

## Aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis

### ABNT NBR 15527/2007

#### Diretrizes básicas para um projeto

#### 6.1 Introdução

O mundo passa por grandes transformações e os recursos hídricos deverão no século XXI ser analisado de quatro maneiras básicas:

- *Aproveitamento dos recursos hídricos superficiais como rios e lagos*
- *Aproveitamento dos recursos de águas subterrâneas*
- *Aproveitamento de água de chuva de telhados*
- *Reúso de água*

Vamos tratar neste capítulo do aproveitamento de água de chuva captada em telhados.

Aproveitamento da água de chuva é feito desta a antiguidade. O primeiro registro que se tem do uso da água de chuva é verificado na pedra Moabita, data de 830aC, que foi achada na antiga região de Moab, perto de Israel. Esta reliquia traz determinações do rei Mesa, de Moab, para a cidade de Qarhoh, dentre as quais destaca-se “...para que cada um de vós faça uma cisterna para si mesmo, na sua casa”

A Fortaleza dos Templários localizada na cidade de Tomar em Portugal em 1160 dC, era abastecida com água de chuva.



**Figura 6.1- Fortaleza dos Templários; cidade de Tomar, Portugal, construída em 1160**

Os principais motivos que levam à decisão para se utilizar água de chuva são basicamente os seguintes:

- Conscientização e sensibilidade da necessidade da *conservação da água*
- Região com *disponibilidade hídrica* menor que  $1200\text{m}^3/\text{habitante} \times \text{ano}$
- Elevadas tarifas de água das concessionárias públicas.
- Retorno dos investimentos (*payback*) muito rápido
- Instabilidade do fornecimento de água pública
- Exigência de lei específica
- Locais onde a estiagem é maior que 5 meses
- Locais ou regiões onde o *índice de aridez* seja menor ou igual a 0,50.

O aproveitamento de água de chuva não pode receber o termo reúso de água de chuva e nem chamado de reaproveitamento. O termo reúso é usado somente para água que já foi utilizada pelo

homem em lavagem de mãos, bacia sanitária, lavagem de roupas, banhos, etc. Reaproveitamento é semelhante ao reúso, significando que a água de chuva já foi utilizada e portanto, não está correto.

## 6.2. Objetivo

Objetivo é fornecer diretrizes básicas para o aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis para os seguintes *usos*:

- 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.

Salientamos que a água de chuva será usada para fins não potáveis, não substituindo a água tratada com derivado cloarado e fluor usada para banhos, fazer comida ou ser ingerida, distribuída pelas concessionárias públicas.

Não incluímos a lavagem de roupa devido ao problema do parasita *Cryptosporidium parvum* que para removê-lo precisamos de filtros lentos de areia.

## 6.3. Definições

As seguintes definições são importantes para o entendimento do aproveitamento de água de chuva e a visualização da Figura (6.2) onde aparece o esquema de aproveitamento de água de chuva.

### Água de chuva

É a água coletada durante eventos de precipitação pluviométrica em telhados inclinados ou planos onde não haja passagem de veículos ou de pessoas. As águas de chuva que caem nos pisos residenciais, comerciais ou industriais não estão incluídas no sistema proposto.



Figura 6.2- Esquema de aproveitamento de água de chuva

### Água não potável

Entende-se por não potável aquela que não atende a Portaria nº. 518/2004 do Ministério da Saúde

### Área de captação

Área, em metros quadrados, da projeção horizontal da superfície onde a água é captada.

### Coefficiente de runoff (C) ou escoamento superficial

Coefficiente que representa a relação entre o volume total escoado e o volume total precipitado variando conforme a superfície conforme Tabela (6.1).

**Tabela 6.1- Coeficientes de Runoff**

MATERIAL	COEFICIENTE DE <i>RUNOFF</i>
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas esmaltadas	0,9 a 0,95
Telhas corrugadas de metal	0,8 a 0,9
Cimento amianto	0,8 a 0,9
Plástico, pvc	0,9 a 0,95

### **Conexão cruzada**

Qualquer ligação física através de peça, dispositivo ou outro arranjo que conecte duas tubulações das quais uma conduz água potável e a outra água de qualidade desconhecida ou não potável.

### **Demanda**

A demanda ou consumo de água é a média a ser utilizado para fins não potáveis num determinado tempo (anual, mensal ou diário)

### ***First flush***

Água que cai inicialmente na superfície de captação e é necessária e suficiente para carrear fuligem, folhas, galhos e detritos. Após três dias de seca os telhados vão acumulando poeiras, folhas, detritos, etc e é aconselhável que o *first flush* não seja utilizado. Conforme o uso destinado às águas de chuvas pode ser dispensado o *first flush* dependendo do projetista.

As pesquisas feitas mostram que o *first flush* varia de 0,4 L/m<sup>2</sup> de telhado a 8 L/m<sup>2</sup> de telhado conforme o local. Na falta de dados locais sugere-se o uso do *first flush* no valor de 2 L/m<sup>2</sup> de área de telhado.

### **Suprimento**

Fonte alternativa de água para complementar o reservatório de água de chuva. Pode ser água da concessionária pública dos serviços de água, poço tubular profundo, caminhões tanques, etc.

### **Reservatório intermediário**

Local onde pode ser armazenada a água de chuva para ser utilizada. Se água de chuva for clorada deverá ter tempo de contato mínimo de 15min dentro do reservatório intermediário.

### **6.4. Calhas e condutores**

As calhas e condutores horizontais e verticais conforme Figura (6.3) devem atender a ABNT NBR 10844/ 89 sendo que tais dimensionamento são baseados em vazões de projeto que dependem dos fatores meteorológicos e do periodo de retorno escolhido.

Estas vazões não servem para dimensionamento dos reservatórios e sim para o dimensionamento das calhas e condutores (verticais e horizontais).



**Figura 6.3-Calha e condutor**

- Devem ser observados o período de retorno escolhido ( $T_r$ ), a vazão de projeto e a intensidade pluviométrica.
- Nos condutores verticais ou nos condutores horizontais pode ser instalado dispositivos fabricados ou construídos in loco para o descarte da água do first flush ou para eliminação de folhas e detritos. O dispositivo ou a construção poderá ter operação manual ou automática sendo recomendado a operação automática.
- O dispositivo de descarte de água do *first flush* deve ser dimensionado pelo projetista. Na falta de dados recomenda-se no mínimo 2 mm, ou seja, 2 litros/m<sup>2</sup> de telhado.
- Caso se julgue conveniente poderão ser instaladas telas ou grades para remoção de detritos.

#### **Vazão na calha**

Conforme NBR 10844/89 a vazão na calha é dada pela equação:

$$Q = I \times A / 60$$

Sendo:

Q= vazão de pico (litros/min)

I= intensidade pluviométrica (mm/h)

A= área de contribuição (m<sup>2</sup>)

Os períodos de retorno comumente adotados são  $T_r=5$ anos ou  $T_r=25$ anos dependendo do risco a ser assumido.

O valor de  $I=150$ mm/h é adotado para áreas de projeção horizontal até 100m<sup>2</sup>.

