

Monografia

"ESTUDO DE CASO: REAPROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM EDIFÍCIO ESCOLAR"

Autor: Cassiana Martins de Jesus

Orientador: Prof. José Cláudio Nogueira Vieira

Março/2013

CASSIANA MARTINS DE JESUS

**"ESTUDO DE CASO: REAPROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM EDIFÍCIO
ESCOLAR"**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil
da Escola de Engenharia UFMG

Ênfase: Tecnologia e produtividade das construções

Orientador: Prof. José Cláudio Nogueira Vieira

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

2013

Dedico este trabalho à minha querida mãe, pelo apoio, carinho, dedicação, pelo exemplo de vida e ensinamentos devotados incondicionalmente a esta filha e aos meus irmãos pelo carinho, paciência e compreensão com que sempre me trataram.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus por estar sempre ao meu lado, me conduzindo pelos melhores caminhos.

A minha mãe, Cecília Martins, que me criou e proporcionou minha educação, tanto escolar quanto moral, e que me ensinou que para Deus tudo é possível basta ter força de vontade e fé.

Aos meus irmãos Mariana e Rafael que tanto me ajudaram na realização deste trabalho.

Ao professor José Cláudio Nogueira Vieira por ter me acolhido como sua orientanda e acreditado na realização deste estudo.

Aos professores que contribuíram na minha formação como engenheira e cidadã.

Aos parentes e amigos pela compreensão de minha ausência e pelo apoio oferecido.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	VII
LISTA DE QUADROS E TABELAS	VIII
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	IX
RESUMO	1
1. INTRODUÇÃO.....	2
2. OBJETIVOS	5
2.1 OBJETIVO GERAL	5
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
3. JUSTIFICATIVA	6
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
4.1 PRECIPITAÇÕES ATMOSFÉRICAS.....	7
4.2 TIPOS DE CHUVAS	7
4.3 MEDIÇÃO DAS CHUVAS	9
4.4 ASPECTOS QUALITATIVOS DA ÁGUA COLETADA	15
4.5 CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL.....	18
4.6 APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA	21
4.7 NORMAS PARA APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA	23
4.8 INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUAS PLUVIAIS	23
4.9 RESERVATÓRIO	25
4.9.1 Tipos de Reservatório	27

4.9.2 Reservatórios em PVC ou PEAD	27
4.9.3 Reservatórios em alvenaria ou concreto armado.....	28
4.9.4 Reservatórios em fibra de vidro	28
4.10 SISTEMA DE FILTRAGEM	29
4.11 LEGISLAÇÕES	32
5. ESTUDO DE CASO.....	34
5.1 LEVANTAMENTO DA MÉDIA ANUAL DAS PRECIPITAÇÕES EM BELO HORIZONTE	34
5.2 ASPECTOS QUANTITATIVOS	37
5.3 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO DE ÁGUA DE CHUVA.....	38
5.3.1 Planilha de dimensionamento do volume do reservatório de água de chuva pelo Método Rippl – Método Analítico.....	41
5.3.2 Planilha de verificação do volume do reservatório de água de chuva	44
5.4 CONJUNTO ELEVATÓRIO	45
5.5 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA.....	47
5.5.1 Custos do investimento	47
5.5.2 Custos de Exploração	51
5.5.3 Custo total com o sistema.....	51
5.5.4 Benefícios.....	51
6. CONCLUSÕES.....	53
7. ANEXO	55
7.1 LEGISLAÇÃO FEDERAL.....	55
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58

Lista de Figuras

Figura 4.1 - Esquema de um pluviômetro	9
Figura 4.2 - Esquema de um pluviógrafo.....	10
Figura 4.3 - Precipitação média mensal em Belo Horizonte no período de 1961-1990	12
Figura 4.4 - Ligação da Calha ao Tubo de Queda	25
Figura 4.5 - Reservatórios construídos em PVC	27
Figura 4.6 - Caixa de retenção construída em concreto armado.....	28
Figura 4.7 - Cisterna construída em fibra de vidro	29
Figura 4.8 - Filtro comercial pequeno WFF 100 para limpeza de água da chuva, recolhida de áreas cobertas com até 200m ²	30
Figura 4.9 - Filtros comerciais para limpeza de água da chuva, recolhida de áreas cobertas	31
Figura 5.1 - Médias mensais pluviométricas de Belo Horizonte/MG da série histórica de chuva compreendida entre os anos de 1980 e 2004.....	36
Figura 5.2 - Média das precipitações anuais.....	36

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Tabela 4.1 - Coeficiente de escoamento superficial (C).....	14
Tabela 4.2 - Graus de pureza e utilização das águas pluviais no Japão	16
Tabela 4.3 - Substituição do consumo de água potável pela utilização das águas pluviais.....	19
Quadro 4.4 - Valores de filtros.....	35
Tabela 5.1 - Valores médios mensais de precipitação	35
Quadro 5.2 - Preços dos equipamentos utilizados	50
Quadro 5.3 - Gastos com sistema de aproveitamento de água de chuva	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas
CIRRA	Centro Internacional de Referência em Reuso de Água
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IGAM	Instituto Mineiro de Gestão das Águas
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
COPASA	Companhia de Saneamento de Minas Gerais
SIMGE	Sistema de Meteorologia e Recursos Hídricos de Minas Gerais
SERPRO	Serviço Federal de Processamento de Dados

RESUMO

A água é um recurso humano renovável, valioso e muito abundante na Terra. Porém, esse recurso que todos achavam ser inesgotável, passa por um processo de escassez, devido ao uso irracional do homem, o aumento da população, aumento da poluição entre outros. Os problemas de escassez de água e poluição dos mananciais, aliados a má utilização da água potável torna-se necessária à procura por novas alternativas de abastecimento de água que venham suprir as demandas atuais e futuras de consumo. A captação da água da chuva para fins não-potáveis como em bacias sanitárias, em torneiras de limpeza e irrigação de jardins são as alternativas utilizadas por uma escola particular na região de Belo Horizonte com o objetivo de maximizar a eficiência do uso racional da água, contribuindo assim com a diminuição do consumo de água nobre, tratada, fornecida pela COPASA. Além disso, pode-se levar a uma diminuição considerável do volume de água que será destinada ao sistema de drenagem urbana, investir no desenvolvimento sustentável e desenvolver a conscientização da comunidade estudantil, afinal, o reuso de água em múltiplas atividades que consome um volume significativo de água tratada em uma escola, demonstram sua importância e justificam a atenção para esse estudo. Para desenvolver esse estudo realizou-se a revisão bibliográfica, coleta de dados referente à quantidade de chuva na área em estudo e revisão referente aos itens necessários para instalação do sistema. Após analisados os materiais coletados conclui-se que a região tem um ótimo potencial para captação devido ao clima e as suas precipitações. O uso de água de chuva favoreceria a redução no consumo de água tratada (potável) para fins não potáveis, de forma a otimizar o uso múltiplo de água e contribuir para a conservação deste recurso natural.

1. INTRODUÇÃO

O reaproveitamento ou reuso da água é o processo pelo qual a água, tratada ou não, é reutilizada para o mesmo ou outro fim. Existe muita água no planeta, mas deve-se considerar que 97,5% da água existente no planeta é salgada, sendo muito onerosa a dessalinização para adequá-la ao consumo humano. Dos 2,5% restantes, 69% concentram-se em geleiras e neves eternas, 30% água subterrânea, 0,7% umidade do solo, ar e solos congelados, e apenas 0,3% estão disponíveis em rios e lagos para consumo humano (COIMBRA e ROCHA, 1999, p. 12).

Ao se comparar a distribuição da água doce no Globo em relação a população, verifica-se que ela está mal distribuída: há partes da Terra realmente com falta crônica de água. O Brasil possui cerca de 12% de toda água doce existente na Terra, mas pode-se dizer que sob o ponto de vista de utilização humana, a mesma está mal distribuída (TOMAZ, 2003).

A má distribuição da água doce na superfície da Terra, aliada aos rumos do mundo globalizado, onde há o intenso uso e exploração dos recursos hídricos, muitas vezes de modo desequilibrado, contribuem para que este recurso se torne cada vez mais raro.

Se não bastasse a globalização, temos o crescimento populacional, que segundo a ONU, a cada ano aumenta de forma desordenada resultando no aumento da utilização dos recursos naturais sem qualquer controle, onde a água é sem dúvida o elemento mais degradado.

A civilização ainda não se conscientizou que dependem extremamente da água e tem que conservá-la, pois, trata-se de um recurso limitado e vulnerável (SZÖLLÖSI-NAGY, 1993, p. 38).

É necessário que seja introduzido em nossa cultura técnicas de uso sustentável dos recursos hídricos que estão surgindo para garantirem a sua utilização. Segundo TOMAZ (2006), o uso racional da água já está sendo introduzido na América do Norte,

Europa e Japão. As principais medidas utilizadas atualmente são o uso de bacias sanitárias de baixo consumo, isto é, 6 litros por descarga, torneiras e chuveiros mais eficientes quanto à economia da água, diminuição das perdas de água dos sistemas públicos, reciclagem e reuso da água. Porém o emprego destas novas tecnologias implica em investimentos, nem sempre disponíveis. Neste fim existem outras tecnologias não convencionais e de certa maneira mais acessíveis do ponto de vista econômico, tais como aproveitamento de águas pluviais (OLIVEIRA, 2009, p. 1).

Não se consegue imaginar vida sem água, pois ela é utilizada para beber, saúde, produzir e preparar alimentos entre outros fins tão essenciais para nossa sobrevivência (WEBER, 1998, p. 5).

No Brasil existe um grande desequilíbrio entre a concentração de água e a população. Nas regiões onde há predominância das atividades industriais e agrícolas existe uma pequena percentagem de volume de água, verificando-se o oposto nas regiões onde estas atividades não são intensas.

Segundo (TOMAZ,1998), a região Norte representa 7,58% da população e dispõe de 68% da água do país, enquanto que a região Nordeste contém 28,2% da população dispõe de 3%, e a região Sudeste onde vivem 42,64% dos brasileiros apresenta somente 6%.

Ao levar-se em conta a quantidade de água para consumo humano existente no planeta, nossa cultura consumista e o alto crescimento populacional, a escassez de água tornou-se um dos graves problemas mundiais. Outros problemas bastante comuns e que agravam a escassez de água são a periodicidade do suprimento, a irregularidade do suprimento, o desmatamento, a poluição das nascentes, falta de saneamento e a má gestão. Nesse contexto, torna-se imprescindível o uso racional da água, através do reaproveitamento das águas pluviais.

Tal aproveitamento é uma alternativa de baixo custo e considerada bastante interessante, pois além de ajudar a reduzir a utilização de água potável para uso em que não se necessita de potabilidade, pondera a exploração dos aquíferos bastantes degradados com a extração exacerbada, também gera um alívio nas galerias pluviais,

facilitando o escoamento da água não captada, prevenindo assim diversos problemas ambientais, tais como, enchentes, proliferação de doenças de veiculação hídrica e erosões.

Segundo (GHISI; MARINOSKI, 2008) em um estudo realizado em uma instituição de ensino constatou-se que 63,5% dos usos finais são utilizados para fins não potáveis, o que poderia ser realizado com água pluvial. Além disso, verificou-se, com o auxílio do programa computacional Netuno (GHISI; CORDOVA; ROCHA, 2009), que o potencial de economia de água potável obtido com a implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial na instituição de ensino pode-se chegar até 45,8%. Como uma das formas de se conservar água é aproveitar água de chuva para consumo não potável em edificações, será feito um estudo de caso para se verificar a viabilidade deste sistema em uma escola particular de Belo Horizonte.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Este trabalho visa estudar o sistema de captação de águas pluviais a ser implantado em uma escola particular em Belo Horizonte, como uma alternativa na redução do consumo de água tratada.

