

SULAYRE MENGOTTI DE OLIVEIRA

**APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA E REÚSO DE ÁGUA EM
RESIDÊNCIAS UNIFAMILIARES: ESTUDO DE CASO EM PALHOÇA - SC**

Florianópolis

Junho, 2005

SULAYRE MENGOTTI DE OLIVEIRA

**APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA E REÚSO DE ÁGUA
EM RESIDÊNCIAS UNIFAMILIARES: ESTUDO DE CASO EM PALHOÇA -
SC**

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em
Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina,
como parte dos requisitos para a obtenção do título de Engenheiro
Civil.

Área de concentração: Construção
Civil
Orientador: ENEDIR GHISI, PhD.

Florianópolis
Junho, 2005

**APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA E REÚSO DE ÁGUA EM
RESIDÊNCIAS UNIFAMILIARES: ESTUDO DE CASO EM PALHOÇA - SC**

SULAYRE MENGOTTI DE OLIVEIRA

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado como requisito para a
obtenção do título de

ENGENHEIRO CIVIL

Área de concentração CONSTRUÇÃO CIVIL, aprovada em sua forma final pelo
Programa de Graduação em Engenharia Civil.

Prof. Lia Caetano Bastos
Coordenadora do TCC (UFSC)

Banca Examinadora:

Prof. Eneir Ghisi, PhD
Orientador (UFSC)

Prof. Luis A. Gómez, Dr. (UFSC)

Arq. Marina Vasconcelos Santana, mestranda (UFSC)

“Dalham-nos água , águas divinas, para nossa proteção, para saciar nossa sede, para trazernos bem aventurança e felicidade. Águas soberanas qeu reinam sobre o que é precioso e sobre a humanidade! Envocamos o bálsamo de vossa cura”

Autor desconhecido.

AGRADECIMENTOS

Ao povo brasileiro, sofrido e alegre, que financiou toda minha educação.

Ao Professor Enerdir Ghisi, pela orientação, atenção, e paciência neste período de estudo.

Aos professores do Departamento de Engenharia Civil (UFSC) pelos conhecimentos transmitidos.

Aos meus pais Saul Saldanha de Oliveira e Lenir Mengotti de Oliveira pelo carinho e educação.

Ao meu esposo Jesué Graciliano da Silva, pelo incentivo, carinho e compreensão.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE FIGURAS	x
RESUMO	xv
1. INTRODUÇÃO	01
1.1. OBJETIVO GERAL	02
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	02
1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO	03
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	04
2.1. PREVISÃO DE ESCASSEZ MUNDIAL DE ÁGUA	04
2.2. CONSUMO DE ÁGUA	04
2.3. ÁGUA DE CHUVA	08
2.3.1. Qualidade da Água	09
2.3.2. Dimensionamento do Sistema de Aproveitamento da Água da Chuva	12
2.3.2.1. Captação de Água em Telhado	12
2.3.2.2. Tratamento da Água Coletada	13
2.3.2.3. Armazenamento	13
2.3.2.4. Instalações Hidro-sanitárias	15
2.4. REÚSO DE ÁGUA	15
2.4.1. Caracterização de Reúso de Água	17
2.4.2. Experiências com o Reúso de Água	18
2.4.3. Qualidade da Água	20
2.4.4. Sistema de Reúso de Água Domiciliar	21
2.5. ANÁLISE ECONÔMICA	29
2.5.1. Método do Valor Presente Líquido (VPL)	29
2.5.2. Método do Valor Futuro Líquido (VFL)	30
2.5.3. Método da Taxa Interna de Retorno (TIR)	31
2.5.4. Período de Retorno do Investimento	31
2.5.5. Método Custo-Benefício	32
3. METODOLOGIA	33
3.1. ÁREA DE ESTUDO	33
3.2. OBJETO DE ESTUDO	34
3.3. DADOS PLUVIOMÉTRICOS	37

3.4. LEVANTAMENTO DO CONSUMO DE ÁGUA-----	37
3.4.1. Consumo medido pela CASAN -----	37
3.4.2. Leituras no Hidrômetro -----	38
3.4.3. Levantamento das Frequências e Tempos de Uso dos Aparelhos Hidro-sanitários -----	38
3.4.4. Vazões-----	38
3.4.5. Estimativa do Consumo de Água-----	39
3.5. ANÁLISE DE SENSIBILIDADE-----	40
3.6. SISTEMA DE COLETA E ARMAZENAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA -----	41
3.6.1. Determinação das Áreas de Telhado-----	41
3.6.2. Coleta de Água dos Telhados -----	41
3.6.3. Reservatório para Água de Chuva-----	41
3.7. RESERVATÓRIO PARA REÚSO DE ÁGUA -----	44
3.8. TRATAMENTO DA ÁGUA PARA REÚSO-----	44
3.9. ANÁLISE ECONÔMICA-----	45
3.9.1. Custos de Água Potável-----	45
3.9.2. Custos de Implantação do Sistema de Aproveitamento da Água da Chuva e do Reúso de Água-----	45
3.9.3. Custos de Energia Elétrica -----	46
3.9.4. Economia de Água -----	47
3.9.5. Métodos para Análise Econômica-----	47
4. RESULTADOS -----	48
4.1. LEVANTAMENTO DO CONSUMO MEDIDO PELA CASAN-----	48
4.1.1. Consumo <i>Per Capita</i> -----	50
4.2. LEVANTAMENTO DO CONSUMO DE ÁGUA-----	51
4.2.1 Frequências e Tempos de Uso dos Aparelhos Hidro-sanitários-----	51
4.2.2. Vazões-----	53
4.3. USOS FINAIS EM CADA APARELHO HIDRO-SANITÁRIO-----	54
4.3.1. Usos Finais na Residência 1 -----	54
4.3.2. Usos Finais na Residência 2 -----	55
4.4. LEVANTAMENTO DAS LEITURAS NO HIDRÔMETRO-----	56
4.5. ANÁLISE DE SENSIBILIDADE-----	57
4.5.1. Análise de Sensibilidade na Residência 1 -----	58
4.5.2. Análise de Sensibilidade na Residência 2 -----	61
4.6. USOS FINAIS DE ÁGUA APÓS CORREÇÃO-----	65
4.7. USOS FINAIS PARA O APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA E	

REÚSO DE ÁGUA-----	66
4.8. APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA-----	68
4.8.1. Dados Pluviométricos-----	68
4.8.2. Área de Contribuição -----	69
4.8.3. Reservatório para Acumulação da Água de Chuva -----	72
4.8.4. Dimensionamento do Sistema de Coleta de Água da Chuva -----	74
4.9. REÚSO DE ÁGUA -----	74
4.9.1. Reservatório para Reúso-----	74
4.9.2. Tratamento para Reúso de Água -----	75
4.10. APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA E REÚSO -----	76
4.10.1. Reservatório para Acumulação da Água de Chuva para o Sistema Água de Chuva e Reúso -----	76
4.10.2. Reservatório para Reúso -----	77
4.10.3. Tratamento para Reúso de Água -----	77
4.11. LEVANTAMENTO DOS CUSTOS E DOS BENEFÍCIOS-----	77
4.11.1. Custos com Água Potável-----	77
4.11.2. Custos de Implantação para o Sistema de Aproveitamento da Água de Chuva -----	78
4.11.3. Custos de Implantação para o Sistema de Reúso de Água -----	80
4.11.4. Custos de Implantação para o Sistema de Aproveitamento da Água da Chuva e Reúso-----	82
4.11.5. Custos com Energia Elétrica-----	84
4.11.6. Economia de Água-----	86
4.12. ANÁLISE ECONÔMICA -----	86
4.13. ANÁLISE PARAMÉTRICA -----	88
 5. CONCLUSÃO -----	 102
5.1 CONCLUSÕES GERAIS-----	102
5.2. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS -----	106
 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	 107
APÊNDICES -----	112
APÊNDICE 1-----	113
APÊNDICE 2-----	115
APÊNDICE 3-----	125

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Países que estão com problemas de falta de água e os que poderão tê-lo -----	04
Tabela 2.2 – Relação entre tamanho populacional e o consumo da água no Japão -----	05
Tabela 2.3 – Consumo médio de água em cada região do Brasil, em 2003 -----	06
Tabela 2.4 – Porcentagem de água consumida por atividade doméstica para um consumo diário de 200 litros por habitante -----	06
Tabela 2.5 – Consumo de água para uma residência em estudo na USP -----	07
Tabela 2.6 – Percentual de contribuição dos diversos usos da água, em alguns países -----	07
Tabela 2.7. – Consumo médio per capita de água no Brasil -----	08
Tabela 2.8 – Diferentes níveis de qualidades de água exigidos conforme o uso -----	10
Tabela 2.9 – Variação da qualidade da água da chuva devido ao sistema de coleta -----	10
Tabela 2.10 – Comparação entre qualidade da água da chuva e a água potável em Singapura -----	11
Tabela 2.11 – Parâmetros físico-químicos da água da chuva, obtidos no experimento na Finlândia -----	11
Tabela 2.12 – Principais macrófitas emergentes usadas em tratamento de águas residuárias por raízes (Zona de Raízes) -----	22
Tabela 2.13 – Critérios para construção de tratamento de esgoto por raízes (Zona de Raízes) -----	22
Tabela 2.14 – Mecanismos predominantes na remoção de poluentes na Zona de Raízes ----	24
Tabela 2.15 – Características físicas e operacionais do Filtro Lento de Areia -----	28
Tabela 3.1 – Características das residências em estudo -----	34
Tabela 3.2.- Variações de frequência, tempo de uso e vazão dos aparelhos hidro-sanitários para análise de sensibilidade -----	40
Tabela 3.3 – Valor cobrado pela CASAN, pelo consumo de água residencial -----	45
Tabela 3.4 – Materiais que devem ser orçados -----	46
Tabela 3.5 - Valor cobrado pela CELESC, pelo consumo da energia elétrica residencial ----	47
Tabela 4.1 – Resumo das frequências e tempos de uso dos aparelhos hidro-sanitários por morador na residência 1 -----	52
Tabela 4.2 – Resumo das frequências e tempos de uso na máquina de lavar roupa e na torneira da cozinha, na residência 1 -----	52
Tabela 4.3 – Resumo das frequências e tempos de uso dos aparelhos hidro-sanitários por morador na residência 2 -----	52
Tabela 4.4 – Resumo das frequências e tempos de uso na máquina de lavar roupa e na torneira da cozinha, na residência 2 -----	53
Tabela 4.5 – Vazões médias medidas em cada aparelho hidro-sanitário na residência 1 ----	53
Tabela 4.6 – Vazões médias medidas em cada aparelho hidro-sanitário na residência 2 ----	54
Tabela 4.7 – Usos finais na residência 1, para o período de 01 a 28 de fevereiro de 2005 ---	54
Tabela 4.8 – Consumo diário e mensal por morador na residência 1 -----	55
Tabela 4.9 – Usos finais na residência 2, para o período de 01 a 28 de fevereiro de 2005 ---	55
Tabela 4.10 – Consumo diário e mensal da residência por morador na residência 2 -----	56
Tabela 4.11 – Variação em alguns parâmetros analisados na análise de sensibilidade na residência 1 -----	58
Tabela 4.12 – Variação dos parâmetros na análise de sensibilidade na residência 2 -----	61
Tabela 4.13 – Consumo de água corrigido na residência 1, para o período de 01 a 28 de fevereiro de 2005 -----	65
Tabela 4.14 – Consumo diário e mensal corrigido na residência 1 -----	65
Tabela 4.15 – Consumo de água corrigido na residência 2, para o período de 01 a 28 de fevereiro de 2005 -----	66
Tabela 4.16 – Consumo diário e mensal corrigido na residência 1 -----	66
Tabela 4.17 – Consumo para reúso e aproveitamento da água de chuva na residência 1 ----	67
Tabela 4.18 – Volume de água que será substituído por água de chuva e reúso simultaneamente na residência -----	67