#### **Exemplo 6.1**

Calcular a vazão de pico de uma calha em telhado com área de  $A=200$ m<sup>2</sup> e intensidade pluviométrica  $I=150$ mm/h

$$Q = I \times A / 60 = 150 \times 200 / 60 = 500 \text{ litros/min}$$

#### **Dimensionamento da calha**

É usado para dimensionamento da calha a fórmula de Manning:

$$Q = 60000 \times (A/n) \times R^{(2/3)} \times S^{0,5}$$

Sendo:

Q= vazão de pico (L/min)

A= área da seção molhada (m<sup>2</sup>)

n= coeficiente de rugosidade de Manning. Para concreto  $n=0,013$  e para plástico  $n=0,011$ .

R= raio hidráulico=  $A/P$

P= perímetro molhado (m)

S= declividade da calha (m/m)

**Exemplo 6.2**

Dimensionar uma calha retangular com declividade  $S=0,005\text{m/m}$ , coeficiente de rugosidade de Manning  $n=0,013$  (concreto), com altura de  $0,10\text{m}$ , largura de  $0,40\text{m}$ .

Área molhada  $A= 0,10\text{m} \times 0,40\text{m}=0,04\text{m}^2$

Perímetro molhado  $P= 0,40+ 2 \times 0,10= 0,60\text{m}$

Raio hidráulico  $R= A/P= 0,04\text{m}^2/ 0,60\text{m}= 0,066\text{m}$

$Q=60000 \times (A/n) \times R^{(2/3)} \times S^{0,5}$

$Q=60000 \times (0,04/0,013) \times 0,066^{(2/3)} \times 0,005^{0,5}= 2171 \text{ litros/min}$

Portanto, pela calha passará a vazão de pico de água de chuva de 2171 litros/min

**Condutores horizontais**

Os condutores horizontais de seção circular que geralmente são assentados no piso podem ser dimensionados usando a fórmula de Manning para seção máxima de altura  $0,66D$  ou usar a Tabela (6.2) da ABNT e declividade mínima de  $0,5\%$  ( $0,005\text{m/m}$ )

**Tabela 6.2- Capacidade dos condutores horizontais de seção circular com vazoes em litros/minuto**

Diâmetro Interno D (mm)	n=0,011				n=0,012				n=0,013		
	0,5%	1%	2%	4%	0,5%	1%	2%	4%	0,5%	1%	2%
50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54
75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159
100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	242	343
125	370	521	735	1.040	339	478	674	956	313	441	622
150	602	847	1.190	1.690	552	777	1.100	1.550	509	717	1.010
200	1.300	1.820	2.570	3.650	1.190	1.670	2.360	3.350	1.100	1.540	2.180
250	2.350	3.310	4.660	6.620	2.150	3.030	4.280	6.070	1.990	2.800	3.950
300	3.820	5.380	7.590	10.800	3.500	4.930	6.960	9.870	3.230	4.550	6.420

Fonte: ABNT NBR 10.844/89

**Exemplo 6.3**

Dimensionar um condutor horizontal de PVC para vazão de 500 litros/minuto.

Como não temos a declividade  $S$ , adotados  $S=0,005\text{m/m}=0,5\%$  e entrando na Tabela (2) escolhemos um tubo de PVC de 150mm.

**Condutor vertical**

A maneira prática de se dimensionar o coletor vertical é através de área máxima de telhado em função do diâmetro conforme Tabela (6.3). A norma NBR 10844/89 adota condutor vertical mínimo de 70mm.

**Tabela 6.3- Área máxima de cobertura para condutores verticais de seção circular**

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

#### Exemplo 6.4

Dimensionar um coletor vertical de águas pluviais sobre a área do telhado de  $100\text{m}^2$ .

Consultando a Tabela (6.3) usaremos diâmetro de 150mm.

#### 6.5. Reservatórios ou cisternas

Deverá ser analisada as séries históricas e sintéticas das precipitações locais ou regionais, sendo aconselhável no mínimo um período de 10 anos de dados a serem analisados.

Os governos estaduais e o governo federal possuem base de dados com informações confiáveis como o site da Ana (Agência Nacional das Águas) <http://www.hidroweb.ana.gov.br>.

- Os reservatórios ou cisternas conforme Figura (6.4) podem ser: enterrados, semi-enterrado, apoiado ou elevado. Os materiais podem ser concreto, alvenaria armada, materiais plásticos como polietileno, PVC, fibra de vidro e aço inox. Sempre serão vedados a luz solar.
- Os reservatórios devem ser construídos como se fosse para armazenamento de água potável devendo serem tomadas os devidos cuidados para não contaminar a água de chuva coletada dos telhados.



**Figura 6.4- Reservatórios de aço inox apoiados**

- Devem ser considerados no projeto do reservatório: extravasor, descarga de fundo ou bombeamento para limpeza, cobertura, inspeção, ventilação e segurança.
- O reservatório quando alimentado com água de outra fonte de suprimento de água, deve possuir dispositivos que impeçam a *conexão cruzada*.
- O volume de água de chuva aproveitável depende do coeficiente de runoff, bem como da eficiência do sistema de descarte do *first flush*, sendo calculado pela seguinte equação:

$$V = P \times A \times C \times \eta \text{ fator de captação}$$

Onde:

V= volume anual, mensal ou diário de água de chuva aproveitável, em litros;

P= precipitação média anual, mensal ou diária, em milímetros;

A= área de coleta, em metros quadrados;

C=coeficiente de *runoff*. Normalmente C=0,95

$\eta$  fator de captação = eficiência do sistema de captação, levando em conta o descarte do *first flush*.

A eficiência do *first flush* ou do descarte de filtros e telas variam de 0,50 a 0,90.

Um valor prático quando não se têm dados é adotar:  $C \times \eta = 0,80$

No caso do projetista não considerar o first flush sugerimos adotar  $n=0,90$

- O volume dos reservatórios devem ser dimensionados com base em critérios técnicos e econômicos, levando em conta as boas práticas da engenharia, podendo a *critério do projetista* serem utilizados os métodos contidos nos itens 9 a 14 ou outro desde que devidamente justificado.
- Os reservatórios devem ser limpos e desinfetados com solução de derivado clorado, no mínimo uma vez por ano de acordo com a ABNT NBR 5626/98.
- O volume não aproveitável da água de chuva, pode ser lançado na rede de galerias de águas pluviais, na via pública ou ser infiltrado total ou parcialmente, desde que não haja perigo de contaminação do lençol freático.
- A descarga de fundo pode ser feita por gravidade ou por bombeamento.
- A água reservada deve ser protegida contra a incidência direta da luz solar e calor, bem como de animais que possam adentrar o reservatório através da tubulação de extravasão.

## 6.6. Instalações prediais

- As instalações prediais de água fria devem atender a ABNT NBR 5626/98, principalmente quanto as recomendações de separação atmosférica, dos materiais de construção das instalações, da retrossifonagem, dos dispositivos de prevenção de refluxo, proteção contra interligação entre água potável e não potável, do dimensionamento das tubulações e limpeza e desinfecção dos reservatórios, controle de ruídos e vibrações.
- As tubulações e demais componentes devem ser claramente diferenciadas das tubulações de água potável. Pode ser usado cor diferentes ou tarja plastica enrolada no tubo.
- Diferentes sistemas de distribuição de água fria, sendo um para água potável e outro para água não potável devem existir em qualquer tipo de edificação, evitando a conexão cruzada e obedecendo a ABNT NBR 5626/98.
- Os pontos de consumo, como por exemplo uma torneira de jardim, devem ser identificados com placa de advertência com a seguinte inscrição “água não potável” e advertencia visual destinada a pessoas que não saibam ler e a crianças.
- Recomenda-se que hajam dois reservatórios, sendo um para água potável e outra para água não potável que será usado para o aproveitamento da água de chuva.

