtros, as vezes é necessário a utilização de dispositivos de retenção de partículas sólidas, segundo Hernandes e Amorim (2004), dispositivo de retenção de partículas sólidas é composto por dois elementos, um em malha metálica (abertura 0,83 mm, fio 0,23 mm) para retenção de detritos maiores e outro em manta de geotêxtil com gramatura de 130 g/m<sup>2</sup>, para retenção de finos. A figura 65 mostra o sistema utilizado.



Fonte: Hernandes e Amorim (2004)

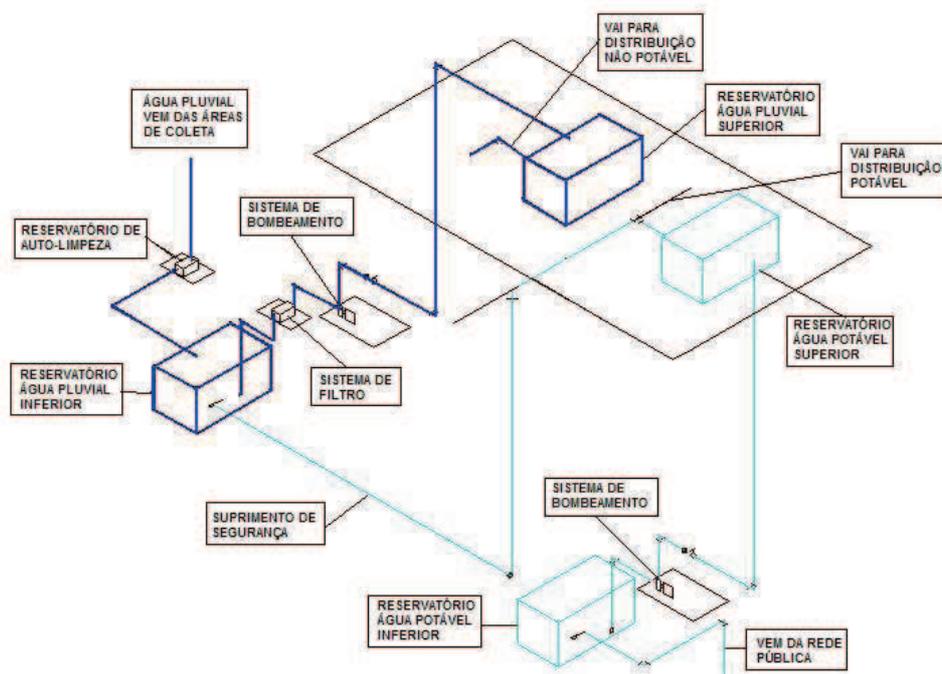
**Figura 65:** Sistema de retenção de partículas sólida.

Este tipo de separador apresentado por Hernandez e Amorim (2004) auxilia na retenção de partículas em suspensão. O que deve ser observado é o processo de colmatação, ou seja, a obstrução das aberturas das malhas. Por esse motivo, a manutenção deve ser feita pelo menos uma vez ao mês, principalmente, no início do período chuvoso, pois há a lavagem da sujeira do telhado.

## **2.8 Interligação entre os abastecimentos de água potável e água pluvial**

Conforme o uso pretendido para as águas pluviais, torna-se necessário a previsão de uma fonte de água potável para os períodos de estiagem. Em geral esta preocupação torna-se imprescindível quando as águas pluviais abastecem as descargas as bacias sanitárias, ou para lavagem de algum tipo de utensílio no interior das edificações. Uma das maiores preocupações que se deve ter nesta situação é a de evitar que possa ocorrer a contaminação entre o reservatório e/ou a rede urbana de abastecimento de água potável com a água pluvial.

Pierezan (2005) fez uma proposta para solução deste problema que consiste na interligação entre o reservatório de água pluvial e o de água fria, ou seja, quando o nível da água pluvial baixa no reservatório inferior, um sensor de nível aciona a entrada de água potável do reservatório superior para o reservatório inferior de água pluvial. A figura 66 mostra o esquema da instalação.



Fonte: Pierezan. (2005).

**Figura 66:** Interligação do Sistema de água potável com o de água pluvial.

Neste capítulo foram vistas as etapas necessárias para a formulação da metodologia, a qual será comprovada através da sua aplicação nos estudos de caso. O próximo capítulo trata da estruturação de uma metodologia para ser utilizada nos estudos de caso.

### 3 METODOLOGIA DA PESQUISA

#### 3.1 Considerações Gerais

A figura 67 mostra como foi organizado o desenvolvimento da metodologia desta pesquisa, englobando a seqüência entre este desenvolvimento a apresentação e análise dos resultados seguindo da conclusão do trabalho. A metodologia foi baseada no levantamento bibliográfico e validada através da aplicação nos estudos de caso.

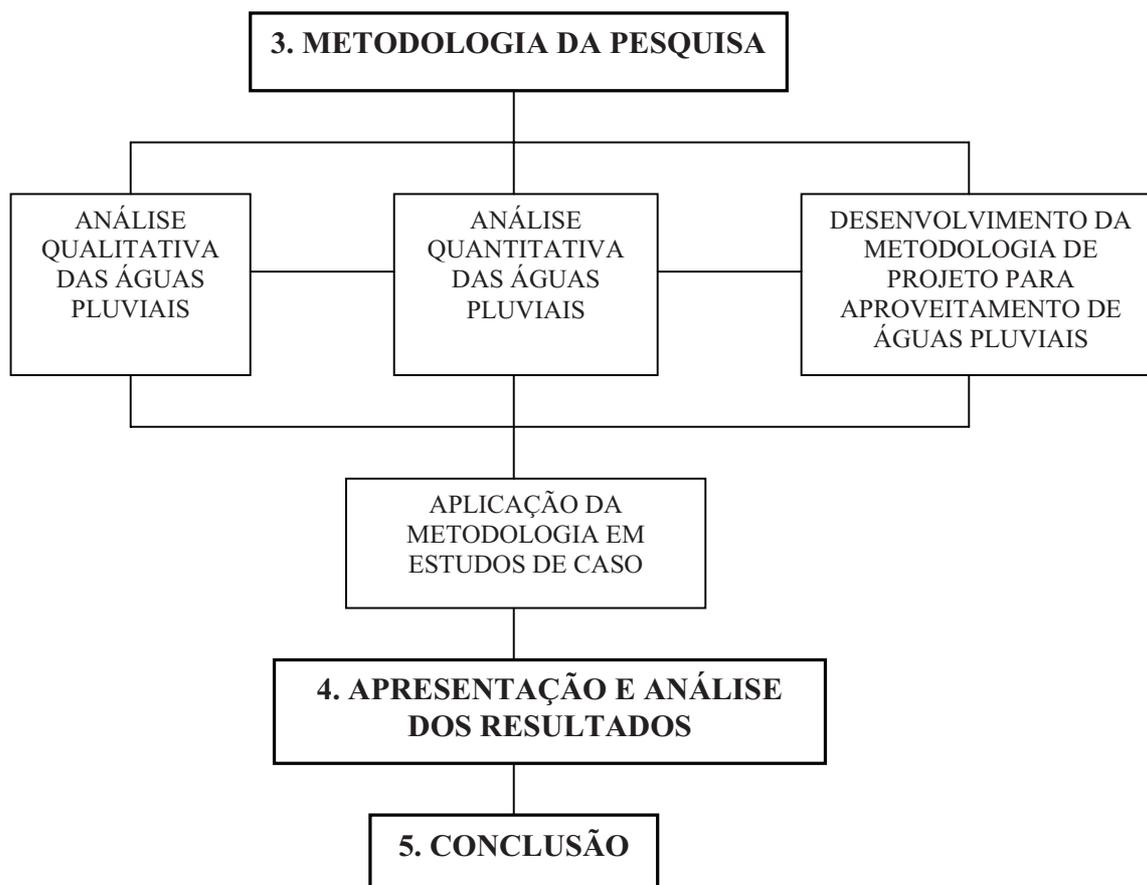
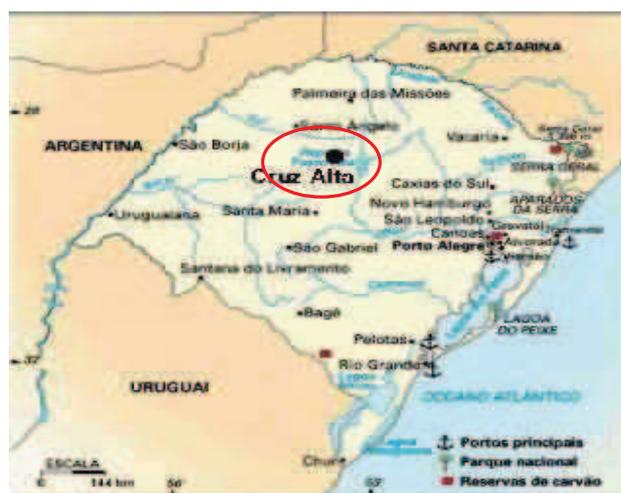


Figura 67: Fluxograma da Metodologia da pesquisa.

### 3.2 Local de desenvolvimento da pesquisa

O desenvolvimento da pesquisa ocorreu na Cidade de Cruz Alta, que se situa no Rio Grande do Sul, em uma região denominada Planalto Médio, conforme figura 68, com população de 68.063 habitantes (IBGE, 2004).



Fonte: IBGE, 2004

**Figura 68:** Localização da Cidade de Cruz Alta no RS.

O Município de Cruz Alta/RS apresenta alguns rios de importância, como o rio Jacuí, em sua fronteira Oeste, que possui elevado potencial hidroelétrico que já vem sendo devidamente explorado. Existem outros rios permanentes, mas de pequeno vulto e importância, tais como: Ivaí, Cambará e Conceição. Não obstante, diversos arroios e córregos cortam o Município e a cidade situa-se exatamente em cima de um importante divisor de águas: o das bacias dos rios Uruguai e Jacuí.

A rede de abastecimento de água atende aproximadamente 22.763 economias, ou seja, 97,34% das edificações. O consumo médio mensal de água é de 133.589 m<sup>3</sup>, totalizando uma média de 150 litros/dia (CORSAN, 2005).

O saneamento básico é um problema no município, somente a área central da cidade possui rede de esgoto atendendo apenas 4.406 economias, ou seja, 13,54% das edificações. A ETE (Estação de Tratamento de Esgoto) foi fundada em 1999 e funciona utilizando 60% de sua capacidade, possuindo capacidade de 100 litros/segundo, porém utilizando somente 18 litros/segundo. A ETE é denominada “ETE Ana Terra Oeste”, ela possui duas lagoas, a

1º é anaeróbia e tem 1/5 ha, a 2º é facultativa e possui 3/5 ha. O tempo de retenção é de aproximadamente 50 dias. O município possui um projeto para mais 4 lagoas de estabilização. (CORSAN, 2005).

A maioria das residências liga o esgoto sanitário ao sistema pluvial ou despejam diretamente nas diversas sangas e córregos espalhadas pela cidade. Algumas economias ligam a água pluvial na rede de esgoto, o que prejudica seu tratamento. Em dias de muita chuva, observa-se um aumento da vazão de 18 litros/segundo para aproximadamente 60 litros/segundo na ETE (CORSAN, 2005).

Para Cruz Alta, ou qualquer outra cidade da região, é de extrema importância o aproveitamento de águas pluviais, pois ao se utilizar está água para fins denominados de “menos nobres”, está se economizando água tratada, ou seja, gerando uma economia de energia, água potável, mão de obra, etc. Como exemplo de aplicação do sistema de aproveitamento de água pluvial, este trabalho aplica a metodologia estruturada em três tipologias de edificações distintas, ou seja, residência unifamiliar, condomínio vertical e posto de combustível. Estas tipologias serão denominadas de amostras e estão descritas a seguir.

### **3.3 Determinação das amostras**

Esta pesquisa visa contribuir para a estruturação de uma metodologia de projeto para os sistemas de aproveitamento de águas pluviais, pois comprova a viabilidade ambiental da utilização de águas pluviais para fins não potáveis, em edificações residenciais e comerciais, na rega de jardins, descarga em bacias sanitárias, lavagem de calçadas e automóveis.

Muitas economias despejam suas coletas de águas pluviais nas redes de esgoto, o que dificulta o processo de tratamento da ETE. Ao aproveitar a água pluvial, esta deixará de ser encaminhada a ETE, deixando de comprometer a eficiência do processo. Além de suprir as necessidades para os fins não potáveis.

Para a escolha das amostras buscou-se uma semelhança entre os usos das edificações. Sendo assim, optou-se pelas seguintes tipologias: residencial unifamiliar, condomínio vertical e posto de combustível, pois estas são as mais comuns na cidade analisada.

As análises foram realizadas em uma amostra de cada tipologia, totalizando três amostras, tendo como restrição para sua escolha, pertencerem à zona central da cidade de Cruz Alta/RS e que necessitassem atender aos usos propostos anteriormente (rega de jardins, descarga em bacias sanitárias, lavagem de calçadas e automóveis).

No caso deste estudo, foram utilizadas somente águas pluviais para fins não potáveis. Foram realizadas análises qualitativas das águas coletadas nestas amostras, as quais deverão dar parâmetros para a determinação do tipo de tratamento que a água coletada deverá passar antes da sua utilização, de forma a evitar problemas de saúde para seus usuários.

### **3.4 Análises quantitativas das águas pluviais**

Existem alguns parâmetros que devem ser considerados no momento de se analisar a quantidade de água pluvial capaz de ser utilizada na implantação do sistema, como também a quantidade de água não potável necessária para cada uma das utilizações. A seguir são descritos os mais importantes.

#### **3.4.1 A intensidade pluviométrica da cidade de Cruz Alta**

A intensidade pluviométrica ou simplesmente precipitação é um dos principais parâmetros que devem ser considerados na implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais. No quadro 19 pode-se observar a intensidade pluviométrica para a cidade de Cruz Alta/RS nos últimos trinta anos, pois é através dessa média mensal que se irá dimensionar o sistema de utilização de águas pluviais.