Tabela 4.19 – Consumo para reúso e aproveitamento da água de chuva na residência 2 ----	68
Tabela 4.20 – Volume de água que será substituído por água de chuva e reúso simultaneamente na residência 2 -----	68
Tabela 4.21 – Área de contribuição das residências em estudo -----	69
Tabela 4.22 - Dados de entrada do Programa Netuno -----	72
Tabela 4.23 - Dimensionamento das calhas -----	74
Tabela 4.24 - Dimensionamento dos tanque do sistema de tratamento por raízes -----	75
Tabela 4.25 – Dados de entrada do Programa Netuno-----	76
Tabela 4.26 -- Custos com água potável antes do reúso de água e uso da água de chuva ---	78
Tabela 4.27 – Custo de implantação do sistema de aproveitamento da água de chuva – residência 1 -----	79
Tabela 4.28 – Custo de implantação do sistema de aproveitamento da água de chuva – residência 2 -----	80
Tabela 4.29 – Custo de implantação do sistema de reúso de água para a residência 1 -----	81
Tabela 4.30 – Custo de implantação do sistema de reúso de água para a residência 2 -----	81
Tabela 4.31 – Custo de implantação do sistema água de chuva e reúso - residência 1 -----	83
Tabela 4.32 – Custo de implantação do sistema água de chuva e reúso - residência 2 -----	84
Tabela 4.33 – Custo com a energia elétrica na residência 1 -----	85
Tabela 4.34 – Custo com a energia elétrica na residência 2 -----	86
Tabela 4.35 – Período de funcionamento do sistema moto-bomba -----	85
Tabela 4.36 – Economia com a água potável gerada após a implantação do uso da água de chuva e do reúso de água nas residências em estudo -----	86
Tabela 4.37 – Custos devido a implantação do uso da água de chuva e o reúso de água. ----	87
Tabela 4.38 – Período de retorno do investimento -----	87
Tabela 4.39 – Viabilidade econômica do sistema de aproveitamento da água de chuva e do reúso de água, através do Método do Valor Presente Líquido -----	88
Tabela 4.40 – Situações utilizadas na análise paramétrica -----	89

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Formas potenciais de reúso de água (Fonte: HESPANHOL, 2002) -----	16
Figura 2.2 – Tratamento do efluente secundário por Zona de Raízes (Fonte: KAICK, 2002)-----	24
Figura 2.3 – Sistema de filtração, sugerido por Mieli, 2001 -----	27
Figura 2.4 - Filtro lento de areia (Fonte: SOUSA, 2001)-----	28
Figura 3.1 – Ilustração da posição geográfica da cidade de Palhoça/SC -----	34
Figura 3.2 – Planta baixa da residência 1 -----	35
Figura 3.3 – Planta baixa da residência 2-----	36
Figura 3.4 – Ilustração de um reservatório típico-----	43
Figura 4.1 – Consumo mensal medido pela concessionária de água (CASAN) para a residência 1 -----	49
Figura 4.2 – Consumo mensal medido pela concessionária de água (CASAN) para a residência 2 -----	49
Figura 4.3 – Consumo de água per capita na residência 1 -----	50
Figura 4.4 - Consumo de água per capita na residência 2 -----	51
Figura 4.5 – Comparação entre o consumo diário estimado e a leitura no hidrômetro, no período de 1 a 28 de fevereiro de 2005, na residência 1 -----	57
Figura 4.6 – Comparação entre o consumo diário estimado e a leitura no hidrômetro, no período de 1 a 28 de fevereiro de 2005, na residência 2 -----	57
Figura 4.7 – Variação da vazão no vaso sanitário - residência 1 (M)-----	59
Figura 4.8 – Variação da frequência de uso do vaso sanitário - residência 1 (M) -----	59
Figura 4.9 – Variação do tempo de uso do vaso sanitário - residência 1 (M) -----	59
Figura 4.10 – Variação da frequência de uso do chuveiro - residência 1 (M) -----	60
Figura 4.11 – Variação do tempo de uso do chuveiro - residência 1 (M) -----	60
Figura 4.12 – Variação da frequência de uso do lavatório - residência 1 (M)-----	60
Figura 4.13 – Variação do tempo de uso do lavatório - residência 1 (M)-----	60
Figura 4.14 – Variação da frequência em fazer a barba - residência 1 (H ₁) -----	61
Figura 4.15 – Variação do tempo em fazer a barba - residência 1 (H ₁) -----	61
Figura 4.16 – Variação da vazão no vaso sanitário - residência 2 (M) -----	62
Figura 4.17 – Variação da frequência de uso do vaso sanitário - residência 2 (M)-----	62
Figura 4.18 – Variação do tempo de uso do vaso sanitário - residência 2 (M)-----	63
Figura 4.19 – Variação da frequência de uso do chuveiro - residência 2 (M) -----	63
Figura 4.20 – Variação do tempo de uso do chuveiro - residência 2 (M) -----	63
Figura 4.21 – Variação da frequência de uso do lavatório - residência 2 (M)-----	63
Figura 4.22 – Variação do tempo de uso do lavatório - residência 2 (M)-----	64

Figura 4.23 – Variação da frequência em fazer a barba - residência 2 (H) -----	64
Figura 4.24 – Variação do tempo em fazer a barba - residência 2 (H) -----	64
Figura 4.25 – Valores médios mensais de precipitação da Estação Meteorológica São José (Grande Florianópolis) do período de 1969 a 2002 -----	69
Figura 4.26 – Planta de cobertura da residência 1 -----	70
Figura 4.27 – Planta de cobertura da residência 2 -----	71
Figura 4.28 – Potencial de economia para volumes de reservatório da residência 1, segundo Algoritmo do Programa Netuno-----	73
Figura 4.29 – Potencial de economia para volumes de reservatório da residência 2, segundo Algoritmo do Programa Netuno-----	73
Figura 4.30 – Tratamento do Esgoto Secundário da Residência 1 por Zona de Raízes -----	75
Figura 4.31 – Tratamento do Esgoto Secundário da Residência 2 por Zona de Raízes -----	75
Figura 4.32 – Potencial de economia para volumes de reservatório da residência 1, segundo Algoritmo do Programa Netuno-----	76
Figura 4.33 – Potencial de economia para volumes de reservatório da residência 2, segundo Algoritmo do Programa Netuno-----	77
Figura 4.34 - Volume de Reservatórios - consumo <i>per capita</i> de 50 litros/pessoa por dia, 2 moradores e uma área de contribuição do telhado de 50 m ² -----	90
Figura 4.35 - Volume de Reservatórios - consumo <i>per capita</i> de 50 litros/pessoa por dia, 2 moradores e uma área de contribuição do telhado de 100 m ² -----	90
Figura 4.36 - Volume de Reservatórios - consumo <i>per capita</i> de 50 litros/pessoa por dia, 2 moradores e uma área de contribuição do telhado de 200 m ² -----	90
Figura 4.37 - Volume de Reservatórios - consumo <i>per capita</i> de 50 litros/pessoa por dia, 2 moradores e uma área de contribuição do telhado de 300 m ² -----	90
Figura 4.38 - Volume de Reservatórios - consumo <i>per capita</i> de 50 litros/pessoa por dia, 3 moradores e uma área de contribuição do telhado de 50 m ² -----	91
Figura 4.39 - Volume de Reservatórios - consumo <i>per capita</i> de 50 litros/pessoa por dia, 3 moradores e uma área de contribuição do telhado de 100 m ² -----	91
Figura 4.40 - Volume de Reservatórios - consumo <i>per capita</i> de 50 litros/pessoa por dia, 3 moradores e uma área de contribuição do telhado de 200 m ² -----	91
Figura 4.41 - Volume de Reservatórios - consumo <i>per capita</i> de 50 litros/pessoa por dia, 3 moradores e uma área de contribuição do telhado de 300 m ² -----	91
Figura 4.42 - Volume de Reservatórios - consumo <i>per capita</i> de 50 litros/pessoa por dia, 4 moradores e uma área de contribuição do telhado de 50 m ² -----	92
Figura 4.43 - Volume de Reservatórios - consumo <i>per capita</i> de 50 litros/pessoa por dia, 4 moradores e uma área de contribuição do telhado de 100 m ² -----	92
Figura 4.44 - Volume de Reservatórios - consumo <i>per capita</i> de 50 litros/pessoa por dia,	

