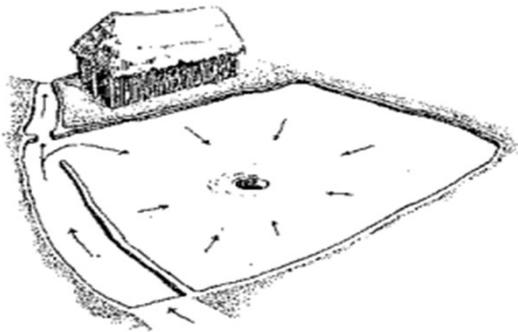


PHA 3525 - USO RACIONAL E REÚSO DA ÁGUA

Aula 07 – Aproveitamento de água
de chuva

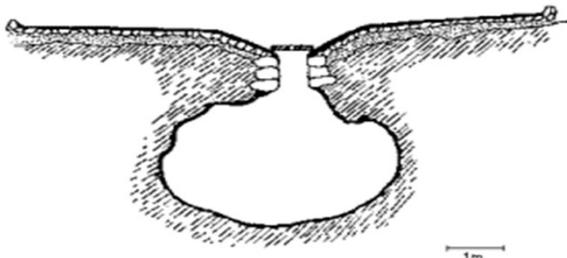
Conceitos básicos

O É uma prática antiga, que tem sido retomada na atualidade:



Século X

Cisterna do povo Maya com capacidade para 45000 L



Conceitos básicos

Vantagens relacionadas à utilização da água de chuva:

- ✓ Conservação dos recursos hídricos
- ✓ Qualidade da água
- ✓ Possibilidade de coletar em qualquer superfície impermeável;
- ✓ Prevenção de enchentes, no caso de áreas urbanas;
- ✓ Baixo custo.

Conceitos básicos

Um sistema destinado ao aproveitamento da água de chuva consiste, basicamente de três processos:

- ✓ Coleta;
- ✓ Tratamento;
- ✓ Armazenamento.

Usos aplicáveis à água de chuva

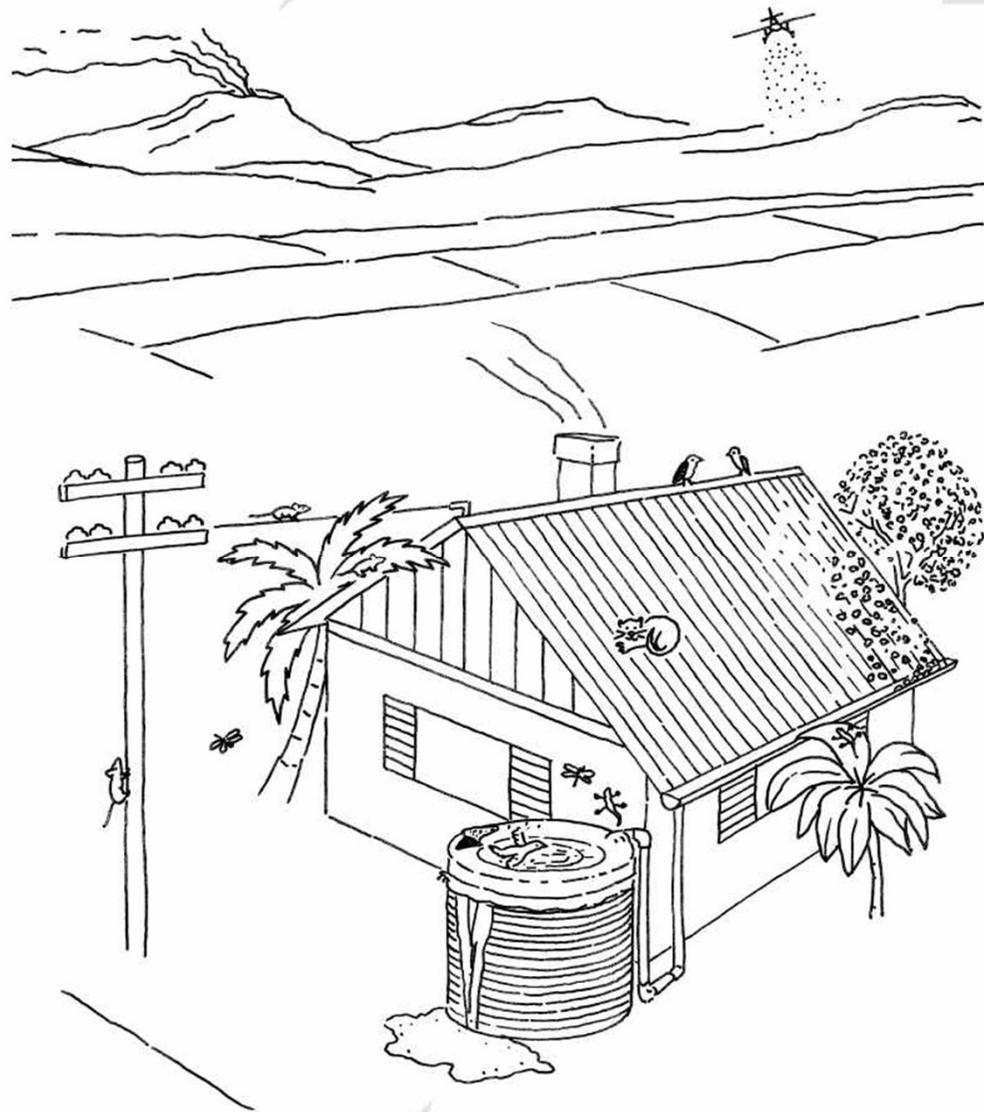
- ❑ Não há, legalmente, restrições quanto ao uso da água de chuva, sendo assim ela pode ser aplicada para:
 - Usos potáveis:
 - Regiões onde não existe sistema de distribuição de água potável;
 - Usos não potáveis:
 - Qualquer região onde exista área disponível para instalação da infraestrutura necessária.

Usos para fins não potáveis

- ✓ Descargas em bacias sanitários;
- ✓ Lavagem de roupas (1º ciclo);
- ✓ Lavagem de veículos;
- ✓ Limpeza de vias;
- ✓ Irrigação de áreas verdes;
- ✓ Reservas de incêndio em edificações;
- ✓ Recarga de aquíferos;
- ✓ Uso ornamental;
- ✓ Usos industriais:
 - Torres de resfriamento ;
 - Lavadores de gases;
 - Água de processo.

Qualidade da água de chuva

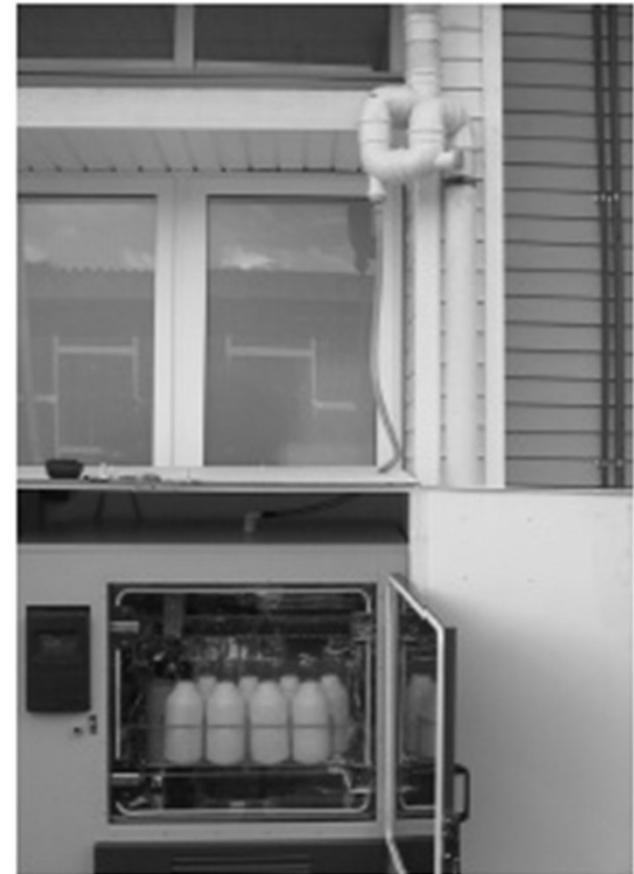
- A qualidade final da água depende:
 - Das atividades desenvolvidas no entorno da área de captação;
 - Do tipo de superfície onde será feita a coleta;
 - Dos procedimentos de coleta utilizados;
 - Da estrutura de armazenagem utilizada;
 - Da utilização ou não de sistemas de tratamento.