Ano/mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1974	93,00	145,00	66,80	42,60	119,30	206,00	51,70	136,10	32,50	55,40	124,60	263,20
1975	181,20	156,20	225,10	86,40	66,00	181,70	50,10	230,60	177,60	134,20	152,60	93,40
1976	242,40	92,10	136,10	67,00	111,70	73,40	90,20	143,10	162,30	71,90	185,30	123,00
1977	160,20	132,70	103,00	68,60	71,00	154,80	208,00	110,70	108,70	103,80	125,50	90,60
1978	58,50	68,60	63,80	21,40	41,10	154,00	262,00	104,50	54,10	72,50	152,90	73,70
1979	25,20	160,70	62,40	230,10	119,30	52,10	134,10	127,10	229,60	364,70	84,00	269,20
1980	63,10	26,20	144,80	84,60	196,00	60,10	121,80	128,30	97,10	237,60	246,30	176,80
1981	116,60	236,00	88,00	63,60	19,80	105,80	25,20	46,10	201,20	43,30	178,00	138,80
1982	22,10	162,60	43,50	36,70	105,50	229,40	160,80	236,10	197,10	196,80	448,40	88,60
1983	148,20	261,50	187,90	386,40	336,50	126,00	392,70	179,00	118,80	174,10	70,40	61,90
1984	399,40	88,00	83,40	187,40	300,00	215,30	177,00	171,20	218,80	183,00	89,70	60,00
1985	27,20	253,60	218,00	188,10	213,80	196,60	148,00	274,50	218,70	44,50	4,90	30,80
1986	116,60	173,70	180,60	249,70	205,50	236,80	29,60	179,20	156,60	171,50	431,70	49,20
1987	294,40	164,40	45,60	385,10	149,50	112,20	296,10	92,30	198,20	183,90	136,60	42,60
1988	166,10	41,70	96,60	169,50	38,00	88,80	32,10	21,90	363,30	151,20	127,40	61,00
1989	197,20	54,10	200,70	103,30	34,50	129,20	113,60	246,00	394,30	131,20	88,00	233,60
1990	162,10	130,00	151,30	279,50	202,00	194,60	71,10	40,30	237,60	228,20	186,80	88,20
1991	61,10	21,40	37,20	116,40	19,40	297,50	90,10	77,30	56,80	74,30	46,10	197,60
1992	175,00	222,00	165,60	127,00	341,70	130,70	128,80	120,10	186,90	186,50	120,40	116,40
1993	202,30	34,80	169,20	80,40	295,80	94,60	211,30	11,30	86,60	127,30	294,20	305,70
1994	69,20	275,30	102,50	262,40	167,00	190,00	266,40	85,40	157,40	261,00	188,80	167,40
1995	170,60	83,90	125,90	31,90	32,40	113,30	131,90	40,60	106,60	163,30	33,60	45,20
1996	320,60	207,30	101,20	125,40	70,10	118,80	98,80	175,30	49,70	196,90	77,10	142,00
1997	201,10	103,40	55,70	66,00	113,50	164,90	66,20	131,90	123,30	510,20	349,30	275,10
1998	226,50	380,70	115,20	300,40	106,00	125,50	123,60	182,00	161,50	153,70	25,30	137,10
1999	73,50	98,00	75,15	155,80	137,00	140,60	213,40	26,80	211,00	179,90	85,10	74,60
2000	130,00	119,70	284,10	132,30	62,90	192,80	90,10	97,80	122,20	218,30	133,20	200,10
2001	284,80	140,80	108,00	72,00	144,00	202,00	211,00	83,50	95,60	276,00	119,60	59,05
2002	154,00	67,10	163,60	191,20	270,00	186,70	297,60	233,50	268,10	461,70	183,70	349,20
2003	156,90	139,00	129,95	149,40	64,10	89,90	145,50	54,40	84,30	192,60	150,06	253,90
2004	57,00	45,30	77,10	104,02	119,60	107,00	148,60	50,80	152,70	133,40	193,70	83,60
<b>MÉDIA</b>	<b>168,40</b>	<b>147,96</b>	<b>131,31</b>	<b>157,40</b>	<b>147,34</b>	<b>161,07</b>	<b>158,19</b>	<b>132,33</b>	<b>173,42</b>	<b>195,96</b>	<b>166,66</b>	<b>150,05</b>

Fonte: EMATER – Cruz Alta, 2005 (dados em milímetros)

### Quadro 19: Precipitação média mensal nos últimos 30 anos.

Com estes dados calcula-se a média anual em mm/h.

### 3.4.2 Análise do consumo de água

Conforme já foi mencionada anteriormente, esta pesquisa trabalhou com três tipologias distintas que possuem alguns usos comuns entre si, sendo elas: residencial unifamiliar, condomínio vertical e posto de combustível.

O quadro 20 mostra as utilizações de água pluvial em cada tipologia e o quadro 21 mostra os principais parâmetros que se deve considerar para quantificar o consumo de água por atividade.

Usos	Rega de Jardins	Lavagem de Calçadas	Lavagem de Automóveis	Bacia Sanitária
Residência Unifamiliar	X	X	X	X
Condomínio Vertical	X	X		X
Postos de Combustíveis		X	X	X

**Quadro 20:** Utilização de água pluvial em cada tipologia.

Usos:	Parâmetros para quantificar o consumo:
Rega de jardins	- Número de lavagens por mês - Consumo de água por m <sup>2</sup> - Área do jardim
Lavagem de calçadas	- Número de lavagens por mês - Consumo de água por m <sup>2</sup> - Área a ser lavada
Lavagem de Automóveis	- Quantidade de automóveis a serem lavados - Quantidade de água para lavar cada automóvel
Bacia Sanitária	- Quantidade de pessoas na edificação. - Consumo por tipo de edificação

**Quadro 21:** Parâmetros para quantificar o consumo de água por atividade.

### 3.4.2.1 Rega de jardim

Para determinar o consumo mensal para rega de jardins foi utilizado o parâmetro de 0,8 litros/dia/m<sup>2</sup>, sendo este valor multiplicado pela área a ser regada e multiplicada também pelo número de dias do mês, neste caso foi adotado o número de 30 dias. Sendo assim:

$$\text{Consumo mensal rega jardim (L/mês)} = \text{Área (m}^2\text{)} \times 0,8 \text{ litros/dia/m}^2 \times 30 \text{ dias}$$

### 3.4.2.2 Lavagem de calçadas

A determinação do consumo mensal para lavagem de calçadas foi baseada numa média de 2 lavagens por mês, sendo o consumo de 3 litros/dia/m<sup>2</sup>, multiplicada pela área a ser lavada, ou seja:

$$\text{Consumo mensal lavagem calçadas (L/mês)} = \text{área (m}^2\text{)} \times 2 \text{ vezes/mês} \times 3 \text{ litros/dia/m}^2$$

### 3.4.2.3 Lavagem de automóveis

Para lavagem de automóveis foi considerado uma média de 100 litros por lavagem, multiplicado pelo número de veículos a serem lavados.

$$\text{Consumo lavagem de automóveis (L/mês)} = n^{\circ} \text{ automóveis/mês} \times 100 \text{ litros/automóvel}$$

### 3.4.2.4 Bacia Sanitária

Para a determinação do consumo das bacias sanitárias, primeiro é necessário realizar o cálculo da população da edificação em análise.

#### a) Cálculo da População

Para determinar o cálculo da população temos:

- Edificação residencial unifamiliar: 2 pessoas por dormitório
- Edificação comercial: 1 pessoa/7 m<sup>2</sup>
- Posto de combustível/locadora: número de funcionários que atendem o local

Depois de determinado a população, é necessário separar o consumo da bacia sanitária em:

- Consumo residencial bacia sanitária: 5 vezes/dia x litros/descarga x 30 dias (mês)
- Consumo comercial bacia sanitária: 3 vezes/dia x litros/descarga x 22 dias (dias úteis mês)

Para a obtenção do consumo mensal das edificações em estudo, é necessário calcular cada consumo. A soma de todos os consumos, bacia sanitária, lavagem calçadas, rega de jardins e lavagem de automóveis é que fornecerá parâmetros para o dimensionamento do reservatório e demais equipamentos que compõe o sistema de aproveitamento de águas pluviais.

### **3.5 Análise qualitativa das águas pluviais**

Alguns parâmetros devem ser levados em consideração do momento da utilização de águas pluviais, pois é através destes que se poderá determinar o tipo de sistema de tratamento que deverá ser dado para a água pluvial a ser utilizada. A seguir estão expostos alguns destes parâmetros.

#### **3.5.1 Parâmetros analisados**

Para a análise dos parâmetros qualitativos das águas pluviais, foram realizadas duas coletas, em duas estações do ano, outono e inverno, para posterior análise em laboratório, visando a possibilidade de utilização destas águas. As análises físico-químicas e microbiológicas das águas foram enviadas para os laboratórios da Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade de Passo Fundo – UPF: LACE - Laboratório de Análise de

Controle de Efluentes, Laboratório de Microbiologia e Laboratório de Águas, e os parâmetros analisados foram:

- DQO (Demanda Química de Oxigênio);
- DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio);
- Sólidos Totais;
- pH (Potencial de Hidrogênio);
- Nitrato;
- Ferro;
- Contagem de Bactérias Heterotróficas;
- Coliformes Fecais e Totais

As análises de chumbo foram realizadas no Laboratório Toximed – Laboratório de Análises Toxicológicas, Monitoramento Biológico e Ambiental, localizado na Cidade de Passo Fundo/RS.

No capítulo 4, será abordada a metodologia elaborada através da revisão de literatura, bem como sua aplicação nos estudos de caso.

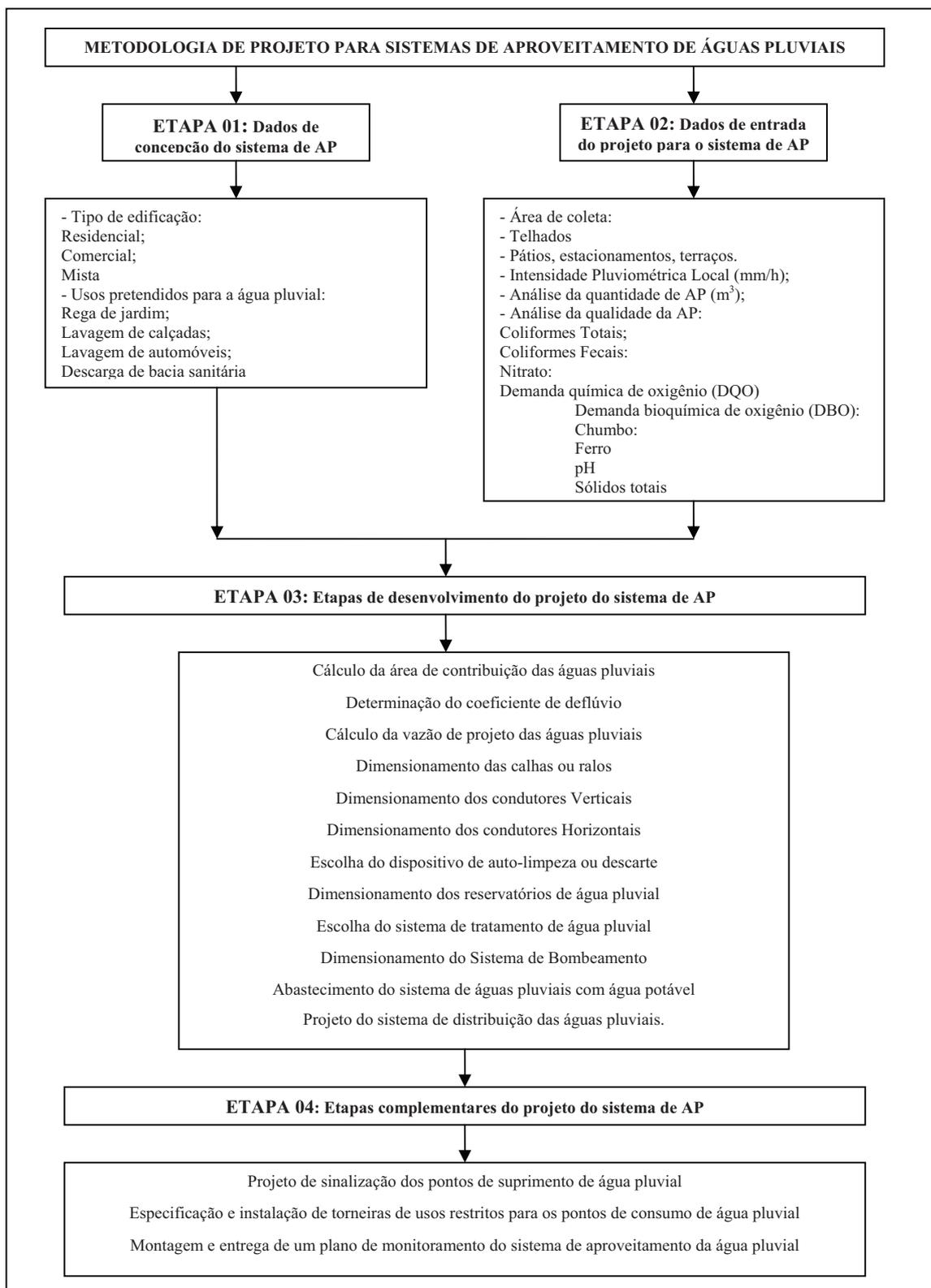
## **4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS**

### **4.1 Metodologia de projeto para sistemas de aproveitamento de águas pluviais**

No fluxograma da figura 69 está apresentada a seqüência de desenvolvimento de um projeto de sistemas de aproveitamento de águas pluviais, baseado nas referências bibliográficas e nas análises qualitativas e quantitativas empregada nesta pesquisa.

A seguir, são descritos como cada um dos passos foram realizados nos estudos de caso, para cada uma das etapas de desenvolvimento do projeto de sistemas de aproveitamento de águas pluviais.

A metodologia é composta por quatro etapas: dados de concepção do sistema de AP, dados de entrada do projeto para o sistema de AP, etapas de desenvolvimento do projeto do sistema de AP e etapas complementares do projeto do sistema de AP. As três primeiras etapas da metodologia são desenvolvidas nesta pesquisa, a quarta etapa é considerada uma sugestão para trabalhos futuros.