4 moradores e uma área de contribuição do telhado de 200 m ² -----	92
Figura 4.45 - Volume de Reservatórios - consumo <i>per capita</i> de 50 litros/pessoa por dia,	
4 moradores e uma área de contribuição do telhado de 300 m ² -----	92
Figura 4.46 - Volume de Reservatórios - consumo <i>per capita</i> de 100 litros/pessoa por dia,	
2 moradores e uma área de contribuição do telhado de 50 m ² -----	93
Figura 4.47 - Volume de Reservatórios - consumo <i>per capita</i> de 100 litros/pessoa por dia,	
2 moradores e uma área de contribuição do telhado de 100 m ² -----	93
Figura 4.48 - Volume de Reservatórios - consumo <i>per capita</i> de 100 litros/pessoa por dia,	
2 moradores e uma área de contribuição do telhado de 200 m ² -----	93
Figura 4.49 - Volume de Reservatórios - consumo <i>per capita</i> de 100 litros/pessoa por dia,	
2 moradores e uma área de contribuição do telhado de 300 m ² -----	93
Figura 4.50 - Volume de Reservatórios - consumo <i>per capita</i> de 100 litros/pessoa por dia,	
2 moradores e uma área de contribuição do telhado de 300 m ² -----	94
Figura 4.51 - Volume de Reservatórios - consumo <i>per capita</i> de 100 litros/pessoa por dia,	
3 moradores e uma área de contribuição do telhado de 100 m ² -----	94
Figura 4.52 - Volume de Reservatórios - consumo <i>per capita</i> de 100 litros/pessoa por dia,	
3 moradores e uma área de contribuição do telhado de 200 m ² -----	94
Figura 4.53 - Volume de Reservatórios - consumo <i>per capita</i> de 100 litros/pessoa por dia,	
3 moradores e uma área de contribuição do telhado de 300 m ² -----	94
Figura 4.54 - Volume de Reservatórios - consumo <i>per capita</i> de 100 litros/pessoa por dia,	
4 moradores e uma área de contribuição do telhado de 50 m ² -----	95
Figura 4.55 - Volume de Reservatórios - consumo <i>per capita</i> de 100 litros/pessoa por dia,	
4 moradores e uma área de contribuição do telhado de 100 m ² -----	95
Figura 4.56 - Volume de Reservatórios - consumo <i>per capita</i> de 100 litros/pessoa por dia,	
4 moradores e uma área de contribuição do telhado de 200 m ² -----	95
Figura 4.57 - Volume de Reservatórios - consumo <i>per capita</i> de 100 litros/pessoa por dia,	
4 moradores e uma área de contribuição do telhado de 300 m ² -----	95
Figura 4.58 - Volume de Reservatórios - consumo <i>per capita</i> de 200 litros/pessoa por dia,	
2 moradores e uma área de contribuição do telhado de 50 m ² -----	96
Figura 4.59 - Volume de Reservatórios - consumo <i>per capita</i> de 200 litros/pessoa por dia,	
2 moradores e uma área de contribuição do telhado de 100 m ² -----	96
Figura 4.60 - Volume de Reservatórios - consumo <i>per capita</i> de 200 litros/pessoa por dia,	
2 moradores e uma área de contribuição do telhado de 200 m ² -----	96
Figura 4.61 - Volume de Reservatórios - consumo <i>per capita</i> de 200 litros/pessoa por dia,	
2 moradores e uma área de contribuição do telhado de 300 m ² -----	96
Figura 4.62 - Volume de Reservatórios - consumo <i>per capita</i> de 200 litros/pessoa por dia,	
3 moradores e uma área de contribuição do telhado de 50 m ² -----	97

Figura 4.63 - Volume de Reservatórios - consumo <i>per capita</i> de 200 litros/pessoa por dia, 3 moradores e uma área de contribuição do telhado de 100 m ² -----	97
Figura 4.64 - Volume de Reservatórios - consumo <i>per capita</i> de 200 litros/pessoa por dia, 3 moradores e uma área de contribuição do telhado de 200 m ² -----	97
Figura 4.65 - Volume de Reservatórios - consumo <i>per capita</i> de 200 litros/pessoa por dia, 3 moradores e uma área de contribuição do telhado de 300 m ² -----	97
Figura 4.66 - Volume de Reservatórios - consumo <i>per capita</i> de 200 litros/pessoa por dia, 4 moradores e uma área de contribuição do telhado de 50 m ² -----	98
Figura 4.67 - Volume de Reservatórios - consumo <i>per capita</i> de 200 litros/pessoa por dia, 4 moradores e uma área de contribuição do telhado de 100 m ² -----	98
Figura 4.68 - Volume de Reservatórios - consumo <i>per capita</i> de 200 litros/pessoa por dia, 4 moradores e uma área de contribuição do telhado de 200 m ² -----	98
Figura 4.69 - Volume de Reservatórios - consumo <i>per capita</i> de 200 litros/pessoa por dia, 4 moradores e uma área de contribuição do telhado de 300 m ² -----	98
Figura 4.70 - Volume de Reservatórios - consumo <i>per capita</i> de 300 litros/pessoa por dia, 2 moradores e uma área de contribuição do telhado de 50 m ² -----	99
Figura 4.71 - Volume de Reservatórios - consumo <i>per capita</i> de 300 litros/pessoa por dia, 2 moradores e uma área de contribuição do telhado de 100 m ² -----	99
Figura 4.72 - Volume de Reservatórios - consumo <i>per capita</i> de 300 litros/pessoa por dia, 2 moradores e uma área de contribuição do telhado de 200 m ² -----	99
Figura 4.73 - Volume de Reservatórios - consumo <i>per capita</i> de 300 litros/pessoa por dia, 2 moradores e uma área de contribuição do telhado de 300 m ² -----	99
Figura 4.74 - Volume de Reservatórios – consumo <i>per capita</i> de 300 litros/pessoa por dia, 3 moradores e uma área de contribuição do telhado de 50 m ² -----	100
Figura 4.75 - Volume de Reservatórios - consumo <i>per capita</i> de 300 litros/pessoa por dia, 3 moradores e uma área de contribuição do telhado de 100 m ² -----	100
Figura 4.76 - Volume de Reservatórios - consumo <i>per capita</i> de 300 litros/pessoa por dia, 3 moradores e uma área de contribuição do telhado de 200 m ² -----	100
Figura 4.77 - Volume de Reservatórios - consumo <i>per capita</i> de 300 litros/pessoa por dia, 3 moradores e uma área de contribuição do telhado de 300 m ² -----	100
Figura 4.78 - Volume de Reservatórios - consumo <i>per capita</i> de 300 litros/pessoa por dia, 4 moradores e uma área de contribuição do telhado de 50 m ² -----	101
Figura 4.79 - Volume de Reservatórios - consumo <i>per capita</i> de 300 litros/pessoa por dia, 4 moradores e uma área de contribuição do telhado de 100 m ² -----	101
Figura 4.80 - Volume de Reservatórios - consumo <i>per capita</i> de 300 litros/pessoa por dia, 4 moradores e uma área de contribuição do telhado de 200 m ² -----	101
Figura 4.81 - Volume de Reservatórios - consumo <i>per capita</i> de 300 litros/pessoa por dia,	

4 moradores e uma área de contribuição do telhado de 300 m ² -----	101
Figura 5.1 – Usos finais da residência 1 -----	102
Figura 5.2 – Usos finais da residência 2 -----	103
Figura 5.3 – Usos finais da residência 1, após correção -----	104
Figura 5.4 – Usos finais da residência 2, após correção -----	105

RESUMO

Ao longo dos anos a água tornou-se um recurso cada vez mais escasso e valioso, devido à sua má distribuição, à perdas, ao aumento populacional no Planeta, à crescente degradação dos recursos hídricos, resultado de ações indiscriminadas por parte do homem, tornando parte da água disponível imprópria para os diversos usos das atividades humanas. A substituição de fonte de captação se mostra como uma alternativa mais apropriada para satisfazer as demandas menos restritivas, deixando a água de melhor qualidade (potável) para uso mais nobre. O presente trabalho teve como principal objetivo verificar a viabilidade econômica em sistemas complementares de abastecimento de água em duas residências unifamiliares localizadas no município de Palhoça, Grande Florianópolis. Estes sistemas substituirão a água potável em atividades como descargas de vasos sanitários e lavagem de roupas. Como fontes alternativas foram utilizadas o aproveitamento da água da chuva, o reúso e o uso da água da chuva e o reúso ao mesmo tempo. A metodologia utilizada consistiu em levantar os consumos nas residências, determinar os usos finais e a partir destes valores, definir os percentuais de água potável que poderão ser substituídos por água de chuva e por reúso de água. A análise econômica foi realizada utilizando-se o Método do Valor Presente Líquido (VPL) e o Período de Retorno do Investimento (*Payback*). Para o VPL, verificou-se que para uma taxa mínima de atratividade de 1% ao ano, o reúso de água, foi o sistema de abastecimento mais viável para as duas residências, com períodos de retorno do investimento de 19 anos para a residência 1, e de 99 anos para a residência 2. Para uma taxa 5% ao ano, na residência 1 o sistema mais viável foi também o reúso de água, com um período de retorno do investimento de 40 anos e na residência 2, o VPL para o uso da água da chuva, para o reúso e para a água de chuva e o reúso simultaneamente, apresentou valores negativos para um período de retorno de 250 anos. O mesmo aconteceu para a taxa mínima de atratividade de 10% ao ano, onde o VPL apresentou-se negativo para um período de retorno do investimento de 250 anos, no aproveitamento da água da chuva, no reúso de água e no uso da água da chuva e reúso de água juntos. No Período de Retorno, obteve-se o retorno financeiro em 21 anos e 5 meses para o aproveitamento da água de chuva, 17 anos e 8 meses para o reúso e 28 anos e 2 meses a água de chuva e reúso juntos, na residência 1. Para a residência 2, o retorno financeiro ocorre acima dos 61 anos, para o aproveitamento da água da chuva, para o reúso e para o uso da água da chuva e reúso simultaneamente.

1. INTRODUÇÃO

A maior parte do Planeta Terra é constituída de água, mas somente uma pequena porcentagem desta água está disponível para ser utilizada pelo homem. Os oceanos e mares constituem 97,2% da água existente na Terra, cobrindo 71% de sua superfície. Além disso, há água acumulada nas calotas polares, no pico das montanhas, no vapor atmosférico, e em profundidades não acessíveis, que não são aproveitáveis (MOTA, 1997).

Mota, (1997) *apud* Setti, (1994), mostra que a quantidade de água livre sobre a Terra atinge 1370 milhões de km³. Dessa quantidade, apenas 0,6% de água doce líquida encontra-se disponível naturalmente, correspondendo a 8,2 milhões de km³. Desse valor, somente 1,2% se apresenta sob a forma de rios e lagos, sendo o restante (98,8%) constituído de água subterrânea. Dessa quantidade, somente a metade é utilizável, uma vez que a outra parte está situada abaixo da profundidade de 800 m, inviável para captação pelo homem. Em termos de volume, resta então 98400 km³ de água aproveitável nos rios e lagos e outros 4050800 km³ presente nos mananciais subterrâneos, o que corresponde a cerca de 0,3% do total de água livre do Planeta.