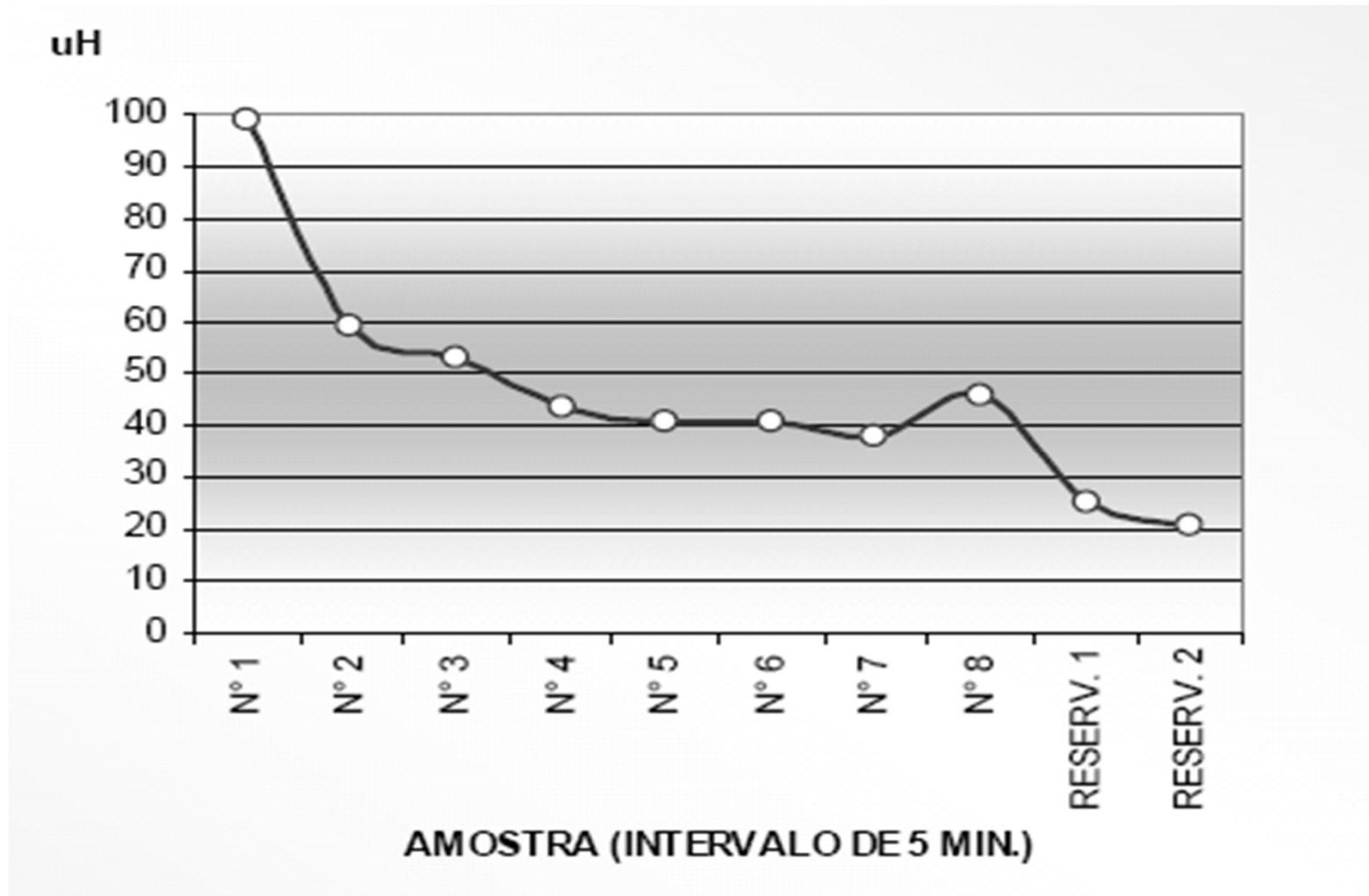


Interferência na qualidade da água de chuva

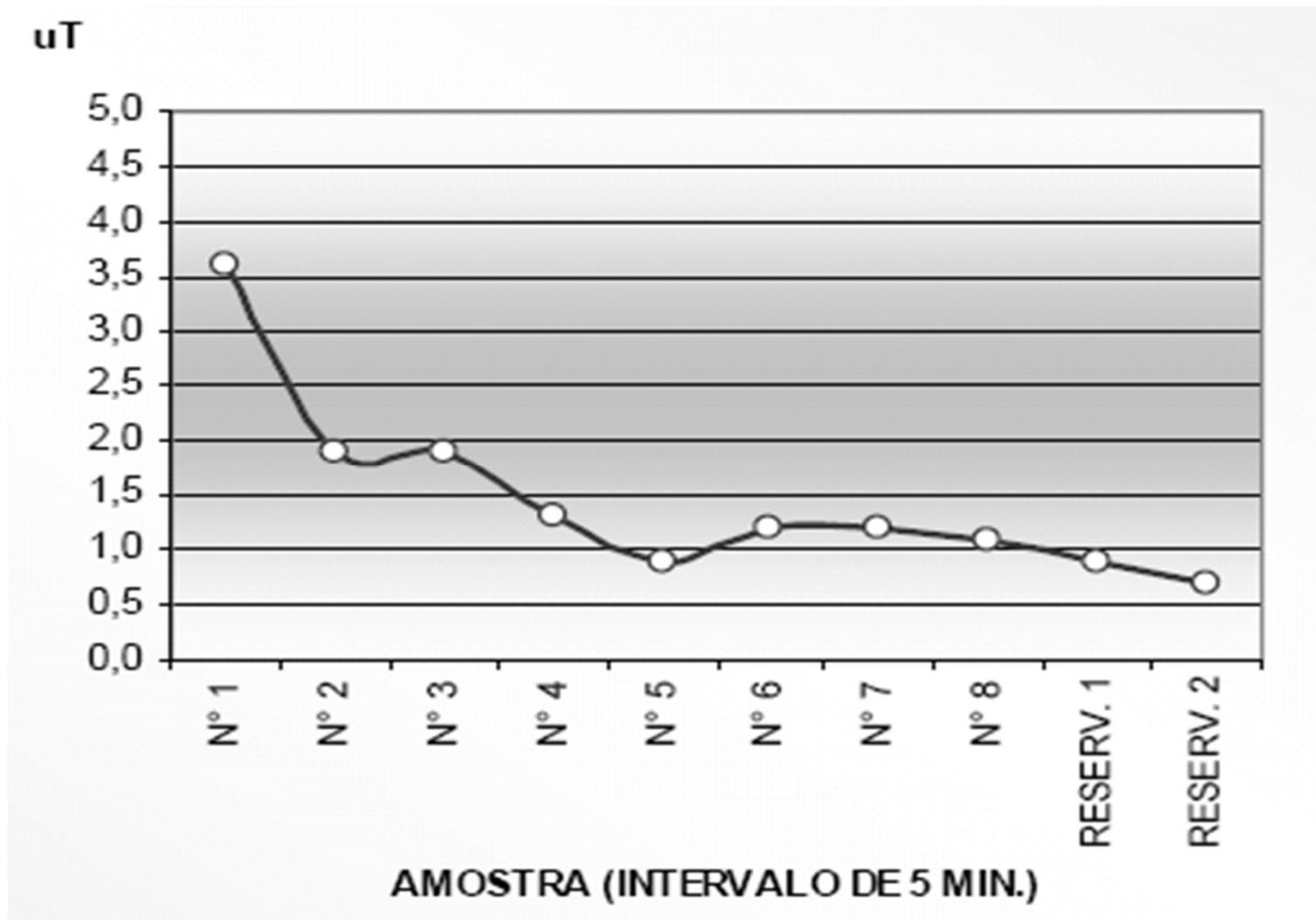
Qualidade da água de chuva

Estudo desenvolvido no Centro de Técnicas de Construção Civil – Escola Politécnica

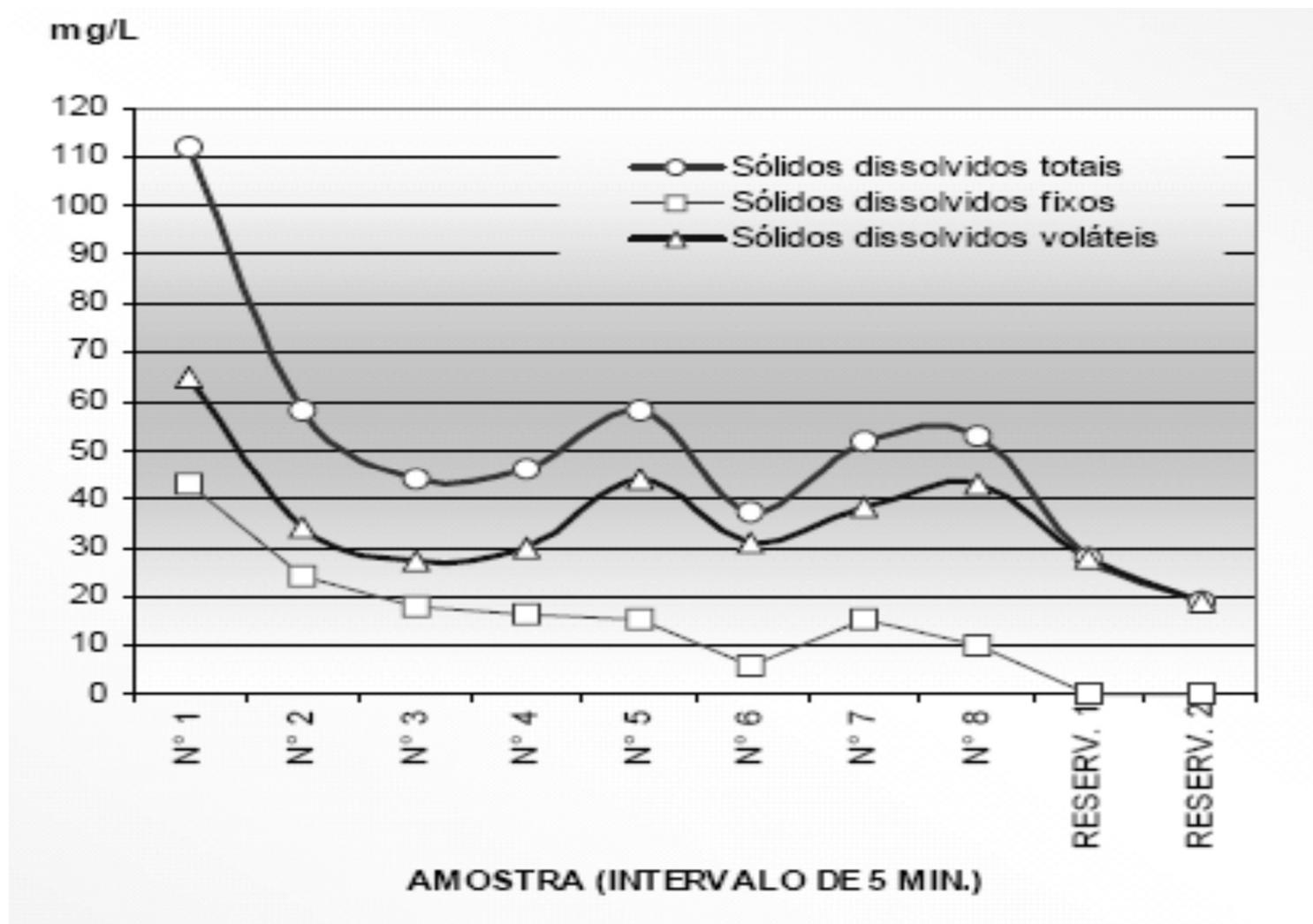




Variação da cor da água coletada em cobertura (May, 2004)