**Figura 69:** Metodologia de projeto para sistemas de aproveitamento de águas pluviais.

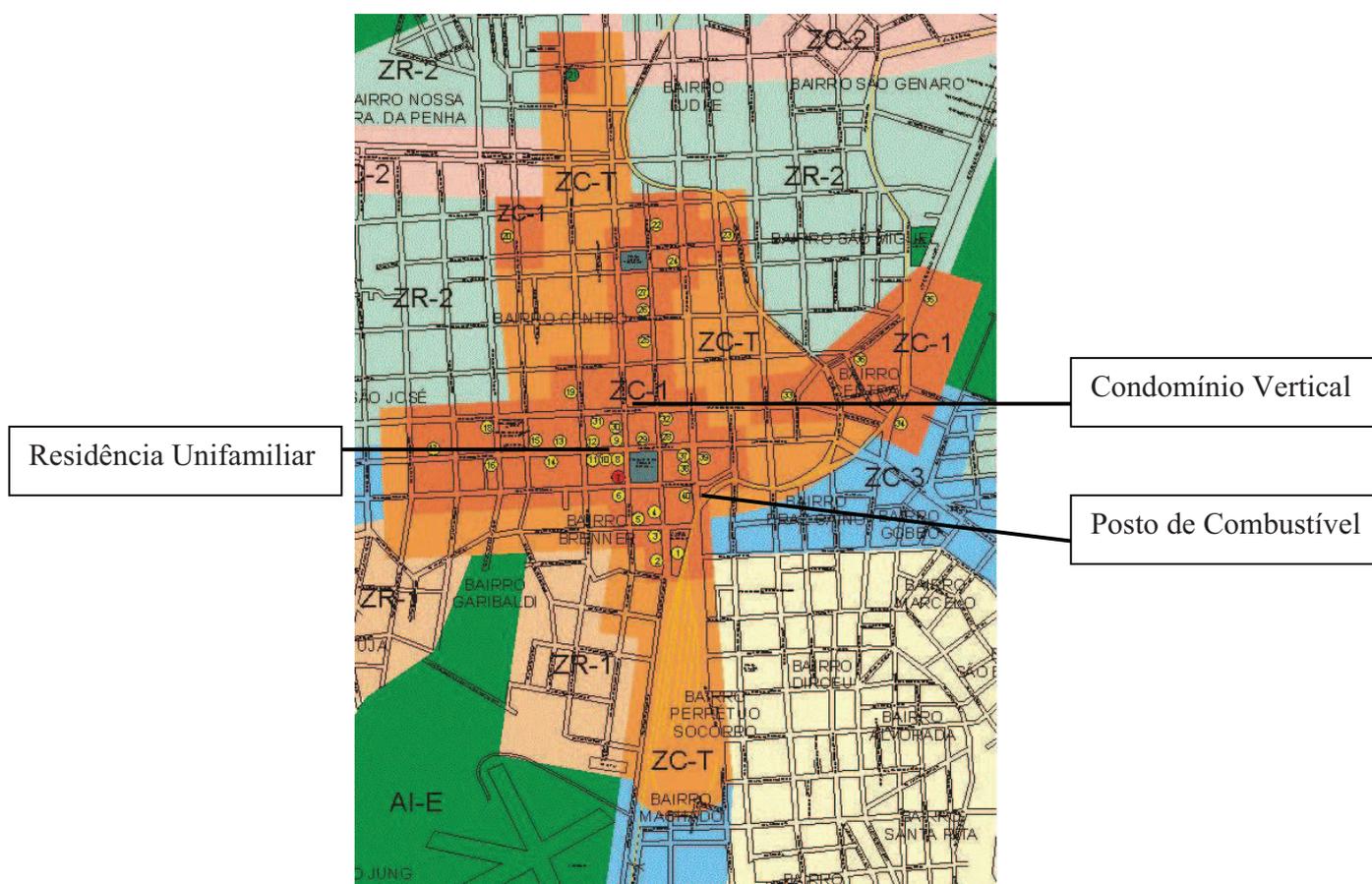
Para alcançar os objetivos pretendidos com esta pesquisa, após a estruturação da metodologia para o desenvolvimento de projetos de sistemas de aproveitamento de águas pluviais, esta foi validada através da aplicação em três estudos de caso. Para tanto foram escolhidas três tipologias e selecionada uma amostra de cada um dos tipos.

As amostras foram selecionadas de acordo com sua tipologia e sua localização no município. A preferência foi à escolha de amostras localizadas na região central da cidade, que “teoricamente” poderiam conter maiores problemas quanto à análise qualitativa da água, devido a fatores como a poluição, presença de animais, folhas, etc.

Dessa forma então, foram analisadas as águas pluviais dos seguintes tipos de edificações:

- Residência Unifamiliar;
- Condomínio Vertical Misto;
- Posto de Combustível.

Na figura 70 pode-se observar a localização das amostras dentro da cidade de Cruz Alta/RS, onde foi desenvolvida a pesquisa.



**Figura 70:** Região central da cidade de Cruz Alta com a localização das amostras

#### 4.2 Apresentação e caracterização das amostras

A seguir são apresentadas as principais características de cada uma das amostras, indicando também os horários das coletas que foram enviadas para análise.

#### **4.2.1 Amostra 1 – Residência Unifamiliar**

Esta amostra consta de uma residência unifamiliar, com cobertura de 185,65 m<sup>2</sup>, situada em região central da cidade. Os dados foram coletados da seguinte forma:

Dados da 1º coleta: o horário de coleta foi às 9:50 do dia 13 de Junho de 2005.

Dados da 2º coleta: o horário da coleta foi às 9:00 do dia 28 de Março de 2006.

Para esta amostra a proposta inicial de utilização da água pluvial foi para a rega de jardins, lavagem de automóveis, calçadas e utilização em descarga de bacias sanitárias.

#### **4.2.2 Amostra 2 – Condomínio Vertical Misto**

Para esta segunda amostra foi selecionado um condomínio vertical, total de 6 apartamentos e 1 sala comercial, com 4 pavimentos e área de cobertura de 221,40 m<sup>2</sup>, situado em região central da cidade. Os dados de coleta são os seguintes:

Dados da 1º coleta: o horário de coleta foi às 9:15 do dia 13 de Junho de 2005.

Dados da 2º coleta: o horário da coleta foi às 8:30 do dia 28 de Março de 2006.

Neste caso, a proposta inicial para a utilização da água pluvial foi para a lavagem de calçadas e a descarga das bacias sanitárias.

#### **4.2.3 Amostra 3 – Posto de Combustível**

Nesta última amostra foi selecionado um posto de combustível com lavagem de carros, com cobertura de 520,00 m<sup>2</sup>, situado em região central da cidade. Ressalta-se que nesta caso o abastecimento do posto é realizado através de poço artesiano. Os dados de coleta das amostras de água foram os seguintes:

Dados da 1º coleta: o horário da coleta foi as 10:30 do dia 13 de Junho de 2005.

Dados da 2º coleta: o horário da coleta foi às 10:30 do dia 28 de Março de 2006.

Para o posto de combustível a proposta inicial de utilização da água pluvial foi para a lavagem de automóveis, descarga em bacias sanitárias e a lavagem de pisos.

### **4.3 Resultados das análises qualitativas das águas pluviais**

Em todas as amostras foram realizadas duas análises de água pluvial, em diferentes estações do ano. As análises foram coletadas pela mesma pessoa e analisadas no mesmo laboratório. O que se observa é a grande diferença de resultado das mesmas. O que se pode constatar é que devem ser realizadas no mínimo três coletas e análises do local em estudo, pois como nesta pesquisa, duas análises não são suficientes para que se chegue a uma conclusão com vistas a sua qualidade.

No quadro 22, tem-se o resultado das análises de águas pluviais da amostra 01, residência unifamiliar. Neste quadro encontra-se o resultado das análises, e as diretrizes recomendadas para cada parâmetro. No anexo A, pode-se observar as análises realizadas pelo laboratório.

Parâmetros	Resultado 1º análise	Resultado 2º análise	Diretrizes <sup>1</sup>
DBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	182	1,30	USEPA= ≤ 10 mg/L PORTARIA 05/89 DO RS= ≤ 200 (para Q≤20m <sup>3</sup> /dia) CONAMA CLASSE 1 = 3 CONAMA CLASSE 2= 5 CONAMA CLASSE 3 = 10
DQO (mg/L O <sub>2</sub> )	457	2,68	PORTARIA 05/89 DO RS= ≤ 450 (para Q≤20m <sup>3</sup> /dia)
Sólidos totais (mg/L)	24	14	SEM INDICAÇÃO
pH	3,5	7,02	CONAMA = 6,0 a 9,0 MS= 6,0 a 9,5 USEPA= 6,0 A 9,0
Nitrato (mg/L)	Nd	Nd	CONAMA= 10 mg/L MS = 10 mg/L
Ferro (mg/L)	Nd	Nd	MS = 0,3 mg/L CONAMA CLASSE 1 e 2 = 0,3 CONAMA CLASSE 3= 5
Bactérias Heterotróficas (UFC/mL)	<1(a)estimado	5 x 10 <sup>1</sup>	SEM INDICAÇÃO
Coliformes fecais (NMP/100mL)	<1,1(ausente)	<1,1(ausente)	PORTARIA 05/89 DO RS= ≤ 300 CONAMA CLASSE 1 = 200 CONAMA CLASSE 2= 1000 CONAMA CLASSE 3 = 2500
Coliformes totais (NMP/100mL)	<1,1(ausente)	<1,1(ausente)	CONAMA CLASSE 1 = 1000 CONAMA CLASSE 2= 5000 CONAMA CLASSE 3= 20000
Chumbo (mg/L)	ND	-	CONAMA CLASSE 1 e 2 = 0,01 CONAMA CLASSE 3= 0,033

<sup>1</sup> Diretrizes:

CONAMA = CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 357 de 17 de Março de 2005, artigo 4º.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria nº 1469 de 29 de dezembro de 2000, artigo 16º.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – USEPA. Manual: Guidelines for water reuse. (EPA/625/R-92/004) apud May (2005)

PORTARIA 05/89 DO RS apud Fiori (2005)

ND = não detectável

### Quadro 22: Resultado das análises qualitativas para a Residência Unifamiliar.

Através das análises da residência unifamiliar, pode-se perceber que o local é livre de contaminações. Pode-se observar que os índices de DBO<sub>5</sub> estão dentro das diretrizes recomendadas, o único valor que está acima do recomendado, é o valor da DQO.

Em ambas análises se percebe que o local é livre de coliformes fecais. O sistema proposto para filtragem é o sistema de filtro de areia. Após o sistema de filtragem recomenda-se um sistema de tratamento da água por desinfecção. A recomendação da desinfecção é devido a adução de água não potável para o interior da edificação.

No quadro 23, tem-se o resultado das análises de águas pluviais da amostra 02, condomínio vertical misto.

Parâmetros	Resultado 1º análise	Resultado 2º análise	Diretrizes <sup>1</sup>
DBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	180	3,4	USEPA= ≤ 10 mg/L PORTARIA 05/89 DO RS= ≤ 200 (para Q≤20m <sup>3</sup> /dia) CONAMA CLASSE 1 = 3 CONAMA CLASSE 2= 5 CONAMA CLASSE 3 = 10
DQO (mg/L O <sub>2</sub> )	571	5,82	PORTARIA 05/89 DO RS= ≤ 450 (para Q≤20m <sup>3</sup> /dia)
Sólidos totais (mg/L)	6	124	SEM INDICAÇÃO
pH	8,28	8,04	CONAMA = 6,0 a 9,0 MS= 6,0 a 9,5 USEPA= 6,0 A 9,0
Nitrato (mg/L)	Nd	Nd	CONAMA= 10 mg/L MS = 10 mg/L
Ferro (mg/L)	Nd	0,02	MS = 0,3 mg/L CONAMA CLASSE 1 e 2 = 0,3 CONAMA CLASSE 3= 5
Bactérias Heterotróficas (UFC/mL)	<1(a)estimado	1,0 x 10 <sup>2</sup>	SEM INDICAÇÃO
Coliformes fecais (NMP/100mL)	130	<1,1(ausente)	PORTARIA 05/89 DO RS= ≤ 300 CONAMA CLASSE 1 = 200 CONAMA CLASSE 2= 1000 CONAMA CLASSE 3 = 2500
Coliformes totais (NMP/100mL)	130	<1,1(ausente)	CONAMA CLASSE 1 = 1000 CONAMA CLASSE 2= 5000 CONAMA CLASSE 3= 20000
Chumbo (mg/L)	ND	-	CONAMA CLASSE 1 e 2 = 0,01 CONAMA CLASSE 3= 0,033

<sup>1</sup> Diretrizes:

CONAMA = CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 357 de 17 de Março de 2005, artigo 4º.

MINSTÉRIO DA SAÚDE. Portaria nº 1469 de 29 de dezembro de 2000, artigo 16º.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – USEPA. Manual: Guidelines for water reuse. (EPA/625/R-92/004) apud May (2005)

PORTARIA 05/89 DO RS apud Fiori (2005)

ND = não detectável

### Quadro 23: Resultado das análises do Condomínio Vertical Misto.

Através das análises do condomínio vertical, pode-se comprovar que o local de coleta é um local livre de contaminação. Pode-se observar que os índices de  $DBO_5$  estão dentro das diretrizes recomendadas, o único valor que está acima do recomendado, é o valor da DQO.

Nesta tipologia, na primeira análise é constatada a presença de coliformes fecais, mas mesmo presentes, eles estão abaixo do índice permitido, o que faz com que não seja preocupante este fator. Já na segunda análise, não foram encontrados coliformes fecais.

O sistema proposto para filtragem é o sistema de filtro de areia. Após o sistema de filtragem recomenda-se um sistema de tratamento da água por desinfecção. Ressalta-se que da mesma forma que no caso da amostra 01 a recomendação da desinfecção é devido a adução de água não potável para o interior da edificação.

No quadro 24, tem-se o resultado das análises da amostra 03, posto de combustível.

Parâmetros	Resultado 1º análise	Resultado 2º análise	Diretrizes <sup>1</sup>
DBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	90	5,5	USEPA= ≤ 10 mg/L PORTARIA 05/89 DO RS= ≤ 200 (para Q≤20m <sup>3</sup> /dia) CONAMA CLASSE 1 = 3 CONAMA CLASSE 2= 5 CONAMA CLASSE 3 = 10
DQO (mg/L O <sub>2</sub> )	342	12,5	PORTARIA 05/89 DO RS= ≤ 450 (para Q≤20m <sup>3</sup> /dia)
Sólidos totais (mg/L)	18	426	SEM INDICAÇÃO
pH	7,52	7,72	CONAMA = 6,0 a 9,0 MS= 6,0 a 9,5 USEPA= 6,0 A 9,0
Nitrato (mg/L)	Nd	Nd	CONAMA= 10 mg/L MS = 10 mg/L
Ferro (mg/L)	Nd	Nd	MS = 0,3 mg/L CONAMA CLASSE 1 e 2 = 0,3 CONAMA CLASSE 3= 5
Bactérias Heterotróficas (UFC/mL)	<1(a)estimado	<1(a)estimado	SEM INDICAÇÃO
Coliformes fecais (NMP/100mL)	110	<1,1(ausente)	PORTARIA 05/89 DO RS= ≤ 300 CONAMA CLASSE 1 = 200 CONAMA CLASSE 2= 1000 CONAMA CLASSE 3 = 2500
Coliformes totais (NMP/100mL)	330	<1,1(ausente)	CONAMA CLASSE 1 = 1000 CONAMA CLASSE 2= 5000 CONAMA CLASSE 3= 20000
Chumbo (mg/L)	ND	-	CONAMA CLASSE 1 e 2 = 0,01 CONAMA CLASSE 3= 0,033

<sup>1</sup> Diretrizes:

CONAMA = CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 357 de 17 de Março de 2005, artigo 4º.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria nº 1469 de 29 de dezembro de 2000, artigo 16º.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – USEPA. Manual: Guidelines for water reuse. (EPA/625/R-92/004) apud May (2005)

PORTARIA 05/89 DO RS apud Fiori (2005)

ND = não detectável

#### Quadro 24: Resultado das análises do posto de combustível.

Através destas análises, pode-se comprovar que o local de coleta no posto de combustível é um local livre de contaminações. Pode-se observar que todos os parâmetros analisados estão dentro das diretrizes recomendadas.