Em termos globais, a quantidade de água disponível é superior ao total consumido pela população. No entanto, a distribuição deste recurso é desigual nas diversas regiões do planeta e em geral não é diretamente proporcional às necessidades. Estudos demonstram que na maior parte da Terra há déficit de recursos hídricos e isso ocorre porque há predominância da evaporação potencial sobre a precipitação (ARAÚJO, 1988).

Em muitas regiões do mundo o problema da falta de água para consumo se agrava no verão, principalmente nas cidades litorâneas, onde o aumento da população neste período faz com que seja necessário o racionamento. A solução para este problema tem sido o investimento em novos mananciais, muitas vezes distantes e de pior qualidade. No entanto isto implica em custos elevados para bombeamento e tratamento.

O problema de escassez de água não é exclusividade das regiões áridas e semi-áridas. Em muitos locais, onde há recursos hídricos em abundância, o consumo excessivo e mau uso da água faz com que seja necessário a restrição ao consumo. Isto afeta o desenvolvimento econômico da região e a qualidade de vida da população.

Uma das soluções para este problema é a substituição de parte da água potável utilizada em uma residência por água de qualidade inferior, reduzindo assim a demanda sobre os mananciais. Para tanto, o aproveitamento da água de chuva e o reúso de água são alternativas que podem ser aplicadas.

A água de chuva é um recurso hídrico acessível a toda população, independente das condições econômicas e sociais, e ainda é uma fonte de água doce que ainda não é passível de ser cobrada pelo seu uso. Já a gestão sustentável da reutilização de água, gera a economia, diminui a demanda sobre os mananciais subterrâneos e superficiais para abastecimento e ainda reduz a emissão de efluentes líquidos.

1.1. OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem por objetivo principal estudar a viabilidade econômica de implantação de um sistema complementar de abastecimento de água em duas residências unifamiliares localizadas no município de Palhoça, Grande Florianópolis. Este sistema substituirá parte da água potável por água não potável em atividades como descargas de vasos sanitários e na máquina de lavar roupa. Como fontes alternativas serão utilizadas a água da chuva e também o reúso de água do esgoto secundário (água cinza) das duas residências.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Neste trabalho tem-se ainda os seguintes objetivos específicos:

- Estimativa do consumo de água utilizada em duas residências unifamiliares, através do levantamento da frequência, tempo de uso e vazão dos aparelhos hidro-sanitários;
- Levantamento dos consumos registrados pela empresa concessionária de água (CASAN);
- Determinação dos usos finais através dos consumos levantados por atividade;
- Levantamento de dados de precipitações diárias da Estação Meteorológica de São José – São José/SC;

- Análise de qual sistema é economicamente o mais viável: o aproveitamento da água de chuva, o reúso, ou o aproveitamento da água de chuva e reúso ao mesmo tempo.

1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está estruturado em 5 capítulos. No capítulo 1 tem-se a introdução e os objetivos gerais e específicos.

No capítulo 2 é apresentada uma revisão bibliográfica referente ao estudo de consumo diário de água, ao aproveitamento da água de chuva, ao reúso de água e aos aspectos de análise econômica.

No capítulo 3 mostra-se a metodologia utilizada para a estimativa do consumo nas residências em estudo, dos usos finais em cada atividade, do dimensionamento do sistema de aproveitamento da água da chuva e reúso, e da análise de viabilidade econômica para implantação do sistema de aproveitamento da água de chuva, do reúso e aproveitamento da água de chuva e reúso ao mesmo tempo.

No capítulo 4 são apresentados os resultados obtidos a partir do levantamento do consumo de água das residências, nos usos finais, nos dimensionamentos do sistema de aproveitamento de água de chuva, do reúso de água e dos dois sistemas juntos nas residências em estudo, além da análise de viabilidade econômica para os três sistemas já citados.

No capítulo 5 são apresentadas as conclusões do presente trabalho.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. PREVISÃO DE ESCASSEZ MUNDIAL DE ÁGUA

A humanidade levou milhões de anos para chegar ao contingente de 1 bilhão de habitantes, fato este ocorrido em 1830. Menos de um século depois, em 1927, chegou ao seu segundo bilhão. O terceiro bilhão veio em 33 anos e o quarto chegou em 1974, apenas 14 anos depois. Desde então, o planeta ganhou 2,1 bilhões de habitantes, chegando aos atuais 6,1 bilhões. O ritmo dessa expansão preocupa os estudiosos do assunto desde 1798, quando o economista britânico Thomas Malthus (1766-1834) estimou que o crescimento populacional acabaria por superar o ritmo de ampliação da oferta de alimentos e água. Desde então, muitos estudiosos têm tentado calcular qual a população máxima que o planeta pode suportar (SOECO/MG, 2004).

Essa população exerce uma pressão sobre os mananciais de água doce. O ritmo de crescimento populacional está caindo na maior parte do planeta. Atualmente há um crescimento anual de 78 milhões de habitantes, bem menor que os 90 milhões registrados em 1990 (SOECO/MG, 2004).

Existem projeções que antecipam a escassez progressiva de água em diversos países do mundo, com base na disponibilidade de menos de 1.000m³ de água renovável por pessoa por ano, no intervalo 1955-2025 (MANCUSO e SANTOS, 2004). A falta de água em alguns países já é realidade e pode ser observada na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Países que estão com problemas de falta de água e os que poderão tê-lo.

Período	Países
1955	Malta, Djibuti, Barbados, Cingapura, Kuwait e Jordânia
1990	Qatar, Arábia Saudita, Emirados Árabes, Iêmen, Israel, Tunísia, Cabo Verde, Quênia, Burundi, Argélia, Ruanda e Somália.
2025	Líbia, Omã, Marrocos, Egito, Camarões, África do Sul, Síria, Irã Etiópia e Haiti

2.2. CONSUMO DE ÁGUA

Atualmente, o consumo mundial de água doce é seis vezes maior do que em 1900, embora a população mundial não tenha crescido na mesma proporção ao longo do século. O alto padrão de consumo hídrico está associado, sobretudo à irrigação, processo que ocasiona o emprego de mais de 70% da água doce consumida. A

indústria é responsável pelo uso de 22% do consumo e o uso doméstico com 8%. No entanto, há estimativas de que o consumo industrial duplicará até 2025 e que haverá um aumento de até quatro vezes na emissão de poluentes industriais nos corpos de água (SOECO/MG, 2004).

O segmento doméstico também tem contribuído para o consumo de água, através de eletrodomésticos como máquinas de lavar louças e de lavar roupas. Além disso, a lavagem de automóveis e de pisos com mangueiras aumenta consideravelmente o volume de água gasto nas residências.

Como resultado deste elevado consumo, os lençóis freáticos estão baixando dezenas de metros em várias partes do mundo, exigindo a escavação de poços cada vez mais profundos. Em Gujarat, na Índia, o excesso de bombeamento do lençol freático fizeram com que seu nível descesse em 40 metros. Isto acabou agravando as diferenças sociais, por privar os produtores rurais mais pobres do acesso à água, que só é possível para quem pode pagar pelos equipamentos de perfuração. Em algumas partes do estado norte-americano do Texas o rebaixamento chegou a 50 metros em meio século (SOECO/MG, 2004).

De acordo com Netto *et al.* (1998), o consumo de água é influenciado por fatores como o clima, o padrão econômico da população, o número de habitantes da cidade, os hábitos da população, o sistema de fornecimento e cobrança da água, o custo da água entre outros. Em geral, em países menores, quanto maior o número de habitantes de uma cidade, maior é o consumo de água. Isto ocorre por exemplo em cidades do Japão, conforme ilustrado na Tabela 2.2. Já na Tabela 2.3, são apresentadas informações sobre o consumos médio de água em cada região do Brasil.

Tabela 2.2 – Relação entre tamanho populacional e o consumo da água no Japão.

População (hab.)	Consumo de água (l/hab/dia)
Até 5.000	197,0
50.000 a 100.000	337,0
250.000 a 500.000	370,0
Acima de 1.000.000	448,0

Fonte: Adaptado de NETTO *et al.*, (1998).

Tabela 2.3 – Consumo médio de água em cada região do Brasil, em 2003.

Região	Consumo Médio de Água (l/hab.dia)
Norte	111,7
Nordeste	107,3
Sudeste	147,0
Sul	124,6
Centro-Oeste	133,6
Brasil	141,0

Fonte: SNIS, (2004).

Segundo a Organização Pan-americana de Saúde (OPAS), a quantidade de água que o ser humano necessita, por dia, para atender suas necessidades é de 189 litros (OLIVEIRA, 2004). Já segundo a Organização das Nações Unidas esta quantidade é de 20 litros por pessoa por dia (OLIVEIRA, 2004 *apud* VIDAL, 2002). Na prática o consumo per capita, varia de região para região. Em países europeus o consumo por pessoa por dia está situado entre 150 e 250 litros, enquanto que nos Estados Unidos este consumo é superior a 300 litros por pessoa por dia (OLIVEIRA, 2004 *apud* VIDAL, 2002).

No Brasil, em residências de cidades de porte médio o consumo chega a 200 litros por habitante por dia, podendo elevar-se até 400 litros em bairros de nível econômico mais elevado e reduzir-se para valores de 120 litros por habitante por dia em cidades de menor porte. O consumo dos banheiros representa 70 a 82% do consumo total de uma residência de porte médio (OLIVEIRA, 2004). Na Tabela 2.4 são apresentadas informações sobre o percentual de água consumida em cada atividade doméstica, para um consumo estimado de 200 litros por habitante por dia.

Tabela 2.4 – Porcentagem de água consumida por atividade doméstica para um consumo diário de 200 litros por habitante.

Aparelhos	Consumo (%)
Descarga do vaso sanitário	41
Chuveiro	37
Pia (cozinha)	6
Bebida	5
Lavação de roupas	4
Limpeza da casa	3
Irrigação de jardins	3
Lavação de carros	1

Fonte: OLIVEIRA, (2004).

Em 1995, com a parceria da USP (Universidade de São Paulo) com a SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo) deu-se início

a estudos de demanda de utilização de água em residências. As pesquisas mostraram que um brasileiro típico gasta de 50 a 200 litros de água por dia. Essa variação depende da região do país. Este consumo está distribuído entre chuveiros, torneiras, vasos sanitários, máquinas de lavar roupa, entre outros (DECA, 2004). Em um estudo de caso realizado foram determinados os percentuais de uso final de água em uma residência. Estas informações podem ser observadas na Tabela 2.5.

Tabela 2.5 – Consumo de água para uma residência em estudo na USP.

Aparelhos	Consumo (%)
Vaso Sanitário	29
Chuveiro	28
Lavatório	6
Pia (cozinha)	17
Máquina de lavar louças	5
Tanque	6
Máquina de lavar roupas	9

Fonte: DECA, (2004).