### 6.7. Qualidade da água

Os padrões de qualidade do sistema de água de chuva para água não potável no ponto de uso é opção do projetista podendo conforme a situação podendo ser exigido cloração ou não ou até adotar a Tabela (6.4) para monitoramento do sistema de aproveitamento de água de chuva.

**Tabela 6.4 – Parâmetros de qualidade de água para uso não potável**

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

- Não se recomenda em hipótese alguma a transformação da água de chuva em água potável em áreas urbanas. Mas caso se faça esta opção o tratamento adequado deverá atender à Portaria nº 518/04 do Ministério da Saúde.
- Para desinfecção, a critério do projetista, pode-se utilizar hipoclorito de sódio, raios ultravioleta, ozônio e outros. Em aplicações onde é necessário um residual desinfetante deve ser usado hipoclorito de sodio devendo o cloro residual livre estar entre 0,5 mg/l e 3,0 mg/l.
- No caso de água de chuva ser utilizada para lavagem de roupas, tratamentos específicos adequados que permitam a remoção de parasitas, como por exemplo o *Cryptosporidium parvum*. O tratamento recomendado é o uso de filtros lentos de areia.
- Para se ter uma idéia dos preços de análises informamos que para coliformes totais e termotolerantes o custo é de R\$ 40,00/ amostra. Para cor aparente, turbidez e cloro residual livre o custo é de R\$ 20,00/amostra conforme Instituto Adolfo Lutz de São Paulo. Fazendo-se os cálculos do custo de monitoramento é de R\$ 140,00/ano Mas podemos usar ainda kits para testes para pH e de cloro residual livre que custa somente R\$ 20,00.

### 6.8. Bombeamento

- Quando necessário o bombeamento, o mesmo deve atender a ABNT NBR 12214/92.
- Devem ser observadas as recomendações das tubulações de sucção e recalque, velocidades mínimas de sucção e seleção do conjunto motor-bomba.
- Pode ser instalado junto a bomba centrífuga, dosador automático de derivado clorado o qual convém ser enviado a um reservatório intermediário para que haja tempo de contato de no mínimo 15 min.



- Um dosador automático de derivado clorado custa aproximadamente R\$ 350,00. Poderá ser usado hipoclorito de sódio ou outro derivado clorado.



Figura 6.5- Bomba centrífuga

### 6.9. Manutenção

- Recomenda-se realizar manutenção em todo o sistema de coleta e aproveitamento de água de chuva conforme Tabela (6.5).

Tabela 6.5- Sugestão de frequência de manutenção

Componente	Frequência de manutenção
Dispositivo de descarte do escoamento inicial automático	Limpeza mensal ou após chuva de grande intensidade
Calhas, condutores verticais e horizontais	2 ou 3 vezes por ano
Desinfecção com derivado clorado	Manutenção mensal
Bombas	Manutenção mensal
Reservatório	Limpeza e desinfecção anual

### 6.10. Dimensionamento do reservatório pelo Método de Rippl

O método de Rippl geralmente superdimensiona o reservatório, mas é bom usá-lo para verificar o limite superior do volume do reservatório de acumulação de águas de chuvas.

Neste método pode-se usar as séries históricas mensais (mais comum) ou diárias.

$$S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)}$$

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

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

$$\text{Sendo que : } \sum D_{(t)} < \sum Q_{(t)}$$

Onde:

$S_{(t)}$  é o volume de água no reservatório no tempo  $t$ ;

$Q_{(t)}$  é o volume de chuva aproveitável no tempo  $t$ ;

$D_{(t)}$  é a demanda ou consumo no tempo  $t$ ;

$V$  é o volume do reservatório, em metros cúbicos;

$C$  é o coeficiente de escoamento superficial.

**Exemplo 6.5-** Aplicação prática do método de Rippl

Área do telhado  $A = 100\text{m}^2$

Chuvas médias mensais

Precipitação média anual = 1569mm

Coefficiente de runoff  $C=0,80$

Na Tabela (6.6) está a aplicação prática do Método de Rippl a um telhado com  $100m^2$  e onde queremos retirar todos os meses  $8m^3$  de água de chuva. Usamos as precipitações médias mensais de janeiro a dezembro. Existem 8 colunas que são explicadas logo após.

**Tabela 6.6- Dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl para demanda constante de  $8m^3/mês$ , sendo usado as chuvas médias mensais para uma área de captação de água de chuva de  $100m^2$ .**

Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda constante mensal ( $m^3$ )	Área da captação ( $m^2$ )	Volume de chuva mensal ( $m^3$ )	Diferença entre os volumes da demanda – vol. de chuva Col.3 – col. 5 ( $m^3$ )	Diferença acumulada da coluna 6 dos valores positivos ( $m^3$ )	Obs.
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8
Janeiro	272	8	100	22	-14		E
Fevereiro	243	8	100	19	-11		E
Março	223	8	100	18	-10		E
Abril	89	8	100	7	1	1	D
Mai	92	8	100	7	1	2	D
Junho	47	8	100	4	4	6	D
Julho	40	8	100	3	5	11	D
Agosto	30	8	100	2	6	17	D
Setembro	82	8	100	7	1	<b>18</b>	<b>D</b>
Outubro	121	8	100	10	-2	16	S
Novembro	114	8	100	9,0	-1	15	S
Dezembro	216	8	100	17	-9	6	S
<b>Total</b>	1569	96 $m^3$ /ano		126 $\geq$ 96 $m^3$ /ano			

E: água escoando pelo extravasor D: nível de água baixando S: nível de água subindo

Vamos passar a explicar as oito colunas da Tabela (6.6).

**Coluna 1 –**

É o período de tempo que vai de janeiro a dezembro.

**Coluna 2 –**

Nesta coluna estão as chuvas médias mensais em milímetros.

**Coluna 3 –**

Demanda mensal que foi imposta de acordo com as necessidades. A demanda também pode ser denominada de consumo mensal e é fornecido em metros cúbicos.

O volume total da demanda ou do consumo  $96m^3$ /ano deve ser menor ou igual ao volume total de chuva da coluna 5 que é  $126m^3$ /ano.

**Coluna 4-**

É a área de captação da água de chuva que é suposta constante durante o ano. A área de captação é fornecida em metros quadrados e é a projeção do telhado sobre o terreno.

**Coluna 5-**

Nesta coluna estão os volumes mensais disponíveis da água de chuva. É obtido multiplicando-se a coluna 2 pela coluna 4 e pelo coeficiente de runoff de 0,80 e dividindo-se por 1000 para que o resultado do volume seja em metros cúbicos.