Nesta tipologia, na primeira análise é constatada a presença de coliformes fecais, mas mesmo presentes, eles estão abaixo do índice permitido, o que faz com que não seja preocupante este fator. Já na segunda análise, não foram encontrados coliformes fecais.

O sistema proposto para filtragem é o sistema de filtro de areia. Após o sistema de filtragem recomenda-se um sistema de tratamento da água por desinfecção, devido ao fato da água ser utilizada em bacias sanitárias.

#### **4.4 Resultados da aplicação da metodologia proposta para o projeto do sistema de aproveitamento de água pluvial**

A seguir será exposto o resultado da aplicação da metodologia de projeto para sistemas de águas pluviais para o as três amostras apresentadas nesta pesquisa, seguindo o esquematizado em cada um dos três blocos que formam a metodologia, quais sejam: - dados de concepção do sistema; - dados de entrada do projeto do sistema e - etapas de desenvolvimento do projeto do sistema de AP.

##### **4.4.1 Resultado da amostra 01 – Residência Unifamiliar**

Os dados referente ao projeto desta amostra encontram-se no anexo B.

##### **a) Dados de concepção do sistema de AP**

###### **a1) Tipo de edificação:**

Residência unifamiliar

###### **a2) Usos pretendidos para a água pluvial:**

Rega de jardins, lavagem de automóveis, calçadas e descarga de bacias sanitárias.

##### **b) Dados de entrada do projeto do sistema de AP**

###### **b1) Área de coleta:**

A área de coleta utilizada para captação das águas pluviais foi somente o telhado.

b2) Intensidade Pluviométrica Local (mm/h)

Como a pesquisa foi desenvolvida na Cidade de Cruz Alta/RS, cujos dados de precipitação foram apresentados no quadro 19 onde é possível conhecer a média mensal dos últimos trinta anos, e então calcular a média anual, que é de **157,50 mm/h**.

b3) Análise da quantidade de AP (m<sup>3</sup>)

**- Cálculo da população:**

2 pessoas/dormitório: 8 pessoas

**População total : 8 pessoas.**

**- Cálculo do consumo mensal:**

Descarga bacia sanitária:

8 pessoas x 5 vezes/dia x 6 litros x 30 dias = 7.200 litros/mês

Rega jardim:

386,00 m<sup>2</sup> x 0,8 litros/dia/m<sup>2</sup> x 30 dias = 9.264,00 litros/mês

Lavagem calçada:

127,86 m<sup>2</sup> x 2 vezes/mês x 3 litros/dia/m<sup>2</sup> = 767,16 litros/mês

Lavagem de automóveis:

2 carros x 100 litros/lavagem x 4 vezes/mês = 800 litros/mês

**Total demanda mensal:** 18.000 litros/mês ou 18 m<sup>3</sup>

b4) Análise da qualidade da AP:

Os valores das análises qualitativas para esta tipologia foram apresentados no quadro 22. Através destas análises, pode-se comprovar que o local de coleta das águas pluviais para o caso da residência unifamiliar é um local livre de contaminações. Pode-se observar que os índices de DBO<sub>5</sub> estão dentro das diretrizes recomendadas, o único valor que está acima do recomendado, é o valor da DQO. Um dos fatores preocupantes na coleta de água pluvial são os coliformes fecais, nesta situação os índices foram considerados ausentes, sendo assim, pode-se dizer que neste caso a qualidade da água coletada é excelente para um sistema de aproveitamento.

### c) Etapas de desenvolvimento do projeto do sistema de AP

#### c1) Cálculo da área de contribuição das águas pluviais:

Seguindo as recomendações preconizadas pela NBR 10844/89, para o cálculo das áreas de contribuição, foi considerado a inclinação do telhado e utilizada a formulação específica para o caso.

A cobertura foi dividida em áreas de coleta conforme o número de calhas presentes na planta de cobertura, o que resultou em quatro áreas de coleta cujos valores são os seguintes:

Área coleta 1: 92,89 m<sup>2</sup>

Área coleta 2: 62,93 m<sup>2</sup>

Área coleta 3: 29,82 m<sup>2</sup>

**Área total coleta:** 185,65 m<sup>2</sup>

#### c2) Determinação do coeficiente de deflúvio:

Foram utilizados os valores do quadro 06, sendo que o valor adotado foi de 0,80. E este valor foi aplicado no cálculo final do volume de água a ser armazenada. Ressalta-se que para o caso do cálculo da vazão de projeto adotou-se o valor de coeficiente de deflúvio de **1**, ou seja, toda a água que precipitar sobre a cobertura irá escoar pelas calhas e demais componentes do sistema de coleta de águas pluviais.

#### c3) Cálculo da vazão de projeto das águas pluviais:

A vazão foi calculada utilizando-se a equação 03, resultando nos seguintes valores:

##### Vazão de projeto para área de cobertura 1:

i =	157,50 mm/h
A =	92,89 m <sup>2</sup> ÷ 2 = 46,45 m <sup>2</sup>
Q =	121,93 l/min

A área da cobertura foi dividida por dois porque a vazão desta parte da cobertura será escoada por dois condutores verticais.

##### Vazão de projeto para área de cobertura 2:

i =	157,50 mm/h
A =	62,93 m <sup>2</sup>
Q =	165,20 l/min

Vazão de projeto para área de cobertura 3:

i =	157,50 mm/h
A =	29,82 m <sup>2</sup>
Q =	78,27 l/min

c4) Dimensionamento das calhas ou ralos:

As calhas da residência unifamiliar foram calculadas seguindo a equação 06.

Área de coleta 01 e 02: Calhas de 10 x 5cm;

K =	60.000
S =	0,10 x 0,05 = 0,005
N =	0,011
RH=S/P → P =	0,05+0,05+0,10=0,2
i =	0,5% = 0,005
Q <sub>calha</sub> =	165,51 l/min

Área de coleta 03: Calha de 8 x 4cm;

K =	60.000
S =	0,08 x 0,04=0,0032
N =	0,011
RH=S/P → P =	0,04+0,04+0,08=0,16
i =	0,5% = 0,005
Q <sub>calha</sub> =	92,12 l/min

c5) Dimensionamento dos condutores Verticais:

Todos os condutores verticais do projeto de coleta de águas pluviais da residência unifamiliar resultaram no diâmetro mínimo de **75 mm**, devido ao fato de que a menor vazão para aplicação dos ábacos das figuras 41 e 42 ter que ser de 200 l/min, e todas as vazões de projeto resultaram em valores inferiores a esse.

c6) Dimensionamento dos condutores Horizontais:

Os condutores horizontais para a residência unifamiliar resultam no valor de 100 mm, devido a inclinação usual de 0,5 % , os valores estão indicados no quadro 14.

c7) Escolha do dispositivo de auto-limpeza ou descarte

Para o cálculo do volume do reservatório de descarte foi utilizada a relação de 1 litro de água por cada 100 m<sup>2</sup> de área de coleta. Resultando:

$$\begin{array}{l} \text{Relação: 1 litro} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 100 \text{ m}^2 \\ \quad \quad \quad \text{x litros} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 185,85 \text{ m}^2 \end{array}$$

Volume do reservatório de auto- limpeza: 1,85 litros

Inicialmente foi dimensionado um reservatório para toda a área da cobertura, que é de 185,85 m<sup>2</sup>, porém não é necessária a coleta em toda cobertura, diminuindo assim a área de coleta total para 155,83 m<sup>2</sup>. E o cálculo do reservatório de descarte foi baseado nesta área de coleta.

$$\begin{array}{l} \text{Relação: 1 litro} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 100 \text{ m}^2 \\ \quad \quad \quad \text{x litros} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 155,83 \text{ m}^2 \end{array}$$

Volume do reservatório de auto- limpeza: 1,55 litros

c8) Dimensionamento dos reservatórios de água pluvial

Para o cálculo do volume do reservatório de água pluvial foram montados os quadros 25,26 e 27. O quadro 25 mostra o dimensionamento para toda a área de cobertura, o que resultou em um reservatório muito grande, assim foi montado o quadro 26, com uma redução no valor da área de cobertura para 155,83, com a retirada da área da cobertura 03. Resultando em um reservatório de 3,0 m<sup>3</sup>, para suprir as necessidades de Rega de jardins, lavagem de automóveis, calçadas e descarga de bacias sanitárias, que totalizaram uma demanda de 18,0 m<sup>3</sup>.

O quadro 27 mostra o cálculo da verificação da eficiência do sistema com o volume de reserva calculado.

A eficiência no sistema (%) é determinada pela relação entre o volume anual de água utilizada e o volume anual de chuva (MCMAHON, 1993 apud TOMAZ, 2003), ou seja:

$Eficiêncianosistema = \frac{Volumeanualdeáguautilizada}{Volumeanualdechuva} = \frac{216.000}{1.890} = 114,30\%$	(17)
--	------

Para a residência unifamiliar não haverá necessidade de suprimento, pois existe um excesso de água pluvial que irá diretamente para o sistema público. Os cálculos da necessidade ou não de suprimento encontram-se no quadro 27.

Depois de dimensionado o volume do reservatório, o mesmo é distribuído entre reservatório inferior (60% do volume total) e reservatório superior (40% do volume total), sendo assim:

Reservatório inferior = 2.000 litros

Reservatório superior = 1.000 litros

**DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO DE ÁGUA DE CHUVA PELO MÉTODO DE RIPPL**  
 Tipologia de Residência Unifamiliar

MESES	CHUVA MÉDIA MENSAL mm	DEMANDA MENSAL m <sup>3</sup>	VOLUME ACUMULADO m <sup>3</sup>	ÁREA DE COLETA m <sup>2</sup>	COEFICIENTE DE RUNOFF	VOLUME DE CHUVA MENSAL m <sup>3</sup>	VOLUME ACUMULADO m <sup>3</sup>	VOLUME DE CHUVA DEMANDA m <sup>3</sup>	VOLUME DO RESERVATÓRIO DE ÁGUA DA CHUVA m <sup>3</sup>
JANEIRO	168,40	18	18	185,65	0,8	25,01	25,01	7,01	-
FEVEREIRO	147,96	18	36	185,65	0,8	21,97	46,98	3,97	-
MARÇO	131,31	18	54	185,65	0,8	19,50	66,48	1,50	-
ABRIL	157,40	18	72	185,65	0,8	23,37	89,85	5,37	-
MAIO	147,34	18	90	185,65	0,8	21,88	111,73	3,88	-
JUNHO	161,07	18	108	185,65	0,8	23,92	135,65	5,92	-
JULHO	158,19	18	126	185,65	0,8	23,49	159,14	5,49	-
AGOSTO	132,33	18	144	185,65	0,8	19,65	178,79	1,65	-
SETEMBRO	173,42	18	162	185,65	0,8	25,75	204,54	7,75	-
OUTUBRO	195,96	18	180	185,65	0,8	29,1	233,64	11,10	-
NOVEMBRO	166,66	18	198	185,65	0,8	24,75	258,39	6,75	-
DEZEMBRO	150,05	18	216	185,65	0,8	22,28	280,67	4,28	-

**Quadro 25:** Dimensionamento do Reservatório da residência unifamiliar pelo método de Rippl – 1º tentativa (área total da cobertura)

### DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO DE ÁGUA DE CHUVA PELO MÉTODO DE RIPPL

Redução da área de coleta

MESES	CHUVA MÉDIA MENSAL	DEMANDA MENSAL	VOLUME ACUMULADO	ÁREA DE COLETA	COEFICIENTE DE RUNOFF	VOLUME DE CHUVA MENSAL	VOLUME ACUMULADO	VOLUME DE CHUVA DEMANDA	VOLUME DO RESERVATÓRIO DE ÁGUA DA CHUVA
	mm	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>		m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
JANEIRO	168,40	18	18	155,83	0,8	20,99	20,99	2,99	0
FEVEREIRO	147,96	18	36	155,83	0,8	18,44	39,43	0,44	0
MARÇO	131,31	18	54	155,83	0,8	16,36	55,79	-1,64	1,64
ABRIL	157,40	18	72	155,83	0,8	19,62	75,41	1,62	0
MAIO	147,34	18	90	155,83	0,8	18,36	93,77	0,36	0
JUNHO	161,07	18	108	155,83	0,8	20,07	113,84	2,07	0
JULHO	158,19	18	126	155,83	0,8	19,72	133,56	1,72	0
AGOSTO	132,33	18	144	155,83	0,8	16,49	150,05	-1,51	3,15
SETEMBRO	173,42	18	162	155,83	0,8	21,61	171,66	3,61	0
OUTUBRO	195,96	18	180	155,83	0,8	24,42	196,08	6,42	0
NOVEMBRO	166,66	18	198	155,83	0,8	20,77	216,85	2,77	0
DEZEMBRO	150,05	18	216	155,83	0,8	18,70	235,55	0,70	0

**Quadro 26:** Dimensionamento do Reservatório da residência unifamiliar pelo método de Rippl – 2º tentativa (redução da área da cobertura)

**VERIFICAÇÃO DO VOLUME DO RESERVATÓRIO DE ÁGUA DE CHUVA: 3 m<sup>3</sup>**  
 Tipologia de Residência Unifamiliar

MESES	CHUVA MÉDIA MENSAL	DEMANDA MENSAL	ÁREA DE COLETA	COEFICIENTE DE RUNOFF	VOLUME DE CHUVA MENSAL	VOLUME DO RESERVATÓRIO	VOLUME DO RESERVATÓRIO T-1 (C2-C5)	VOLUME DO RESERVATÓRIO T	OVERFLOW	SUPRIMENTO
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	mm	m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>		m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
JANEIRO	168,40	18	155,83	0,8	20,99	3	0	3	2,99	0
FEVEREIRO	147,96	18	155,83	0,8	18,44	3	3	3	0,44	0
MARÇO	131,31	18	155,83	0,8	16,36	3	3	1,36	0,00	0
ABRIL	157,40	18	155,83	0,8	19,62	3	1,36	3	1,62	0
MAIO	147,34	18	155,83	0,8	18,36	3	3	3	0,36	0
JUNHO	161,07	18	155,83	0,8	20,07	3	3	3	2,07	0
JULHO	158,19	18	155,83	0,8	19,72	3	3	3	1,72	0
AGOSTO	132,33	18	155,83	0,8	16,49	3	3	1,49	0,00	0
SETEMBRO	173,42	18	155,83	0,8	21,61	3	1,49	3	3,61	0
OUTUBRO	195,96	18	155,83	0,8	24,42	3	3	3	6,42	0
NOVEMBRO	166,66	18	155,83	0,8	20,77	3	3	3	2,77	0
DEZEMBRO	150,05	18	155,83	0,8	18,70	3	3	3	0,70	0

**Quadro 27:** Verificação do volume do reservatório de água de chuva – para residência unifamiliar.

c9) Escolha do sistema de tratamento de água pluvial

Baseado nos resultados do quadro 22 o sistema proposto para o tratamento das águas pluviais é um sistema composto com por um filtro de areia, acompanhado de um dispositivo separador de folhas e galhos. Após o sistema de filtração, recomenda-se um sistema de desinfecção simples, como um dosador de cloro.