Na Tabela 2.6 são apresentados valores sobre consumo de água potável em alguns países.

Tabela 2.6 – Percentual de contribuição dos diversos usos da água, em alguns países.

Aparelhos	Suíça (%)	Estados Unidos (%)	Colômbia (%)	Reino Unido (%)
Vaso Sanitário	40	40	40	37
Banho	37	30	30	37
Lavatório	-	-	5	-
Cozinha	6	10	10	11
Bebidas	5	-	-	4
Lavação de roupas	4	15	-	11
Limpeza de piso	3	-	-	-
Jardins	3	-	-	-
Lavação de carros	1	-	-	-
Outros	1	5	15	-

Fonte: SABESP, (2004).

Segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS, através do Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto – 2001, tem-se o consumo per capita no Brasil, o qual apresenta o estado Rio de Janeiro com o maior consumo médio por habitante por dia e o estado do Amazonas com o menor consumo (Tabela 2.7).

Tabela 2.7 - Consumo médio per capita de água no Brasil.

Região	Empresa	Consumo (l/hab/dia)
Norte	CAER/RR	138
	CAERD/RO	111
	CAESA/AP	163
	COSAMA/AM	51
	COSANPA/PA	100
	DEAS/AC	101
Nordeste	AGESPISA/PI	74
	CAEMA/MA	115
	CAERN/RN	118
	CAGECE/CE	119
	CAGEPA/PB	109
	CASAL/AL	114
	COMPESA/PE	80
	DESO/SE	109
	EMBASA/BA	115
Sudeste	CEDAE/RJ	219
	CESAN/ES	194
	COPASA/MG	142
	SABESP/SP	161
Centro Oeste	CAESB/DF	193
	SANEAGO/GO	121
	SANEMAT/MT	163
	SANESUL/MS	113
Sul	CASAN/SC	128
	SANEPAR/PR	125
	CORSAN/RS	130

Fonte: SNIS, (2004).

2.3. ÁGUA DE CHUVA

As águas das chuvas não podem ser negligenciadas nas discussões sobre a falta de água, tanto para o consumo humano, quanto para o desenvolvimento de outras atividades. Na região Nordeste do Brasil ela é fundamental para suprir as necessidades de uso doméstico e das atividades na agricultura. Nesta região, os rios são temporários e grande parte da água subterrânea disponível possui altos teores de sais (HANSEN, 1996).

A água da chuva tem em sua composição diversas substâncias. Em áreas urbanas ela contém por exemplo componentes prejudiciais ao homem tais como o dióxido de enxofre e os óxidos de nitrogênio emitidos pelos automóveis e pelas indústrias. A contaminação da água da chuva também ocorre através de impurezas localizadas nos telhados tais como fuligem e dejetos de animais. A maior contaminação se dá na primeira chuva, após um longo período de estiagem. O primeiro milímetro de chuva não deve ser utilizado, pois esta água geralmente

encontra-se contaminada pelo telhado, devendo assim ser descartada (GROUP RAINDROPS, 2002).

Geralmente a água de chuva, por ser um "solvente universal", carrega todo tipo de impurezas como partículas dissolvidas ou suspensas no ar para os córregos, que por sua vez vão desaguar em um rio. Esta água normalmente vai ser utilizada por um sistema de captação para tratamento de água potável. Ao percorrer este caminho a água sofre um processo natural de diluição e autodepuração, mas este processo natural nem sempre é suficiente para realmente depurá-la.

Para uso humano a água da chuva também deve sofrer tratamento, filtração e cloração. O uso da água da chuva é especialmente indicado na área rural, em chácaras, condomínios e indústrias. Em residências o alto custo de tratamento geralmente inviabiliza o aproveitamento econômico da água de chuva para consumo como bebida. Em uma indústria, o elevado consumo e o custo mais elevado do metro cúbico de água potável geralmente justifica o investimento no tratamento da água da chuva.

2.3.1. Qualidade da Água

Normalmente a água da chuva tem um pequeno nível de acidez. Isto é decorrente da presença natural do gás carbônico (CO_2) na atmosfera, que dissolve-se nas nuvens formando um ácido fraco, o ácido carbônico (H_2CO_3). Este ácido por sua vez torna o pH da chuva próximo a 5,6. No entanto, pH com valores inferiores a 5,6 indicam freqüentemente que a chuva encontra-se poluída com ácidos fortes como o ácido sulfúrico (H_2SO_4) e o ácido nítrico (HNO_3) e, eventualmente, com outros tipos de ácidos como o clorídrico (HCl) e os ácidos orgânicos (AMBIENTE BRASIL, 2005).

Para ser considerada potável a água da chuva deve ser purificada e sua qualidade deve atender a determinados padrões de potabilidade. O processo de purificação tem custo relativamente elevado e se justifica quando não há outra fonte para abastecimento doméstico ou o uso em uma indústria com elevado consumo de água potável.

A qualidade da água varia conforme a utilidade que se dá à mesma. Quanto mais nobre é este uso, maior a exigência quanto à qualidade. Segundo Group Raindrops (2002) é possível se separar o uso da água em quatro grupos distintos,

bem como especificar a necessidade de tratamento requerida para a mesma, no caso de ser utilizada a chuva de zonas não muito industrializadas como manancial (Tabela 2.8).

Tabela 2.8 - Diferentes níveis de qualidades de água exigidos conforme o uso.

Uso da Água da Chuva	Tratamento da Água
Rega de jardins	Não é necessário.
Irigadores, combate a incêndio, ar condicionado	É necessário para manter os equipamentos em boas condições.
Fontes e lagoas, banheiros, lavação de roupas e carros.	É necessário, pois a água entra em contato com o corpo humano.
Piscina/banho, para beber e para cozinhar.	A desinfecção é necessária, pois a água é ingerida direta ou indiretamente.

Fonte: GROUP RAINDROPS, (2002).

A qualidade da água da chuva também depende do local onde ela foi coletada. Pode-se observar na Tabela 2.9 que a água da chuva foi classificada em quatro tipos diferentes em relação à qualidade.

Tabela 2.9 - Variação da qualidade da água da chuva devido ao sistema de coleta.

Grau de Purificação	Área de Coleta da Chuva	Uso da Água da chuva
A	Telhados (lugares não ocupados por pessoas ou animais).	Lavar banheiros, regar as plantas, a água filtrada é potável.
B	Telhados (lugares frequentados por animais e pessoas).	Lavar banheiros, regar as plantas, a água não pode ser usada para beber.
C	Terraços e terrenos impermeabilizados, áreas de estacionamento.	Mesmo para os usos não potáveis, necessita de tratamento.
D	Estradas, vias férreas elevadas.	Mesmo para os usos não potáveis, necessita de tratamento.

Fonte: GROUP RAINDROPS, (2002).

Maestri (2003), cita que a região do Brasil que vai do Estado do Espírito Santo ao Rio Grande do Sul tem grande potencial para ocorrência de chuvas ácidas (pH menor que 5,8). Logo, a água de chuva desta região deve ser utilizada para fins não potáveis, principalmente nas áreas industriais, onde há maior poluição atmosférica. A água da chuva para ser potável deve ter pH entre 5,8 e 8,6 (GROUP RAINDROPS, 2002).

Na Tabela 2.10 pode-se observar uma comparação dos resultados obtidos após dois anos de pesquisa (1989 a 1991) realizados em Singapura, na “Nanyang

Technological University”. Foram coletadas amostras de água de chuva de 38 telhados e analisados parâmetros físico-químicos e bacteriológicos (ADHITYAN, 2000).

Tabela 2.10 - Comparação entre qualidade da água da chuva e a água potável em Singapura.

Parâmetros	Água de Chuva	Água Potável
PH	4,1	7,0 – 7,5
Cor (u.c. ¹)	8,7	< 5
Turbidez (UNT ²)	4,6	< 5
SST ³ (mg/l)	9,1	240 – 400
SDT ⁴ (mg/l)	19,5	-
Dureza (mg/l)	0,1	20 – 40
PO ₄ ou P (mg/l)	0,1	-
Coliforme Total (NMP ⁵ /100 ml)	92,0	0
Coliforme Fecal (NMP/100 ml)	6,7	-

Fonte: ADHITYAN, (2000).

Em Helsinki, Finlândia, foi realizada uma pesquisa sobre qualidade da água da chuva no período de junho de 1997 a junho de 1998. Neste trabalho, amostras de precipitação foram coletadas diariamente e tiveram seus parâmetros físico-químicos analisados (Tabela 2.11).

Tabela 2.11 - Parâmetros físico-químicos da água da chuva, obtidos no experimento na Finlândia.

Parâmetros	Água de Chuva
pH	4,2 – 5,3
Condutividade Elétrica (µS/cm)	3,6 - 37
Cl (mg/l)	0,02 – 0,77
NO ₃ -N (mg/l)	0,07 – 0,68
SO ₄ -S (mg/l)	0,09 – 1,3
Na (mg/l)	0,02 – 0,51
NH ₄ -N (mg/l)	0,11 – 1,6
K (mg/l)	0,03 – 0,09
Mg (mg/l)	0,01 – 0,13
Ca (mg/l)	0,07 – 0,4

Fonte: VUOKKO, (2000).

Em um estudo realizado por Lisboa *et al.* (1992) foram analisadas 23 amostras da qualidade da água da chuva coletadas na cidade de Florianópolis. Deste total, 56,52% foram consideradas com pH normal e 43,48% foram enquadradas

¹ Unidades de Cor.

² Unidade Nefelométrica de Turbidez.

³ Sólidos Dissolvidos Totais.

⁴ Sólidos em Suspensão Totais.

⁵ Número Mais Provável.

como chuvas ácidas, sendo 17,39% com pH levemente ácido ($5,1 < \text{pH} < 5,6$) e 26,09% classificadas como chuvas muito ácidas ($\text{pH} < 5,0$).

2.3.2. Dimensionamento do Sistema de Aproveitamento da Água da Chuva

Para se dimensionar um sistema de aproveitamento de água da chuva em uma residência, são necessários alguns dados referentes ao local onde o sistema será instalado como: a precipitação diária, dados de consumo diário de água por habitante, número de habitantes na residência e o uso que será dado ao aproveitamento da água da chuva (HANSEN, 1996).

O sistema de aproveitamento de água da chuva compreende as seguintes etapas: determinação da área de contribuição dos telhados, dimensionamento dos reservatórios, sistema de filtração da água e o dimensionamento das instalações hidro-sanitárias.