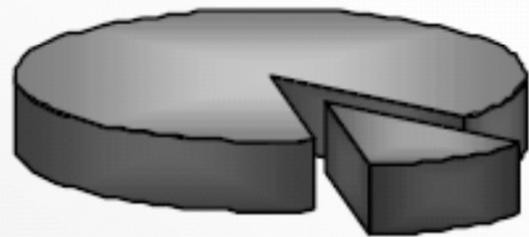
Variação da turbidez da água coletada em cobertura (May, 2004)



Variação da concentração de sólidos da água coletada em cobertura (May, 2004)

COLIFORMES TOTAIS

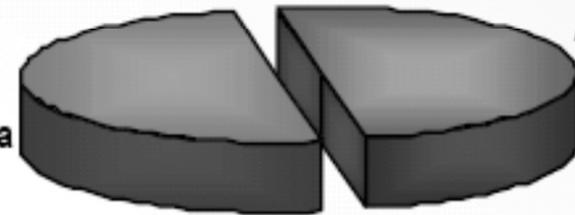
Presença
89%



Ausência
11%

COLIFORMES FECAIS

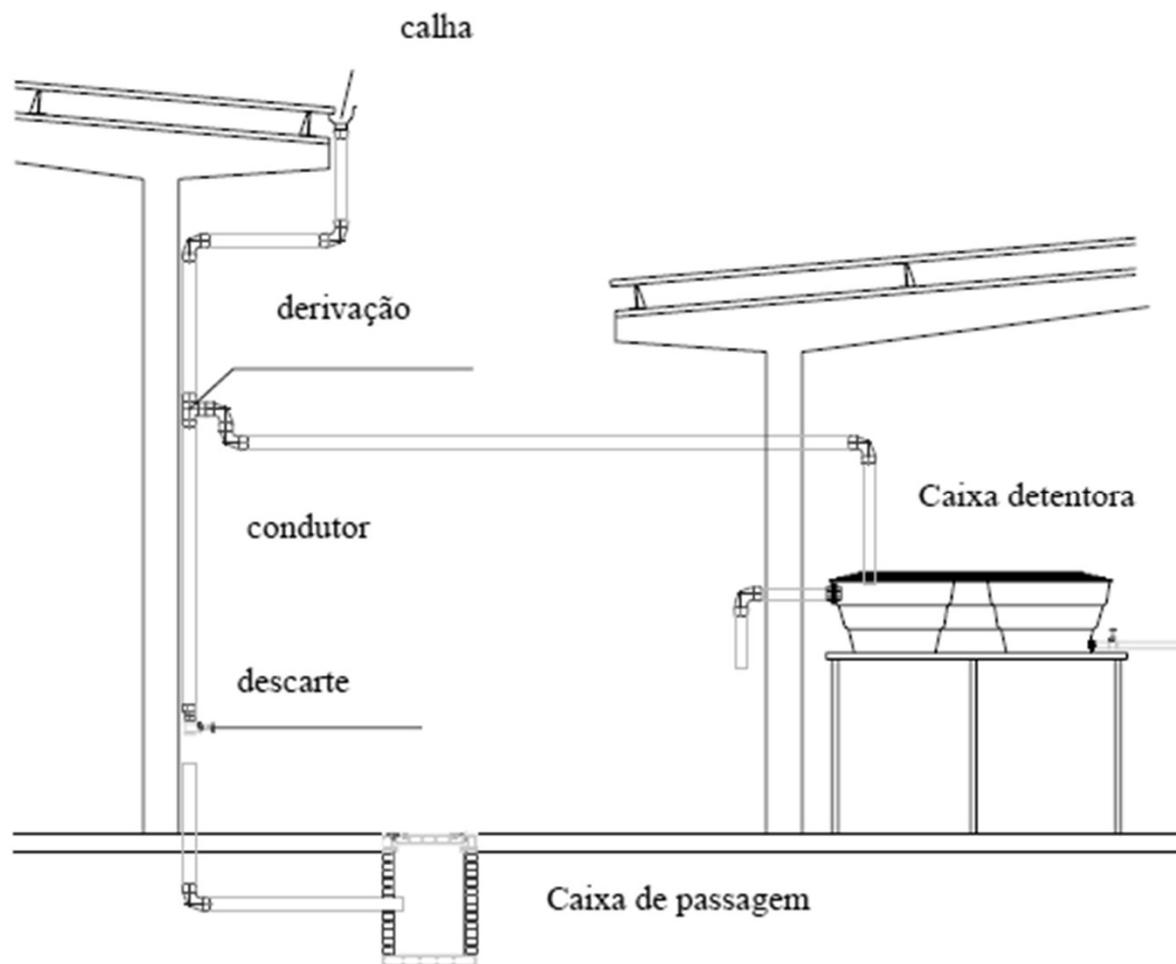
Presença
50%



Ausência
50%

Indicadores de qualidade microbiológica da água coletada em coberturas (May, 2004)

Estudo desenvolvido na Universidade Regional de Blumenau-SC

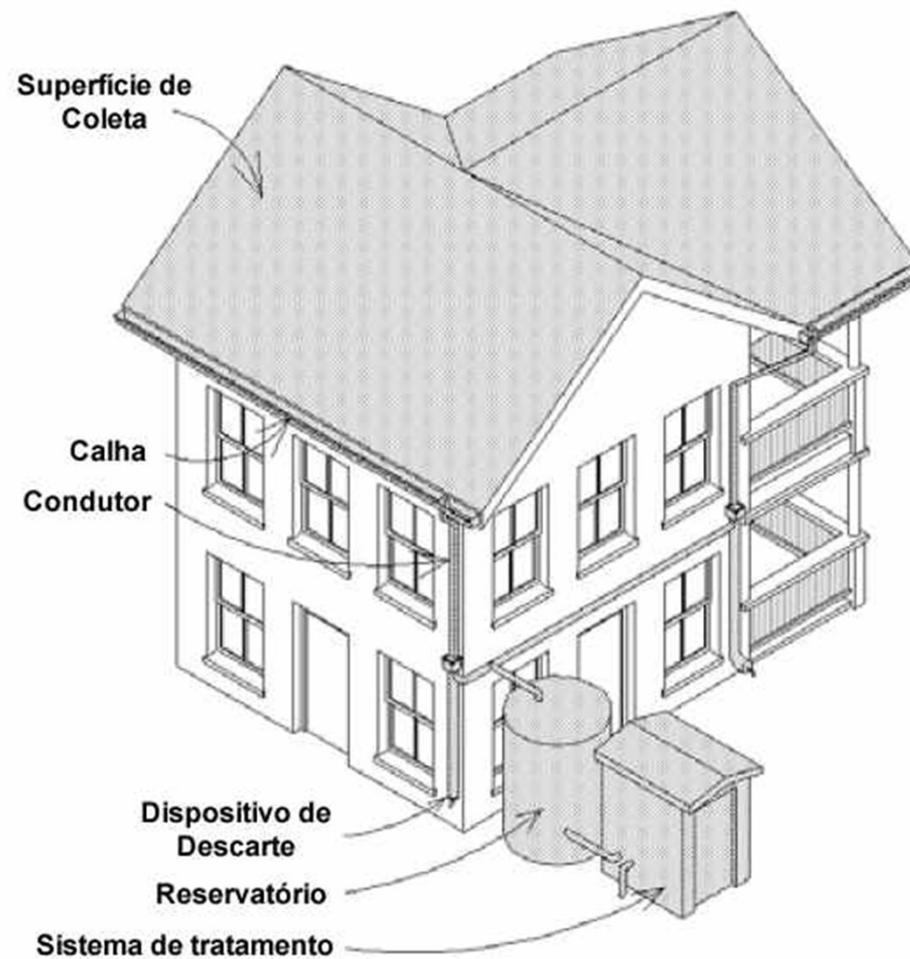


Resultados das análise da qualidade de água de chuva (Pinheiro, 2005)

Parâmetros	Unidade	Descarte	Reservatório	Portaria 518/2004	Processos de resfriamento	Caldeira de baixa pressão
pH	-	5,6	5,7	6-9,5	6 – 9	7 - 10
Cor	uH	33,0	18,5	15	-	-
Turbidez	uT	4,4	1,7	5	50	-
Alcalinidade Total	mg/l	14,5	11,5	-	350	350
Cloretos	mg/l	3,9	3,7	250	500	-
Dureza	mg/l	24,0	21,9	500	650	350
Ferro	mg/l	3,42	0,32	0,3	-	≤ 0,1
Sílica	mg/l	5,7	2,9	-	50	30
Escherichia coli	NMP/100ml	3474	234,0	Ausente	máx 50000	-

Principais componentes do sistema

- Superfície de coleta;
- Calhas e condutores verticais;
- Peneiras e telas para retenção de detritos:
 - Folhas, galhos, penas de aves, etc...
- Dispositivo para descarte do escoamento inicial;
- Tanque de armazenagem;
- Sistema de tratamento e distribuição.



Componentes do sistema de aproveitamento de água de chuva

Escoamento inicial da água de chuva

- Após períodos prolongados de estiagem, há acúmulo de materiais na superfície das coberturas:
 - Deposição atmosférica;
 - Detritos;
 - Folhas;
 - Fezes de pássaros e outros animais;
 - Animais mortos.
- No início da precipitação esses materiais são carregados com a água comprometendo sua qualidade.