Apesar da ausência de coliformes a desinfecção é recomendada porque a água será aduzida para o interior da edificação para uso na bacia sanitária, o que aumenta muito o risco de uma possível contaminação, caso a qualidade da água da chuva venha a sofrer alguma alteração de qualidade.

c10) Dimensionamento do sistema de bombeamento:

O sistema de bombeamento empregado no caso da residência unifamiliar seguiu os passos demonstrados no item 2.6.4 do capítulo II deste trabalho. Os resultados estão compilados no quadro 28.

<b>Vazão de recalque</b>	
$Q_{rec} = CD / NF$	
CD = consumo diário ( m <sup>3</sup> / dia )	18m <sup>3</sup>
NF = número de horas de funcionamento	6 horas
Q = vazão ( m <sup>3</sup> / h )	
	m <sup>3</sup> /s      0,0000069m <sup>3</sup> /s

<b>Dimensionamento diâmetro de recalque</b>	
$D_{rec} = 1,3 \times (Q_{rec}^{1/2}) \times (X^{1/4})$	
Q rec = vazão de recalque ( m <sup>3</sup> / s )	Dm = 20mm
X = NF / 24	Di = 17mm
D rec = Diâmetro de recalque	
Diâmetro recalque ( mm )	20mm
Diâmetro sucção( mm )	25mm

<b>Determinação da altura manométrica</b>	
$H_{man\ rec} = H_{rec} + \Delta H_{rec}$	
$H_{man\ suc} = H_{suc} + \Delta H_{suc}$	
$j = 0,00086 \times Q^{1,75} / D^{4,75}$	
j = perda de carga unitária.	
Q = a vazão de água em m <sup>3</sup> /s.	
D = diâmetro das tubulações em m.	
$j_{rec} = 0,000203\text{m/m}$	
$j_{suc} = 0,00068\text{m/m}$	

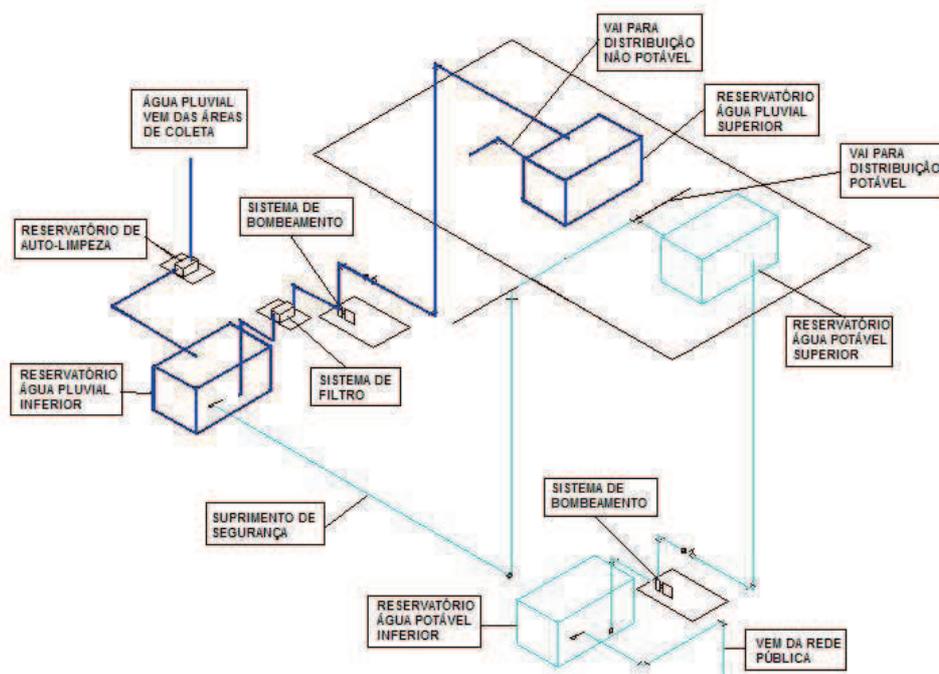
<b>Sucção</b>		<b>Recalque</b>	
Hsuc	0,80m	Hrec	3,60m
Ltsuc	2,80m	Ltrec	10,10m
$\Delta H_{suc}$	0,00666m	$\Delta H_{rec}$	0,0020m

<b>Altura Manométrica</b>	
H <sub>total</sub> =	4,40 m
Q <sub>rec</sub> =	0,025m <sup>3</sup> /h

**Quadro 28:** Sistema de bombeamento calculado para a residência unifamiliar.

c11) Abastecimento do sistema de águas pluviais com água potável:

O abastecimento de água potável para o sistema de águas pluviais será realizado pela interligação do reservatório superior de água potável com o reservatório inferior de água pluvial através de bóias de controle de níveis de água no reservatório superior de água pluvial. O sistema é demonstrado na figura 71.



**Figura 71:** Sistema de interligação entre reservatório de água potável e pluvial

c12) Projeto do sistema de distribuição das águas pluviais:

O projeto de distribuição da água pluvial ou a partir do reservatório superior esta demonstrado no anexo C.

#### 4.4.2 Resultado da amostra 02 – Condomínio Vertical Misto

Os dados referente ao projeto desta amostra encontram-se no anexo D.

##### a) Dados de concepção do sistema de AP

###### a1) Tipo de edificação:

Condomínio Vertical Misto

###### a2) Usos pretendidos para a água pluvial:

Rega de jardins, lavagem de calçadas e descarga de bacias sanitárias.

##### b) Dados de entrada do projeto do sistema de AP

###### b1) Área de coleta:

A área de coleta utilizada para captação das águas pluviais foi somente o telhado.

###### b2) Intensidade Pluviométrica Local (mm/h)

Como a pesquisa foi desenvolvida na Cidade de Cruz Alta/RS, cujos dados de precipitação foram apresentados no quadro 19 onde é possível conhecer a média mensal dos últimos trinta anos, e então calcular a média anual, que é de **157,50 mm/h**.

###### b3) Análise da quantidade de AP (m<sup>3</sup>)

###### - Cálculo da população:

2 pessoas/dormitório: 30 pessoas

1 pessoa/10 m<sup>2</sup>: 8 pessoas (comercial)

**População total:** 38 pessoas.

###### - Cálculo do consumo mensal:

###### Descarga bacia sanitária:

Residencial: 30 pessoas x 5 vezes/dia x 6 litros x 30 dias =  
27.000 litros/mês

Comercial: 8 pessoas x 3 vezes/dia x 6 litros x 22 dias =  
3.168 litros/mês

Rega jardim:

$$76,80 \text{ m}^2 \times 0,8 \text{ litros/dia/m}^2 \times 30 \text{ dias} = 1.845 \text{ litros/mês}$$

Lavagem calçada:

$$185 \text{ m}^2 \times 2 \text{ vezes/mês} \times 3 \text{ litros/dia/m}^2 = 1.110 \text{ litros/mês}$$

**Total demanda mensal:** 33.000 litros/mês ou 33 m<sup>3</sup>

b4) Análise da qualidade da AP:

Os valores das análises qualitativas para esta tipologia foram apresentados no quadro 23. Através destas análises, pode-se comprovar que o local de coleta das águas pluviais para o caso do condomínio vertical é um local livre de contaminações. Pode-se observar que os índices de DBO<sub>5</sub> estão dentro das diretrizes recomendadas, o único valor que está acima do recomendado, é o valor da DQO. Um dos fatores preocupantes na coleta de água pluvial são os coliformes fecais, nesta situação os índices foram considerados inferiores as diretrizes recomendadas, e na segunda análise ausentes, sendo assim, pode-se dizer que a qualidade da água é propícia para um sistema de aproveitamento.

**c) Etapas de desenvolvimento do projeto do sistema de AP**c1) Cálculo da área de contribuição das águas pluviais:

Seguindo as recomendações preconizadas pela NBR 10844/89, para o cálculo das áreas de contribuição, foi considerado a inclinação do telhado e utilizada a formulação específica para o caso.

A cobertura foi dividida em áreas de coleta conforme o número de calhas presentes na planta de cobertura, o que resultou em sete áreas de coleta cujos valores são os seguintes:

Área coleta 1: 71,68 m<sup>2</sup>

Área coleta 2-3 (A2 + A3 + A reservatório): 65,26 m<sup>2</sup>

Área coleta 4-5 (A4 + A5): 36,95 m<sup>2</sup>

Área coleta 6: 10 m<sup>2</sup>

Área coleta 7: 37,50 m<sup>2</sup>

**Área total coleta:** 221,40 m<sup>2</sup>

c2) Determinação do coeficiente de deflúvio:

Foram utilizados os valores do quadro 06, sendo que o valor adotado foi de 0,80. E este valor foi aplicado no cálculo final do volume de água a ser armazenada. Ressalta-se que para o caso do cálculo da vazão de projeto adotou-se o valor de coeficiente de deflúvio de 1, ou seja, toda a água que precipitar sobre a cobertura irá escoar pelas calhas e demais componentes do sistema de coleta de águas pluviais.

c3) Cálculo da vazão de projeto das águas pluviais:

A vazão foi calculada utilizando-se a equação 03, resultando nos seguintes valores:

Vazão de projeto para área de cobertura 1:

i =	157,50 mm/h
A =	$71,68 \text{ m}^2 \div 2 = 35,84 \text{ m}^2$
Q =	94,08 l/min

A área da cobertura foi dividida por dois porque a vazão desta parte da cobertura será escoada por dois condutores verticais.

Vazão de projeto para área de cobertura 2-3:

i =	157,50 mm/h
A =	$65,26 \text{ m}^2$
Q =	131,93 l/min

Vazão de projeto para área de cobertura 4-5:

i =	157,50 mm/h
A =	$36,95 \text{ m}^2$
Q =	97,00 l/min

Vazão de projeto para área de cobertura 6:

i =	157,50 mm/h
A =	$10,00 \text{ m}^2$
Q =	26,25 l/min

Vazão de projeto para área de cobertura 7:

i =	157,50 mm/h
A =	$37,50 \text{ m}^2$
Q =	98,43 l/min

c4) Dimensionamento das calhas ou ralos:

As calhas do condomínio vertical foram calculadas seguindo a equação 06.

Área de coleta 01, 02-03, 04-05 e 07 : Calhas de 10 x 5cm;

K =	60.000
S =	0,10 x 0,05 = 0,005
N =	0,011
RH=S/P → P =	0,05+0,05+0,10=0,2
i =	0,5% = 0,005
Q <sub>calha</sub> =	165,51 l/min

Área de coleta 06: Calha de 6 x 3cm;

K =	60.000
S =	0,06 x 0,03=0,0018
N =	0,011
RH=S/P → P =	0,03+0,03+0,06=0,12
i =	0,5% = 0,005
Q <sub>calha</sub> =	40,32 l/min

c5) Dimensionamento dos condutores Verticais:

Todos os condutores verticais do projeto de coleta de águas pluviais do condomínio vertical resultaram no diâmetro mínimo de **75 mm**, devido ao fato de que a menor vazão para aplicação dos ábacos das figuras 41 e 42 ter que ser de 200 l/min, e todas as vazões de projeto resultaram em valores inferiores a esse.

c6) Dimensionamento dos condutores Horizontais:

Os condutores horizontais para o condomínio vertical resultam no valor de 100 mm, devido a inclinação usual de 0,5 % , os valores estão indicados no quadro 14.

c7) Escolha do dispositivo de auto-limpeza ou descarte

Para o cálculo do volume do reservatório de descarte foi utilizada a relação de 1 litro de água por cada 100 m<sup>2</sup> de área de coleta. Resultando:

$$\begin{aligned} \text{Relação: } & 1 \text{ litro} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 100 \text{ m}^2 \\ & \text{x litros} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 221,40 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Volume do reservatório de auto- limpeza: 2,21 litros

c8) Dimensionamento dos reservatórios de água pluvial

Para o cálculo do volume do reservatório de água pluvial foram montados os quadros 29, 30, 31 e 32. O quadro 29 mostra o dimensionamento do reservatório suprimindo toda a demanda, resultando em um reservatório de 63 m<sup>3</sup>, tornaria o reservatório muito oneroso. Após foi montado o quadro 30, tentando atender somente as bacias sanitárias, porém o reservatório permaneceu com uma grande dimensão, 30m<sup>3</sup>. Resultando no quadro 31 em um reservatório de 10m<sup>3</sup>, para suprir as necessidades das bacias sanitárias residenciais apenas, que totalizam uma demanda de 27m<sup>3</sup>.

O quadro 32 mostra o cálculo da verificação da eficiência do sistema com o volume de reserva calculado.

A eficiência no sistema (%) é determinada pela relação entre o volume anual de água utilizada e o volume anual de chuva (MCMAHON, 1993 apud TOMAZ, 2003), ou seja:

$Efici\ênci\aa\ no\ sistema = \frac{Volume\ anual\ de\ \acute{a}gua\ utilizada}{Volume\ anual\ de\ chuva} = \frac{324.000}{1.890} = 171,42\%$	(18)
---	------

Para o condomínio vertical misto não haverá necessidade de suprimento, pois existe um excesso de água pluvial que irá diretamente para o sistema público. Os cálculos da necessidade ou não de suprimento encontram-se no quadro 32.