Assim a linha referente ao mês de janeiro é obtida:

$$272mm \times 100 m^2 \times 0,80 / 1000 = 22 m^3$$

### Coluna 6 –

Nesta coluna estão as diferenças entre os volumes da demanda e os volumes de chuva mensais. É na prática a coluna 3 menos a coluna 5. O sinal negativo indica que há excesso de água e o sinal positivo indica que o volume de demanda, nos meses correspondentes supera o volume de água disponível.

### Coluna 7 –

Nesta coluna estão as diferenças acumuladas da coluna 6 considerando somente os valores positivos. Para preencher esta coluna foi admitida a hipótese inicial de o reservatório estar cheia.

Os valores negativos não foram computados, pois, correspondem a meses em que há excesso de água (volume disponível superando a demanda).

Começa-se com a soma pelos valores positivos, prosseguindo até a diferença se anule, desprezando todos os valores negativos seguintes, recomeçando a soma quando aparecer o primeiro valor positivo.

O volume máximo obtido na coluna 7 pelo Método de Rippl é de  $18\text{m}^3$ . Portanto, o reservatório para regularizar a demanda constante de  $8\text{m}^3/\text{mês}$  deverá ter  $18\text{m}^3$  de capacidade.

### Coluna 8-

O preenchimento da coluna 8 é feito usando as letras E, D e S sendo:

E = água escoando pelo extravasor;

D= nível de água baixando e

S= nível de água subindo.

Supomos desde o **início que o reservatório está cheio** e, portanto, nos meses de janeiro, fevereiro e março da coluna 6 verificamos que as diferenças são negativas e, portanto, temos que a água está escoando pelo extravasor.

Quando os valores da coluna 6 são positivos o nível de água do reservatório está baixando e isto vai acontecer no mês de abril quando o abaixamento é de  $1\text{m}^3$ . Em maio de  $2\text{m}^3$ . Em junho de  $6\text{m}^3$ . Em julho o abaixamento é de  $11\text{m}^3$ . Em setembro o abaixamento é de  $18\text{m}^3$  e em outubro o reservatório como a coluna 6 é negativa, o volume começa a extravasar.

O volume do reservatório de  $18\text{m}^3$ , correspondentes a um suprimento de 69 dias de seca (2,3 meses).

Salientamos que geralmente o método de Rippl fornece valores muito elevados para os reservatórios sendo que na prática o método mais usado é o da simulação que se faz por tentativas.

### 6.11. Método da simulação

Para um determinado mês aplica-se a equação da continuidade a um reservatório finito:

$$S_{(t)} = Q_{(t)} + S_{(t-1)} - D_{(t)}$$

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

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

Onde:

$S_{(t)}$  é o volume de água no reservatório no tempo  $t$ ;

$S_{(t-1)}$  é o volume de água no reservatório no tempo  $t - 1$ ;

$Q_{(t)}$  é o volume de chuva no tempo  $t$ ;

$D_{(t)}$  é o consumo ou demanda no tempo  $t$ ;

$V$  é o volume do reservatório fixado;

$C$  é o coeficiente de escoamento superficial.

Nota: para este método duas hipóteses devem ser feitas, o reservatório está cheio no início da contagem do tempo “ $t$ ”, os dados históricos são representativos para as condições futuras.

#### Exemplo 6.6

Verificar o volume de  $30\text{m}^3$  de um reservatório pela análise de simulação usando a série sintética da precipitação média mensal, demanda mensal de  $30\text{m}^3/\text{mês}$ , área de captação de  $350\text{m}^2$  e coeficiente de *runoff*  $C=0,80$ .

A grande vantagem do método é escolher mais facilmente o dimensionamento mais econômico do reservatório e verificar o risco.

Na Tabela (6.7) está o exemplo de aplicação da Análise de simulação do reservatório.

Tabela 6.7- Aplicação da Análise de simulação para reservatório com  $30\text{m}^3$  considerando a média mensal das precipitações

Mês	Chuva média (mm)	Demanda mensal constante ( $\text{m}^3$ )	Área de captação ( $\text{m}^2$ )	Volume de chuva $C=0,80$ ( $\text{m}^3$ )	Volume da reservatório fixado ( $\text{m}^3$ )	Volume do reservatório no tempo t-1 ( $\text{m}^3$ )	Volume do reservatório no tempo t. ( $\text{m}^3$ )	Overflow ( $\text{m}^3$ )	Suprimento de água externo ( $\text{m}^3$ )
	P	Dt	A	Qt	V	St-1	St	Ov	S
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8	Coluna 9	Coluna 10
Jan	272	30	350	76	30	0	30	16	0
fev	243	30	350	68	30	30	30	38	0
Mar	223	30	350	62	30	30	30	32	0
Abr	89	30	350	25	30	30	25	0	0
Mai	92	30	350	26	30	25	21	0	0
Jun	47	30	350	13	30	21	4	0	0
Jul	40	30	350	11	30	4	-15	0	15
Ago	30	30	350	8	30	0	-22	0	22
Set	82	30	350	23	30	0	-7	0	7
Out	121	30	350	34	30	0	4	0	0
Nov	114	30	350	32	30	4	6	0	0
Dez	216	30	350	60	30	6	30	6	0
<b>Total=</b>	<b>1569</b>	<b>360</b>		<b>439</b>				<b>93</b>	<b>44</b>

Vamos explicar a Tabela (7) colunas 1 a coluna 10.

**Tabela (6.7)**

**Coluna 1:**

Constam os meses do ano de janeiro a dezembro.

**Coluna 2:**

São as chuvas médias mensais (série sintética).

**Coluna 3:**

É o consumo mensal de 30m<sup>3</sup> de água não potável.

**Coluna 4:**

É a área de captação da chuva que é de 350m<sup>2</sup> que é a área de todo o telhado disponível.

**Coluna 5:**

O volume de água de chuva é obtido da seguinte maneira:

Coluna 5 = coluna 2 x coluna 4 x 0,80 / 1000 para o resultado sair em metros cúbicos

Para perdas de água por evaporação, perdas de água na autolimpeza supomos o coeficiente 0,80.

**Coluna 6**

Volume do reservatório que é fixado. O volume para este tipo de problema é arbitrado e depois verificado o overflow e a reposição de água, até se escolher um volume adequado. No caso deste exemplo, usamos o volume de 30m<sup>3</sup> para o reservatório.

**Coluna 7:**

É o volume do reservatório no início da contagem do tempo. Supomos que no início do ano o reservatório está vazio e que, portanto a primeira linha da coluna 7 referente ao mês de janeiro será igual a zero. Os demais valores são obtidos usando a função SE do Excel:

SE (coluna 8 < 0 ; 0 ; coluna 8)

**Coluna 8:**

Fornece o volume do reservatório no fim do mês. Assim o volume de 30m<sup>3</sup> no mês de janeiro refere-se ao volume do reservatório no último dia de janeiro. Vê-se que o reservatório é considerado *cheio*.

Obtém-se a coluna 8 da seguinte maneira:

Coluna 8 = SE (coluna5 + coluna7 – coluna3 > coluna 6; coluna 7 ; coluna 5 + coluna 7 – coluna 3 )

Nota: a coluna 8 pode resultar em número negativo. Deve ser entendido como água necessária para reposição. Aparecerá o mesmo valor com sinal positivo na coluna 10.