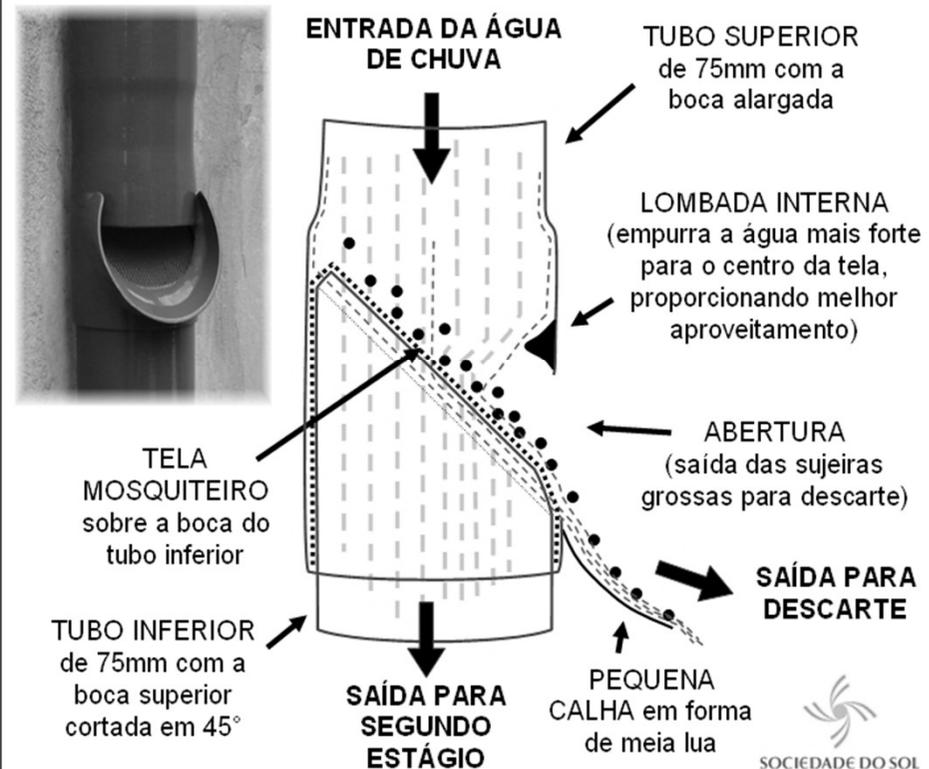
Dispositivos para separação de detritos



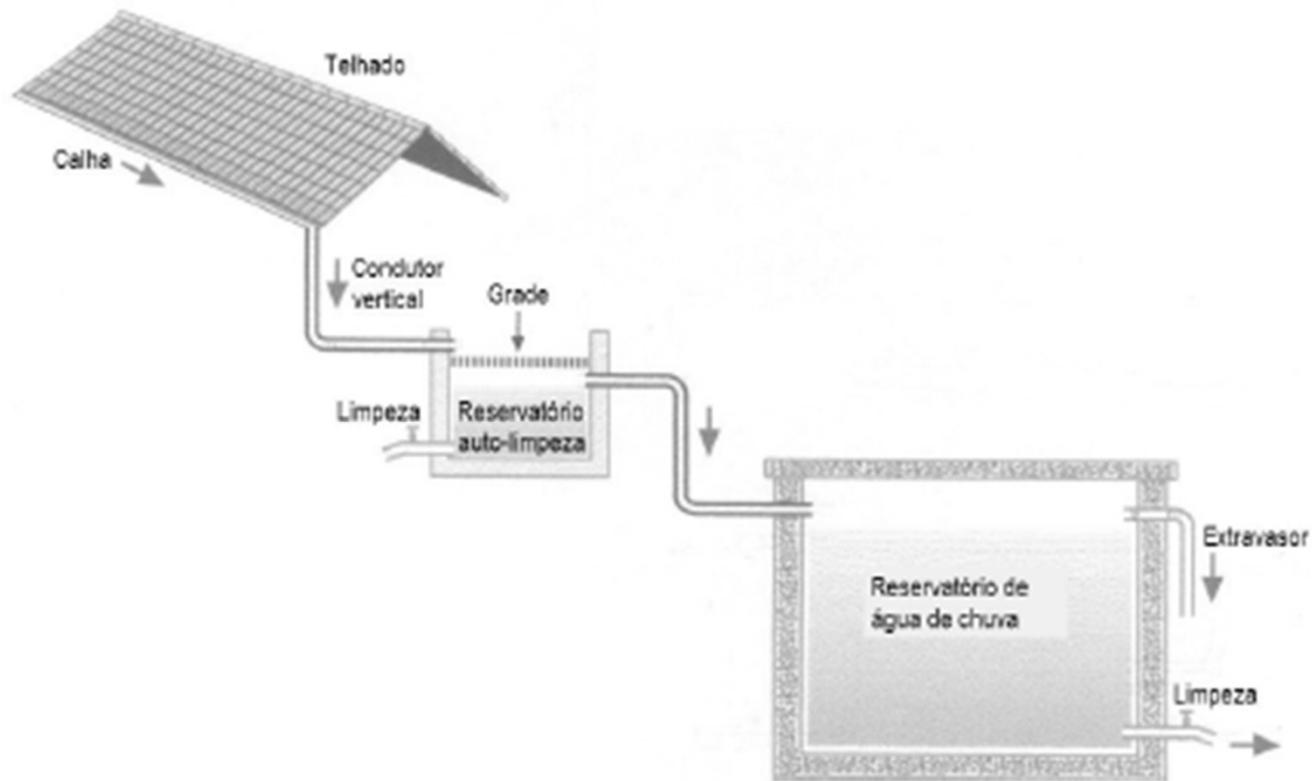
Dispositivos para separação de detritos



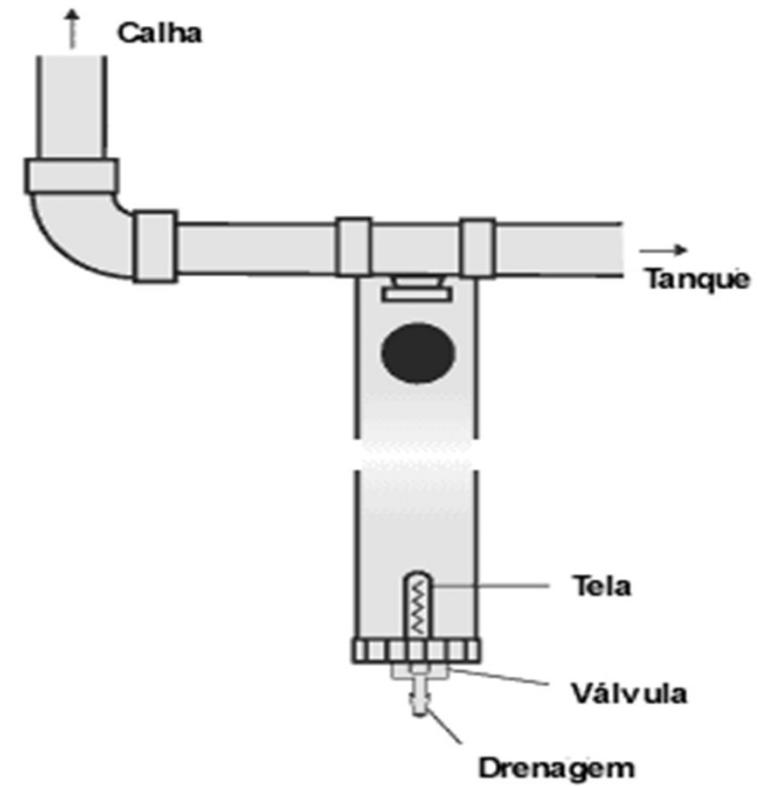
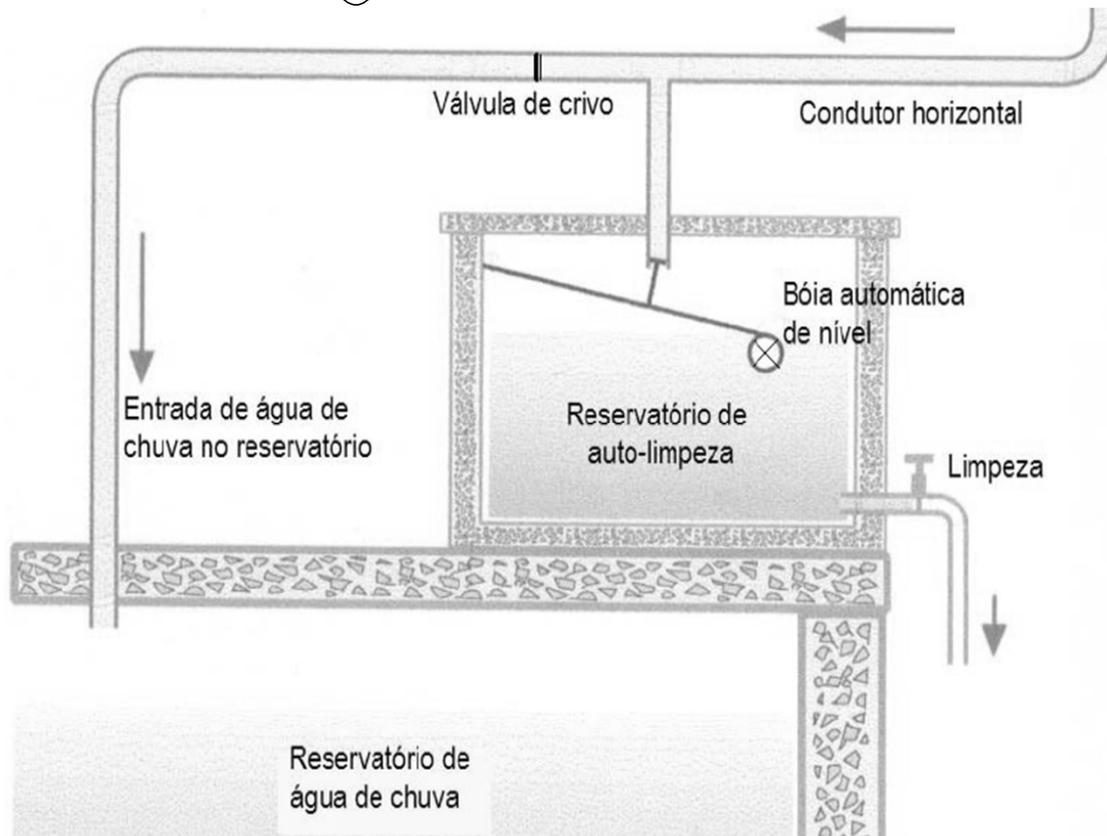
FILTRO AUTO-LIMPANTE PARA ÁGUA DE CHUVA



Sistema para descarte do escoamento inicial



Sistema para descarte do escoamento inicial



Sistema de Desinfecção

○ No processo de desinfecção é possível Utilizar:

✓ Cloro

✓ Ozônio

✓ UV

○ É importante manter o cloro residual para garantir a qualidade microbiológica da água no reservatório e ao longo do sistema de distribuição

Reservatório de armazenagem

- É uma das estruturas mais importantes do sistema;
- O seu dimensionamento depende:
 - Índice pluviométrico do local;
 - Área de coleta;
 - Coeficiente de aproveitamento;
 - Demanda de água a ser atendida;
 - Confiabilidade do sistema.