Depois de dimensionado o volume do reservatório, o mesmo é distribuído entre reservatório inferior (60% do volume total) e reservatório superior (40% do volume total), sendo assim:

Reservatório inferior = 6.000 litros

Reservatório superior = 4.000 litros

**DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO DE ÁGUA DE CHUVA PELO MÉTODO DE RIPPL**  
 Tipologia Condomínio Vertical Misto

MESES	CHUVA MÉDIA MENSAL mm	DEMANDA MENSAL m <sup>3</sup>	VOLUME ACUMULADO m <sup>3</sup>	ÁREA DE COLETA m <sup>2</sup>	COEFICIENTE DE RUNOFF	VOLUME DE CHUVA MENSAL m <sup>3</sup>	VOLUME ACUMULADO m <sup>3</sup>	VOLUME DE CHUVA DE DEMANDA m <sup>3</sup>	VOLUME DO RESERVATÓRIO DE ÁGUA DA CHUVA m <sup>3</sup>
JANEIRO	168,40	33	33	221,40	0,8	29,82	29,82	-3,18	3,18
FEVEREIRO	147,96	33	66	221,40	0,8	26,20	56,02	-6,80	9,98
MARÇO	131,31	33	99	221,40	0,8	23,25	79,27	-9,75	19,73
ABRIL	157,40	33	132	221,40	0,8	27,87	107,14	-5,13	24,86
MAIO	147,34	33	165	221,40	0,8	26,09	133,23	-6,91	31,77
JUNHO	161,07	33	198	221,40	0,8	28,52	161,75	-4,48	36,25
JULHO	158,19	33	231	221,40	0,8	28,01	189,76	-4,99	41,24
AGOSTO	132,33	33	264	221,40	0,8	23,43	213,19	-9,57	50,81
SETEMBRO	173,42	33	297	221,40	0,8	30,71	243,90	-2,29	53,10
OUTUBRO	195,96	33	330	221,40	0,8	34,70	278,60	1,70	0,00
NOVEMBRO	166,66	33	363	221,40	0,8	29,51	308,11	-3,49	56,59
DEZEMBRO	150,05	33	396	221,40	0,8	26,57	334,68	-6,43	63,02

**Quadro 29:** Dimensionamento do Reservatório do condomínio vertical pelo método de Rippl – 1º tentativa (suprimento demanda total).

Necessário reservatório de 63 m<sup>3</sup>.

**DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO DE ÁGUA DE CHUVA PELO MÉTODO DE RIPPL**  
 Redução consumo – todas as bacias sanitárias

MESES	CHUVA MÉDIA MENSAL	DEMANDA MENSAL	VOLUME ACUMULADO	ÁREA DE COLETA	COEFICIENTE DE RUNOFF	VOLUME DE CHUVA MENSAL	VOLUME ACUMULADO	VOLUME DE CHUVA DEMANDA	VOLUME DO RESERVATÓRIO DE ÁGUA DA CHUVA
	mm	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>		m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
JANEIRO	168,40	30	30	221,40	0,8	29,82	29,82	-0,18	0,18
FEVEREIRO	147,96	30	60	221,40	0,8	26,20	56,02	-3,80	3,98
MARÇO	131,31	30	90	221,40	0,8	23,25	79,27	-6,75	10,73
ABRIL	157,40	30	120	221,40	0,8	27,87	107,14	-2,13	12,86
MAIO	147,34	30	150	221,40	0,8	26,09	133,23	-3,91	16,77
JUNHO	161,07	30	180	221,40	0,8	28,52	161,75	-1,48	18,25
JULHO	158,19	30	210	221,40	0,8	28,01	189,76	-1,99	20,24
AGOSTO	132,33	30	240	221,40	0,8	23,43	213,19	-6,57	26,81
SETEMBRO	173,42	30	270	221,40	0,8	30,71	243,90	0,71	0,00
OUTUBRO	195,96	30	300	221,40	0,8	34,70	278,60	4,70	0,00
NOVEMBRO	166,66	30	330	221,40	0,8	29,51	308,11	-0,49	27,30
DEZEMBRO	150,05	30	360	221,40	0,8	26,57	334,68	-3,43	30,73

**Quadro 30:** Dimensionamento do Reservatório do condomínio vertical pelo método de Rippl – 2° tentativa  
 (redução consumo – todas as bacias sanitárias). Necessário reservatório de 30 m<sup>3</sup>.

### DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO DE ÁGUA DE CHUVA PELO MÉTODO DE RIPPL

Redução consumo – somente bacias sanitárias residenciais

MESES	CHUVA MÉDIA MENSAL mm	DEMANDA MENSAL m <sup>3</sup>	VOLUME ACUMULADO m <sup>3</sup>	ÁREA DE COLETA m <sup>2</sup>	COEFICIENTE DE RUNOFF	VOLUME DE CHUVA MENSAL m <sup>3</sup>	VOLUME ACUMULADO m <sup>3</sup>	VOLUME DE CHUVA DEMANDA m <sup>3</sup>	VOLUME DO RESERVATÓRIO DE ÁGUA DA CHUVA m <sup>3</sup>
JANEIRO	168,40	27	27	221,40	0,8	29,82	29,82	2,82	0,00
FEVEREIRO	147,96	27	54	221,40	0,8	26,20	56,02	-0,80	0,80
MARÇO	131,31	27	81	221,40	0,8	23,25	79,27	-3,75	4,55
ABRIL	157,40	27	108	221,40	0,8	27,87	107,14	0,87	0,00
MAIO	147,34	27	135	221,40	0,8	26,09	133,23	-0,81	5,36
JUNHO	161,07	27	162	221,40	0,8	28,52	161,75	1,52	0,00
JULHO	158,19	27	189	221,40	0,8	28,01	189,76	1,01	0,00
AGOSTO	132,33	27	216	221,40	0,8	23,43	213,19	-3,57	8,93
SETEMBRO	173,42	27	243	221,40	0,8	30,71	243,90	3,71	0,00
OUTUBRO	195,96	27	270	221,40	0,8	34,70	278,60	7,70	0,00
NOVEMBRO	166,66	27	297	221,40	0,8	29,51	308,11	2,51	0,00
DEZEMBRO	150,05	27	324	221,40	0,8	26,57	334,68	-0,43	9,36

**Quadro 31:** Dimensionamento do Reservatório do condomínio vertical pelo método de Rippl – 2º tentativa

(redução consumo – somente bacias sanitárias residenciais). Reservatório de 10 m<sup>3</sup>.

**VERIFICAÇÃO DO VOLUME DO RESERVATÓRIO DE ÁGUA DE CHUVA: 10 m<sup>3</sup>**  
 Tipologia Condomínio Vertical Mistto

MESES	CHUVA MÉDIA MENSAL	DEMANDA MENSAL	ÁREA DE COLETA	COEFICIENTE DE RUNOFF	VOLUME DE CHUVA MENSAL	VOLUME DO RESERVATÓRIO	VOLUME DO RESERVATÓRIO T-1 (C2-C5)	VOLUME DO RESERVATÓRIO T	OVERFLOW	SUPRIMENTO
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	mm	m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>		m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
JANEIRO	168,40	27	221,40	0,8	29,82	10	0	10	2,82	0,00
FEVEREIRO	147,96	27	221,40	0,8	26,20	10	10	9,2	0,00	0,00
MARÇO	131,31	27	221,40	0,8	23,25	10	9,2	5,45	0,00	0,00
ABRIL	157,40	27	221,40	0,8	27,87	10	5,45	10	0,87	0,00
MAIO	147,34	27	221,40	0,8	26,09	10	10	4,54	0,00	0,00
JUNHO	161,07	27	221,40	0,8	28,52	10	4,54	10	1,52	0,00
JULHO	158,19	27	221,40	0,8	28,01	10	10	10	1,01	0,00
AGOSTO	132,33	27	221,40	0,8	23,43	10	10	0,97	0,00	0,00
SETEMBRO	173,42	27	221,40	0,8	30,71	10	0,97	10	3,71	0,00
OUTUBRO	195,96	27	221,40	0,8	34,70	10	10	10	7,70	0,00
NOVEMBRO	166,66	27	221,40	0,8	29,51	10	10	10	2,51	0,00
DEZEMBRO	150,05	27	221,40	0,8	26,57	10	10	0,54	0,00	0,00
							0,54		20,14	

**Quadro 32:** Verificação do volume do reservatório de água de chuva – para condomínio vertical mistto. (m<sup>3</sup>)

c9) Escolha do sistema de tratamento de água pluvial

Baseado nos resultados do quadro 23 o sistema proposto para o tratamento das águas pluviais é um sistema composto com por um filtro de areia, acompanhado de um dispositivo separador de folhas e galhos. Após o sistema de filtração, recomenda-se um sistema de desinfecção simples, como um dosador de cloro.

Apesar do baixo índice de coliformes a desinfecção é recomendada porque a água será aduzida para o interior da edificação para uso na bacia sanitária, o que aumenta muito o risco de uma possível contaminação, caso a qualidade da água da chuva venha a sofrer alguma alteração de qualidade.

c10) Dimensionamento do sistema de bombeamento:

O sistema de bombeamento empregado no caso do condomínio vertical seguiu os passos demonstrados no item 2.8 do capítulo II deste trabalho. Os resultados estão compilados no quadro 33.

<b>Vazão de recalque</b>	
$Q_{rec} = CD / NF$	
CD = consumo diário ( m <sup>3</sup> / dia )	0,9 m <sup>3</sup>
NF = número de horas de funcionamento	6 horas
Q = vazão ( m <sup>3</sup> / h )	
	m <sup>3</sup> /s      0,000010 m <sup>3</sup> /s

<b>Dimensionamento diâmetro de recalque</b>	
$D_{rec} = 1,3 \times (Q_{rec}^{1/2}) \times (X^{1/4})$	
Q rec = vazão de recalque ( m <sup>3</sup> / s )	Dm = 20mm
X = NF / 24	Di = 17mm
D rec = Diâmetro de recalque	
Diâmetro recalque ( mm )	20mm
Diâmetro sucção( mm )	25mm

<b>Determinação da altura manométrica</b>	
Hman rec = Hrec + ΔHrec	
Hman suc = Hsuc + ΔHsuc	
$j = 0,00086 \times Q^{1,75} / D^{4,75}$	
j = perda de carga unitária.	
Q = a vazão de água em m <sup>3</sup> /s.	
D = diâmetro das tubulações em m.	
jrec = 0,000389m/m	
jsuc = 0,000130m/m	

<b>Sucção</b>		<b>Recalque</b>	
Hsuc	1,20m	Hrec	16,90m
Ltsuc	8,50m	Ltrec	23,40m
ΔHsuc	0,0111m	ΔHrec	0,0091m

<b>Altura Manométrica</b>	
H <sub>total</sub> =	19 m
Q <sub>rec</sub> =	0,0375 m <sup>3</sup> /h

**Quadro 33:** Sistema de bombeamento calculado para o condomínio vertical misto

c11) Abastecimento do sistema de águas pluviais com água potável:

O abastecimento de água potável para o sistema de águas pluviais será realizado pela interligação do reservatório superior de água potável com o reservatório inferior de água pluvial através de bóias de controle de níveis de água no reservatório superior de água pluvial. O sistema foi mostrado na figura 71.

c12) Projeto do sistema de distribuição das águas pluviais:

O projeto de distribuição da água pluvial ou a partir do reservatório superior esta demonstrado no anexo E.

#### **4.4.3 Resultado da amostra 03 – Posto de Combustível**

Os dados referente ao projeto desta amostra encontram-se no anexo F.

##### **a) Dados de concepção do sistema de AP**

a1) Tipo de edificação:

Posto de combustível

a2) Usos pretendidos para a água pluvial:

Lavagem de automóveis, lavagem da plataforma e descarga de bacias sanitárias.

##### **b) Dados de entrada do projeto do sistema de AP**

b1) Área de coleta:

A área de coleta utilizada para captação das águas pluviais foi somente o telhado.

b2) Intensidade Pluviométrica Local (mm/h)

Como a pesquisa foi desenvolvida na Cidade de Cruz Alta/RS, cujos dados de precipitação foram apresentados no quadro 19 onde é possível conhecer a média mensal dos últimos trinta anos, e então calcular a média anual, que é de **157,50 mm/h**.

b3) Análise da quantidade de AP (m<sup>3</sup>)

- **Cálculo da população:**

10 funcionários posto de combustíveis;

2 funcionários locadora de vídeo

**População total : 12 pessoas.**

- **Cálculo do consumo mensal:**

Descarga bacia sanitária:

12 pessoas x 3 vezes/dia x 6 litros x 30 dias = 6.480 litros/mês

Lavagem da plataforma:

265,60 m<sup>2</sup> x 3 litros/dia/m<sup>2</sup> x 30 dias = 23.904 litros/mês

Lavagem de automóveis:

330 carros/mês x 100 litros/lavagem = 33.000 litros/mês

**Total demanda mensal:** 63.000 litros/mês ou 63 m<sup>3</sup>

b4) Análise da qualidade da AP:

Os valores das análises qualitativas para esta tipologia foram apresentados no quadro 24. Através destas análises, pode-se comprovar que o local de coleta das águas pluviais para o caso do condomínio vertical é um local livre de contaminações. Pode-se observar que os índices de DBO<sub>5</sub> estão dentro das diretrizes recomendadas, o único valor que está acima do recomendado, é o valor da DQO. Um dos fatores preocupantes na coleta de água pluvial são os coliformes fecais, nesta situação os índices foram considerados inferiores as diretrizes recomendadas, e na segunda análise ausentes, sendo assim, pode-se dizer que a qualidade da água é propícia para um sistema de aproveitamento.

### c) Etapas de desenvolvimento do projeto do sistema de AP

#### c1) Cálculo da área de contribuição das águas pluviais:

Seguindo as recomendações preconizadas pela NBR 10844/89, para o cálculo das áreas de contribuição, foi considerado a inclinação do telhado e utilizada a formulação específica para o caso.

A cobertura foi dividida em áreas de coleta conforme o número de calhas presentes na planta de cobertura, o que resultou em quatro áreas de coleta cujos valores são os seguintes:

Área coleta 1-2: 45,95 m<sup>2</sup>

Área coleta 3-4: 132,79 m<sup>2</sup>

Área coleta 5-6: 80,85 m<sup>2</sup>

**Área total coleta: 520 m<sup>2</sup>**

#### c2) Determinação do coeficiente de deflúvio:

Foram utilizados os valores do quadro 06, sendo que o valor adotado foi de 0,80. E este valor foi aplicado no cálculo final do volume de água a ser armazenada. Ressalta-se que para o caso do cálculo da vazão de projeto adotou-se o valor de coeficiente de deflúvio de 1, ou seja, toda a água que precipitar sobre a cobertura irá escoar pelas calhas e demais componentes do sistema de coleta de águas pluviais.

#### c3) Cálculo da vazão de projeto das águas pluviais:

A vazão foi calculada utilizando-se a equação 03, resultando nos seguintes valores:

##### Vazão de projeto para área de cobertura 1-2:

i =	157,50 mm/h
A =	45,95 m <sup>2</sup>
Q =	120,60 l/min

##### Vazão de projeto para área de cobertura 3-4:

i =	157,50 mm/h
A =	132,79 m <sup>2</sup> ÷ 2 = 66,40 m <sup>2</sup>
Q =	174,30 l/min

A área da cobertura foi dividida por dois porque a vazão desta parte da cobertura será escoada por dois condutores verticais.