2.3.2.1. Captação de Água em Telhados

A água que cai em um telhado é coletada através de calhas, flui através de condutores e segue até um reservatório (Figura 2.1). A primeira chuva pode ser descartada através da instalação de um determinado comprimento de tubo antes da entrada do reservatório. Desta forma é possível a retenção de impurezas que estavam no telhado. Este tubo deve ter em sua extremidade um pequeno orifício para drenar a água acumulada entre uma chuva e outra. Também se faz necessário uma manutenção periódica para retirada de detritos retidos no interior do dispositivo.

Outra maneira de desviar a primeira chuva é através de uma válvula que opera em função do nível da água. Quando a chuva inicia a válvula está aberta e desvia o fluxo para um reservatório de pequeno volume. Quando a água atinge um certo nível a válvula é fechada e a água passa então para o reservatório de acumulação. Ao cessar a chuva, o reservatório que serviu para descarte da primeira chuva é esvaziado através de pequenos orifícios. À medida que o reservatório vai sendo esvaziado, a válvula vai se abrindo novamente e o sistema está pronto para uma nova chuva.

Para conter detritos de maiores dimensões como folhas, a utilização de telas sobre as calhas ou grelhas nos tubos de quedas são indispensáveis. No entanto, estes sistemas requerem constante manutenção.

Na determinação da quantidade de água de chuva a ser coletada deve-se levar em consideração as perdas durante o processo. Isto porque uma parte da água é utilizada para a limpeza dos telhados, calhas e tubulações e por isso é desprezada. Netto (1991) sugere que esta perda pode chegar a 50% do volume da água da chuva. Para fins de projeto, Group Raindrops (2002) recomenda o valor da perda como sendo de 30%. Já para Maestri (2003) o valor a ser utilizado para este parâmetro é de 20%, uma vez que não há estudos conclusivos sobre o coeficiente de aproveitamento da água da chuva.

2.3.2.2. Tratamento da Água Coletada.

Para fins não potáveis como descargas de banheiros, rega de plantas e lavação de pisos e carros não é necessário tratamento com alta eficiência, mas sim apenas uma filtragem para reter partículas em suspensão. Se a água da chuva for usada para fins potáveis, além da filtragem, a mesma deve passar pelo processo de desinfecção (cloração) (GROUP RAINDROPS, 2002).

2.3.2.3. Armazenamento

Para o armazenamento da água da chuva geralmente são utilizados dois reservatórios: um inferior e outro superior para receber a água bombeada por um sistema moto-bomba. Do reservatório superior a água é distribuída para os diversos pontos de consumo.

Em geral, entre o reservatório superior e o barrilete do reservatório de água potável existe um sistema de “by-pass” que suprirá a falta de água da chuva com água potável.

Para fins de projeto, o volume de água de chuva que pode ser coletado é calculado através da equação 2.1, sugerido por Silva (1988):

$$V = A_c \times P \times C_c \quad (2.1)$$

onde:

V é o volume de água coletado (m^3 /ano);

A_c é a área de contribuição do telhado (m^2);

P é a precipitação média anual do município (mm/ano);

C_c é o coeficiente de aproveitamento (%).

No estudo realizado por Maestri (2003), o reservatório inferior é dimensionado considerando-se o período de estiagem ou o número de dias consecutivos sem chuva no município. Para tanto, Maestri utilizou-se de dados estatísticos. Netto (1991), sugeriu a utilização de tabelas simplificadas que contém o número de dias secos por mês para o dimensionamento do reservatório inferior. Isto deve ser realizado considerando-se uma média dos três meses mais secos, porém isso geralmente acaba super dimensionando o reservatório.

Para Hansen (1996), o método de dimensionamento do reservatório inferior baseado no período de estiagem ou número de dias consecutivos sem chuva (“Uso da Seca Máxima Anual”) é o mais eficaz e o que possui maior embasamento teórico. Para resultados mais precisos são necessárias informações sobre precipitações de no mínimo 40 anos. Como em geral a maioria dos municípios brasileiros não dispõe de informações de uma série tão grande, ou possuem dados de séries mais curtas, recomenda-se o uso do Método de “Uso da Análise Total”. Em situações onde somente existam séries menores que 10 anos, pode ser utilizado o método de dimensionamento simplificado proposto por Netto (1991). Em ambos os métodos são considerados como dias sem chuva aqueles que têm precipitação menor que 1 mm.

A partir do conhecimento dos dias consecutivos sem chuvas, o volume do reservatório inferior pode ser dimensionado através da equação 2.2 (HANSEN, 1996):

$$V = N_p \times q \times t \quad (2.2)$$

onde:

V é o volume do reservatório inferior (m^3);

N_p é o número de habitantes da residência;

q é o consumo diário por habitante (m^3 /dia);

t é o número de dias consecutivos sem chuva (dias).

Em relação ao volume, normalmente há uma tendência de se considerar que quanto maior o reservatório, maior será a porcentagem de chuva precipitada que se

pode aproveitar. Mas na prática isto não acontece. A partir de aproximadamente 70% de aproveitamento, mesmo que a capacidade do reservatório seja acrescida em 50%, o coeficiente de aproveitamento sobe apenas 5% a 10%, não justificando assim o investimento (GROUP RAINDROPS, 2002).

A escolha do local para a construção do reservatório de captação deverá atender aos seguintes requisitos (SOECO/MG, 2004): O reservatório deve ser construído em lugar baixo, podendo receber por gravidade a água escoada de todos os lados do telhado; o solo de apoio deve ser de preferência arenoso ou composto de material resistente; deve-se procurar um local afastado de árvores ou arbustos cujas raízes possam provocar rachaduras na parede do reservatório; para se prevenir o perigo de contaminação da água armazenada, o reservatório deve ser implantado a pelo menos 10 a 15 metros de distância de fossas, latrinas, currais e depósitos de lixo.

2.3.2.4. Instalações Hidro-sanitárias

No sistema de aproveitamento de água da chuva o dimensionamento das instalações hidráulicas prediais segue as mesmas normas que para o sistema de água potável NBR 5626 (ABNT, 1998) e NBR 10844 (ABNT, 1989).

2.4. REÚSO DE ÁGUA

Na década de 80 o termo “água de reúso” passou a ser utilizado com mais frequência, quando o custo da água de abastecimento foi se tornando cada vez mais elevado, onerando assim o custo do produto final no processo de fabricação das indústrias. Como a qualidade e o preço final dos produtos são fatores importantes para o sucesso de uma empresa, passou-se então a procurar a solução para redução dos custos de produção. Desta forma, procurou-se reaproveitar seus efluentes ao máximo, (ALVERCA, 2004). Logo, o reúso de água passou a ser uma prática em vários países para aplicações na agricultura, na indústria, em atividades recreacionais, para uso doméstico, na manutenção de vazões, na aquicultura e na recarga de aquíferos subterrâneos (WESTERHOFF, 1984). Desta forma, surge a necessidade de se estabelecer critérios relativos à fonte de água utilizada, especificando sua análise e confiabilidade do tratamento (ALVERCA, 2004).

O reaproveitamento ou reúso da água é o processo pelo qual a água, tratada ou não, é reutilizada para o mesmo ou outro fim.

Normalmente, a água é reciclada naturalmente em seu ciclo hidrológico tornando-se um recurso limpo e seguro. A água usada também pode ser recuperada artificialmente e reutilizada em diferentes aplicações. A forma de tratamento, a qualidade da água resultante e o tipo específico de reúso definem os níveis dos tratamentos subsequentes necessários, bem como os custos associados (HESPANHOL, 2002).

A reutilização das águas residuárias é uma solução indicada, principalmente, para regiões onde há carência de água, porque garante o suprimento para outros fins, liberando os mananciais para o abastecimento humano e evita a disposição de esgoto em mananciais, os quais muitas vezes, secam durante grande parte do ano.

As possibilidades e formas potenciais de reúso dependem, evidentemente, de características, condições e fatores como decisão política, esquemas institucionais, disponibilidades técnicas e fatores econômicos, sociais e culturais (HESPANHOL, 2002). A Figura 2.1 apresenta, esquematicamente, os tipos básicos de usos potenciais de efluentes tratados, que podem ser implementados tanto em áreas urbanas como em áreas rurais.

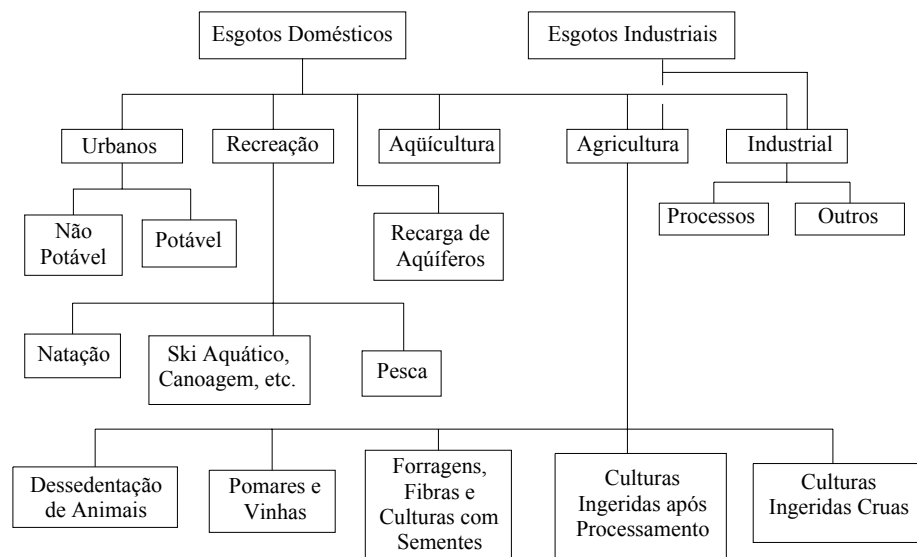


Figura 2.1 – Formas potenciais de reúso de água (Fonte: HESPANHOL, 2002).

Segundo Hespanhol (2002), o reúso para recreação (natação, ski aquático, canoagem, etc), é perigoso, pois há contato direto do usuário com a água.

A legislação brasileira para fixação de princípios e critérios que possibilitem reutilização da água ainda está em estudo. Enquanto isso, as ações têm-se orientado por critérios de outros países e/ou pela Organização Mundial da Saúde (OMS). A Lei nº 9.433/97 consagra a água como um bem social, porém, com característica de bem econômico, instituindo a cobrança pelo seu uso como um dos instrumentos para a gestão dos recursos hídricos.