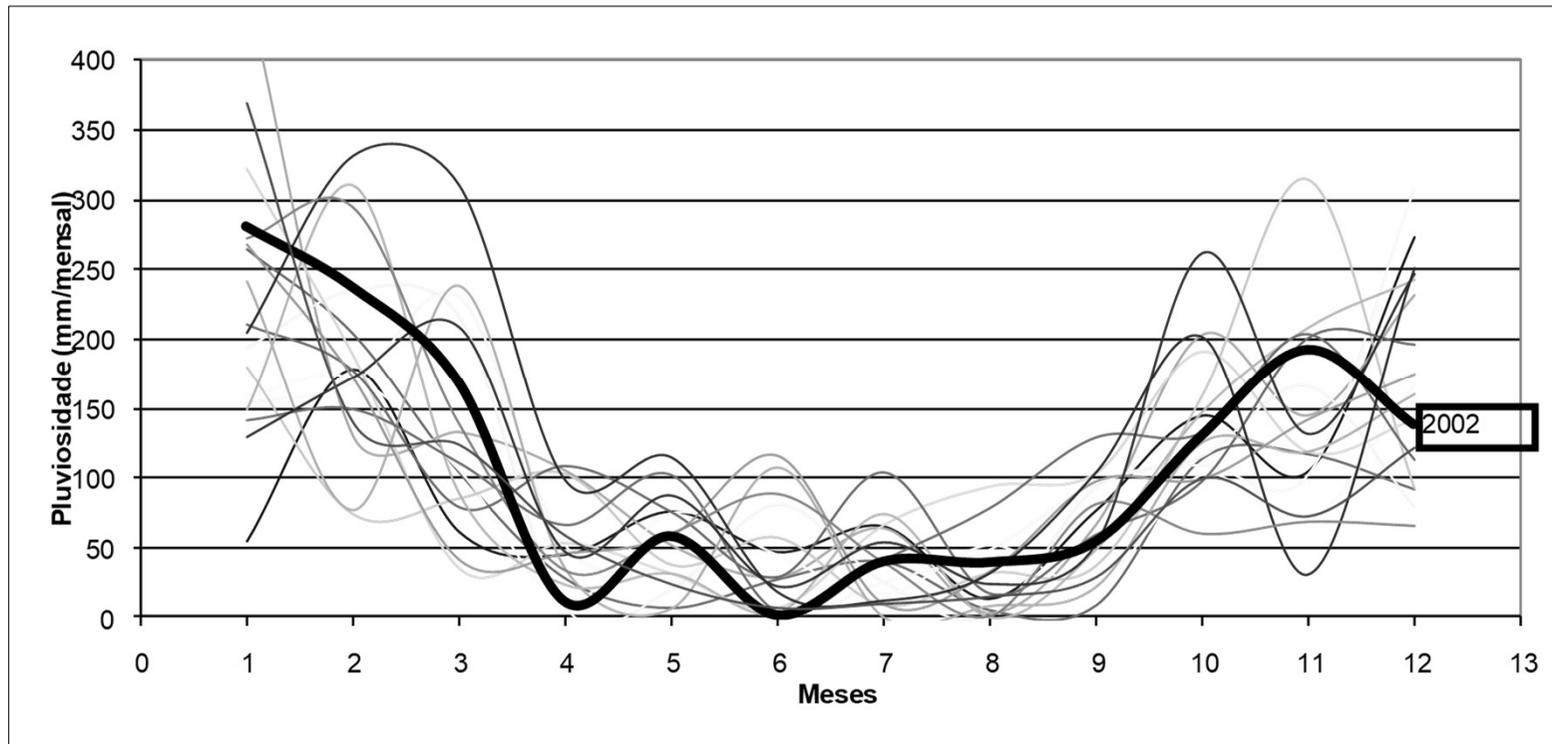
Índice pluviométrico

- É obtido por meio de consulta aos órgãos responsáveis pela coleta dos dados;
- Em São Paulo:
 - <http://www.sigrh.sp.gov.br/cgi-bin/bdhm.exe/plu>
- Deve-se utilizar uma média que seja representativa;
 - Precipitação mensal;
 - Precipitação diária.

Série histórica de precipitação no município de Cajamar/SP

CHUVA MENSAL CAJAMAR - E3-233 (mm)												
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1971	---	---	---	45	71,6	126	74,6	12,5	57,7	175,5	56,3	288
1972	314,8	144	44,3	55,1	45,8	6,8	99,9	103,1	102,3	215,1	194,3	145,4
1973	266,3	116,2	146,6	131,6	16,3	45,9	60,3	31,2	59,9	148	168,7	253,7
1974	261,9	58,7	269,5	7,5	15,2	87,7	68,7	37,3	70,9	150,5	182,2	221,6
1975	125,5	272,9	87,9	45,2	18	10,9	72,5	4,8	47,5	171,8	168,7	193,4
1976	125	255,5	96,1	125,1	219,7	123,5	199,7	157,2	204,6	108,5	141,8	116,7
1977	322,6	65,4	125,5	75,9	33,6	26,5	25,2	13,7	173,7	85,5	172,3	258,2
1978	269,1	170,1	187,3	32,5	150,5	84,1	116,2	13,9	52,1	102,4	368,2	275,1
1979	116	125,8	---	82,6	84,5	43,9	101,3	172	169,2	162,4	257,2	187
1980	312,6	148,3	87,6	186,3	15,3	---	29	61,5	81,2	83,9	507,9	677,2
1981	250,6	74,2	126,5	133,3	18,7	114,7	39,2	6,6	15,3	---	379,1	287
1982	388,4	455,7	126,2	109,1	63	217,8	118,2	118,4	40,8	345,3	417,5	585,2
1983	406,7	348,8	319,2	287,8	337,2	619,6	62,1	36,7	393,4	174,1	132,2	65,2
1984	233,9	67,5	7,9	120,4	114,7	5	4,2	131,3	230,1	57,4	147,1	162,8
1985	214,9	295,2	288,6	105,9	113,6	6	9,1	17,2	131,8	39	249,7	220,1
1986	225,8	227,1	636	139,4	140,7	11,2	69,8	181,4	90	87,6	106,9	700,6
1987	535,9	144,7	141,1	158,5	322,3	323,6	75,6	124,2	157,9	188,3	183,5	174,8
1988	283,7	271,6	189,1	127,7	265,5	107,7	6,6	2,3	81,7	136,7	158,7	273,2
1989	494,6	320,7	57,3	52	5,6	46,8	159,8	76,5	147,7	173	181,4	467,9
1990	386,7	192,9	369,1	179,7	172,8	79,9	156,9	132,3	192,1	---	161,4	171,9
1991	250,9	57,5	702,4	215,4	73,1	63,5	183,7	162,3	270,5	251,3	59,4	207,5
1992	163,3	207,6	312,5	135,8	85,5	81,5	68,2	132,5	244,6	243,2	365,4	145,7
1993	356,4	751,4	418,6	84,1	146,9	100,6	30	74,3	811,2	167,7	76,1	226,4
1994	287,9	584,2	323,6	313	318,9	179	166,1	76,2	10,6	37,5	---	400,7
1995	555	567,9	501,3	186,4	135,8	97,1	7,8	20,2	70,1	72,9	552,3	---
1996	543,3	200,2	418,6	76,8	152,5	56,5	95,6	109,7	147,1	93,7	155,5	305,5
1997	374,1	299,2	315	30,4	---	---	75,1	9,6	157,9	214	68,1	227,8
1998	281,8	110,2	146	145,4	178,2	82	32,3	163,2	197,2	211,1	88,9	105,6
1999	424,4	316,6	77,8	128,5	46,2	124,3	26	2	108,6	53,8	73,7	59,9
2000	291,7	218,7	---	0,1	14,2	15,5	45,2	34,2	29,7	34,2	41,1	34,6
2001	185,6	222,5	89,1	33,8	80,1	43,7	54,7	57,6	104,7	160,5	190,3	234,2
Média	308,3	243,0	236,1	114,5	115,2	101,1	75,3	73,4	150,1	142,9	200,2	255,8