Vazão de projeto para área de cobertura 5-6:

i =	157,50 mm/h
A =	$80,85 \text{ m}^2 \div 2 = 40,42 \text{ m}^2$
Q =	106,10 l/min

A área da cobertura foi dividida por dois porque a vazão desta parte da cobertura será escoada por dois condutores verticais.

c4) Dimensionamento das calhas ou ralos:

As calhas do posto de combustíveis foram calculadas seguindo a equação 06.

Área de coleta 01-02 e 05-06: Calhas de 10 x 5cm;

K =	60.000
S =	$0,10 \times 0,05 = 0,005$
N =	0,011
$RH=S/P \longrightarrow P =$	$0,05+0,05+0,10=0,2$
i =	$0,5\% = 0,005$
Q <sub>calha</sub> =	165,51 l/min

Área de coleta 03-04: Calha de 12 x 6 cm;

K =	60.000
S =	$0,12 \times 0,06=0,0072$
N =	0,011
$RH=S/P \longrightarrow P =$	$0,06+0,06+0,12=0,24$
i =	$0,5\% = 0,005$
Q <sub>calha</sub> =	269,81 l/min

c5) Dimensionamento dos condutores Verticais:

Todos os condutores verticais do projeto de coleta de águas pluviais do posto de combustível resultaram no diâmetro mínimo de **75 mm**, devido ao fato de que a menor vazão para aplicação dos ábacos das figuras 41 e 42 ter que ser de 200 l/min, e todas as vazões de projeto resultaram em valores inferiores a esse.

c6) Dimensionamento dos condutores Horizontais:

Os condutores horizontais para o posto de combustível resultam no valor de **100 mm**, devido a inclinação usual de 0,5 % , os valores estão indicados no quadro 14.

c7) Escolha do dispositivo de auto-limpeza ou descarte

Para o cálculo do volume do reservatório de descarte foi utilizada a relação de 1 litro de água por cada 100 m<sup>2</sup> de área de coleta. Resultando:

$$\begin{array}{l} \text{Relação: 1 litro} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 100 \text{ m}^2 \\ \text{x litros} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 520 \text{ m}^2 \end{array}$$

Volume do reservatório de auto- limpeza: 5,20 litros.

c8) Dimensionamento dos reservatórios de água pluvial

Para o cálculo do volume do reservatório de água pluvial foram montados os quadros 34 e 35. O quadro 34 mostra o dimensionamento, resultando em um reservatório de 20 m<sup>3</sup>, para suprir as necessidades de lavagem de automóveis, lavagem da plataforma e descarga de bacias sanitárias, que totalizaram uma demanda de 63 m<sup>3</sup>.

O quadro 35 mostra o cálculo da verificação da eficiência do sistema com o volume de reserva calculado.

A eficiência no sistema (%) é determinada pela relação entre o volume anual de água utilizada e o volume anual de chuva (MCMAHON, 1993 apud TOMAZ, 2003), ou seja:

$Eficiêncianosistema = \frac{Volumeanualdeáguauutilizada}{Volumeanualdechuvia} = \frac{756.000}{1.890} = 400\%$	(19)
---	------

Para o posto de combustível não haverá necessidade de suprimento, pois existe um excesso de água pluvial que irá diretamente para o sistema público. Os cálculos da necessidade ou não de suprimento encontram-se no quadro 33.

Depois de dimensionado o volume do reservatório, o mesmo é distribuído entre reservatório inferior (60% do volume total) e reservatório superior (40% do volume total), sendo assim:

Reservatório inferior = 12.000 litros

Reservatório superior = 6.000 litros

**DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO DE ÁGUA DE CHUVA PELO MÉTODO DE RIPPL**  
 Tipologia Posto de Combustível

MESES	CHUVA MÉDIA MENSAL	DEMANDA MENSAL	VOLUME ACUMULADO	ÁREA DE COLETA	COEFICIENTE DE RUNOFF	VOLUME DE CHUVA MENSAL	VOLUME ACUMULADO	VOLUME DE CHUVA DEMANDA	VOLUME DO RESERVATÓRIO DE ÁGUA DA CHUVA
	mm	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>		m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
JANEIRO	168,40	63	63	520	0,8	70,05	70,05	7,05	0
FEVEREIRO	147,96	63	126	520	0,8	61,55	131,60	-1,45	1,45
MARÇO	131,31	63	189	520	0,8	54,62	186,22	-8,38	9,83
ABRIL	157,40	63	252	520	0,8	65,47	251,69	2,47	0
MAIO	147,34	63	315	520	0,8	61,29	312,98	-1,71	11,54
JUNHO	161,07	63	378	520	0,8	67,00	379,98	4	0
JULHO	158,19	63	441	520	0,8	65,80	445,78	2,8	0
AGOSTO	132,33	63	504	520	0,8	55,04	500,82	-7,96	19,50
SETEMBRO	173,42	63	567	520	0,8	72,14	572,96	9,14	0
OUTUBRO	195,96	63	630	520	0,8	81,52	654,48	18,52	0
NOVEMBRO	166,66	63	693	520	0,8	69,33	723,81	6,33	0
DEZEMBRO	150,05	63	756	520	0,8	62,42	786,23	-0,58	20,08

**Quadro 34:** Dimensionamento do Reservatório do posto de combustível pelo método de Rippl

**VERIFICAÇÃO DO VOLUME DO RESERVATÓRIO DE ÁGUA DE CHUVA: 20 m<sup>3</sup>**  
 Tipologia Posto de Combustível

MESES	CHUVA MÉDIA MENSAL	DEMANDA MENSAL	ÁREA DE COLETA	COEFICIENTE DE RUNOFF	VOLUME DE CHUVA MENSAL	VOLUME DO RESERVATÓRIO	VOLUME DO RESERVATÓRIO T-1	VOLUME DO RESERVATÓRIO T	OVERFLOW	SUPRIMENTO
	mm	m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>		m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
JANEIRO	168,40	63	520	0,8	70,05	20	0	20	7,05	0,00
FEVEREIRO	147,96	63	520	0,8	61,55	20	20	18,55	0,00	0,00
MARÇO	131,31	63	520	0,8	54,62	20	18,55	10,17	0,00	0,00
ABRIL	157,40	63	520	0,8	65,47	20	10,17	20	2,47	0,00
MAIO	147,34	63	520	0,8	61,29	20	20	18,29	0,00	0,00
JUNHO	161,07	63	520	0,8	67,00	20	18,29	20	4,00	0,00
JULHO	158,19	63	520	0,8	65,80	20	20	20	2,80	0,00
AGOSTO	132,33	63	520	0,8	55,04	20	20	12,04	0,00	0,00
SETEMBRO	173,42	63	520	0,8	72,14	20	12,04	20	9,14	0,00
OUTUBRO	195,96	63	520	0,8	81,52	20	20	20	18,52	0,00
NOVEMBRO	166,66	63	520	0,8	69,33	20	20	20	6,33	0,00
DEZEMBRO	150,05	63	520	0,8	62,42	20	20	19,42	0,00	0,00
							19,42			

**Quadro 35:** Verificação do volume do reservatório de água de chuva – para posto de combustível. (m<sup>3</sup>)

c9) Escolha do sistema de tratamento de água pluvial

Baseado nos resultados do quadro 24 o sistema proposto para o tratamento das águas pluviais é um sistema composto com por um filtro de areia, acompanhado de um dispositivo separador de folhas e galhos. Após o sistema de filtragem, recomenda-se um sistema de desinfecção simples, como um dosador de cloro.

Apesar do baixo índice de coliformes a desinfecção é recomendada porque a água será aduzida para o interior da edificação para uso na bacia sanitária, o que aumenta muito o risco de uma possível contaminação, caso a qualidade da água da chuva venha a sofrer alguma alteração de qualidade.

c10) Dimensionamento do sistema de bombeamento:

O sistema de bombeamento empregado no caso do posto de combustível seguiu os passos demonstrados no item 2.8 do capítulo II deste trabalho. Os resultados estão compilados no quadro 36.

<b>Vazão de recalque</b>			
$Q_{rec} = CD / NF$			
CD = consumo diário ( m <sup>3</sup> / dia )	63 m <sup>3</sup>		
NF = número de horas de funcionamento	6 horas		
Q = vazão ( m <sup>3</sup> / h )			
	m <sup>3</sup> /s      0,0000243 m <sup>3</sup> /s		
<b>Dimensionamento diâmetro de recalque</b>			
$D_{rec} = 1,3 \times (Q_{rec}^{1/2}) \times (X^{1/4})$			
Q rec = vazão de recalque ( m <sup>3</sup> / s )	Dm = 40mm		
X = NF / 24	Di = 37mm		
D rec = Diâmetro de recalque			
Diâmetro recalque ( mm )	40mm		
Diâmetro sucção( mm )	50mm		
<b>Determinação da altura manométrica</b>			
Hman rec = Hrec + ΔHrec			
Hman suc = Hsuc + ΔHsuc			
$j = 0,00086 \times Q^{1,75} / D^{4,75}$			
j = perda de carga unitária.			
Q = a vazão de água em m <sup>3</sup> /s.			
D = diâmetro das tubulações em m.			
jrec = 0,0000457m/m			
jsuc = 0,0009974m/m			
<b>Sucção</b>		<b>Recalque</b>	
Hsuc	1,50m	Hrec	7,60m
Ltsuc	15,70m	Ltrec	23,50m
ΔHsuc	0,015m	ΔHrec	0,0010m
<b>Altura Manométrica</b>			
H <sub>total</sub> =	9,11 m		
Q <sub>rec</sub> =	0,000453 m <sup>3</sup> /h		

**Quadro 36:** Sistema de bombeamento calculado para o posto de combustível

c11) Abastecimento do sistema de águas pluviais com água potável:

O abastecimento de água potável para o sistema de águas pluviais será realizado pela interligação do reservatório superior de água potável com o reservatório inferior de água pluvial através de bóias de controle de níveis de água no reservatório superior de água pluvial. O sistema foi mostrado na figura 71.

c12) Projeto do sistema de distribuição das águas pluviais:

O projeto de distribuição da água pluvial ou a partir do reservatório superior está demonstrado no anexo G.

## 5 CONCLUSÃO

A água é imprescindível a todos os seres vivos, e sua disponibilidade em quantidade e qualidade pode ser um índice motivador ou redutor a qualquer proposta de desenvolvimento sustentável, quer seja numa cidade, região ou país.

Apesar de o Brasil conter grande disponibilidade de recursos hídricos, ainda se pode observar grandes problemas de falta de água em algumas regiões. A conscientização da população em preservar a qualidade e a quantidade da água requer uma mudança de paradigma cultural. A utilização de águas pluviais contribui para a economia de água potável, seja ela utilizada na indústria, residências e até mesmo na agricultura.

As águas pluviais podem ser utilizadas em descargas de bacias sanitárias, lavagem de automóveis, rega de jardins, lavagem de calçadas, em sistemas de ar condicionado, em sistemas de combate a incêndio, enfim, na maioria dos usos não potáveis. E com a utilização de águas pluviais, além de benefícios como redução do consumo de água potável para fins denominados de menos nobres, e a conservação da água, existe também o controle de enchentes, pois ao ser armazenada, esta pode ser liberada aos poucos para o sistema de drenagem.

Recomenda-se que, ao adotar o sistema de aproveitamento de água pluvial, seja aplicado em conjunto um sistema de tratamento, mediante uma avaliação prévia da qualidade da água pluvial local, para que não ocorram riscos de saúde em seus usuários.

Este estudo buscou situar o leitor a respeito da utilização de águas pluviais no mundo, bem como no Brasil. Realizada esta análise o que se pode perceber é que o sistema de captação e utilização de águas pluviais é uma técnica antiga, porém de grande valia na atualidade. Porém com os recursos modernos, cabe ao usuário tomar os devidos cuidados para a aplicação desta técnica, para que não ocorram situações de contaminação para os

seus usuários. Depois de realizado o levantamento das utilizações de águas pluviais, buscou-se propor uma metodologia, a qual foi validada através de sua aplicação em três estudos de caso.

A metodologia serve de parâmetro para que os profissionais da área tenham diretrizes para dimensionar um sistema de utilização de águas pluviais. A metodologia foi descrita passo a passo, visando auxiliar na implantação do sistema.

A aplicação da metodologia, nos três estudos de caso resultaram nas seguintes conclusões.

Para a aplicação da metodologia nos estudos de caso, foi realizada coleta e análise da água pluvial no local do estudo. Foram realizadas duas análises para cada tipologia, sendo que os resultados das mesmas possuíram valores muito distintos. Sabendo que os locais de estudo não sofreram grandes interferências do meio, pode-se concluir que é necessário no mínimo realizar três análises qualitativas da água em estudo.

Levando em consideração cada tipologia, para o caso da tipologia 01, a residência unifamiliar pode-se observar que a área de coleta de  $185,65 \text{ m}^2$  era muito maior do que a necessidade para a demanda de  $18 \text{ m}^3$ , o que fez com que fosse proposta a utilização de uma área menor de coleta, tornando assim o sistema viável. Evitando gastos extras com a construção de um reservatório maior que seria desnecessário. A utilização do sistema de aproveitamento da água pluvial nesta residência proporcionou uma economia de 37.5 % da água potável em cada mês.

Já no caso da tipologia 02, o condomínio vertical misto, várias propostas foram levantadas: inicialmente pensou-se em utilizar a água pluvial para as descargas em bacias sanitárias residenciais e comerciais, rega de jardins e lavagem de calçadas. Mas com uma área de coleta de  $221,40 \text{ m}^2$ , para suprir uma demanda de  $33 \text{ m}^3$ , tornaria o sistema inviável, necessitando de um grande volume para o reservatório. A segunda opção foi a utilização de águas pluviais somente para as bacias sanitárias, residencial e comercial, ai para uma demanda de  $30 \text{ m}^3$  o reservatório teria que ter  $30,70 \text{ m}^3$ . Já a terceira opção, e considerada a mais viável, seria a utilização de águas pluviais somente para as bacias sanitárias residenciais, o que resultaria em um reservatório de  $10 \text{ m}^3$ , para uma demanda de  $27 \text{ m}^3$ . Gerando uma economia de 15% da água potável em cada mês.

A tipologia 03, o posto de combustível foi a tipologia considerada mais viável, pois com uma área de coleta de 520 m<sup>2</sup>, o reservatório atenderia a uma demanda de 63 m<sup>3</sup>, com o volume de 20 m<sup>3</sup>. Pois se sabe que o fornecimento de água no posto, além do fornecimento pela companhia, também é abastecido através de poço artesiano. E a utilização de águas pluviais, além de economizar água potável tratada, economizaria também água do lençol freático. Em um total de 87,5% de água potável em cada mês.