Segundo Hespanhol (2002), o reúso da água adquiriu uma particular relevância, sendo inclusive mencionada na Agenda 21. Neste documento houve a recomendação de que os países participantes da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Rio-92) implementem políticas de gestão dirigidas para o uso e reciclagem de efluentes, integrando proteção de saúde pública, com práticas ambientais adequadas. Porém, conforme Fink e Santos (2002), a legislação em vigor, ao instituir os fundamentos da gestão de recursos hídricos, cria condições jurídicas e econômicas para a hipótese do reúso de água como forma de utilização racional e de preservação ambiental.

2.4.1. Caracterização de Reúso da Água

Segundo Mancuso e Santos, (2003) *apud* Lavrador Filho, (1987) a reutilização de água é um processo pelo qual a água tratada ou não tratada, é reutilizada para o mesmo fim ou para outros fins. Essa reutilização pode ser direta ou indireta, decorrentes de ações planejadas ou não.

- *Reúso indireto não planejado da água*: ocorre quando a água, utilizada em alguma atividade humana, é descarregada no meio ambiente e novamente utilizada a jusante, em sua forma diluída, de maneira não intencional e não controlada. Escoando até o ponto de captação para o novo usuário, a mesma está sujeita às ações naturais do ciclo hidrológico (diluição, autodepuração).

- *Reúso indireto planejado da água*: ocorre quando os efluentes depois de tratados são descarregados de forma planejada nos corpos de águas superficiais ou subterrâneas, para serem utilizados a jusante, de maneira controlada, no atendimento de algum uso benéfico. O reúso indireto planejado da água pressupõe que exista também um controle sobre as eventuais novas descargas de efluentes no caminho,

garantindo assim que o efluente tratado estará sujeito apenas a misturas com outros efluentes que também atendam aos requisitos de qualidade do reúso objetivado.

- *Reúso direto planejado das águas*: ocorre quando os efluentes após tratados são encaminhados diretamente de seu ponto de descarga até o local do reúso, não sendo descarregados no meio ambiente. É o caso com maior ocorrência, destinando-se ao uso em indústria ou irrigação.

- *Reciclagem de água*: é o reúso interno da água, antes de sua descarga em um sistema geral de tratamento ou outro local de disposição. Este é um caso particular do reúso direto planejado.

Westerhoff (1984), classifica o reúso de água em duas categorias; potável e não potável.

- *Reúso Potável*: pode ser classificado em direto e em indireto.
 - *Reúso potável direto*: quando o esgoto recuperado, por meio de tratamento avançado, é diretamente reutilizado no sistema potável.
 - *Reúso potável indireto*: quando o esgoto após tratamento, é disposto nos cursos de águas superficiais ou subterrâneas para diluição, purificação natural e subsequente captação, tratamento e finalmente utilizado como água potável.
- *Reúso não Potável*: para atividades consideradas menos nobres, tais como: agricultura, indústrias, recreação, manutenção de vazões, aquicultura, recarga de aquíferos subterrâneos e domésticos (água para rega de jardins residenciais, para descargas sanitárias, lavação de carros, calçadas, ruas, usos em grandes edifícios para reserva contra incêndio e sistema de ar condicionado etc.).

2.4.2. Experiências com o Reúso de Água

Em São Paulo, o reúso já é praticado pela Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo (SABESP), que tem cinco pontos de tratamento e vende água para reutilização em indústrias de vários municípios. Um exemplo é a empresa Linhas Correntes que adquire água tratada do efluente da Estação Ipiranga. Municípios da região do ABC paulista, como Santo André e São Caetano do Sul são outros exemplos. Ali o reúso se dá na rega de jardins públicos e lavação de ruas.

Enquanto no Brasil há poucas iniciativas deste tipo, em nível mundial isso já ocorre em larga escala (HESPANHOL, 2002). No Japão, uma grande quantidade de municípios tem edifícios projetados para a coleta da água do esgoto secundário, que depois de tratada é utilizada para alimentar as caixas de descarga. Isso gera uma economia de até 30% no consumo. Chipre, região do Dan em Israel e muitas regiões dos Estados Unidos, onde quase não há chuva, desenvolveram a prática de recarga artificial de aquífero designado Tratamento Solo Aquífero (TSA), utilizando este procedimento como tratamento de esgotos (HESPANHOL, 2002). A cidade de Vinhedo no estado de São Paulo poderá ser o primeiro exemplo de TSA do país. Em Chipre, há ainda um programa subsidiado para os domicílios que desejam instalar sistemas de reúso dos esgotos secundários para a descarga de vasos sanitários (BAKIR, 2001).

No Brasil, o uso do esgoto secundário para finalidades não potáveis, como jardinagem e descarga de vasos sanitários deverá ser cada vez mais incentivado, evitando-se assim o desperdício e reduzindo-se o porte das instalações de tratamento de esgoto coletivo.

Em vários estados norte-americanos, o reúso é restrito ou proibido, pois pode haver contaminação no esgoto secundário por bactérias fecais provenientes da lavagem de fraldas e de produtos químicos (MANCUSO e SANTOS, 2003). O Estado da Califórnia, em 1994, aprovou que moradores de residências unifamiliares fizessem a irrigação subsuperficial de finalidades paisagísticas com esgotos secundários. Outros Estados norte-americanos realizam pesquisas para fixar critérios que permitam o reúso dos esgotos secundários, compreendendo sua importância na atualidade (MANCUSO e SANTOS, 2003).

Através de uma pesquisa realizada na cidade de Brisbane, Jeppesen (1996) constatou que o sistema mais simples de reúso de água em residências unifamiliares só começaria a gerar uma economia de recursos financeiros após, no mínimo 10 anos.

Segundo Chahin, *et al*, (1999), um sistema de reúso realizado nas condições brasileiras se pagará em 7 anos, levando-se em consideração todos os custos com equipamentos, tubulações adicionais e manutenção do sistema.

2.4.3. Qualidade da Água

O reúso de água para qualquer fim, depende da qualidade em relação aos aspectos físicos, químicos e microbiológicos. Os parâmetros físico-químicos em sua maioria são bem compreendidos, sendo possível estabelecer critérios de qualidade orientadores para o reúso. Os níveis microbiológicos relativos à saúde são mais difíceis de serem quantificados, como observado pela multiplicidade de parâmetros e recomendações de uso, variáveis em nível mundial (CROOK, 1993 e HRUDEY, 1989).

O conceito de qualidade está associado ao uso de um bem ou serviço quando relacionado à atividade econômica. Quando este conceito é aplicado no caso da água surge a definição de padrões de qualidade. Logo, a qualidade de uma porção limitada de água pode ser analisada a partir de uma comparação direta com os padrões de qualidade.

A legislação brasileira estabelece padrões de qualidade para água potável (Portaria 36/GM e Portaria 1469 de 2000) e para águas superficiais (Resolução nº 20/86 do CONAMA).

Em relação ao reúso de água, a legislação em vigor (Política Nacional de Recursos Hídricos – Lei nº 9433, 8 de janeiro de 1997) ao instituir os fundamentos de gestão de recursos hídricos, cria condições jurídicas e econômicas para a hipótese do reúso de água como forma de utilização racional e de preservação ambiental (MANCUSO e SANTOS, 2003).

A qualidade da água para reúso deve atender aos aspectos de saúde pública, estética, integridade das tubulações de distribuição, confiabilidade e segurança no sistema de tratamento.

A Norma Brasileira NBR 13969 (ABNT, 1997) estabelece a necessidade de tratamento dos efluentes e o seu devido reúso, desde que os efluentes gerados sejam de origem doméstica ou tenham características similares. A seguir são apresentados os graus de tratamento relativo ao reúso estabelecidos pela norma:

Classe I – Lavação de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador, incluindo chafarizes. Turbidez inferior a 5 NTU⁶; coliforme fecal inferior a 200 NMP⁷/100 ml; sólidos

⁶ NTU – Unidade Nefelométrica de Turbidez.

⁷ NMP – Número Mais Provável.

dissolvidos totais inferior a 200 mg/l; pH entre 6,0 e 8,0; cloro residual entre 0,5 mg/l e 1,5 mg/l.

Classe 2 – Lavação de pisos, calçadas e irrigação de jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes. Turbidez inferior a 5 NTU; coliforme fecal inferior a 500 NMP/100 ml; cloro residual superior a 0,5 mg/l.

Classe 3 – Reúso nas descargas de vasos sanitários. Turbidez inferior a 10 NTU; coliforme fecal inferior a 500 NMP/100 ml;

Classe 4 – Reúso nos pomares, cereais, forragens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual. Coliforme fecal inferior a 5000 NMP/100 ml e oxigênio dissolvido acima de 2,0 mg/l. As aplicações devem ser interrompidas pelo menos 10 dias antes da colheita.

2.4.4. Sistema de Reúso de Água Domiciliar

O sistema de instalação hidro-sanitárias de reaproveitamento das águas servidas, provenientes de chuveiros, lavatórios, tanque e máquina de lavar roupa consiste em captação, tratamento, armazenamento e distribuição.

A captação é realizada através de tubulações de esgoto independente e direcionada para um sistema de tratamento.

O grau de tratamento dado às águas servidas depende da origem do efluente assim como do destino dado ao reúso. As águas contaminadas com muita matéria orgânica podem passar por um tratamento mais completo através de caixa de gordura, fossa séptica, filtro anaeróbio e tratamento por raízes como tratamento terciário (PEREIRA, 2004). No caso de se utilizar águas servidas com pouca matéria orgânica o tratamento poderá ser realizado por zonas de raízes conhecidas como “wetlands”. Esta é uma tecnologia que reproduz os princípios básicos de autodepuração, que ocorre naturalmente nos ecossistemas naturais, parcialmente inundados durante todo o ano. Este tipo de tratamento difere do sistema natural por possuir impermeabilização do fundo, evitando desta forma, a infiltração e contaminação do solo e águas subterrâneas (PALUDO e QUADROS, 2002).

O tratamento por raízes procura imitar algumas das funções existentes em terras úmidas naturais, em particular a capacidade de degradação da matéria orgânica e contenção de nutrientes, como o fósforo e nitrogênio. O sistema de tratamento é

projetado artificialmente para utilizar plantas aquáticas (macrófitas⁸) em substrato (areia, solo ou cascalho) onde, de forma natural e sob condições ambientais adequadas, pode ocorrer a formação de biofilmes⁹, que agregam uma população variada de microorganismos. Estes microorganismos possuem a capacidade de tratar os esgotos, por meio de processos biológicos, químicos e físicos (CHERNICHARO *et al.*, 2001). As principais funções das plantas aquáticas são:

- a utilização de nutrientes e metais pesados;
- a transferência de oxigênio para a rizosfera;
- suporte para o crescimento e ação de microorganismos, pela presença de rizomas e de raízes, bem como a absorção de material particulado, pelo sistema radicular das macrófitas.