Chuva de Projeto



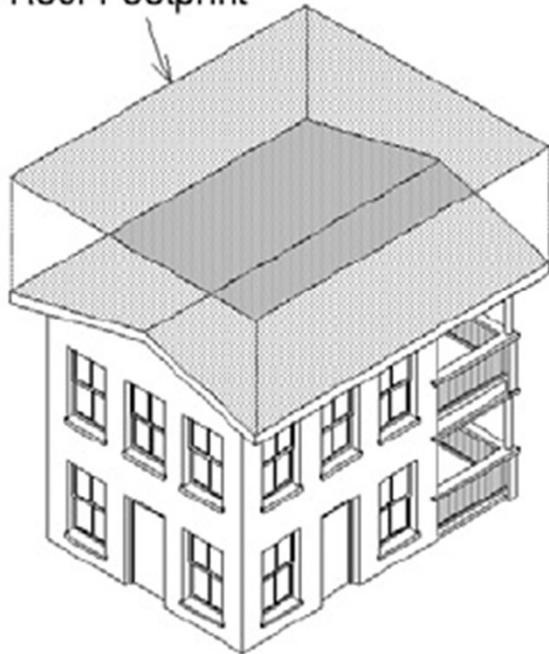
Cálculo do volume de água potencialmente aproveitável

$$V = \frac{\textit{Área} * P * C}{1000}$$

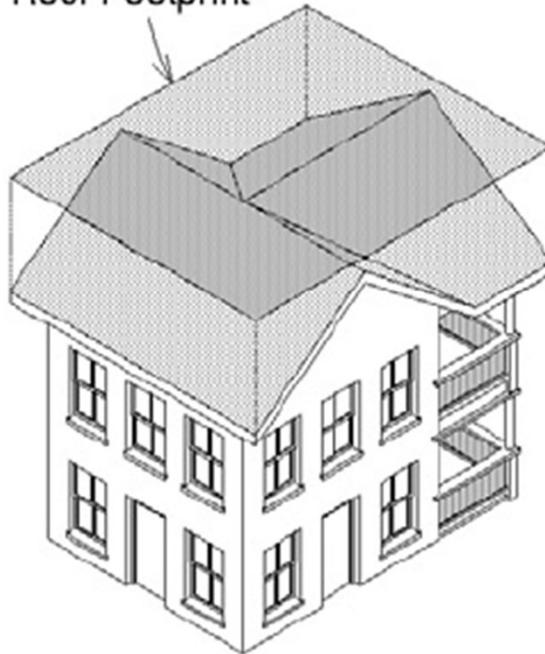
○ Na qual:

- V = volume de água potencial (m³);
- Área = área de captação (m²);
- P = precipitação (mm)
- C = fator de aproveitamento (0,8 a 0,9).

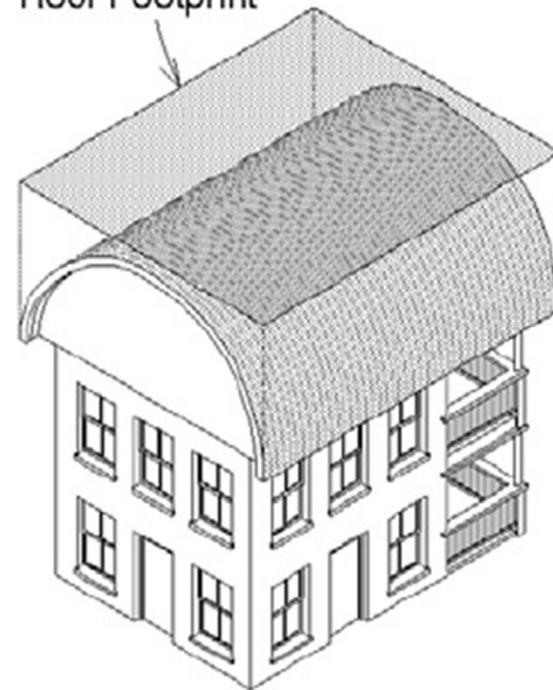
Roof Footprint



Roof Footprint



Roof Footprint



Área de coleta da água de chuva

Cálculo do volume do reservatório

Método de Rippl

- Método utilizado para dimensionamento de reservatórios com o objetivo de regularização de vazão;
- Não é o mais adequado, quando se dispõe de outra fonte de abastecimento;
- Resulta em reservatórios de grandes dimensões.

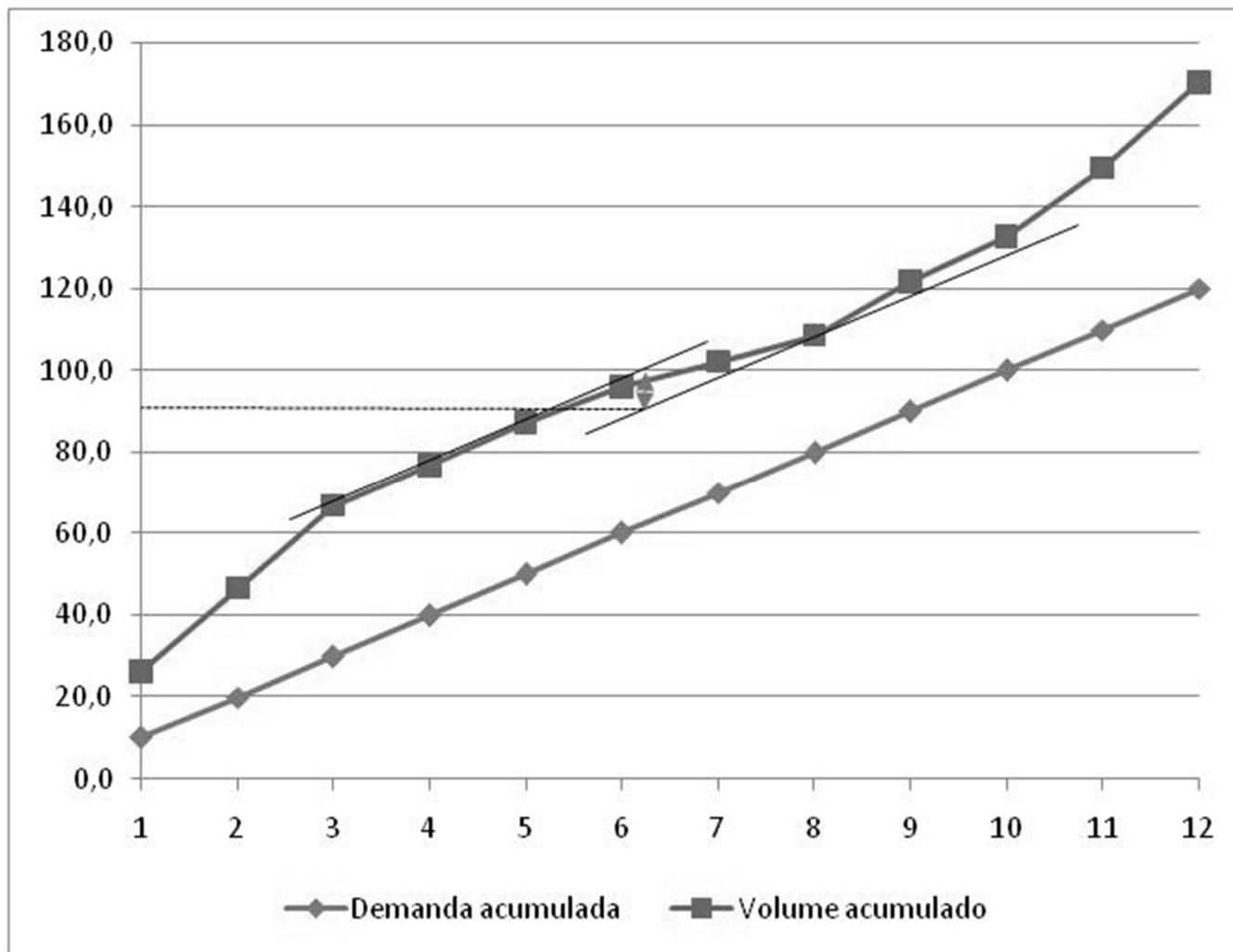
Exemplo de cálculo

- ✓ Demanda mensal de $10 \text{ m}^3/\text{mês}$;
- ✓ Área de coleta = 100 m^2 ;
- ✓ Coeficiente de aproveitamento = $0,8$
- ✓ Precipitação média da região de Cajamar.

Cálculo do volume de reservatório pelo método tabular

Mês	Precipitação (mm)	Demanda (m ³)	Volume de Chuva (m ³)	D - V (m ³)	Diferença Acumulada dos Valores Positivos (m ³)
Jan	325,5	10,0	26,0	-16,0	
Fev	257,2	10,0	20,6	-10,6	
Mar	251,9	10,0	20,2	-10,2	
Abr	125,2	10,0	10,0	0,0	
Mai	130,9	10,0	10,5	-0,5	
Jun	110,2	10,0	8,8	1,2	1,2
Jul	75,3	10,0	6,0	4,0	5,2
Ago	80,0	10,0	6,4	3,6	8,8
Set	165,3	10,0	13,2	-3,2	5,6
Out	137,1	10,0	11,0	-1,0	4,6
Nov	209,1	10,0	16,7	-6,7	
Dez	262,6	10,0	21,0	-11,0	

- O volume do reservatório é dado pelo maior valor da diferença acumulada entre a demanda e o volume de chuva.



Método Gráfico

Observações do Método de Rippl

- Método utilizado para cálculo de reservatórios para regularização de vazão;
- Implica que o reservatório deve garantir a demanda ao longo de todo o ano;
- Para garantir o atendimento da demanda, o volume do reservatório torna-se elevado;
- Pode-se utilizar métodos alternativos.