2.2 Objetivos Específicos

- Quantificar a água de chuva em Belo Horizonte;
- Dimensionar o volume do reservatório;
- Avaliar se esse sistema poderá ser uma alternativa para a racionalização e otimização da água potável numa edificação escolar;
- Desenvolver a conscientização da comunidade estudantil para a importância do reuso de águas pluviais em substituição à água potável em algumas atividades;
- Propor um estudo de viabilidade financeira, ou seja, custo-benefício, para implantação deste sistema.

3. JUSTIFICATIVA

Construir prédios econômicos do ponto de vista ambiental, edificações que utilizem água de forma racional, é mais do que necessidade nos dias de hoje. É quase um desafio devido ao quadro de escassez de água e da reduzida literatura técnica nacional, relativa ao uso de águas pluviais almejando a diminuição do consumo de água potável, voltada para o setor de construção civil.

Este trabalho pretende ser mais uma contribuição, no sentido de demonstrar, como a criação de uma rede de distribuição separada a ser utilizada em bacias sanitárias, em torneiras de limpeza e irrigação de jardins colaborará para a economia de água, enquanto recurso natural e permitirá assim seu desenvolvimento sustentável, reduzir os gastos e proteger o meio ambiente.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica foi desenvolvida como forma de nortear esse estudo de caso, auxiliar na definição e delimitação dos aspectos relevantes desta monografia. Está dividida em aspectos relativos às precipitações, ao consumo e às instalações hidráulicas pluviais.

4.1 Precipitações atmosféricas

Precipitação é a queda de água na superfície do solo, não só no estado líquido – chuva – como também no estado sólido – neve e granizo (WILKEN,1978). Neste trabalho será dado um enfoque às precipitações em forma de chuva.

A chuva ocorre quando massas de ar de temperaturas diferentes se misturam e a massa de ar saturada se esfria. Atingida a saturação, poderá iniciar-se a condensação e a formação das nuvens ou mesmo a precipitação, que se apresenta tanto mais intensa quanto maior for o resfriamento e a quantidade de água contida no ar ascendente (WILKEN,1978).

4.2 Tipos de chuvas

Uma das principais causas da formação das condensações e precipitações é o esfriamento dinâmico ou adiabático, porém o movimento vertical das massas é requisito fundamental para a formação das precipitações. De acordo com este movimento as chuvas são classificadas entre ciclônico, orográfico e convectivo, segundo as condições que produzem o movimento vertical do ar (VILLELA e MATTOS, 1975, p. 41).

a) Ciclônico

Está associada ao movimento de massas de ar de regiões de alta pressão para regiões de baixa pressão e são causadas por um aquecimento desigual da superfície terrestre, podendo ser classificadas como frontal ou não frontal.

Precipitação ciclônico não frontal ocorre quando ocasionada uma baixa barométrica, possibilita a elevação do ar a uma convergência horizontal em áreas de baixa pressão.

Já a precipitação ciclônico frontal ocorre quando na zona de contato, existem duas massas de ar de características diferentes, e há sobreposição do ar quente sobre o ar frio.

As precipitações ciclônicas tanto frontal quanto não frontal espalham-se por grandes áreas, e possuem longa duração e intensidade de baixa à moderada (VILLELA e MATTOS, 1975, p. 41 – 42).

b) Orográficas

Resultam dos ventos quentes e úmidos, que de forma geral vem da direção do oceano para o continente, onde se encontram com barreiras naturais, como as montanhas. Isto ocasiona a elevação e o resfriamento adiabático, ocorrendo à condensação de vapores e conseqüentemente as precipitações. Possuem pequena intensidade e grande duração, sendo comum acontecerem na Serra do Mar (VILLELA e MATTOS, 1975, p. 42).

c) Convectivas

Apresentam precipitações de grande intensidade e curta duração, e ocorrem devido ao aparecimento de camadas de ar com densidades diferentes. A estratificação térmica da atmosfera se deve ao aquecimento desigual da superfície terrestre. Esse tipo de precipitação é comum ocorrer em regiões tropicais (VILLELA e MATTOS, 1975, p. 42 – 43).

4.3 Medição das chuvas

A forma mais comum de precipitação é a chuva, que ocorre quando as gotas d'água são pesadas o suficiente para caírem na superfície da terra. A um observador desatento, a quantidade, a intensidade e a frequência das precipitações são sujeitas à variações incertas. Porém são evidenciados em observações continuadas e precisas, que os vários fatores são bem determinados, limitados em caráter e extensão, e suficientemente estimados. Dessa forma é perfeitamente possível, a elaboração de induções baseadas em condições hidrológicas e meteorológicas.

A) Aparelhos utilizados para obter medidas de precipitação

A.1) Pluviômetro

O pluviômetro, apresentado na Figura 4.1, também conhecido como “Ville de Paris”, é mais utilizado devido a simplicidade de suas instalações e operação. No pluviômetro é lido a altura total de água precipitada, ou seja, a lâmina acumulada durante a precipitação, sendo que seus registros são sempre fornecidos em milímetros por dia ou em milímetros por chuva, com anotação da mesma dependendo da capacidade e do capricho do operador (FERNANDES, 2002).

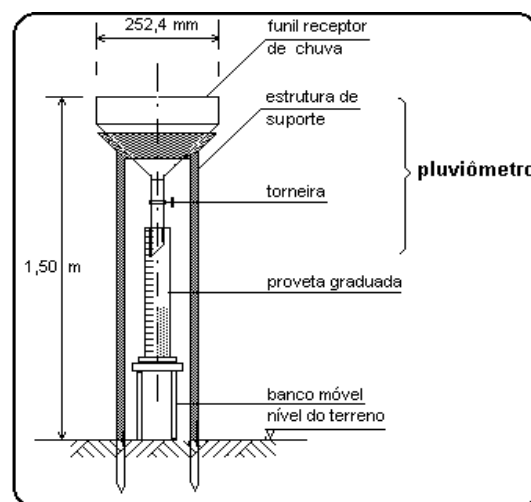


Figura 4.1 - Esquema de um pluviômetro

Fonte: (FERNANDES, 2002)

A.2) Pluviógrafo

O pluviógrafo, apresentado na Figura 4.2, é encontrado com maior freqüência nas estações meteorológicas propriamente ditas e armazena a intensidade de precipitação, ou seja, a variação da altura de chuva com o tempo. Este aparelho registra em uma fita de papel em modelo apropriado, de forma contínua, a quantidade e a duração da precipitação. Sua operação mais complicada e dispendiosa e o próprio custo de aquisição do aparelho tornam seu uso restrito, embora seus resultados sejam bem mais importantes hidrologicamente (FERNANDES, 2002).

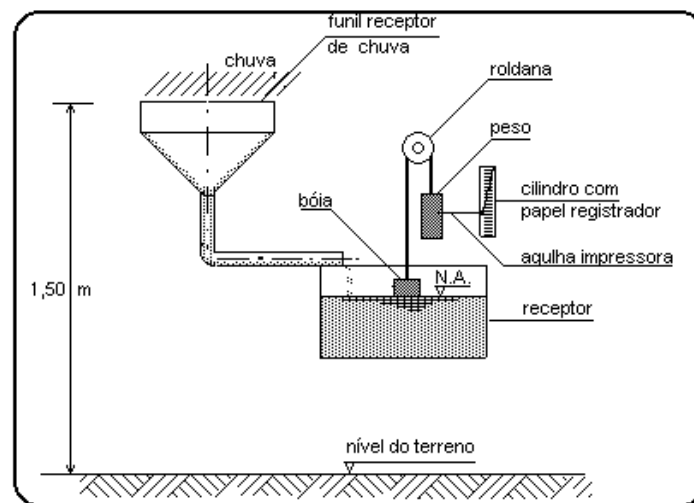


Figura 4.2 - Esquema de um pluviógrafo

Fonte: (FERNANDES, 2002)

B) Intensidade de precipitação (i)

É a medida da quantidade de chuva que cai numa área num determinado tempo. Sua determinação, em geral, é obtida por meio da análise de curvas que relacionam intensidade/duração/freqüência, elaboradas a partir de dados pluviográficos anotados ao longo de vários anos de observações que antecedem ao período de determinação de cada chuva.

OLIVEIRA (2002) cita que a área é fixada convencionalmente em m^2 . Assim, a medida volumétrica se transforma em medida de altura que normalmente se classifica em:

Região de baixa precipitação: <800 mm/ ano;

Região de média precipitação: (800 a 1.600) mm/ ano;

Região de alta precipitação: > 1.600 mm/ano.

Segundo OLIVEIRA, (2002, p.37), a equação geral utilizada para cálculo da intensidade da precipitação é:

$$i = \frac{K \cdot Tr^m}{(t + t_o)^n}$$

Onde:

i = intensidade de precipitação máxima média (mm/h)

t = tempo de duração da chuva (min)

Tr = tempo de recorrência (anos)

K, t_o, m, n = parâmetros a determinar para o local.

Segundo (GUIMARAES e NAGHETTINI, 1997), a equação a ser utilizada na região Belo Horizonte é a seguinte:

$$I_{T,i} = 0,76542 \cdot D^{-0,7059} \cdot P^{0,5360} \cdot \mu_{T,d}$$

Sendo:

$I_{T,i}$ = a estimativa da intensidade de chuva no local i , associada ao período de retorno T (mm/h)

D = a duração da chuva (horas)

P = a precipitação média anual no local i (mm)

$\mu_{T,d}$ = o fator “index-flood” associado ao período de retorno T e à duração d (tabelado).

No gráfico, da Figura 4.3, pode-se visualizar que o volume de precipitação na região de Belo Horizonte no período de 1961-1990.

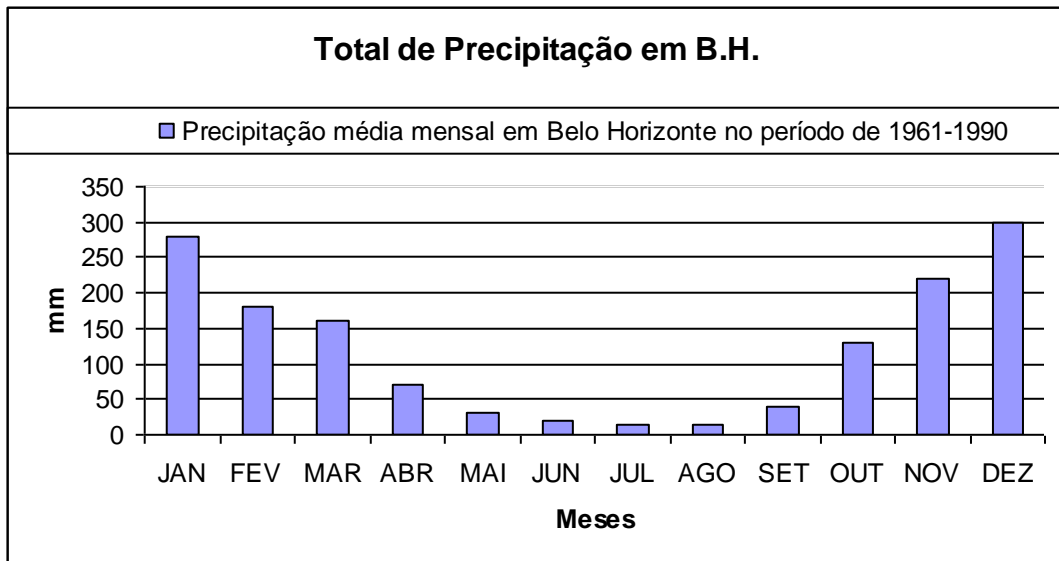


Figura 4.3 - Precipitação média mensal em Belo Horizonte no período de 1961-1990

Fonte: INMET (2006)

Por meio da análise do gráfico, ao se somar a média dos meses tem-se uma média de precipitação anual de, aproximadamente, 1460 mm/ano. De acordo com a classificação (OLIVEIRA,2002), já citada neste texto, pode-se classificar Belo Horizonte como uma região de média precipitação. Com chuvas durante todo o ano, pode-se dizer que há um período de seis meses de maior intensidade das precipitações e outros seis meses de menor intensidade pluviométrica, sendo este chamado período de seca.