**Coluna 9:**

É relativa ao *overflow*, isto é, quando a água fica sobrando e é jogada fora.

Obtém-se da seguinte maneira:

Coluna 9 = SE (coluna 5 + coluna 7 – coluna 3) > coluna 6 ; coluna 5 + coluna 7 – coluna 3 – coluna 6 ; 0)

### Coluna 10:

É a coluna da reposição da água, que pode vir do serviço público de abastecimento ou de caminhão tanque ou de outra procedência.

$$\text{Coluna 10} = \text{SE} (\text{coluna 7} + \text{coluna 5} - \text{coluna 3} < 0 ; - (\text{coluna 7} + \text{coluna 5} - \text{coluna 3}) ; 0)$$

### Comentário sobre a Tabela (6.7):

No processo de verificação é fornecido o volume de  $30\text{m}^3$  e a chuva média mensal adotada. Durante o ano verificamos que haverá overflow de  $93\text{m}^3$  e que será necessário  $44\text{m}^3$  de água de outra fonte para suprir o reservatório durante o ano.

O volume de água de chuva considerando o coeficiente de runoff de 0,80 será de  $439\text{m}^3/\text{ano}$  maior que a demanda anual de  $360\text{m}^3$ .

Para a coluna 8 o reservatório está cheio em janeiro.

### 6.12. Método prático do professor Azevedo Neto

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

Onde:

P é a precipitação média anual, em milímetros;

T é o número de meses de pouca chuva ou seca;

A é a área de coleta, em metros quadrados;

V é o volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório, em litros.

#### Exemplo 6.7

Dada a precipitação média anual  $P=1500\text{mm}$  e área de telhado de  $A=100\text{m}^2$  numa região que fica sem chuva  $T=2$  meses.

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

$$V = 0,042 \times 1500\text{mm} \times 100\text{m}^2 \times 2 = 12.600 \text{ litros} = 12,6\text{m}^3$$

### 6.13. Método prático alemão

Trata-se de um método empírico onde se toma o menor valor do volume do reservatório; 6% do volume anual de consumo ou 6% do volume anual de precipitação aproveitável.

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

Sendo:

V é o volume aproveitável de água de chuva anual, em litros;

D é a demanda anual da água não potável, em litros;

$V_{\text{adotado}}$  é o volume de água do reservatório, em litros.

#### Exemplo 6.8

Calcular um reservatório para aproveitamento de água de chuva usando método Alemão para  $P=1500\text{mm}$  e área de telhado  $A=100\text{m}^2$  sendo o consumo médio mensal  $D=8\text{m}^3$

$$V_{\text{aproveitável}} \text{ anualmente de água de chuva} = 1500\text{mm} \times 100\text{m}^2 \times 0,8 = 120.000 \text{ litros} = V = 120\text{m}^3$$

$$\text{Consumo mensal} = 8\text{m}^3$$

$$\text{Consumo anual} = D = 8\text{m}^3 \times 12 = 96\text{m}^3$$

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

$$V_{\text{adotado}} = \text{mín} (120; 96) \times 0,06$$

$$V_{\text{adotado}} = 96 \times 0,06 = 6\text{m}^3$$

#### 6.14. Método prático inglês

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

Onde:

P é a precipitação média anual, em milímetros;

A é a área de coleta, em metros quadrados;

V é o volume de água aproveitável e o volume de água da cisterna, em litros.

#### Exemplo 6.9

Dada a precipitação média anual  $P=1500\text{mm}$  e área de telhado de  $A=100\text{m}^2$ .

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

$$V = 0,05 \times 1500 \times 100 = 7500 \text{ litros} = 7,5\text{m}^3$$

#### 6.15. Método prático australiano

O volume de chuva é obtido pela seguinte equação:

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

Onde:

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

P é a precipitação média mensal, em milímetros;

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

A é a área de coleta, em metros quadrados;

Q é o volume mensal produzindo pela chuva, em metros cúbicos.

O cálculo do volume do reservatório é realizado por tentativas, até que sejam utilizados valores otimizados de confiança e volume do reservatório.

$$V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t$$

Onde:

$Q_t$  é o volume mensal produzido pela chuva no mês t;

$V_t$  é o volume de água que está no tanque no fim do mês t, em metros cúbicos;

$V_{t-1}$  é o volume de água que está no tanque no início do mês t, em metros cúbicos;

$D_t$  é a demanda mensal, em metros cúbicos;

Nota: para o primeiro mês consideramos o reservatório vazio.

Quando  $(V_{t-1} + Q_t - D) < 0$ , então o  $V_t = 0$

O volume do tanque escolhido será em metros cúbicos.

### Exemplo 6.10

Calcular o volume do reservatório para aproveitamento de água de chuva em área de telhado de  $A=100\text{m}^2$ , coeficiente de *runoff*  $C=0,80$ , interceptação  $I=2\text{mm}$  e demanda constante mensal  $D=8\text{m}^3$   
Na Tabela (6.8) estão os cálculos efetuados.

**Tabela 6.8- Método Australiano**

Meses	Prec. Mensal (mm)	Área (m <sup>2</sup> )	Runoff C	Interceptação (mm)	Vol. Chuva Q (m <sup>3</sup> )	Demanda D (m <sup>3</sup> )	Vt (m <sup>3</sup> )
Jan	272	100	0,8	2	22	8	14
fev	243	100	0,8	2	19	8	25
Mar	223	100	0,8	2	18	8	35
Abr	89	100	0,8	2	7	8	34
Mai	92	100	0,8	2	7	8	33
Jun	47	100	0,8	2	4	8	28
Jul	40	100	0,8	2	3	8	23
Ago	30	100	0,8	2	2	8	18
Set	82	100	0,8	2	6	8	16
Out	121	100	0,8	2	10	8	18
Nov	114	100	0,8	2	9	8	18
Dez	216	100	0,8	2	17	8	28
Total	1569						

O volume do reservatório de aproveitamento de água de chuva será de  $35\text{m}^3$ .

### 6.16 Confiança

$$\text{Confiança} = (1 - P_r)$$

Recomenda-se que os valores de confiança estejam entre 90% a 99%.

$$P_r = N_r / N$$

Sendo:

$P_r$  é a falha

$N_r$  é o número de meses em que o reservatório não atendeu a demanda, isto é, quando  $V_t = 0$ ;

$N$  é o número de meses considerado, geralmente 12 meses;

### Exemplo 6.11

Calcular a falha e a confiança de um sistema de aproveitamento de água de chuva em que durante 3 meses o reservatório não conseguiu atender à demanda.

$N = 12$  meses

$N_r = 3$  meses

$P_r = N_r / N = 3 / 12 = 0,25$

Portanto, a falha é 0,25 ou seja 25%

A confiança no sistema é

$$\text{Confiança} = (1 - P_r) = 1 - 0,25 = 75$$

O sistema de aproveitamento de água de chuva funcionamento durante o ano com 75% de confiança.



### 6.17. Dimensionamento do reservatório de autolimpeza

Na Figura (5) está um esquema do sistema de aproveitamento de águas pluviais onde aparece a caixa do *first flush*, ou seja, o reservatório de autolimpeza que funciona automaticamente.