Método para o máximo aproveitamento

- Utilizado onde se deseja reduzir ao máximo a demanda de água das fontes tradicionais;
- Neste método é priorizado o máximo aproveitamento quando há disponibilidade;
- Efetuado com base no balanço de massa entre volume disponível e demanda a ser atendida.

$$\frac{dV}{dt} = V_p * C_e - Demanda$$

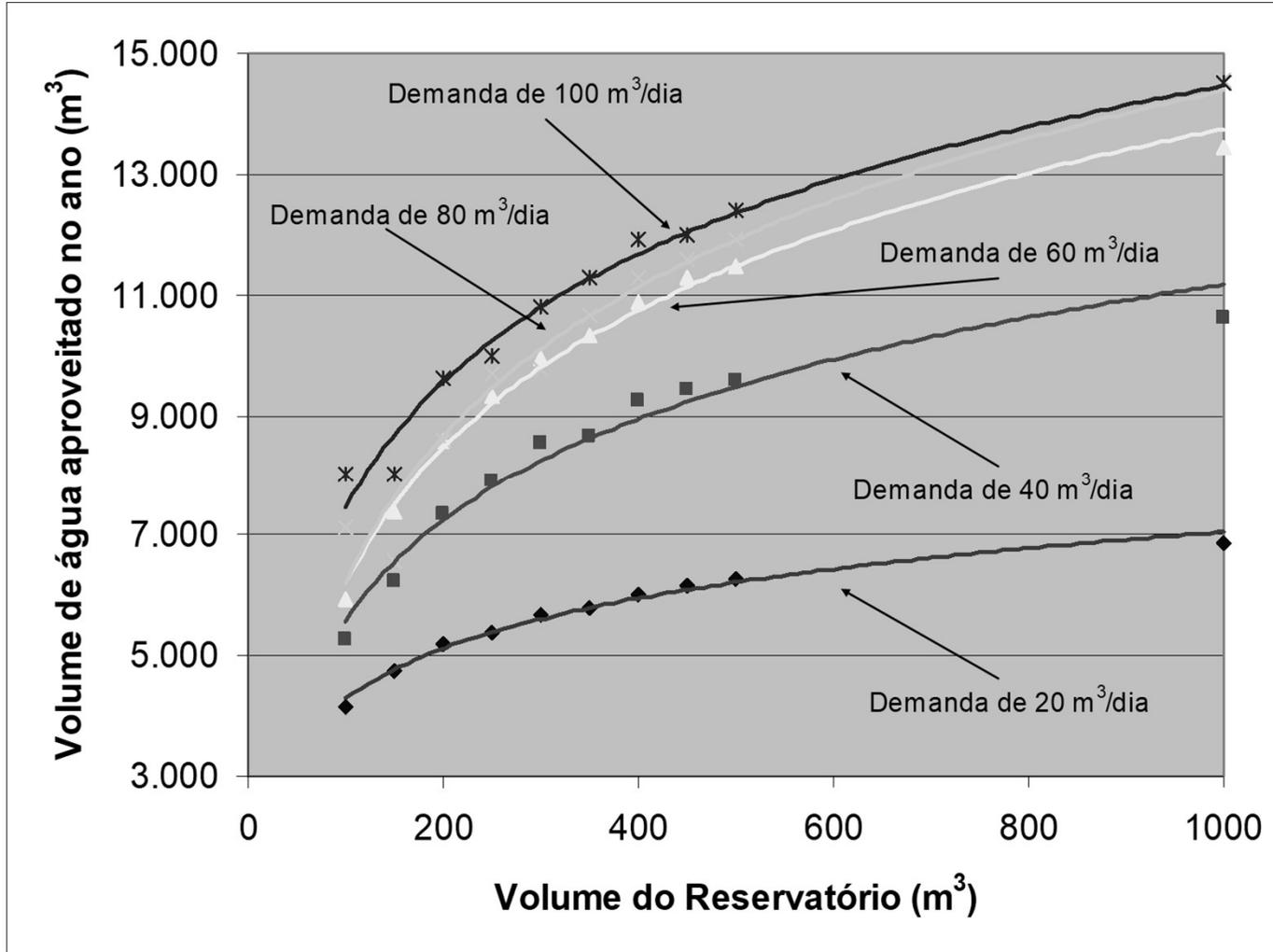
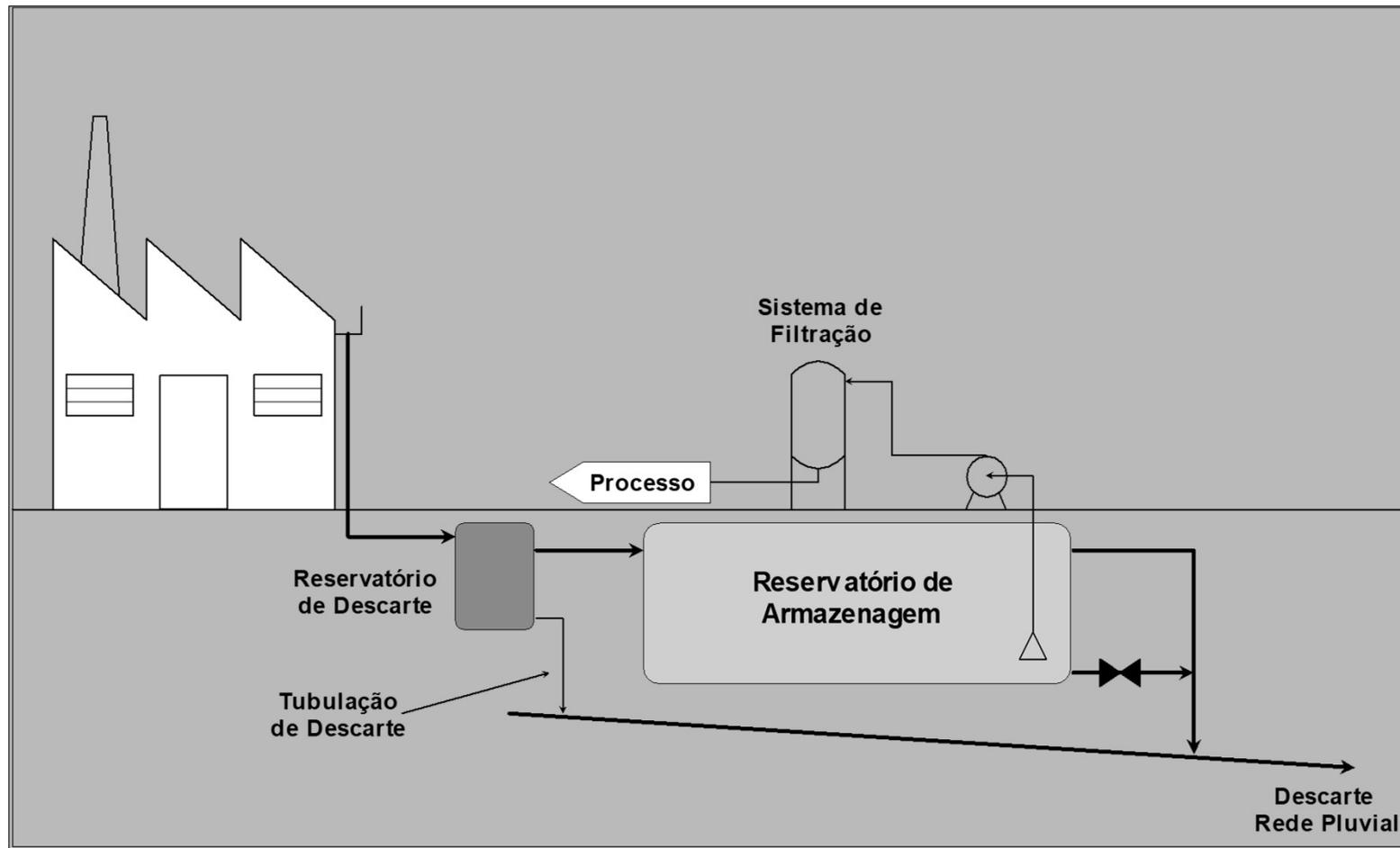


Gráfico da variação do volume de água de chuva aproveitado em função do volume do reservatório e demanda



Esquema simplificado do sistema para aproveitamento de água de chuva

Aspectos a serem considerados

- Pelo método do máximo aproveitamento a confiabilidade do sistema é baixo;
- Prioriza-se o máximo aproveitamento quando a água de chuva está disponível;
- Como consequência, a confiabilidade do sistema de aproveitamento é baixa.

Normatização para aproveitamento de água de chuva

- ✓ Norma ABNT-NBR 15.527, publicada em 2019;
- ✓ Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos;
- ✓ Escopo:
 - ✓ Fornecer requisitos para o aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis.

4.5 Qualidade da água

4.5.1 Os padrões de qualidade devem ser definidos pelo projetista de acordo com a utilização prevista. Para usos mais restritivos, deve ser utilizada a Tabela 1.

Tabela 1 — Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis

Parâmetro	Análise	Valor
Coliformes totais	Semestral	Ausência em 100 mL
Coliformes termotolerantes	Semestral	Ausência em 100 mL
Cloro residual livre ^a	Mensal	0,5 a 3,0 mg/L
Turbidez	Mensal	< 2,0 uT ^b , para usos menos restritivos < 5,0 uT
Cor aparente (caso não seja utilizado nenhum corante, ou antes da sua utilização)	Mensal	< 15 uH ^c
Deve prever ajuste de pH para proteção das redes de distribuição, caso necessário	mensal	pH de 6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado
NOTA Podem ser usados outros processos de desinfecção além do cloro, como a aplicação de raio ultravioleta e aplicação de ozônio.		
^a No caso de serem utilizados compostos de cloro para desinfecção.		
^b uT é a unidade de turbidez.		
^c uH é a unidade Hazen.		

Estudo de Caso

APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM UMA INDÚSTRIA METALÚRGICA

Estudo de Caso

O Levantamento de dados

- ✓ Demanda de água não potável
- ✓ Áreas de coleta
 - ✓ Áreas disponíveis para construção de reservatórios
 - ✓ Índice pluviométrico local
 - ✓ Identificação dos potenciais pontos de consumo.

Estudo de Caso

Processo	Entrada (m³/dia)
Decapagem	120
Revestimento	6,5
Laminação	4,0
Torres de Resfriamento	6,5
Total	137

Estudo de Caso

Área de coleta

➤ Consideradas apenas as áreas de telhado:

- Área Total: **24200** m².

Estudo de Caso

○ Identificação das áreas para construção de reservatórios

- Avaliação preliminar das áreas disponíveis.
- Identificação da área mais adequada para a construção do reservatório:
 - diferença de cotas do terreno;
 - distância dos pontos de consumo.