C) Duração (t)

A duração de uma chuva refere-se ao instante em que se iniciou a precipitação até seu término. Pode ser medida em minutos, horas ou dias, dependendo do uso a que destina (BOTELHO, 1998, p. 136).

Segundo BOTELHO, (1998, p 137) dados experimentais “Chuvas muito fortes (intensas) são de curta duração e chuvas fracas (baixa intensidade) são prolongadas”.

D) Tempo de concentração (TC)

É o tempo de escoamento da água pluvial no talvegue principal, ou seja, é o tempo necessário para que a água precipitada, ao atingir o solo no ponto mais remoto de uma bacia, leva para chegar ao enxutório.

De forma geral, aplica-se o tempo de concentração e não a duração, pois o tempo de concentração refere-se à descarga máxima da bacia.

E) Freqüência

Equivale ao número de ocorrências de precipitações no decorrer de intervalos de tempo determinados. É preferível expressá-la em termos de tempo de recorrência ou de um período de retorno, T , medido em anos, com significado que, para mesma duração t , a intensidade i correspondente será provavelmente igualada ou ultrapassada apenas uma vez em T anos (PINTO, HOLTZ e MARTINS, 1973, p.38).

F) Coeficiente de escoamento (C) ou Runnof

Entende-se pela relação entre a quantidade total de água escoada pela seção e a quantidade de água precipitada na bacia. Este fato ocorre, pois nem toda a precipitação que cai na bacia atinge a seção de vazão, ou seja, parte é interceptada ou umedece o solo, preenche as depressões ou se infiltra rumo os depósitos subterrâneos (PINTO, HOLTZ e MARTINS, 1973, p. 38).

O coeficiente de escoamento superficial (C) a ser admitido para coleta de águas pluviais depende do tipo da área impermeável, fornecido pela Tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Coeficiente de escoamento superficial (C)

Material	Coeficiente de escoamento superficial (C)
Telhas cerâmicas	0,80 a 0,90
Telhas esmaltadas	0,90 a 0,95
Telhas corrugadas de metal	0,80 a 0,90
Cimento amianto	0,80 a 0,90
Plástico, PVC	0,90 a 0,95
Tipo de Captação	Coeficiente de escoamento superficial (C)
Captação descoberta	
Declividade 0,2%	0,18
Declividade 0,5%	0,22
Declividade 2%	0,34
Declividade 5%	0,37
Captação coberta	
Telhas cerâmicas	0,56
Captação coberta	
Chapas corrugadas	0,85
Plástico	0,94
Superfície pavimentada	0,68
Metálica	0,52
Telhados verdes	0,27
NOTA: Quando não houver dados, adotar C= 0,80	

Fonte: Projeto de Norma **00.001.77-001** (ABNT,2006)

G) Área drenada (A)

É a área de contribuição de escoamento para um estudo, que pode ser determinada com um maior grau de precisão, dependendo apenas das limitações econômicas, uma vez que os métodos utilizados são mapas e fotografias aéreas (PINTO, HOLTZ e MARTINS, 1973, p. 113).

H) Período de recorrência (Tr)

Período de recorrência ou tempo de retorno de uma chuva é o intervalo de tempo médio em que uma determinada chuva terá a probabilidade de ocorrer ou ser superada em pelo menos uma vez. Quanto maior for o período de recorrência, maior será o valor da vazão de projeto encontrada e, por isso, mais segura e cara será a obra.

4.4 Aspectos qualitativos da água coletada

Segundo FENDRICH (2002) para a utilização das águas pluviais, se classifica as mesmas por graus de pureza, de acordo com os locais de sua coleta conforme Tabela 4.2.

Tabela 4.2 - Graus de pureza e utilização das águas pluviais no Japão

Fonte: FENDRICH (2002)

Grau de Pureza	Área de Coleta das Águas Pluviais	Utilização das Águas Pluviais
A	Telhados (locais não usados por pessoas e animais)	Vaso sanitário, regar plantas, outros usos. Se purificadas por tratamento simples são potáveis ao consumo.
B	Coberturas, Sacadas (locais usados por pessoas e animais)	Vaso sanitário, regar plantas, outros usos, mas impróprias para consumo. (tratamento necessário)
C	Estacionamentos, Jardins artificiais	Vaso sanitário, regar plantas, outros usos, mas impróprias para consumo. (tratamento necessário)
D	Vias elevadas, Estradas de Ferro, Rodovias	Vaso sanitário, regar plantas, outros usos, mas impróprias para consumo. (tratamento necessário)

As utilizações mais predominantes das águas pluviais são para vasos sanitários, rega de jardins e outros usos não potáveis. Caso o uso desta água seja para fins nobres como higiene pessoal, preparo de alimentos entre outros se faz necessário o tratamento da mesma, conforme as exigências de seu grau de pureza.

Devido a presença de substâncias nocivas no ar, provenientes de veículos automotores e das indústrias, constata-se nas áreas urbanas a presença destes poluentes nas águas pluviais.

Este fenômeno ocorre quando as gotas das precipitações agregam as partículas suspensas no ar e causam a contaminação das águas. Esta contaminação também pode ser proveniente de poeiras e fuligens depositadas nas áreas de coleta.

Essas concentrações poluentes nas águas pluviais são predominantes nos primeiros milímetros da chuva, pelo fato que limpam o ar e as áreas de coleta. Por isso recomenda-se a não utilização dos primeiros milímetros de chuvas, liberando assim os mesmos diretamente para as galerias de águas pluviais (FENDRICH, 2002, p. 197 – 198).

FENDRICH (2002) alerta que as tubulações de águas pluviais não devem conter ligações com as de água tratada (rede pública), de forma a evitar uma possível contaminação da mesma.

Ao tratar as sujeiras agregadas na água de chuva, como folhas e outros materiais do gênero provenientes das superfícies de coletas, recomenda-se a remoção antes de entrarem em contato com o reservatório de armazenamento. Esta retenção pode ser feita de várias maneiras como a instalação de tela filtrante ou grelha filtrante (FENDRICH, 2002, p. 197 – 199).

Segundo estudos realizados é aconselhável o descarte dos primeiros 15 a 20 minutos de chuva para que seja feita a limpeza do telhado, devido à concentração elevada de poluentes sobre o mesmo. Além dos poluentes, há também a presença de bactérias na água da chuva. O principal indicativo para que essa água seja tratada antes de ser utilizada. A desinfecção da água de chuva pode ser realizada através de métodos

simples, desde que esse processo seja feito de forma segura e que não inviabilize economicamente o sistema.

4.5 Consumo de água potável

A água pode ser abundante em algumas regiões do planeta Terra, mas, em outras, chega a ser quase inexistente. A maior parte da água doce existente no mundo está localizada em apenas 10 países, entre eles o Brasil. Precisamos levar em consideração que a distribuição da água é irregular, e essa situação tende a piorar devido aos fenômenos climáticos. Em alguns lugares há muita chuva e as enchentes causam grandes problemas, enquanto em outros a seca é grande.

Relatórios da ONU alertam para o fato de que, nos países em desenvolvimento, 90% da água utilizada é devolvida à natureza sem tratamento e contribuem assim para a deteriorização de rios, lagos e lençóis subterrâneos.

No início do século passado a população era menos de 2 bilhões de habitantes. Hoje já passa de 6 bilhões. Em 2025 haverá 8,3 bilhões de pessoas no mundo. Enquanto a população se multiplica, a quantidade de água continua a mesma. O maior problema é que o consumo de água está cada vez maior. Nos últimos 100 anos, enquanto a população mundial triplicava, o uso da água doce multiplicava-se por seis. O principal responsável por esse aumento foi à agricultura irrigada, que revolucionou a produção agrícola, mas criou uma nova dificuldade, porque sozinha utilizava 70% da água doce disponível. (OLIVEIRA, 2002).

Cerca de 8% da água doce do globo está em território nacional. O Brasil dispõe para sua população uma média anual de 36.000 metros cúbicos de água por pessoa, sendo que 80% dessa água está na Amazônia, onde vivem apenas 5% da população brasileira.

Engana-se quem pensa que o problema brasileiro se restringe apenas à região do semi-árido, o estado mais desenvolvido do país, São Paulo, enfrenta grande

dificuldade também. A água existe, mas é pouca para atender aglomerações como a da região metropolitana de São Paulo.

A partir destes fatos surge a importância da conscientização da população, de forma a promover a utilização racional da água tratada que chega às residências, reduzir o consumo indevido deste recurso e incentivar o uso de água de chuva para usos não potáveis. Assim os problemas de escassez de água e os impactos causados pelas chuvas devido à urbanização, como enchentes e erosões, serão minimizados (FENDRICH, 2002, p. 398).

Estimativas foram feitas por FENDRICH (2002) que fornece a estimativa do consumo de água potável, onde a mesma pode ser substituída pelo uso de água de chuva conforme apresentado no Tabela 4.3.

Tabela 4.3 - Substituição do consumo de água potável pela utilização das águas pluviais

Uso Interno	Parâmetro de Consumo
Bacia sanitária (5 descargas/dia.hab)	- 6 L a 15 L/descarga - 30 L a 75 L/dia.hab (≈ 40% do consumo diário)
Uso Externo	Parâmetro de Consumo
Lavagem de calçadas, garagens e pátios de estacionamentos	- 2 L/dia.m ² a 5 L/dia.m ²
Lavagem de carro (1 a 2 vezes / semana)	- 150 L a 300 L/semana
Lavagem de carro em lava-jato	- 150 L a 300 L/carro
Irrigação de jardins e plantas ornamentais	- 2 L/dia.m ² a 5 l/dia.m ²
Manutenção de uma piscina	- 2,5 L/dia.m ² a 6 L/dia.m ²

(¹) Consumo de 6 L/descarga em bacia sanitária acoplada a caixa de descarga

Fonte:FENDRICH (2002)

No maior estudo encontrado na literatura brasileira referente a usos finais de água em escolas foram identificados todos os tipos de consumo de água em cada ambiente das escolas estudadas e também por aparelho sanitário, e verificou-se que os banheiros são responsáveis pelas maiores parcelas de consumo de água nas escolas; o segundo maior consumidor de água é a cozinha; a área externa é responsável pelas menores parcelas do consumo (YWASHIMA, 2005; YWASHIMA *et al.*, 2006; GONÇALVES *et al.*, 2005).

Em estudo realizado por Werneck e Bastos (2006) avaliou-se a viabilidade de instalação de um sistema de aproveitamento de água pluvial em um colégio particular. Para tanto, adotou-se um percentual de 70% da demanda total de água para usos não potáveis, valor entre os apresentados por Ywashima (2005) para as escolas de ensino fundamental. Os autores verificaram que o consumo de água potável no colégio avaliado poderia ser reduzido em 40,4% mediante a implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial, enquanto, através do uso conjunto de equipamentos economizadores e aproveitamento de água pluvial, o consumo seria reduzido em 64,4%.