Sem dúvida a grande dificuldade é dimensionar o tamanho do reservatório em que a água do *first flush* será depositada para ser descartada, quando se supõe esta alternativa. Podemos também fazer projetos em que deixamos a sujeira do telhado relativa ao *first flush* ser depositada no fundo do mesmo.

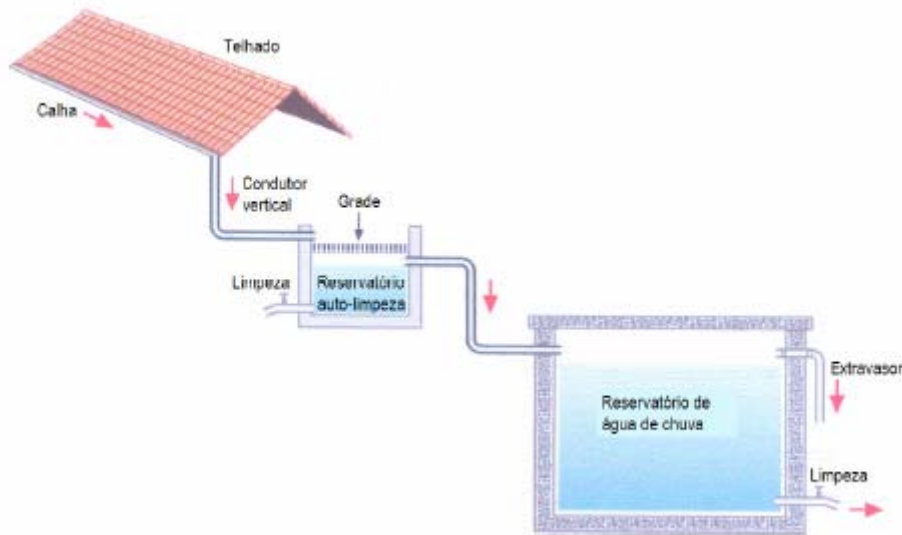


Figura 6.5- Esquema de funcionamento do reservatório de autolimpeza

Uma maneira que encontramos para dimensionar a caixa de autolimpeza, isto é, que ela seja feita automaticamente sem a interferência humana é imaginarmos um reservatório que tenha o volume do *first flush* e que o esvaziamento do mesmo seja feito em 10min aproximadamente.

O valor de esvaziamento de 10min, foi tomado empiricamente, pois este é o tempo que leva para que a água levar para ficar limpa.

Usamos a equação do orifício:

$$Q = C_d \times A (2 \times g \times h)^{0,5}$$

Sendo:

Q= vazão de saída do orifício (m<sup>3</sup>/s)

G= aceleração da gravidade=g=9,81m/s<sup>2</sup>

h= altura de água sobre o orifício (m). É a metade da altura da caixa.

A= área da seção do orifício (m<sup>2</sup>)

Cd= coeficiente de descarga do orifício=0,62

#### Exemplo 6.12

Dimensionar a caixa do *first flush* de um telhado com A=1000m<sup>2</sup>.

Como não temos mais informações adotamos para o *first flush* 2 litros/m<sup>2</sup> de área de telhado.

Assim teremos:

$$V = 1000m^2 \times 2 \text{ litros}/m^2 = 2000 \text{ litros} = 2m^3$$

Portanto, a caixa deverá ter volume de 2m<sup>3</sup>

Este volume deverá ser escoado pelo fundo da caixa em aproximadamente 10min.

Vamos estimar as dimensões da caixa que terá 2m<sup>3</sup>. Tendo em vista condições locais podemos estimar que a altura deva ser de 0,80m.

Supondo que o comprimento seja o dobro da largura L. teremos:

$V = L \times 2L \times 0,80 = 2m^3$  e, portanto  $L^2 = 2/(2 \times 0,80) = 1,25m$  e então  $L = 1,12m$

A largura será de 1,12m e o comprimento  $2 \times L = 2,24m$

As dimensões são:  $1,12m \times 2,24 \times 0,80 = 2,0m^3$

Como a profundidade da caixa do *first flush* é de 0,80m para a equação do orifício entramos com a metade da altura:

$h = 0,80/2 = 0,40m$

$$Q = Cd \times A (2 \times g \times h)^{0,5}$$

$$Q = 0,62 \times A (2 \times 9,81 \times 0,4)^{0,5}$$

$$Q = 1,737 \times A$$

Mas  $Q = 2m^3 / 10min = 2m^3 / (10min \times 60s) = 0,0033m^3/s$

Substituindo teremos:

$$Q = 1,737 \times A$$

$$0,0033 = 1,737 \times A$$

$$A = 0,0019m^2$$

Mas o orifício é circular e, portanto:

$$A = PI \times D^2 / 4$$

$$D = (4 \times A / PI)^{0,5}$$

$$D = (4 \times 0,0019 / 3,1416)^{0,5} = 0,049m. \text{ Adotamos } D = 0,05m, \text{ ou seja, } D = 50mm$$

### 6.18. Custos

Os custos dos reservatórios variam com o material, com a solução escolhido da posição do reservatório e das condições locais. Estão inclusos nos custos o custo de calhas, condutores e bomba centrifuga.

Na média o custo do reservatório varia de US\$ 150/m<sup>3</sup> a US\$ 200/m<sup>3</sup> (base:maio de 2007 1US\$=R\$2,00) de água reservada..

### Exemplo 6.13

Calcular o custo de um reservatório de concreto com 26m<sup>3</sup>.

$$20 m^3 \times US\$ 150/m^3 = US\$ 3000$$

Supondo 1US\$= R\$ 2,00 teremos o custo total incluindo reservatório, condutores verticais, bombas etc de R\$ 6.000,00

### 6.19. Previsão de consumo de água

Há sempre uma grande dificuldade em se prever o consumo de água não potável para se usar a água de chuva.

A Tabela (6.9) de Vickers, 2001 mostra as porcentagens dos tipos de uso residencial. Assim numa casa se gasta 27% da água nas descargas nas bacias sanitárias, 17% nos chuveiros, 22% na lavagem de roupa, etc.

A média de consumo brasileiro é de 160 litros/diaxhabitante e, como pode ser verificado na Tabela (6.9), a economia de água potável seria de 27% se utilizarmos água de chuva apenas nas descargas de bacias sanitárias.

Tabela 6.9- Tipos de usos e porcentagem de utilização de consumo interno de uma residência

Tipos de usos da água	Porcentagem	Consumo residencial no Brasil supondo média mensal de 160 litros/dia x habitante (litros)
Descargas na bacia sanitária	27%	43
Chuveiro	17%	27
Lavagem de roupa	22%	35
Vazamentos em geral	14%	22
Lavagem de pratos	2%	3
Consumo nas torneiras	16%	26
Outros	2%	3
Total	100%	160

Fonte: adaptado de Vickers, 2001

As Tabelas (6.10) e (6.11) fornecem parâmetros para cálculo do consumo interno e externo de uma residência.