Estudo de Caso

- O índice pluviométrico: relativo ao ponto de observação E3 – 150_7, do DAEE, para o bairro de Rudge Ramos: **1346,40 mm/ano**

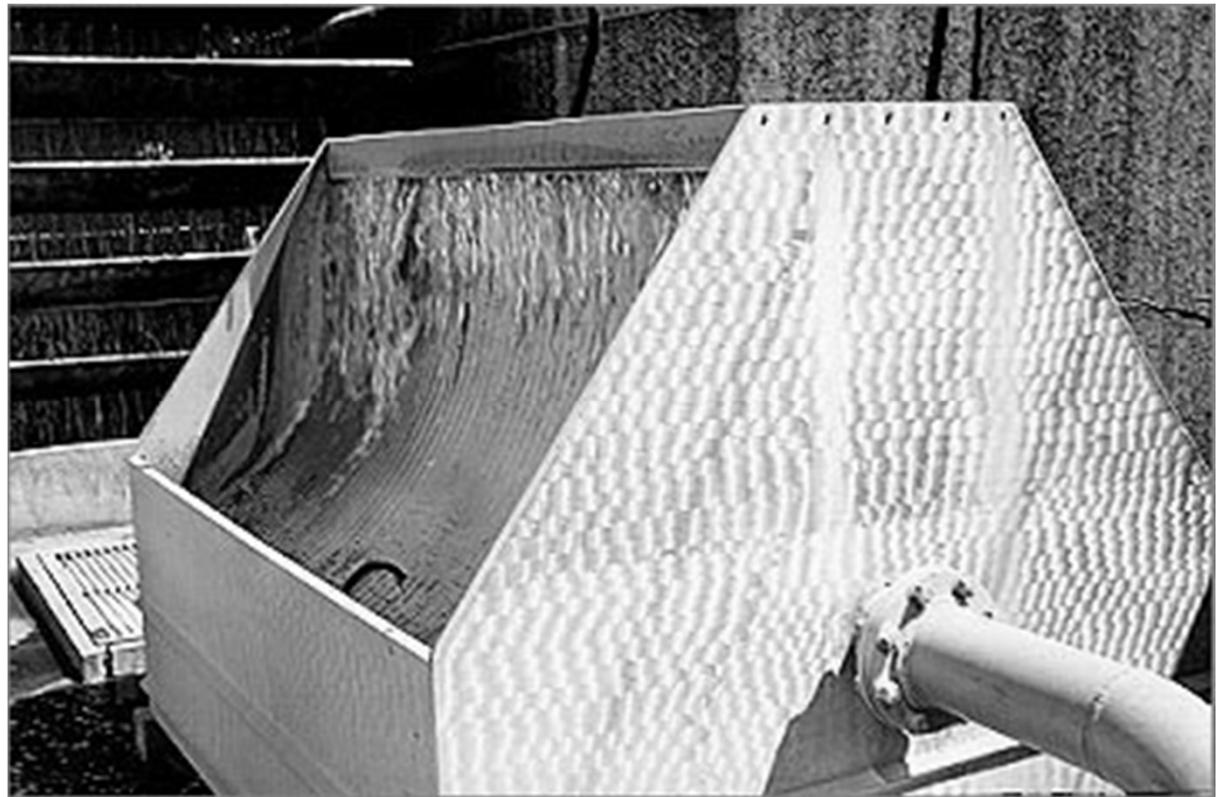
Estudo de Caso

Sistema de Tratamento

- Peneira estática;
- Caixa de Desvio;
- Filtro;
- Sistema de Desinfecção.

Sistema de Tratamento

Peneira Estática



Sistema de Tratamento

Descarte do escoamento inicial

- ✓ **Caixa de Desvio 1** - área de coleta: 16940 m²;
- ✓ **Caixa de Desvio 2** - área de coleta: 7260 m².

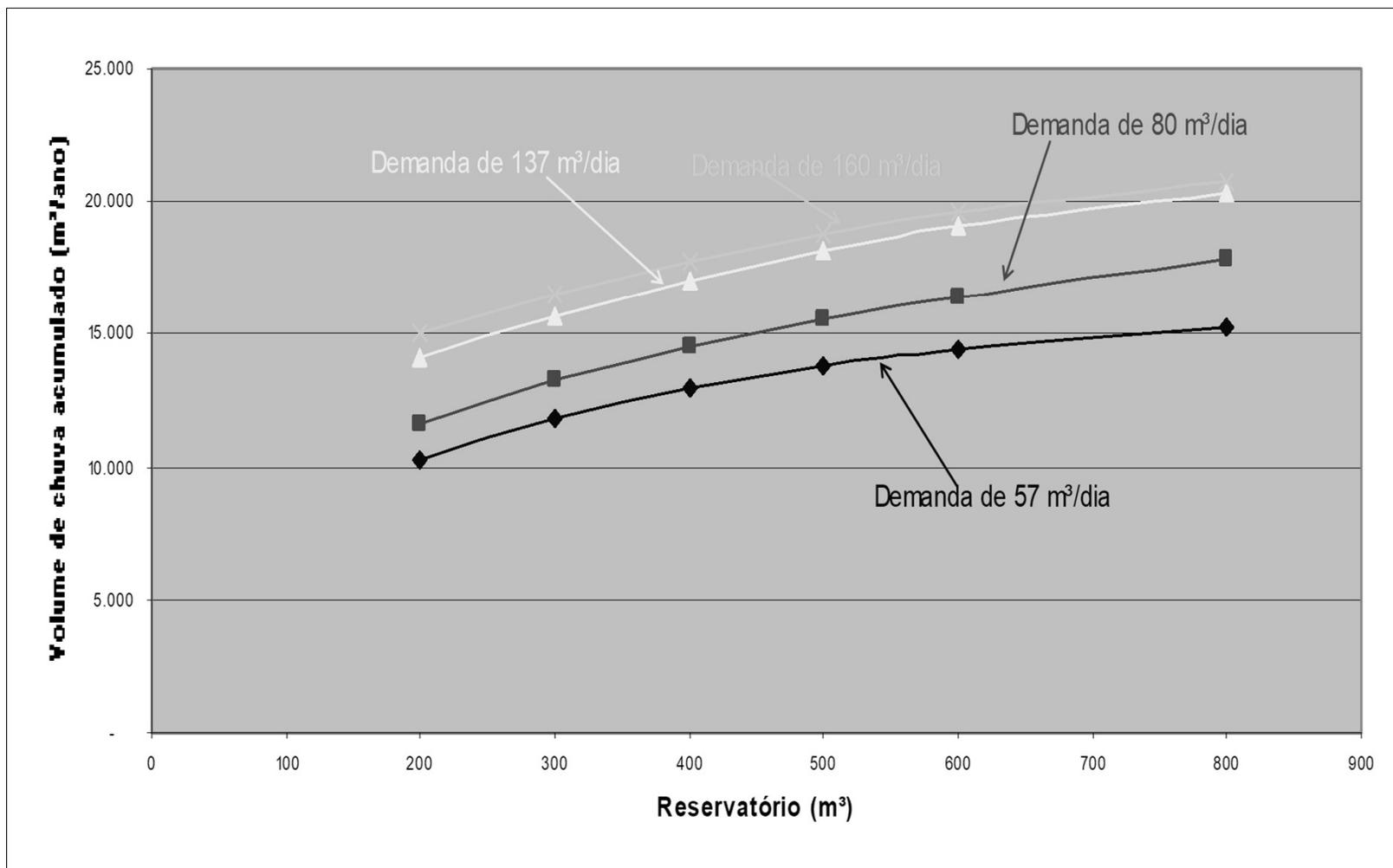


Gráfico de aproveitamento em função do volume do reservatório de armazenagem

Resultados para uma oferta 57 m³/dia

Volume do Reservatório	Custo do Sistema	Déficit de água	Volume Economizado	Economia	Tempo de Amortização
(m³)	(R\$)	(dia)	(m³/ano)	(R\$/ano)	(ano)
200	127.744,00	170	10.249	60.467,00	2,11
300	174.113,00	145	11.802	69.633,00	2,50
400	220.482,00	124	12.962	76.479,00	2,88
500	266.216,00	115	13.830	81.594,00	3,26
600	312.586,00	106	14.450	85.271,00	3,67
800	405.324,00	92	15.248	89.964,00	4,51

Resultados para uma oferta 80m³/dia

Volume do Reservatório	Custo do Sistema	Déficit de água	Volume Economizado	Economia	Tempo de Amortização
(m³)	(R\$)	(dia)	(m³/ano)	(R\$/ano)	(ano)
200	127.744,00	201	11.609	68.491,00	1,87
300	174.113,00	186	13.306	78.504,00	2,22
400	220.482,00	173	14.517	85.650,00	2,57
500	266.216,00	156	15.517	91.550,00	2,91
600	312.586,00	146	16.437	96.979,00	3,22
800	405.324,00	132	17.814	105.105,00	3,86

Resultados para uma oferta 137 m³/dia

Volume do Reservatório	Custo do Sistema	Déficit de água	Volume Economizado	Economia	Tempo de Amortização
(m³)	(R\$)	(dia)	(m³/ano)	(R\$/ano)	(ano)
200	127.744,00	242	14.115	83.276,00	1,53
300	174.113,00	228	15.711	92.695,00	1,88
400	220.482,00	226	17.030	100.477,00	2,19
500	266.216,00	216	18.152	107.098,00	2,49
600	312.586,00	207	19.061	112.463,00	2,78
800	405.324,00	202	20.284	119.676,00	3,39

Estudo de Caso

Proposta

O sistema proposto para o aproveitamento de águas pluviais na indústria metalúrgica em questão é:

- ✓ Volume do Reservatório: 300 m³
- ✓ Oferta de água: 137 m³/dia
- ✓ Economia: 92.695,00 R\$/ano
- ✓ Tempo de amortização: 1,88 anos