Depois de realizadas todas estas análises chegou-se a conclusão que é realmente viável ambientalmente a implantação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais, pois ao se utilizar essa água, outros recursos naturais estão sendo economizados, como água potável e energia, além de reduzir os diâmetros e as estruturas do sistema público de águas pluviais.

Através destas análises comprovou-se a validade da metodologia, pois os passos propostos direcionam para o resultado esperado, ou seja, para a aplicação e dimensionamento do sistema de aproveitamento de AP.

Porém cabe ressaltar a importância de se realizar um projeto bem elaborado, atendendo as exigências de parâmetros quantitativos e qualitativos das águas pluviais, para que o sistema não se torne oneroso e nem cause danos à saúde de seus usuários.

Como trabalhos futuros pode-se sugerir um estudo de: outros tipos de filtros utilizando-se materiais usualmente encontrados em obras de construção civil; novas propostas de interligação da água potável para suprir os períodos de seca ou estiagem; e o desenvolvimento de estudos para a quarta etapa da metodologia proposta, que são as etapas complementares do sistema de AP: projeto de sinalização dos pontos de suprimento de água pluvial; especificação e instalação de torneiras de usos restritos para os pontos de consumo de água pluvial e montagem e entrega de um plano de monitoramento do sistema de aproveitamento da água pluvial.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. NBR 10844, Associação Brasileira de Normas Técnicas –: *Instalações prediais de águas pluviais*. RJ, 1989.

AGENDA 21, *Proteção da Qualidade e do Abastecimento dos Recursos Hídricos: Aplicação de Critérios Integrados no Desenvolvimento, Manejo e Uso dos Recursos Hídricos*. Capítulo 18. Disponível em: <<http://www.bdt.fat.org.br/publicacoes/politica/agenda21/cap18>>. Acesso em 23 de Março de 2006.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS – disponível em <<http://www.ana.gov.br/>>. Acesso em 06 de Junho de 2005.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS - *LEI Nº 9.984, DE 17 DE JULHO DE 2000*. Disponível em: <<http://www.cnrh-srh.gov.br/>> Acesso em 25 de Junho de 2006.

ARCE – AGÊNCIA REGULADORA DE SERVIÇOS PÚBLICOS DELEGADOS DO ESTADO DO CEARÁ. *Legislação sobre Uso Racional da Água*. Março de 2004.

BATISTA, J. O., GHISI, E. - *Potencial de economia de água tratada através do aproveitamento de águas pluviais no semi-árido alagoano* – Goiânia, GO, 2005. IX Simpósio Nacional de Sistemas Prediais. 1 CD-ROM

BRAGA, B. *et al.*- *Introdução à Engenharia Ambiental* – São Paulo, SP, 2002. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária.

CAMPOS, M. A. S., AMORIM, S. V. *Aproveitamento de Água Pluvial em um Edifício Residencial Multifamiliar no Município de São Carlos*. São Paulo, 2004. Entac'04. 1 CD-ROM.

CÓDIGO DE ÁGUAS, *DECRETO Nº 24.643, DE 10 DE JULHO DE 1934*. Disponível em: <[http://www.presidencia.gov.br/ccivil\\_03/decreto/D24643.htm](http://www.presidencia.gov.br/ccivil_03/decreto/D24643.htm)> Acesso em 25 de Junho de 2006.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. *Resolução nº 274 de 29 de novembro de 2000, artigo nº 1.* Disponível em : <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res00/res27400.html> > Acesso em 05 de Outubro de 2005.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. *Resolução nº 357 de 17 de março de 2005, artigo nº 4.* Disponível em : <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf> > Acesso em 05 de Outubro de 2005.

CONSTRUKELL, *A solução que vem do céu,* disponível em <[http://www.construkell.com.br/calhas\\_prods\\_filtro.htm](http://www.construkell.com.br/calhas_prods_filtro.htm)>. Acesso em 6 de Dezembro de 2005.

CORSAN – COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO. Entrevista com CORSAN na cidade de Cruz Alta/RS.

CSE – Centre for Science and Environment's. *Model Projects.* Disponível em: <<http://www.rainwaterharvesting.org/Urban/Model-Projects.htm>> Acesso em 29 de Setembro de 2005.

DECRETO Nº 23940 de 30 de janeiro de 2004. Disponível em <<http://www.recicloteca.org.br/agua/dec-Rio.htm>> Acesso em 08 Julho 2005.

EMATER – Associação Riograndense de Empreendimentos de Assistência Técnica e Extensão Rural - dados coletados pelo Técnico Jorge Vargas, da cidade de Cruz Alta/RS.

ENGEPLAS - *Engenharia da reciclagem e meio ambiente.* Disponível em <[http://www.engeplasonline.com.br/aq\\_exemplos.html](http://www.engeplasonline.com.br/aq_exemplos.html)> Acesso em 08 Julho 2005.

EPA, U. S. Environmental Protection Agency. *Wetlands,* disponível em: <<http://www.epa.gov/owow/wetlands/>>, Acesso em 27 de Outubro de 2005.

FIORI, S. *Avaliação Qualitativa e Quantitativa do Potencial de Reuso de Água Cinza em Edificações.* 2005. Dissertação - Mestrado em Engenharia, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2005.

GNADLINGER, J. *Rainwater Harvesting for Household and Agricultural Use in Rural Areas.* Disponível em <<http://www.irpaa.org.br/colheita/indexb.htm>> Acesso em 08 Julho de 2005.

GONÇALVES. O. M. . *Apostila Sistemas Prediais de Águas Pluviais-* Universidade de São Paulo – disponível em: <[http://pcc2465.pcc.usp.br/materiais\\_notas%20de%20aula.htm](http://pcc2465.pcc.usp.br/materiais_notas%20de%20aula.htm)> Acesso em 24 de Março de 2006.

GROUP RANIDROPS, *Aproveitamento da Água da Chuva,* Editora Organic Trading, Brasil, 2002.

HERNANDES, A. T., AMORIM, S. V. *Reservatórios Permeáveis para Detenção de Água Pluvial*. Goiânia, GO, 2005. IX Simpósio Nacional de Sistemas Prediais. 1 CD-ROM

HESPANHOL, Ivanildo. *Potencial de Reúso de Água no Brasil - Agricultura, Indústria, Municípios, Recarga de Aquíferos*. Disponível em: <[http://www.aguabolivia.org/SituacionaguaX/IIIEncAguas/contenido/trabajos\\_verde/TC-158.htm](http://www.aguabolivia.org/SituacionaguaX/IIIEncAguas/contenido/trabajos_verde/TC-158.htm)>. Acesso em: 28 Junho de 2005.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Dados coletados na Sede do IBGE na cidade de Cruz Alta/RS.

INMET. *Instituto Nacional de Meteorologia*. Disponível em <[http://reia.inmet.gov.br/climatologia/ger\\_mapa11.php#](http://reia.inmet.gov.br/climatologia/ger_mapa11.php#)> Acesso em 11 Julho de 2005.

IPEMA, *Instituto de Permacultura e Ecovilas da Mata Atlântica*. Disponível em <<http://www.ipemabrasil.org.br/institutoweb13.htm>> Acesso em 13 de Fevereiro de 2006.

IRCSA - International Rainwater Catchment Systems Association. Disponível em <<http://www.ircsa.org/factsheets/lowincome.htm>> Acesso em 09 Julho de 2005.

KRISHNA, H. J. *Texas Water Development Board - The Texas Manual on Rainwater Harvesting*. 3<sup>o</sup> Edição. Texas/2005 Disponível em <[http://www.twdb.state.tx.us/publications/reports/RainwaterHarvestingManual\\_3rdedition.pdf](http://www.twdb.state.tx.us/publications/reports/RainwaterHarvestingManual_3rdedition.pdf)> Acesso em 22 de Novembro de 2005.

LAUTENSCHLAGER, S. R. *Modelagem do Desempenho de Wetlands Construídas*. 90p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Sanitária), – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2001.

LEI Nº 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997. Disponível em: <<http://www.cnrh-srh.gov.br/>> Acesso em 25 de Junho de 2006.

LYLE, J. T. *Regenerative Design for Sustainable Development*. John Wiley & Sons, Inc. 1994.

MACINTYRE, A. J. *Manual de Instalações Hidráulicas e Sanitárias*, Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. Rio de Janeiro, 1990.

MANO, R. S. , SCHIMITT, C. M. *Captação Residencial de Água Pluvial, para fins não potáveis, em Porto Alegre: Aspectos básicos da viabilidade técnica e dos benefícios do sistema*. São Paulo, 2004. Entac'04. 1 CD-ROM.

MANUAL de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem. Disponível em: <[http://www.dnit.gov.br/normas/download/Manual\\_Hidrologia.pdf](http://www.dnit.gov.br/normas/download/Manual_Hidrologia.pdf)> Acesso em: 28 Junho de 2005.

MAY, S. *Estudo da Viabilidade do Aproveitamento de Água de Chuva para Consumo Não Potável em Edificações*. 2005. 159p. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Construção Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

MAY, S., PRADO, R. T. A. *Estudo da Qualidade da Água de Chuva para consumo não potável em edificações*. São Paulo, 2004. Entac'04. 1 CD-ROM.

MELLO, V.O., NETTO, J.M.A., *Instalações Prediais Hidráulico-Sanitárias*, Editora Edgard Blucher Ltda, São Paulo, 1988.

METEOSORT, *Instrumentos Meteorológicos*. Disponível em <[http://www.meteosort.com/meteosort/cas/a\\_m\\_28.htm](http://www.meteosort.com/meteosort/cas/a_m_28.htm)> Acesso em 14 de Janeiro de 2006.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. *Portaria nº 1469 de 29 de dezembro de 2000, artigo 16º*. Disponível em: <<http://www.springway.com.br/asau/legi.html>> Acesso em 18 de Setembro de 2005.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. *Portaria nº 518 2004, artigo 16º*. Disponível em: <[http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/portaria\\_518\\_2004.pdf](http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/portaria_518_2004.pdf)> Acesso em 20 de Fevereiro de 2007.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, *Gestão dos Recursos Naturais- Subsídios à Elaboração da Agenda 21 Brasileira*, Brasília, 2000. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br.html>> Acesso em 23 de Março de 2006.

MORELLI. E. B. *Reúso da Água na Lavagem de Veículos*. 107p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Sanitária) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

MOLLISON, B. *Permaculture, a designer's manual*. Tyalgum, Tagari Publications, 1988.

NUNES, S., ILHA, M. S. O. - *Aspectos qualitativos relacionados aos sistemas de reúso de água em edifícios* – Goiânia, GO, 2005. IX Simpósio Nacional de Sistemas Prediais. 1 CD-ROM

PAULA, H. M., OLIVEIRA, L. H. - *Sistema de aproveitamento de água de chuva na cidade de Goiânia: avaliação da qualidade da água em função do tempo de retenção no reservatório*. Goiânia, GO, 2005. IX Simpósio Nacional de Sistemas Prediais. 1 CD-ROM

PAULA, H. M. *Sistema de aproveitamento de água de chuva na cidade de Goiânia: avaliação da qualidade da água em função do tempo de retenção no reservatório*. 215 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2005.

PIEREZAN, M. *Estudo sobre o Aproveitamento de Águas Pluviais em Residências Unifamiliares*. Especialização em Tecnologia Ambiental – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo/RS, 2005

PNCDA, *Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água*, disponível em <<http://www.pncda.gov.br/>>. Acesso em 10 Junho de 2005.

ROGGIA, M.N., *Um Estudo Educativo Ambiental a partir do Aproveitamento da Água da Chuva nas Edificações*. Especialização Latu Sensu em Educação Ambiental – Universidade de Cruz Alta. Cruz Alta, 2003.

SANTOS, D. C. *Os sistemas prediais e a promoção da sustentabilidade ambiental*. Porto Alegre, v2, n4 . out/dez 2002. p 07-18. Edição Especial

SAUTCHUK, C.*et.al*. *Manual e Reúso da Água em Edificações*. São Paulo. Prol Editora Gráfica, Jun. 2005.

SILVA, A.P.S. *et al*. *Reúso de Água e suas Implicações Jurídicas*. São Paulo: Navegar Editora, 2003.

SIMIONI, W. I. *et al*. *Potencial de Economia de Água tratada a través do aproveitamento de águas pluviais em postos de combustíveis: estudo de caso*. São Paulo, 2004. Entac'04. 1 CD-ROM.

SNIS (2005). Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. *Diagnóstico dos serviços de água e esgotos – 2005*. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/>>. Acessado em 15 de Fevereiro de 2007.

SPERFELD, D. Rainwater harvesting, water re-utilisation and ecological sanitation – further developments. Disponível em: <<http://www.fbr.de/englisch/rainwater01.htm>> acesso em 20 de Novembro de 2005.

TECHNIK, *Soluções para o Manejo Sustentável das Águas Pluviais*. Disponível em <<http://www.3ptechnik.de/brazil/index.php>> Acesso em 6 de Dezembro de 2005.

TNRCC – Texas Natural Resource Conservation Commission. *Rain Water Treatment*. Disponível em: <<http://www.tnrcc.state.tx.us/exec/sbea/rainwater/treatment.html>> Acesso em 28 de Setembro de 2005.

TOMAZ, P. *Aproveitamento de água de chuva*. São Paulo: Navegar Editora, 2003.

TOMAZ, P. *Cálculos Hidrológicos e Hidráulicos para Obras Municipais*. São Paulo: Navegar Editora, 2002.

TOMAZ, P. *Previsão de Consumo de Água*. São Paulo: Navegar Editora, 2000.

TUCCI, C. E. M. *Hidrologia – Ciência e Aplicação*. Rio Grande do Sul: Editora da Universidade: ABRH: EDUSP, 1993

UFRRJ, *Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro*. Disponível em <<http://www.ufrrj.br/institutos/it/de/acidentes/agua1.htm>> Acesso em 05 Julho de 2005.

VILLELA, S. M. , MATTOS, A. *Hidrologia Aplicada*. Rio de Janeiro: Editora McGraw-Hill, 1975.

VIVACQUA, M. C. R. *Qualidade da Água do Escoamento Superficial Urbano – Revisão Visando o Uso Local*. 2005. 185 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Sanitária) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

WIKIPÉDIA, *A Enciclopédia Livre*, 2006. Disponível em <[http://pt.wikipedia.org/wiki/P%C3%A1gina\\_principal](http://pt.wikipedia.org/wiki/P%C3%A1gina_principal)> Acesso em 20 de Novembro de 2006.