Tabela 6.10- Parâmetros de engenharia de consumo interno de uma residência

Uso interno	Unidades	Parâmetros		
		Inferior	Superior	Mais provável
Gasto mensal	m <sup>3</sup> /pessoa/mês	3	5	4
Número pessoas na casa	pessoa	2	5	3,5
Descarga na bacia	Descarga/pessoa/dia	4	6	5
Volume de descarga	Litros/descarga	6,8	18	9
Vazamento 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 Máquina de lavar pratos	Litros/banho	113	189	113
Volume de água Máquina de lavar roupa	Carga/pessoa/dia	0,1	0,3	0,1
Volume de água Máquina de lavar roupa	Litro/ciclo	18	70	18
Volume de água Torneira da cozinha	Carga/pessoa/dia	0,2	0,37	0,37
Volume de água Torneira da cozinha	Litro/ciclo	108	189	108
Vazão da torneira	Minuto/pessoa/dia	0,5	4	4
Vazão da torneira	Litros/segundo	0,126	0,189	0,15
Vazão da torneira	Minuto/pessoa/dia	0,5	4	4
Vazão da torneira	Litros/segundo	0,126	0,189	0,15

**Tabela 611- Parâmetros de engenharia de consumo externo de uma residência**

Uso externo	Unidades	Valores
Casas com piscina	<b>Porcentagem</b>	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 1/2"x20m.	<b>Litros/dia</b>	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

**Exemplo 6.14**

Residência com 5 (cinco) pessoas com área construída de 450 m<sup>2</sup>, em terreno com área de 1.200 m<sup>2</sup>. A piscina tem 5 m x 8 m x 1,6 m. O número total de automóveis é 2 (dois). A área de jardim é de aproximadamente 500m<sup>2</sup>. Vamos calcular o uso interno e o uso externo da água na referida residência.

Vamos calcular o volume mensal de água consumido para uso interno e para uso externo.

**USO INTERNO**

**Bacia Sanitária**

Consideremos que cada pessoa ocupe a bacia sanitária 5 (cinco) vezes ao dia e que o volume de cada descarga seja de 9 litros. Consideremos ainda um vazamento de 8% em cada descarga.

Teremos então:

$$5 \text{ pessoas} \times 5 \text{ descargas/pessoa/dia} \times 9 \text{ litros/descarga} \times 1,08 \text{ (vazamentos)} \times 30 \text{ dias} = 7.290 \text{ litros/mês.}$$

**Lavagem de roupa**

Como existe máquina de lavar roupa, suponhamos que a carga seja de 0,2 carga/pessoa.dia, com 170 litros por ciclo. Teremos:

$$5 \text{ pessoas} \times 0,2 \text{ carga/pessoa/dia} \times 170 \text{ litros/ciclo} \times 30 \text{ dias} = 5.100 \text{ litros/mês.}$$

Não usaremos a água de chuva para a lavagem de roupas.

Em resumo o consumo interno da casa em que poderá ser usada a água de chuva, isto é, água não potável é de 12.390 litros/mês conforme Tabela (6.12).

**Tabela 6.12-Exemplo de aplicação – uso interno**

Uso Interno	Consumo em litros/mês
Bacia Sanitária	7.290
Soma total do uso interno =	7.290

**USO EXTERNO**

O uso externo da casa são a rega de jardins, passeios, lavagem de carros etc.

**Gramado ou Jardim**

Como a área de jardim de 500 m<sup>2</sup> e como se gasta 2 litros/dia/m<sup>2</sup> e ainda sendo a frequência de lavagem de 12 (doze) vezes por mês, ou seja, 0,40 vezes/mês teremos:

$500 \text{ m}^2 \times 2 \text{ litros/dia/m}^2 \times 0,40 \text{ vezes/mês} \times 30 \text{ dias} = 12.000 \text{ litros/mês}$ .

#### Lavagem de carro

Considerando a frequência de lavagem de carros de 4 vezes/mês e que o gasto seja de 150 litros por lavagem teremos:

$2 \text{ carros} \times 150 \text{ litros/lavagem} \times 4 = 1.200 \text{ litros/mês}$ .

#### Piscina

A piscina tem área de 5m por 8m, ou seja,  $40 \text{ m}^2$ . Sendo a manutenção da mesma feita 8 (oito) vezes por mês, isto é, frequência de 0,26 vezes/mês e como o consumo de água de manutenção da piscina é de 3 litros/dia/m<sup>2</sup> teremos:

$3 \text{ litros/dia/m}^2 \times 40 \text{ m}^2 \times 0,26 \times 30 \text{ dias} = 936 \text{ L/mês}$

Não faremos a manutenção de água da piscina com a água de chuva.

#### Mangueira de Jardim

Supondo que a mangueira de jardim seja usada em 20 dias por mês teremos:

$50 \text{ litros/dia} \times 20 \text{ dias} = 1.000 \text{ L/mês}$

**Tabela 6.13-Exemplo de aplicação – Uso externo**

Uso externo	Consumo mensal em litros
Gramado ou Jardim	12.000
Lavagem de carro	1.200
Mangueira de Jardim	1.000
Soma total do uso externo=	14.200

**Tabela 14- Exemplo de usos interno e externo de uma casa que pode ser usada água de chuva**

Usos da água na residência	Volumes mensais
Uso interno	7.290 litros
Uso Externo	14.200 litros
Total	21.490 litros

A captação de água de chuva poderá ser usada mensalmente 7.290litros para uso interno e 14.200 litros para uso externo, totalizando 21.490 litros/mês, conforme Tabela (6.14).

Usando o Método de Rippl conforme Tabela (6.15) o reservatório terá no máximo o volume de  $26 \text{ m}^3$ .

**Tabela 6.15- Método de Rippl**

Mês	Chuva Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m <sup>3</sup> )	Área de Captação (m <sup>2</sup> )	Volume de Chuva Mensal (m <sup>3</sup> )	Diferença entre Demanda e Volume de Chuva (m <sup>3</sup> )	Diferença Acumulada da Coluna 6 dos Valores Positivos (m <sup>3</sup> )
Janeiro	272	22	450	97	-75	
Fevereiro	243	22	450	87	-65	
Março	223	22	450	80	-58	
Abril	89	22	450	31	-9	
Maio	92	22	450	32	-10	
Junho	47	22	450	16	6	6
Julho	40	22	450	14	8	14
Agosto	30	22	450	10	12	26
Setembro	82	22	450	29	-7	19
Outubro	121	22	450	43	-21	-1
Novembro	114	22	450	40	-18	
Dezembro	216	22	450	77	-55	
<b>Total</b>	<b>1569</b>	<b>264</b>		<b>556</b>		

### 6.20 Qualidade da água de chuva

Foi muito discutido os parâmetros de qualidade de água de chuva que se devia adotar, pois não encontramos em nenhum texto estrangeiro ou mesmo na norma alemã nada sobre o assunto.

Baseado na experiência do CIRRA, o dr. José Carlos Mierza apresentou alguns parâmetros básicos que devem ser seguidos conforme o uso e dos perigos de contato humano com a mesma.

Quando o uso for restritivo a norma recomenda que o cloro residual livre esteja entre 0,5mg/L a 3mg/L e que a sua verificação seja mensal.

Quanto a turbidez deve ser menor que 5 uT (unidade de turbidez) e, em alguns casos mais restritivos, ser menor que 2 uT.