Com relação ao consumo de água em instituições de ensino, é importante ressaltar que ele pode variar bastante devido aos tipos de aparelhos sanitários e às dependências existentes no local, como lanchonetes, ginásios, laboratórios, cozinha, horta e outros ambientes em que ocorre consumo de água. Além disso, de acordo com Gonçalves (2006), vários fatores influenciam no consumo de água, dos quais se destacam o clima da região, renda familiar, características culturais e valores das tarifas.

Além disso, as escolas atendem direta ou indiretamente um grande número de pessoas, sendo, portanto, um excelente meio de divulgação dos benefícios do emprego de técnicas sustentáveis como o aproveitamento de água pluvial, o

reúso de águas cinzas e a instalação de equipamentos economizadores (Fasola, G. B.; Ghisi, E.; Marinoski, A. K.; Borinelli, J. B., 2011).

4.6 Aproveitamento da água de chuva

Percebe-se que a falta de água é um dos graves problemas mundiais que pode afetar a sobrevivência dos seres humanos devido ao uso desordenado, o desperdício, a poluição hídrica e o crescimento da demanda que são fatores que contribuem para intensificar a escassez de água no planeta. Em decorrência dessas tendências, uma alternativa é o aproveitamento da água da chuva para diversos fins que, além disso, com o seu armazenamento auxiliará no controle de enchentes urbanas causadas pela impermeabilização completa do solo com concreto e diminuição de erosões.

O manejo e aproveitamento da água de chuva para uso doméstico, industrial e agrícola está ganhando ênfase em várias partes do mundo, sendo considerado um meio simples e eficaz para se atenuar o grave problema ambiental da crescente escassez de água para consumo.

Historicamente representado por galerias pluviais, canais e áreas de retenção (hoje: piscinões), o manejo das águas pluviais recebe, nas últimas duas décadas em muitos países do mundo, a complementação por medidas como captação direta dos telhados, retenção temporária, aproveitamento e reinjeção no subsolo da chuva.

Para o trabalho aqui apresentado, propõe-se captar água de chuva antes que chegue no solo, onde normalmente se contamina e fica imprópria para uso. As águas pluviais assim captadas servem, após o tratamento adequado, para muitos usos não potáveis.

Infelizmente, as águas de chuva são vistas pela legislação brasileira hoje como esgoto, pois ela usualmente vai dos telhados, e dos pisos para as bocas de lobo aonde, como “solvente universal”, carrega todo tipo de impurezas, dissolvidas, suspensas, ou simplesmente arrastadas mecanicamente, para um córrego que irá acabar dando num rio que por sua vez, acabará suprindo uma captação para Tratamento de Água Potável. Claro que essa água sofreu um processo natural de diluição e autodepuração, ao longo de seu percurso hídrico, nem sempre suficiente para realmente depurá-la.

Uma pesquisa da Universidade da Malásia deixou claro que após o início da chuva, somente as primeiras águas carregam ácidos, microorganismos, e outros poluentes atmosféricos, sendo que normalmente pouco tempo após a mesma já adquire características de água destilada, que pode ser coletada em reservatórios fechados.

Apesar da água de chuva sofrer uma destilação natural muito eficiente e gratuita, para uso humano, inclusive para uso como água potável, deve sofrer evidentemente filtração e cloração, o que pode ser feito com equipamento barato e simples.

Esta utilização é especialmente indicada para o ambiente rural, chácaras, condomínios e indústrias. O custo baixíssimo da água nas cidades, pelo menos para residências, inviabiliza qualquer aproveitamento econômico da água de chuva para beber. O que não é válido para as indústrias, onde a água é bem mais cara.

O aproveitamento pode ser feito em alguns casos antes que a água atinja a rede de esgotos, por exemplo, nas residências a água do banho ou a água da chuva armazenada, poderia ser utilizada sem qualquer tratamento, para uso não potável como descarga do vaso sanitário ou para lavagem de carros.

A utilização de águas pluviais consiste na captação direta dos telhados por meio de calhas, por onde esta será levada a um filtro para retirada de impurezas maiores como galhos e folhas, e em seguida armazenada em uma cisterna. Nas áreas urbanas a retenção é temporária. A chuva do telhado fica retida numa cisterna, e a parte que não for aproveitada será liberada de forma controlada.

Para implantação de um sistema de reuso de água servida e aproveitamento de água de chuva, será necessário o governo atribuir uma política de incentivo à instalação desses sistemas. Estes incentivos poderão vir como forma de subsidiar taxas ou impostos, tendo como consequência o aumento da oferta e diminuição da demanda de água potável.

4.7 Normas para aproveitamento de água de chuva

A Associação Brasileira de Normas Técnicas, preocupada com a questão da água no nosso planeta, criou a norma NBR 15527:2007 que fornece requisitos para aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis.

Esta Norma se aplica a usos não potáveis em que as águas de chuva podem ser utilizadas após tratamento adequado como, por exemplo: descargas em bacias sanitárias, irrigação de gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios, espelhos d'água e usos industriais (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007, p.1).

4.8 Instalações prediais de águas pluviais

O esgotamento das águas pluviais deverá ser independente do esgotamento sanitário, eliminando assim a possibilidade de penetração de gases ao interior das edificações, por grelhas e ralos.

A instalação predial pluvial compreenderá os serviços e dispositivos a serem empregados para captação e escoamento rápido e seguro das águas de chuva e divide-se em três partes básicas: calhas, tubos de queda e rede coletora.

A) Calhas

São dispositivos que captam as águas diretamente dos telhados impedindo que estas caiam livremente e causem danos nas áreas circunvizinhas, principalmente quando a edificação é bastante alta. As calhas podem ser confeccionadas em materiais metálicos ou em PVC.

Para residências de apenas um, ou no máximo dois pavimentos, muitas vezes, o projetista dispensa o uso de calhas, deixa que as águas escoem, de forma bem dispersa pelas bordas das telhas, e caiam sobre a superfície do terreno.

As seções das calhas possuem as mais variadas formas, depende das condições impostas pela arquitetura, bem como dos materiais empregados na confecção das mesmas.

B) Tubos de Queda

São tubos verticais que conduzem as águas das calhas às redes coletoras que poderão estar situadas no terreno ou presas ao teto do sub-solo no caso dos edifícios e/ ou pavimentos, ou despejar livremente na superfície do terreno.

Detalhe de ligação da Calha ao Tubo de Queda, conforme Figura 4.4:

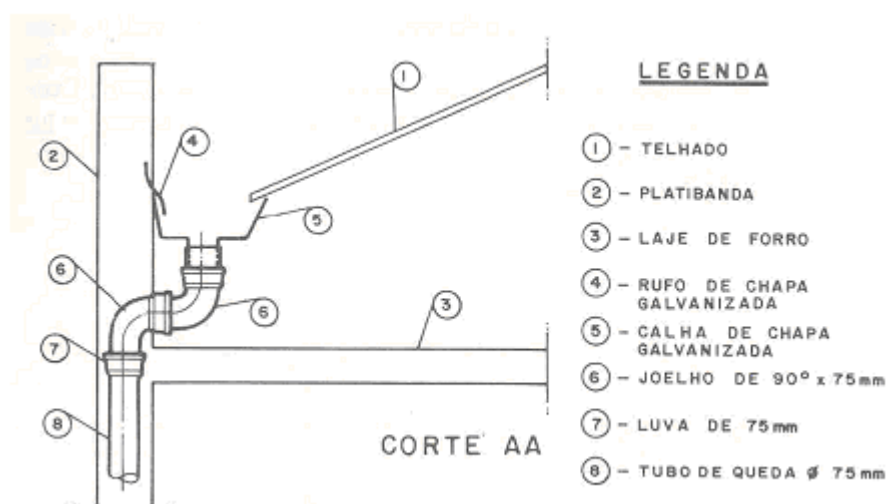


Figura 4.4 - Ligação da Calha ao Tubo de Queda

Fonte: MELO (1988)

C) Rede coletora

É a rede horizontal situada no terreno ou presa ao teto do sub-solo e que recebe as águas de chuvas diretamente dos tubos de queda ou da superfície do terreno e as conduz a uma cisterna.

Quando a rede coletora está situada em terreno firme a tubulação mais usada é a de PVC Série R, e atualmente, mesmo quando presa ao teto do subsolo, o mais usado também é o PVC Série R, devido a maior rigidez e maior resistência ao impacto.

4.9 Reservatório

A captação de água da chuva, não é uma invenção nova, é uma prática muito difundida em países como a Austrália e a Alemanha, que permite a captação de água de boa qualidade, de maneira simples e efetiva, em termos da relação custo-benefício. No Brasil, no nordeste semi-árido, nas ilhas como Fernando de Noronha e em todos os locais onde não existe rede de abastecimento ou esta ainda não supre a demanda integralmente, usou-se e continua-se usando a água da chuva.

A água de chuva, assim como a energia solar, está disponível na maioria das regiões brasileiras, sua retenção e seu aproveitamento concorrem para reduzir problemas ocasionados pela seca.

O aproveitamento da água da chuva é possível e altamente desejável no meio urbano, sendo integrado ao abastecimento d'água potável, no sentido de substituí-la sempre que possível, tornando-se assim uma contribuição importantíssima para a retenção das águas pluviais. Certamente, para tornar a água potável é imprescindível armazenagem e o tratamento destas águas que garanta uma qualidade compatível com uso pretendido.

Existem vários tipos de reservatórios, dentre os quais podemos citar: as caixas d'água, containers e cisternas com paredes impermeabilizadas e cobertas. A vantagem dessas formas de armazenagem é a eliminação da infiltração e evaporação e a manutenção da potabilidade da água, podendo armazenar água tratada e própria para o consumo humano.

Esses reservatórios servem para captar e armazenar as águas da chuva que escorrem de telhados ou de áreas que podem ser usadas para captação. São formados por um conjunto de estruturas composta pelo sistema de captação, sistema de filtragem e um reservatório de armazenamento.

Na construção das cisternas, deve-se observar a legislação vigente quanto ao local e as distâncias que ela deve situar-se das edificações existentes. Em todos os projetos de cisternas deve-se prever um sistema de filtragem da água, para garantir o mínimo de qualidade.

O reservatório de acumulação é o componente mais dispendioso do sistema de coleta e aproveitamento de água de chuva, por isso seu dimensionamento requer um certo cuidado para não tornar a implantação do sistema inviável.

4.9.1 Tipos de Reservatório

Existem diferentes modelos de cisternas para armazenar a água da chuva, modelos quadrados, retangulares, cilíndricos, cônicos, tubos em PVC. O reservatório pode ser constituído com diferentes materiais tais como: lonas de PVC ou PEAD, fibra de vidro, alvenaria, ferrocimento ou concreto armado. Sendo que os reservatórios construídos em fibra de vidro e alvenaria são mais empregados para pequenos volumes. Para maiores volumes são usados PEAD ou concreto armado como materiais para a construção da cisterna. As cisternas podem ser enterradas ou ao nível do solo, em cisternas enterradas a temperatura da água é menor o que reduz o desenvolvimento de microorganismos. As cisternas construídas ao nível do solo sofrem a ação dos raios solares podendo provocar o aumento da temperatura da água armazenada. Sendo, que cisternas em alvenaria são mais sujeitas a fissuras. As cisternas devem ser cobertas para evitar a entrada de impurezas, matéria orgânica, insetos e animais domésticos, que possam contaminar a água.

4.9.2 Reservatórios em PVC ou PEAD

Os reservatórios (cisternas) para o armazenamento da água da chuva podem ser construídos enterrados ou a nível do solo, revestidos com lona de PVC ou PEAD. Na Figura 4.5, observa-se a construção do reservatório de água em PVC.