A cor aparente deve ser menor que 15 uH (unidade Hazen) e deverá ser verificado mensalmente.

Quanto a coliformes totais e termotolerantes deverão estar ausentes em amostras semestrais de 100mL cada.

No que se refere ao pH deverá estar entre 6,0 e 8,0.

### 6.21. Filtros lentos de areia

Os filtros lentos de areia foram os primeiros sistemas de filtração de abastecimento público. Os filtros cerâmicos, panos e em carvão foram criados antes. Os filtros lentos de areia caíram em desuso quando surgiram os filtros rápidos, mas devido a facilidade com que podem reter microorganismos, eles estão de volta.

O objetivo é usar como água bruta a água de chuva precipitada em telhados e captada, melhorando sua qualidade, mas ainda a mesma continua sendo não potável. A idéia é dar uma melhoria qualitativa para fins de uso não potável.

Iremos nos deter somente nos **filtros lentos de areia descendentes**, sendo aquele em que se forma uma camada de bactérias de mais ou menos 5cm chamada ***schmutzdeche*** que é responsável pelo incremento na retenção de impurezas muito finas.

Na Figura (6) vemos um esquema de um filtro lento de areia. Notar que a água entra por cima e sai também por cima acima da camada do *schmutzdeche*.

O regime de escoamento pode ser contínuo ou descontínuo como o aproveitamento de água de chuva.

Junto a superfície da camada de areia dos filtros lentos, após algum tempo de funcionamento dependendo da qualidade da água bruta, forma-se uma camada de impurezas, de natureza gelatinosa, compreendendo microorganismos aquáticos em grande quantidade em 5 a 15 dias.

O fluxo da água deve ser regularizado a fim de não romper o biofilme que se forma.

#### Vantagens e desvantagens dos filtros lentos de areia

As vantagens do *filtro lento de areia* são:

- Remoção de parte da turbidez,
- Remoção de bactérias do grupo coliformes, maior que 3log, ou seja, 99,9%.
- Baixo custo de construção quando a área for pequena.
- Simplicidade de projeto.
- Não precisa de produtos químicos como pré-tratamento
- A falha no funcionamento do *filtro lento de areia* resulta numa perda de produção e não na perda da qualidade da água tratada.
- Podem trabalhar com fluxo de água intermitente.

As **desvantagens do filtro lento de areia** são:

- A turbidez da água bruta não pode ser maior que 30 uT.
- A água bruta não deve possuir quantidade elevada maior do que 10.000 células/ml (ou  $1\text{mm}^3/\text{L}$  de biovolume) cianobactérias conforme Portaria 518/2004.
- A remoção da cor geralmente é pouca ou baixa.

#### Taxa de filtração

A camada filtrante é constituída por areia mais fina e a velocidade com que a água atravessa a camada filtrante é relativamente baixa.

As taxas de filtração geralmente ficam compreendidas entre  $2\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{dia}$  ( $83\text{litros}/\text{m}^2\cdot\text{hora}$ ) a  $6\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{dia}$  ( $250\text{litros}/\text{m}^2\cdot\text{hora}$ ).

O funcionamento recomendado de um filtro lento de areia é de  $100\text{litros}/\text{m}^2\cdot\text{hora}$  ( $0,1\text{m}^3/\text{m}^2 \times \text{h}$  ou  $0,1\text{m}/\text{h}$ ). A Organização Pan-americana da Saúde, 2003 recomenda valor menor ou igual  $0,2\text{m}/\text{h}$  ( $200\text{litros}/\text{m}^2 \times \text{h}$ )

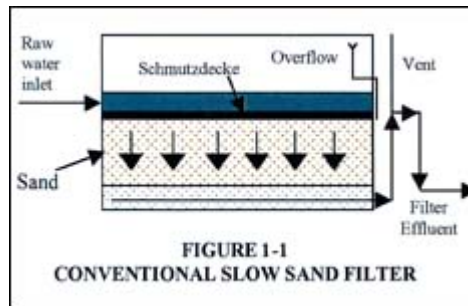


Figura 6.6- Esquema de um filtro lento de areia lento descendente com entrada e saída por cima em nível superior a camada de areia.

Salientamos que o filtro lento de areia **não torna a água potável**, pois para isto deverá atender a todos os requisitos da Portaria 518/04 do Ministério da Saúde.

**Conclusão:**

A norma ABNT NBR 15527/07 data de setembro de 2007 e entrará em vigor seis meses depois ou seja, março de 2008. A partir daí todos os projetos no Brasil deverão obedecê-la.



## 6.22. Bibliografia e livros consultados

- ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). *Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público*. NBR 12213 de abril de 1992.
- ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). *Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água*. NBR 12211 de abril de 1992.
- ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). *Instalação predial de água fria*. NBR 5626 de setembro de 1999.
- ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). *Instalações prediais de águas pluviais*. NBR 10844 de dezembro de 1989.
- ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). *Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público*. NBR 12216 de abril de 1992
- ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). *Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público*. NBR 12217 de julho de 1994.
- ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). *Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público*. NBR 12214 de abril de 1992.
- ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). *Água de chuva- Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos*, setembro de 2007. NBR 15527/07.
- BOTELHO, MANOEL HENRIQUE CAMPOS E RIBEIRO JR, GERALDO DE ANDRADE. *Instalações Hidráulicas prediais feitas para durar- usando tubos de PVC*. São Paulo: Pro, 1998, 230 p.
- MACEDO, JORGE ANTONIO BARROS DE. *Subprodutos do processo de desinfecção de água pelo uso de derivados clorados*. Juiz de Fora, 2001, ISBN 85-901.568-3-4.
- MAY, SIMONE. *Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificação*. Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de mestre em engenharia. São Paulo, 2004.
- MINISTERIO DA SAUDE. Portaria 518 de 25 de março de 2004. *Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade e dá outras providencias*.
- ORGANIZACION PANAMERICA DE LA SALUD. *Hojas de divulgación técnica* ISSN:1018-5119 HDT N° 88 MARZO 2003.
- TEXAS, *The Texas Manual on Rainwater Harvesting*, 3a edição 2005, Austin, Texas, 88 páginas.
- THOMAS, TERRY E REES, DAI. *Affordable Roofwater Harvesting in the Humid Tropics*. International Rainwater Catchment Systems Association Conference, 6 a 9 de julho de 1999, Petrolina, Brasil.
- THOMAS, TERRY et al. *Bacteriological quality of water in DRWH- Rural Development*. Germany: 2001, Rainwater International Systems de 10 a 14 de setembro de 2001 em Manheim.
- TOMAZ, PLINIO. *Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis*. Navegar Editora, São Paulo, 2005, 2ª ed., 180p. ISBN 85-87678-23-x.
- TOMAZ, PLÍNIO. *Conservação da água*. Editora Parma, Guarulhos, 1999, 294 p.
- TOMAZ, PLINIO. *Previsão de consumo de água- Interface das instalações prediais de água e esgotos com os serviços públicos*. Navegar Editora, São Paulo, 2000, ISBN 85-87678-02-07, 250p.
- VICKERS, AMY. *Handbook of Water Use and Conservation*. Massachusetts, 2001, ISBN 1-9315579-07-5, WaterPlow Press, 446p.