Figura 4.5 - Reservatórios construídos em PVC

4.9.3 Reservatórios em alvenaria ou concreto armado

As cisternas podem ser construídas em alvenaria ou concreto armado, para a armazenagem da água da chuva. Elas podem ser enterradas ou a nível do solo, sendo mais comum construir a cisterna enterrada. Na Figura 4.6, observa-se a construção da cisterna em concreto armado. Recomenda-se que o projeto, da cisterna em alvenaria ou concreto armado, seja realizado por profissionais habilitados.



Figura 4.6 - Caixa de retenção construída em concreto armado

4.9.4 Reservatórios em fibra de vidro

Os reservatórios, também podem ser construídos em fibra de vidro, para o armazenamento da água da chuva, podem ser enterrados ou a nível do solo. Na Figura 4.7, observa-se um reservatório construído em fibra de vidro, para o armazenamento da água da chuva com capacidade de até 25.000L de água.



Figura 4.7 - Cisterna construída em fibra de vidro

4.10 Sistema de Filtragem

A filtração é um processo de separação sólido-líquido, que envolve fenômenos físicos, químicos e, às vezes biológicos. Visa à remoção das impurezas contidas na água que são retidas através de um meio poroso. A filtração da água da chuva é um processo necessário para retirar os elementos macroscópicos em suspensão, que são arrastados pela água ao passar pela cobertura das edificações.

No mercado existem diferentes filtros comerciais produzidos por empresas para atender a necessidade de filtração de pequenas e grandes vazões de água. Um filtro industrial pode processar a água de chuva de telhados com áreas de 200m² a 3.000m². O seu grau de eficiência se situa, em função da intensidade da precipitação, entre 90 e 95%. A sujeira separada pelo filtro, não se acumula, é encaminhada para a coleta num recipiente, para compostagem posterior. A filtragem em dois estágios permite reduzir a manutenção a duas vezes ao ano, salvo situações muito especiais. Normalmente, tal filtro é instalado diretamente

na entrada do reservatório de água. Esses filtros são constituídos em aço inox, com uma tela fina e auto-limpantes, pode-se empregá-los na coleta de água de grandes edificações. Na Figura 4.8, pode-se observar o filtro comercial pequeno para áreas cobertas com até 200m².



Figura 4.8 - Filtro comercial pequeno WFF 100 para limpeza de água da chuva, recolhida de áreas cobertas com até 200m²

Fonte: <http://www.aquastock.com.br>

A água corre do telhado para o filtro, onde se separa a água das impurezas (carga orgânica). Assim, limpada é encaminhada para a cisterna, enquanto a sujeira, impulsionada por um pequeno volume d'água, vai para o sistema de descarga e posterior infiltração no subsolo, que permite a recarga das águas subterrâneas e o recolhimento das impurezas para compostagem. O filtro para água de chuva tem miolos filtrantes de aço inox, que para a manutenção podem ser removidos e limpos. Diversos princípios de funcionamento e possibilidades de montagem permitem sua adaptação às situações mais diversas de posicionamento. Outros modelos de filtros compactos podem ser instalados no tubo de descida da água do telhado. Serve para a limpeza como separador de folhas, de lama, e de areia, mantêm-se os dutos d'água livre de sedimentos e evita entupimentos em tubos verticais. Ele deve ser inserido no tubo vertical sem que influencie o fluxo d'água. Na Figura 4.9, pode-se observar os modelos de filtros comerciais para áreas cobertas com mais de 3.000m² e o filtro de descida que serão utilizados no projeto do estudo de caso.



Figura 4.9 - Filtros comerciais para limpeza de água da chuva, recolhida de áreas cobertas

Fonte: <http://www.aquastock.com.br>

Ao se considerar os usos não potáveis mais comuns em edifícios, são empregados sistemas de tratamento compostos de unidades de sedimentação simples, filtração simples e desinfecção com cloro ou com luz ultravioleta. A desinfecção deve ser realizada de forma segura e de uma maneira que não inviabilize economicamente o sistema. Eventualmente podem-se utilizar sistemas mais complexos que proporcionem níveis de qualidade mais elevados. No entanto, esse tipo de tratamento aumentaria os custos e exigiria do usuário uma permanente manutenção do sistema.

Os filtros utilizados nesse estudo de caso são do tipo Vortex da Wisy eles são instalados no ponto de união da tubulação que drena a água de chuva de diversos condutores verticais. Utilizam um princípio original de filtragem – de tensão superficial – que garante grande eficiência, separando a água de chuva de impurezas como folhas, galhos, insetos e musgo, com mínima perda de água e exigência de manutenção mínima. Outro tipo de filtro utilizado poderia ser o Filtersammler (FS) indicado quando há necessidade de uma filtragem mais fina, por exemplo para utilizar a água em descarga de vasos sanitários ou lavagem de

roupa. Partículas de até 0,28 mm são filtradas. Abaixo o quadro 4.4 apresenta os principais filtros encontrados no mercado e seus respectivos valores.

Quadro 4.4 - Valores de filtros

Equipamentos	Preço (R\$)
Filtro WFF 100 (áreas até 200m ²)	1.394,00
Filtro WFF 300 (áreas até 3000m ²)	13.750,00
Filtro de descida (áreas até 150m ²)	498,00
Filtersammler (filtragem fina de partículas até 0,28mm)	899,00

Fonte: Aquastock (2013)

4.11 Legislações

Segundo comentário de Demétrius David da Silva e Fernando Falco Pruski, a Lei 9.443/97 não tratou explicitamente das águas pluviais como tratou das águas subterrâneas.

O Código das Águas divide equilibradamente o direito de propriedade das águas pluviais, conforme o lugar em que essas caírem e conforme o curso que a natureza ditar para essas águas. Se as águas das chuvas caírem em um terreno privado, ao seu proprietário inicialmente pertencerão. Se caírem em terrenos ou lugares públicos, todos poderão ir apanhar as águas pluviais. Essa apropriação será feita gratuitamente e segundo as necessidades, tanto do proprietário privado como de qualquer do povo. No caso das águas pluviais caídas em terreno privado, o proprietário deste não poderá desperdiçar essas águas, nem desviá-las de seu curso natural.

As águas das chuvas têm ligação com as águas superficiais e subterrâneas, mas seu regime jurídico não está necessariamente escravizado ao regime daquelas. Ampliando as afirmações acima, as águas pluviais fazem parte do ciclo hidrológico retornam e se acumulam nas superfícies (rios, lagos) e nos aquíferos subterrâneos. Sem desperdiçá-la e sem prejudicar o seu curso natural rumo ao ciclo hidrológico, a água da chuva é sem dúvida uma grande opção para reduzir a escassez, falta e má distribuição de água no mundo.

No anexo estão citados os principais artigos da Lei Federal que instituiu a Política Nacional dos Recursos Hídricos.

5. ESTUDO DE CASO

Este estudo de caso foi baseado em um projeto que está sendo executado em uma tradicional escola particular de Belo Horizonte, com início em junho de 2011.

Para concepção do sistema de aproveitamento da água da chuva, foi definido que, a princípio, a água da chuva seria usada nas descargas das bacias sanitárias, torneiras de limpeza e irrigação dos jardins. Assim, este sistema foi composto pela superfície de captação, calhas, condutores verticais, reservatório de descarte da água de lavagem do telhado (1ª água), filtro de areia e reservatório de acumulação onde a água coletada será utilizada para os fins já citados.

Para o dimensionamento do volume do reservatório de água de chuva são necessários dados como: precipitação média mensal, demanda mensal constante ou variável e área de coleta. Os principais fatores que influenciam nesse dimensionamento são: área do telhado, quantidade de água para atender a demanda e definição do tipo de reservatório que será utilizado em termos de custos, recursos e métodos construtivos.

Os dados referentes às precipitações podem ser obtidos nas estações meteorológicas existentes na região ou nas entidades, estaduais (SIMGE), federais (INMET, EMBRAPA, UNIVERSIDADES) e municipais (IGAM).

5.1 Levantamento da média anual das precipitações em Belo Horizonte

Para a realização do estudo da produção pluviométrica na região onde se localiza o estudo, buscou-se junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)

os dados das precipitações pluviométricas da cidade de Belo Horizonte (Tabela 4), o qual disponibilizou a série histórica de chuva mensal compreendida entre o período de 1980 a 2004 (Figura 3) da Estação Climatológica Auxiliar de Belo Horizonte – Lourdes/MG (Lat: 19°56'00" S, Long: 43°56'00" W, Altura: 915m).

Na Tabela 5.1, pode-se verificar as médias anuais das precipitações de Belo Horizonte nos últimos 25 anos.

Tabela 5.1 - Valores médios mensais de precipitação

PRECIPITAÇÃO MÉDIA MENSAL (mm)													Média Anual (mm/ano)
Ano/Mês	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	
1980	423	69,5	18,7	223,1	0,2	29,8	X	5,5	20,1	48,3	274,1	436,8	1549,1
1981	322,7	49,6	195	85,8	7	53,6	X	31,4	1	151,6	528,9	323	1749,6
1982	383,5	52	375,1	24,5	36	31	3,6	8,6	23,8	54,1	80,4	343,2	1415,8
1983	626,1	228,5	366,7	134,4	61,3	5,5	31,3	1,4	105,2	160,3	371,8	411,3	2503,8
1984	62,9	4	113,3	41	8	X	6,4	54,8	72	41,8	203,4	480,6	1088,2
1985	850,3	233,3	412	45,8	42,9	6,2	X	1,6	38,7	61,5	365,5	380,5	2438,3
1986	284,1	98,2	79,2	60,5	68,7	6,4	29	38,2	11,1	3,2	180,2	453,4	1312,2
1987	218,7	72,2	219,8	93	39,4	56	4,8	1,4	72,5	50,9	175,2	644,4	1648,3
1988	241,2	297,7	169,4	96,3	29,6	1,8	X	X	68	63,9	105,2	234,2	1307,3
1989	153,9	298,6	230	5,2	3	43,6	37,4	26,5	77,4	162,9	307,6	465,7	1811,8
1990	88,6	202,5	136,9	61,8	49,7	0,5	14,8	74,6	37,4	49,1	182,7	198,3	1096,9
1991	651,2	242,8	201,8	82,2	18,8	X	X	X	54,7	108,2	179	279,9	1818,6
1992	503	176,7	62,7	72,6	21,4	X	16	20,3	93,7	86,8	219,8	425,5	1698,5
1993	199,9	217,9	103,4	174	3	21,4	X	6,4	65,1	128,9	193,8	358,5	1472,3
1994	354,2	96,2	385,3	68,7	45,4	8,9	X	X	3,4	46,4	191,4	252,8	1452,7
1995	90,2	235,1	302,9	55,4	34,7	5,9	X	X	59,2	275	185,5	547,7	1791,6
1996	211	205,2	295,2	112,4	20	3	X	21,7	70,4	65,6	370	346,4	1720,9
1997	510,5	159,7	153,4	111,5	41,9	27,6	2	2	61,8	100,8	137,9	210,6	1519,7
1998	339,6	226,3	68,7	37,2	78,2	3	X	43,2	39,4	135,6	338,2	231,9	1541,3
1999	237,3	94,7	246,4	56,7	4	2,4	X	X	43,8	84	280,3	294,1	1343,7
2000	469,5	194	131,4	55,1	1,5	X	2,8	18,5	49,2	69,8	268	316,4	1576,2
2001	165,9	64,7	138,9	19,2	46,9	X	10,9	42,5	56,5	162,4	329,9	421,4	1459,2
2002	285,5	303,7	72	53,1	13,4	X	5	2	80,5	32,5	245,5	395,3	1488,5
2003	781,6	182,9	178,7	26,2	20,2	X	X	10,4	12,1	22	212,1	277,3	1723,5
2004	502,9	363,9	105,6	184,9	20,5	17,7	40	X	X	44,3	157,2	499,8	1936,8
Média	358,292	174,796	190,5	79,224	28,628	18,01667	15,69231	21,63158	50,70833	88,396	243,344	369,16	

Fonte: INMET (2006)

OBS: O X significa que não foram obtidos os dados de precipitação

Com base nos intervalos de dados da Tabela 5.1, foi possível demonstrar o comportamento das precipitações nos últimos 25 anos na região de Belo Horizonte. Na Figura 5.1 encontra-se um resumo da Tabela 5.1, apresentando as médias dos valores mínimos, médios e máximos para cada mês da série

histórica. Percebe-se que a estiagem de chuvas geralmente ocorre no mês de julho, com uma média de 15,7 mm/mês e o mês mais chuvoso é o de dezembro apresentando uma média de 369,2 mm/mês. Desta tabela gerou-se também o gráfico da média das precipitações anuais apresentado na Figura 5.2.

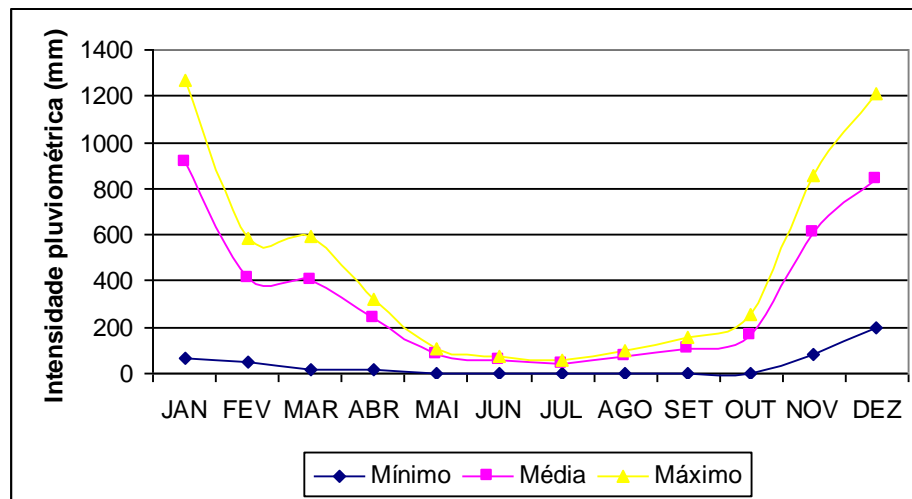


Figura 5.1 - Médias mensais pluviométricas de Belo Horizonte/MG da série histórica de chuva compreendida entre os anos de 1980 e 2004

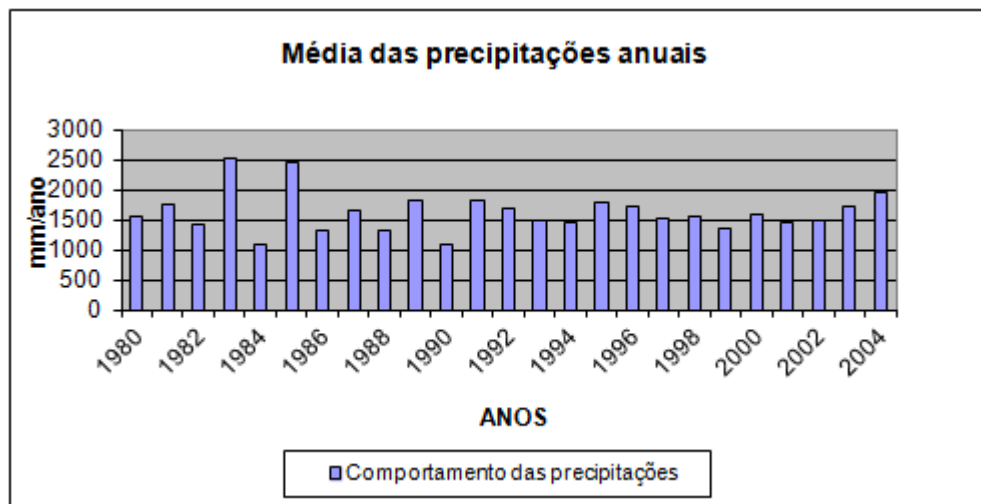


Figura 5.2 - Média das precipitações anuais

5.2 Aspectos Quantitativos

Será utilizado o Projeto elaborado pela ABNT/CEET-00.001.77 - Comissão de Estudo Especial Temporária de Aproveitamento de Água de Chuva, que estabelece as diretrizes para o aproveitamento de água de chuva, coletadas em áreas impermeáveis, para fins não potáveis, a fim de se realizar o cálculo do reservatório de águas pluviais. Segundo a NBR 15527:2007, a mesma se encontra respaldada nas seguintes Normas da ABNT:

Portaria nº 518, de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde (Norma de qualidade de água para consumo humano);

ABNT NBR 5626:1998 – Instalação predial de água fria;

ABNT NBR 10844:1989 – Instalações prediais de águas pluviais;

ABNT NBR 12213:1992 – Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público;

ABNT NBR 12214:1992 – Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público;

ABNT NBR 12217:1994 – Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público.

Dentro dessa Norma os principais itens que a norteiam para o aproveitamento de água de chuva são: as referências normativas, as definições dos itens mais utilizados no projeto de aproveitamento de águas pluviais, diretrizes, métodos de cálculo de reservatório, tratamento das águas pluviais, critérios para descarte, identificação, qualidade e utilização da água de chuva.

Geralmente, o reservatório de armazenamento é o componente mais dispendioso do sistema de coleta e aproveitamento de águas pluviais, devendo, portanto, ser dimensionado com bastante critério para tornar viável a implementação dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais. Deve ser dimensionado com base

em critérios técnicos e econômicos, levando-se em conta as boas práticas da engenharia. Para este trabalho o cálculo do reservatório será realizado pelo método de Rippl que está associado ao acúmulo de água para os dias de seca, ou seja, preocupa-se em regularizar a vazão ao longo do ano. Isto faz com que o reservatório para tal reserva seja tão grande que, para algumas situações, inviabilize a sua construção.

Para o estudo de caso de implantação do sistema de coleta e aproveitamento de água de chuva para uma escola particular foram utilizados os seguintes dados:

√ localização: Belo Horizonte – MG;

√ escola particular;

√ área de coleta: 10.750 m²;

√ número médio de alunos por dia: serão considerados dois períodos (manhã e tarde), sendo um total de 550 alunos matriculados;

√ consumo diário por aluno: = $50l / dia \times 550 = 27.500,00l / dia$

Então:

Consumo mensal de água: $27.500,00 l/dia \times 22 \text{ dias} = 605.000 \text{ L/mês}$

Foram utilizados para o cálculo do reservatório, índices pluviométricos dos últimos 25 anos na cidade de Belo Horizonte. Para o cálculo do reservatório de água de chuva pelos métodos utilizados foi adotado um consumo mensal de 605 m³.

5.3 Dimensionamento do reservatório de água de chuva

√ Método Rippl

Existem duas maneiras de verificar o volume do reservatório através do método de Rippl, método analítico e método gráfico. Para realização do cálculo da

viabilidade econômica do reservatório irá se adotar, somente o valor encontrado no método analítico.

Para o dimensionamento do volume do reservatório foi feita uma planilha no Excel contendo os seguintes dados de entrada: precipitação média mensal, demanda mensal constante, área de coleta e coeficiente de Runoff. Já os dados de saída do programa são: volume de chuva mensal, volume de chuva mensal acumulado, volume de chuva menos a demanda e volume do reservatório. A seguir serão descritos os dados de entrada e saída da planilha de dimensionamento do reservatório de água de chuva.

DADOS DE ENTRADA:

√ **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 ou mais.

√ **Demanda mensal (m³):** a demanda mensal refere-se ao volume de água potável que pode ser substituído por água de 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. No nosso projeto a água de chuva será utilizada nas descargas sanitárias, torneiras de limpeza e irrigação dos jardins. Com isso, adotou-se um percentual de 70% da demanda total de água para usos não potáveis, valor entre os apresentados por Ywashima (2005) para as escolas de ensino fundamental.

√ **Área de coleta (m²):** soma das áreas destinadas a coletar água de chuva.

√ **Coeficiente de Runoff:** coeficiente referente à perda de água por evaporação, vazamentos, lavagem de telhados, etc. Adotou-se para este estudo um coeficiente de Runoff com o valor de $C=0,8$. Baseado na Tabela 1 pelas

características da área estudada e, ainda levando-se em consideração que vários autores adotam esse valor para o Brasil.

DADOS DE SAÍDA:

√ **Volume de chuva mensal (m³):** é o volume máximo de água de chuva que poderá ser coletado no intervalo de um mês. Segundo TOMAZ (1998), o volume máximo de chuva mensal que poderá ser armazenado é calculado pela seguinte equação:

$$Q = P \times A \times C$$

Onde:

Q = Volume anual de água de chuva (m³)

P = Precipitação média mensal (mm)

A = Área de coleta (m²)

C = Coeficiente de Runoff

√ **Volume acumulado (m³):** é a somatória do volume de chuva mensal nos meses de janeiro a dezembro.

√ **Volume de chuva – demanda (m³):** é a diferença entre o volume de água de chuva disponível e o volume da demanda a ser atendida.

√ **Volume do reservatório de água de chuva (m³):** é o volume adquirido na somatória da diferença negativa do volume de chuva e da demanda.

5.3.1 Planilha de dimensionamento do volume do reservatório de água de chuva pelo Método Rippl – Método Analítico

MESES	CHUVA MÉDIA MENSAL (mm)	DEMANDA MENSAL (m3)	ÁREA DE COLETA (m2)	COEFICIENTE DE RUNOFF	VOLUME DE CHUVA MENSAL (m3)	VOLUME DE CHUVA - DEMANDA (m3)	VOLUME DO RESERVATÓRIO DE ÁGUA DE CHUVA (m3)
JANEIRO	358,3	425	10750	0,8	3081,38	2656,38	0
FEVEREIRO	174,8	425	10750	0,8	1503,28	1078,28	0
MARÇO	190,5	425	10750	0,8	1638,3	1213,3	0
ABRIL	79,2	425	10750	0,8	681,12	256,12	0
MAIO	28,6	425	10750	0,8	245,96	-179,04	-179,04
JUNHO	18	425	10750	0,8	154,8	-270,2	-449,24
JULHO	15,7	425	10750	0,8	135,02	-289,98	-739,22
AGOSTO	21,6	425	10750	0,8	185,76	-239,24	-978,46
SETEMBRO	50,7	425	10750	0,8	436,02	11,02	-967,44
OUTUBRO	88,4	425	10750	0,8	760,24	335,24	-632,2
NOVEMBRO	243,3	425	10750	0,8	2092,38	1667,38	1035,18
DEZEMBRO	369,2	425	10750	0,8	3175,12	2750,12	3785,3
TOTAL	1638,3						

A seguir serão descritos os dados de entrada e saída da planilha de verificação do volume do reservatório.

DADOS DE ENTRADA:

√ **Chuva média mensal (mm);**

√ **Demanda mensal (m³);**

√ **Área de coleta (m²);**

√ **Coefficiente de Runoff;**

√ **Volume do reservatório (m³):** 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 do local de instalação do sistema.

DADOS DE SAÍDA:

√ **Volume de chuva mensal (m³);**

√ **Volume no reservatório no início do mês (T-1) (m³):** é o volume de água no reservatório no início de cada mês. O primeiro mês é considerado zero, pois supõe-se que o reservatório está vazio.

√ **Volume no reservatório no final do mês (T) (m³):** é o volume de água de chuva no reservatório no final do mês.

√ **Overflow (m³):** relativo ao extravasamento de água do reservatório.

√ **Suprimento (m³):** água que pode vir do abastecimento público, de caminhão-tanque ou de outra procedência, caso o volume de água de chuva no reservatório não tenha atendido a demanda.

√ **Confiança do sistema (%):** Segundo TOMAZ (1998), a confiança do sistema é determinado pela seguinte expressão:

$$Rf = (1 - Fr)$$

Onde: $Fr = Nr / N$

Rf = Confiança do sistema (%);

Fr = Falha do sistema (%);

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

N = Número total de meses.

√ **Eficiência do sistema (%):** Segundo TOMAZ (1998), a eficiência do sistema é determinada da seguinte maneira:

$$\text{Eficiência do sistema} = \frac{100 (\text{volume anual de chuva utilizada})}{\text{volume anual de chuva}}$$

5.3.2 Planilha de verificação do volume do reservatório de água de chuva

MESES	CHUVA MÉDIA MENSAL (mm)	DEMANDA MENSAL (m3)	ÁREA DE COLETA (m2)	COEFICIENTE DE RUNOFF	VOLUME DE CHUVA MENSAL (m3)	VOLUME DO RESERVATÓRIO (m3)	VOLUME DO RESERVATÓRIO RIO T-1 (m3)	VOLUME DO RESERVATÓRIO RIO T (m3)	OVERFLOW (m3)	SUPRIMENTOS (m3)
JANEIRO	358,3	425	10750	0,8	3081,38	980	0	980	2656,38	0
FEVEREIRO	174,8	425	10750	0,8	1503,28	980	980	980	1078,28	0
MARÇO	190,5	425	10750	0,8	1638,3	980	980	980	1213,3	0
ABRIL	79,2	425	10750	0,8	681,12	980	980	1236,12	256,12	0
MAIO	28,6	425	10750	0,8	245,96	980	1236,12	1057,08	-179,04	179
JUNHO	18	425	10750	0,8	154,8	980	1057,08	786,88	-270,2	270
JULHO	15,7	425	10750	0,8	135,02	980	786,88	496,9	-289,98	290
AGOSTO	21,6	425	10750	0,8	185,76	980	496,9	257,66	-239,24	239
SETEMBRO	50,7	425	10750	0,8	436,02	980	257,66	268,68	11,02	0
OUTUBRO	88,4	425	10750	0,8	760,24	980	268,68	603,92	335,24	0
NOVEMBRO	243,3	425	10750	0,8	2092,38	980	603,92	2271,3	1667,38	0
DEZEMBRO	369,2	425	10750	0,8	3175,12	980	2271,3	980	2750,12	0
TOTAL	1638,3				14089,38				8989,38	978

CONFIANÇA DO SISTEMA = 100%

EFICIÊNCIA DO SISTEMA = 47%

Para o colégio, o volume do reservatório calculado pelo método de Rippl foi de 978 m³. Adotou-se um volume de 980 m³ para verificação do overflow e do suprimento de água potável em tempos de estiagem. O overflow do sistema foi de 8990 m³ e o suprimento de água foi de 978 m³.

Adotou-se para esse estudo o volume necessário calculado de 980 m³, sendo o reservatório superior igual a 20% 980 m³ = 196 m³ e o reservatório inferior 80% 980 m³ = 784 m³. Volumes adotados – Superior – 32 m³ e Inferior – 610 m³. Devido a incapacidade de espaço físico para construção do reservatório calculado está sendo executado uma caixa de retenção e uma de detenção nos valores indicados acima.

5.4 Conjunto elevatório

Para o dimensionamento de uma adutora por recalque é preciso se conhecer os parâmetros hidráulicos que serão apresentados na seqüência.

- **Volume de reserva**

Para escolas-externato o consumo de água por aluno pode ser estimado pelos valores sugeridos por Macintyre que é de 50 l/dia.

Segundo Vianna para casos comuns é recomendado que se armazene, no reservatório inferior, 3/5 do volume total, ficando os outros 2/5 no reservatório superior.

- **Vazão de projeto**

Com o objetivo de minimizar os custos coma tarifa de eletricidade optou-se em utilizar o conjunto motor bomba em um período de 4 horas/dia quando a taxa de energia elétrica estiver mais barata. Então a vazão de recalque será:

- **Diâmetro econômico para recalque**

A escolha do diâmetro da tubulação atende a critérios econômicos que levam em conta não somente as despesas com a tubulação, mas também com o conjunto elevatório. A NBR 5626 recomenda a seguinte expressão:

$$D = 1,3\sqrt[4]{Q^3x}$$

em que:

D = diâmetro da adutora em recalque, em m;

Q = vazão aduzida, em m³/s

X = (nº de horas de funcionamento)/24

- **Cálculo da altura manométrica (Hm)**

Altura manométrica é a soma da altura geométrica (Hg =31,00 m) mais a perda de carga total, que corresponde a perda de carga localizada e continua. As formulações estão representadas abaixo:

$$Hm = Hg + \Delta h$$

Hm: altura manométrica (m);

Hg: altura geométrica (m);

Δh : perda de carga total (m).

$$\Delta h = \Delta h' + \Delta h''$$

$\Delta h'$: perda de carga continua (m);

$\Delta h''$: perda de carga localizada (m).

- **Potencia do conjunto motor-bomba**

Para encontrarmos a potência (cv) do conjunto motor-bomba no sistema utilizaremos a seguinte equação:

$$P = \frac{\gamma \times Q \times H_m}{75 \times \eta}$$

Onde:

P : potência absorvida pelo conjunto motor-bomba (cv);

γ : peso específico da água (Kgf/m³);

Q : vazão bombeada (m³/s);

H_m : altura manométrica (m);

η : rendimento do conjunto motor-bomba.

5.5 Análise de viabilidade econômica

Para analisar a viabilidade econômica do sistema de aproveitamento de águas pluviais foi preciso fazer um levantamento de custos e benefícios da implantação do próprio. Os valores obtidos são valores reais do mercado local e das atuais Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA) e Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), atualizados em 2011.

5.5.1 Custos do investimento

Reservatórios de reaproveitamento de águas pluviais e retenção

O dispositivo adotado neste projeto é a Bacia de Detenção que armazena o caudal pluvial durante parte do período de concentração na galeria a montante, descarregando-o paulatinamente na galeria a jusante, permitindo deste modo diminuir as dimensões deste último conduto (Paulo S. Wiken, 1978). O reservatório será enterrado em concreto armado, fechado e com as paredes impermeabilizadas.

O dispositivo de retenção adotado será parecido com o do tipo F (CCD-F) padronizado pela SUDECAP. Será instalado a montante uma caixa de areia de grade 45°. A bacia de retenção será enterrada, fechada, de concreto e com as paredes impermeabilizadas para garantir a estanqueidade.

Para se tornar viável a execução do projeto foram reduzidas as dimensões do reservatório de águas pluviais e da caixa de retenção se adequando a área disponível para sua construção no colégio. Assim, o reservatório e a caixa de retenção está sendo executado com o volume total de 610m³. Sendo os gastos principais para execução da caixa em concreto armado:

- ✓ Demolições iniciais-R\$ 7.500,00;
- ✓ Escavação mecanizada com bota fora-R\$ 68.000,00;
- ✓ Escavação manual-R\$ 6.474,20;
- ✓ Forma-R\$ 38.103,50;
- ✓ Armação-R\$ 52.828,67;
- ✓ Concreto-R\$ 89.311,92;
- ✓ Escoramento-R\$ 4.500,00;
- ✓ Impermeabilização-R\$ 18.925,00;

Tubulações

A rede tubular será de tubos de PVC rígido. Serão adotados os diâmetros comerciais apresentados na Ficha Técnica para tubos PVC rígido: 100, 150, 200, 250, 300, 350 e 400 mm. Os condutores horizontais devem ser projetados, sempre que possível, com declividade uniforme, com valor mínimo de 0,5%.

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

Para redes com tubos PVC rígido, o cobrimento mínimo sobre a geratriz externa superior será de 0,60 m, considerando que seja um local destinado a estacionamento de veículos leves. As dimensões dos tubos não devem decrescer

na direção de jusante, mesmo que, com o aumento de declividade, um conduto de menores dimensões tenha capacidade adequada. Custos da tubulação e caixas executadas:

- ✓ Caixas de areia-R\$ 7.000,00;
- ✓ Tubulações – R\$ 38.709,60;
- ✓ Tampas e grelhas-R\$ 8.900,00;

Gasto com Energia Elétrica

Para o dimensionamento do conjunto motor-bomba foi considerado o rendimento do motor de 80% e o da bomba de 80%.

$$P = \frac{1000 \times 0,0117 \times 32,00}{75 \times 0,8 \times 0,8} = 7,88cv$$

Serão adotadas duas bombas de 8cv, uma de reserva para eventual manutenção no conjunto.

Os gastos com energia elétrica são expostos logo abaixo:

Como a tarifa de energia elétrica cobrada pela concessionária local é igual a R\$ 0,37738/KWh, o gasto anual com energia elétrica é feito da seguinte forma:

$$P = 8 CV = 0,736 \times 8 = 5,89 \text{ KW Bombeamento} = 4h/dia$$

$$\text{Consumo/dia} = 5,89 \times 4 = 23,55 \text{ kwh/dia}$$

$$\text{Consumo/mês} = 23,55 \times 22 = 518,14 \text{ kwh/mês}$$

$$\text{Gasto mensal} = 518,14 \times 0,37738 = \text{R\$ } 195,54$$

$$\text{Gasto anual} = 195,54 \times 12 = \text{R\$2.346,45}$$

Filtro auto limpante e de sucção

Serão utilizados os seguintes equipamentos para filtragem da água captada:

- **Pré-filtro WFF 300 Wisy:** Filtra partículas sólidas de até 0,38mm. Auto-limpante, com capacidade para drenar áreas de contribuição de até 3.000m². Instalado na intersecção dos ramais subterrâneos, na entrada do reservatório.
- **Filtro Flutuante:** Os filtros flutuantes de sucção Wisy são instalados na tomada de água da bomba que faz a captação da água do reservatório para alimentar os pontos de consumo. Filtram impurezas que por ventura ainda estejam no reservatório, garantindo a qualidade da água e evitando problemas com a bomba. Pode ser usado independente do pré-filtro, e também para água de reuso ou de poços.
- **Kit “de Interligação: Nachpeise-set –1” Wisy:** Faz, de forma automática, o abastecimento do reservatório de água de chuva em caso de estiagens prolongadas ou consumo acima da capacidade de captação. Uma bóia de nível detecta o baixo nível de água no reservatório (caixa d’água) e aciona uma válvula solenóide, que se abre permitindo a entrada de água da rede pública ou outra fonte de abastecimento.
- **Acessórios:** Freio d’água para reduzir velocidade de entrada da água no reservatório. Inserção cega, Prolongador e anéis de aço.

Quadro 5.2 - Preços dos equipamentos utilizados

ITENS QUE COMPOEM O SISTEMA AQUASTOCK	CÓDIGO	CUSTO UN.	QTD	CUSTO TOTAL
Pré-Filtro WFF 300 Wisy tampa aço.	WF 3011	R\$ 13.750,00	3	R\$ 41.250,00
Inserção cega do WFF 300	BE 0306	R\$ 2.100,00	1	R\$ 2.100,00
Prolongador do WFF 300 50 cm	RV 1010	R\$ 550,00	3	R\$ 1.650,00
Anel intermediário p/ prolongador WFF 300	RS 1020	R\$ 588,00	3	R\$ 1.758,00
Filtro Flutuante Grosso 2" Wisy	SZ 9918	R\$ 782,00	1	R\$ 782,00
Kit de Interligação Nachpeise-set-1" c/ fiação de 3m	TW 9903	R\$ 2.580,00	1	R\$ 2.580,00
Freio d’água Inox (DN 200)	EB 300 -01	R\$ 930,00	3	R\$ 2.790,00
TOTAL				R\$ 52.890,00

Fonte: Aquastock (2011)

- ✓ Bombas e filtros-R\$ 65.354,00;

Estes componentes são de fundamental importância, pois eles ajudam no funcionamento adequado do sistema impedindo a entrada de sujeiras na tubulação e bomba e consequente danificação do equipamento.

5.5.2 Custos de Exploração

Tomaz (2003) citou como boas medidas de manutenção do sistema: a inspeção e remoção de detritos com periodicidade máxima de 6 meses aos dispositivos que compõe o sistema, além de se atentar para a proliferação de insetos e possíveis vetores e garantir segurança aos alunos e funcionários do colégio. O custo estimado para conservação preventiva e reposição de peças foi de R\$300/ano, com vida útil de 20 anos.

5.5.3 Custo total com o sistema

No quadro 5.3 são apresentados os gastos com o sistema, considerando-se no primeiro ano de implantação será de, aproximadamente, R\$ 410.000,00.

Quadro 5.3 - Gastos com sistema de aproveitamento de água de chuva

Equipamentos do Sistema	Preço (R\$)
Construção dos reservatórios	285.500,00
Tubulações	55.000,00
Energia elétrica	2.500,00
Filtros e bombas	65.000,00
Manutenção	300,00
Total	408.300,00

Estimando-se que nos anos seguintes se tenha gastos apenas com energia elétrica e manutenção, o valor total ao fim de 20 anos será de:

$$\text{Custo20anos} = 19 * (2.500+300) + 408.300,00 = \text{R\$ } 461.500,00$$

5.5.4 Benefícios

Com a utilização de água da chuva, será feita uma economia de água potável. Os benefícios foram calculados levando-se em consideração o volume de água de chuva aproveitado e a tarifa cobrada pelo órgão responsável.

De acordo com Ywashima (2005) a economia com adoção do sistema de reaproveitamento tem variado entre 50 a 70% do consumo dependendo da cultura da Escola.

Levando-se em conta o consumo de 425,00 m³/mês e adotando-se uma economia de 60%, conseguiríamos economizar 255,00 m³/mês ao custo de R\$ 10,88/m³ (conta mês ago/2011) obteríamos uma economia de R\$ 2.774,40/mês. Como teremos cerca de seis meses por ano de “estiagem” a economia gerada no ano seria de, aproximadamente, R\$ 16.646,40/ano.

Levando-se em conta um custo aproximado de R\$ 461.500,00 para a caixa de reaproveitamento levaríamos, aproximadamente, 28 anos para recuperarmos o valor investido.

6. CONCLUSÕES

É possível e altamente desejável que o aproveitamento d'água de chuva - e isto é ainda mais verdadeiro para as grandes cidades - seja integrado ao abastecimento d'água potável, no sentido de substituí-la sempre que possível, tornando-se assim ainda uma contribuição descentralizada e importantíssima para a retenção das águas pluviais. No entanto, do ponto de vista técnico e operacional, a adoção de qualquer estratégia que vise a implantação de práticas de conservação deve considerar todas as alterações que poderão decorrer das mesmas, ressaltando-se que a limitação para a sua aplicação estará diretamente associada aos custos envolvidos.

Após análise dos resultados obtidos no estudo de caso, chegou-se às seguintes conclusões:

- O gasto com energia elétrica não sofreu alterações, devido a implantação de outro sistema de bombeamento, já que a bomba utilizada por ser de baixa potência, estima-se que o consumo de energia não irá influenciar nos gastos finais do sistema;
- A média anual de chuvas obtidas com os dados pluviométricos fornecidos pelo INMET, no período entre os anos de 1980 e 2004 em Belo Horizonte/MG, caracterizou a região com o regime de chuvas de média precipitação e propícia ao aproveitamento desta água para fins menos nobres;
- O volume necessário de água de chuva aproveitada para atender a demanda nos vasos sanitários, torneiras de limpeza e irrigação dos jardins no período de seca, que vai de março a setembro, precisa ser complementado com água potável;

- O dimensionamento do reservatório é o componente mais importante na viabilização do projeto financeiramente;
- O reservatório de acumulação de água de chuva, por ser um dos componentes mais caros do sistema deve ser calculado levando-se em consideração: a precipitação, área de coleta, demanda e, também, a disponibilidade de área para instalação;
- A implantação do sistema é bastante viável economicamente e tem sua contribuição a favor do meio ambiente diminuindo as enchentes e o uso de água potável.

O presente trabalho espera ter contribuído na busca de uma alternativa para melhor utilização e otimização do uso da água potável. Lembrando que para a implementação de qualquer alternativa, deve-se levar em consideração os principais condicionantes, benefícios e limitações que essas práticas possuem. Tanto para que não sejam criadas expectativas fantasiosas sobre o tema, como soluções de fácil implementação e resultados imediatos, quanto para que não se adotem essas medidas sem as precauções necessárias para a preservação da integridade do usuário.

7. ANEXO

7.1 Legislação Federal

A Lei 9.433, de 8 de Janeiro de 1997, Instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. A seguir são citados os principais artigos referente a essa lei:

Art. 1º A Política Nacional de Recursos Hídricos baseia-se nos seguintes fundamentos:

- I - a água é um bem de domínio público;
- II - a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;
- III - em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;
- IV - a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;
- V - a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;
- VI - a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

Art. 2º São objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos:

- I - assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos;
- II - a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável;
- III - a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.

Art. 3º Constituem diretrizes gerais de ação para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos:

I - a gestão sistemática dos recursos hídricos, sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade;

II - a adequação da gestão de recursos hídricos às diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais e culturais das diversas regiões do País;

III - a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental;

IV - a articulação do planejamento de recursos hídricos com o dos setores usuários e com os planejamentos regional, estadual e nacional;

V - a articulação da gestão de recursos hídricos com a do uso do solo;

VI - a integração da gestão das bacias hidrográficas com a dos sistemas estuarinos e zonas costeiras.

Art. 4º A União articular-se-á com os Estados tendo em vista o gerenciamento dos recursos hídricos de interesse comum.

Art. 5º São instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos:

I - os Planos de Recursos Hídricos;

II - o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água;

III - a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos;

IV - a cobrança pelo uso de recursos hídricos;

V - a compensação a municípios;

VI - o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.

Art. 12. Estão sujeitos a outorga pelo Poder Público os direitos dos seguintes usos de recursos hídricos:

I - derivação ou captação de parcela da água existente em um corpo de água para consumo final, inclusive abastecimento público, ou insumo de processo produtivo;

II - extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo;

III - 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;

IV - aproveitamento dos potenciais hidrelétricos;

V - outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água.

§ 1º Independem de outorga pelo Poder Público, conforme definido em regulamento:

I - o uso de recursos hídricos para a satisfação das necessidades de pequenos núcleos populacionais, distribuídos no meio rural;

II - as derivações, captações e lançamentos considerados insignificantes;

III - as acumulações de volumes de água consideradas insignificantes.

§ 2º A outorga e a utilização de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica estará subordinada ao Plano Nacional de Recursos Hídricos, aprovado na forma do disposto no inciso VIII do art. 35 desta Lei, obedecida a disciplina da legislação setorial específica.

Art. 19. A cobrança pelo uso de recursos hídricos objetiva:

I - reconhecer a água como bem econômico e dar ao usuário uma indicação de seu real valor;

II - incentivar a racionalização do uso da água;

III - obter recursos financeiros para o financiamento dos programas e intervenções contemplados nos planos de recursos hídricos.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Normas ABNT sobre instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1981. Coletânea de normas.

BOTELHO, Manoel Henrique Campos. **Águas de chuva – Engenharia das Águas Pluviais nas Cidades**. 2º ed. São Paulo: Editora: Edgard Blucher, 1998.

COIMBRA, Roberto; ROCHA, Ciro Loureiro; BEEKMAN, Gertian Berndt. **Recursos Hídricos: conceitos, desafios e capacitação**. – Brasília, DF: ANEEL, 1999.

DACACH, N. G. **Saneamento básico**. 3a. edição revisada. Rio de Janeiro: EDC-Ed. Didática e científica. 1990.

FENDRICH, Roberto. **Coleta, Armazenamento, Utilização e Infiltração das Águas Pluviais na Drenagem Urbana**. Tese: Doutorado, curso de Pós-Graduação em Geologia Ambiental – Universidade federal do Paraná, Curitiba, 2002.

FERNANDES, C. - **MICRODRENAGEM - Um Estudo Inicial**, DEC/CCT/UFPB, Campina Grande, 2002, 196p.

PINHEIRO, Marcia Maria Guimaraes ; GUIMARAES, M. M. ; NAGHETTINI, Mauro . Equação de Chuvas Intensas para a Região Metropolitana de Belo Horizonte - RMBH. In: XII Simpósio Brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos, 1997, Vitória/ES, 1997. v. 2. p. 205-212.

GHISI, E.; MARINOSKI, A. K. Aproveitamento de Água Pluvial para Usos Não Potáveis em Instituição de Ensino: estudo de caso em Florianópolis, SC. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 18, abr./jun. 2008.

HESPANHOL, I.; MIERZWA, J.C.; SILVA, M.C.C.; RODRIGUES, L. – **Águas Pluviais: Método de Cálculo do Reservatório e Conceitos para um Aproveitamento Adequado.** Disponível em: http://www.usp.br/cirra/arquivos/agua_pluvial_cirra.pdf. Acesso em novembro de 2012.

OLIVEIRA, Lorena Grasielle Nascimento de. **Estudo de Viabilidade de Implantação de um Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais para uso não potável em edificações da Universidade Federal de Sergipe.** Trabalho de Conclusão de Curso. Centro de Ciências Exatas e Tecnologia - Universidade Federal de Sergipe, Sergipe, 2009.

OLIVEIRA, Rossana de Guadalupe. **Aproveitamento de Águas Pluviais para Uso não Potável.** Monografia: Especialista em MBA em Sistema de Gestão Ambiental – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2002.

PINTO, Nelson I. de Souza; HOLTZ, Antonio Carlos Tatit; MARTINS, José Augusto. **Hidrologia de Superfície.** 2º ed. – São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda, 1973.

SZÖLLÖSI-NAGY, András. A ação da Unesco. **O Correio da UNESCO**, 1º ed. – Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getulio Vargas, ano 21, nº 07, p. 38, julho de 1993.

TOMAZ, Plínio. Aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis em áreas urbanas. In: **Conservação da água.** Guarulhos: Autor e Próprio Editor, 1998.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva**. São Paulo: Navegar Editora, 2003.

WEBER, Péricles Sócrates. Água, o ouro do século XXI. **Sanare Revista Técnica da Sanepar**, Curitiba, v. 10, p. 5-7, jul/dez. 1998.

WILKEN, Paulo Sampaio. **Engenharia de drenagem superficial**. São Paulo, CETESB, 1978.

VILLELA, Swami Marcondes; MATTOS Arthur. **Hidrologia Aplicada**. – 1. ed. – São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.

SITES VISITADOS:

<http://www.abcmac.org.br> . Acesso em dezembro de 2012.

<http://www.ana.gov.br> . Acesso em dezembro de 2012.

<http://www.aquastock.com.br>. Acesso em janeiro de 2013.

<http://www.copasa.com.br>. Acesso em janeiro de 2013.

<http://www.usp.br/cirra> . Acesso em dezembro de 2012.

<http://www.sociedadedosol.org.br>. Acesso em novembro de 2012.

<http://www.sempresustentavel.com.br>. Acesso em janeiro de 2013.