As plantas aquáticas são de extrema importância no tratamento de águas residuárias devido ao fato delas necessitarem de nutrientes para crescimento e reprodução. No tratamento por raízes são utilizadas diversas plantas aquáticas emergentes e flutuantes, sendo que as mais frequentemente usadas são apresentadas na Tabela 2.12.

Tabela 2.12 – Principais macrófitas emergentes usadas em tratamento de águas residuárias por raízes (Zona de Raízes).

Espécies Emergentes	Temperatura Desejável (°C)	Tolerância à Salinidade (mg/l)	pH Ótimo
<i>Typha</i>	10 a 30	30.000	4,0 a 10,0
<i>Juncus</i>	16 a 26	20.000	5,0 a 7,5
<i>Phragmites</i>	12 a 33	45.000	2,0 a 8,0
<i>Schoenoplectus</i>	16 a 27	20.000	4,0 a 9,0
<i>Carex</i>	14 a 32	20.000	5,0 a 7,5

Fonte: CHERNICHARO *et al.*, 2001.

As macrófitas emergentes desenvolvem seus sistemas radiculares, fixadas no substrato. Já o caule e as folhas se mantêm parcialmente submersos. Na construção de um sistema de tratamento por raízes, deve-se selecionar as plantas aquáticas observando os seguintes parâmetros:

- ter tolerância a ambiente eutrofizado;

⁸ Macrófitas – organismos fotoautotróficos que utilizam energia solar para assimilar carbono orgânico da atmosfera na produção de matéria orgânica que servirá de fonte de energia para seres heterotróficos, são espécies que resistem a ambientes saturados de água, matéria orgânica e nutrientes (PHILIPPI e SEZERINO, 2004).

⁹ Biofilme – aglomerado de matéria orgânica e microorganismos que se fixam a um meio suporte onde irão atuar na degradação aeróbia e/ou anaeróbia da matéria orgânica e na quebra de compostos mais

- ter valor econômico;
- ter crescimento rápido e ser de fácil propagação;
- absorver nutrientes e outros constituintes;
- ser de fácil manejo e colheita.

Em tratamento por raízes de fluxo subsuperficial, o esgoto a ser tratado escoar horizontalmente, através da zona de raízes e rizomas das plantas aquáticas, situadas a cerca de 15 a 20 cm abaixo da superfície do substrato (Figura 2.2). Quando o fluxo é superficial o tratamento é realizado em bacias ou canais, povoadas por macrófitas. Geralmente são longas e estreitas, para evitar curto circuito. A superfície da água a ser tratada se mantém sobre o substrato e há a desvantagem da proliferação de insetos e produção de mau odor. Na Tabela 2.13 é apresentada a comparação destes dois tipos de fluxo, em relação a alguns parâmetros, apresentado por Chernicharo *et al*, (2001).

Tabela 2.13 – Critérios para construção de tratamento de esgoto por raízes (Zona de Raízes).

Parâmetros	Fluxo Superficial	Fluxo Subsuperficial
Tempo de detenção hidráulica (dia)	5 a 14	2 a 7
Taxa máxima de carregamento (kg DBO/ha.dia)	80	75
Profundidade do substrato (cm)	10 a 50	10 a 100
Taxa de carregamento hidráulico (mm/dia)	7 a 60	2 a 30
Área requerida (ha/m ³ .dia)	0,002 a 0,014	0,001 a 0,007
Controle de insetos	Necessário	Não é necessário
Relação comprimento : largura	2:1 a 10:1	0,25:1 a 5:1

Fonte: CHERNICHARO *et al.*, (2001).

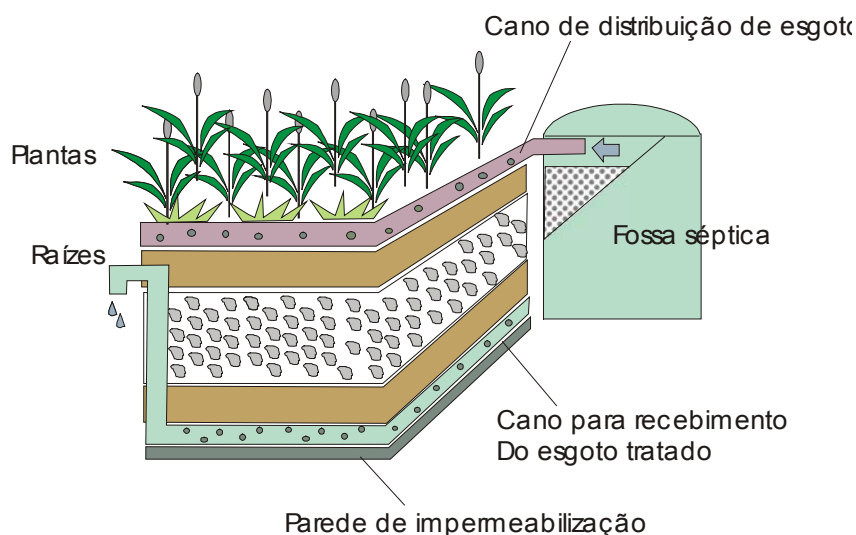


Figura 2.2 - Tratamento do efluente secundário por Zona de Raízes (Fonte: KAICK, 2002).

Segundo Chernicharo, *et al.*(2001) estudos têm demonstrado que este sistema de tratamento de esgoto possui boa capacidade de remoção de DBO¹⁰, sólidos suspensos, nitrogênio, fósforo e metais. A redução destes parâmetros é resultante da ação de diversos mecanismos, como sedimentação, precipitação, adsorção química e de interação microbiana. Na Tabela 2.14 podem ser observados alguns mecanismos de remoção para alguns constituintes.

Tabela 2.14 – Mecanismos predominantes na remoção de poluentes na Zona de Raízes.

Constituintes	Mecanismos de Remoção
Sólidos suspensos	Sedimentação e Filtração
Material orgânico solúvel	Degradação Aeróbia e Anaeróbia
Nitrogênio	Amonificação seguido de Nitrificação e Desnitrificação Microbiana Retirada pela Planta Adsorção Volatilização da Amônia
Fósforo	Adsorção Utilização pela planta
Metais	Complexação Precipitação Utilização pela Planta Oxidação/Redução Microbiana
Patógenos	Predação Sedimentação Filtração

Fonte: PHILIPPI E SEZERINO, (2004).

Cooper *et al.*, (1996), *apud* Philippi e Sezerino, (2004), sugerem uma demanda de área da Zona de Raízes em torno de 5 m²/pessoa, sendo a concentração

¹⁰ Demanda Bioquímica de Oxigênio.

de DBO afluente variando de 150 a 300 mg/l. A relação m²/pessoa é muito utilizada como critério de dimensionamento em unidades residenciais unifamiliares. Faixas de aplicação encontram-se variando de 1 a 5 m²/pessoa quando a zona de raízes é empregado como tratamento secundário (PHILIPPI, 2004). Vymazal, (1990) *apud* Philippi e Sezerino, (2004) indicam valores na ordem de 1,6 m²/pessoa.

Sezerino (2000) reduziu a área requerida para valores de 0,8 m²/pessoa sem que a performance de tratamento fosse afetada significativamente em uma unidade para tratar efluente de uma residência padrão com 5 pessoas.

Segundo Seitz, (1995) *apud* Kaick, (2002) a área requerida deve ser de cerca de 3 a 4m²/pessoa e sua profundidade 0,6 a 1,0 metro.

A partir da obtenção da área requerida, a Zona de Raízes é construída obedecendo, então uma relação comprimento : largura de, no mínimo 2:1 (PHILIPPI e SEZERINO, 2004).

Algumas instituições têm desenvolvido, tecnologias como a Secretaria Municipal do Meio Ambiente de Niterói, o Centro Federal de Tecnologia do Paraná (CEFET/PR) e a Fundação Municipal 25 de Julho, de Joinville.

O Projeto desenvolvido pela Secretaria Municipal do Meio Ambiente de Niterói, utilizou o vegetal *Capim Napier* para formação da zona de raízes sob orientação da EMATER. Os pesquisadores estão estudando a possibilidade deste vegetal ser utilizado como alimento animal. A EMATER pesquisa ainda a viabilidade da substituição do *Capim Napier* por arroz, por suas características biológicas favoráveis e por permitir obtenção de uma maior absorção de nutrientes que o *Capim Napier*. Está sendo analisada também a possibilidade de utilizá-lo como alimento humano, que ao contrário do capim para utilização animal o arroz necessitaria de cozimento antes de ser utilizado, eliminando quaisquer microrganismos patogênicos.

A zona de raízes constitui-se por uma vala aberta no solo com 50 cm de profundidade permitindo a vazão do efluente por gravidade. O tanque é forrado com uma lona plástica e suas extremidades ao fundo, drenos de entrada e saída construídos de tubos de PVC com furos cobertos com brita. O leito filtrante delimitado pelas camadas de brita é formado por camadas intercaladas de saibro e areia, sendo a primeira e a última camadas confeccionadas de casca de cereais ou serragem. A caixa tem formato retangular, tendo sua largura e comprimento

obedecendo a razão de no mínimo 1 por 1 e no máximo 1 por 1,5. A taxa de aplicação utilizada no sistema é de $0,24\text{m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$.

O Centro Federal de Tecnologia do Paraná (CEFET/PR) desenvolveu um projeto para ser implantado na região das praias paranaenses, primeiramente em Ilha Rasa, em Guaraqueçaba, com o objetivo de se buscar uma espécie com características favoráveis para o sistema e que se adaptasse às condições de salinidade do local. A planta utilizada foi a *Cladium Mariscus*, natural da região e dotada de raízes abundantes. Substituiu-se ainda a pedra brita por conchas de ostra, que acabaram cumprindo a mesma função e com um custo bem menor, uma vez que é um recurso natural abundante no local (KAICK, 2002). Em Ilha Rasa optou-se por instalar um tanque com uma área de $1\text{ m}^2/\text{pessoa}$, o que gerou uma estrutura de 5 m^2 por 1m de profundidade, para atender uma residência de 5 pessoas.

As plantas foram fixadas sobre um filtro físico formado por uma camada de areia, que preencherá a base do filtro, ocupando de 30 a 40 cm de espessura complementando-o com cascalho ou pedra brita ou conchas até a altura de 20 a 30 cm. No fundo do filtro ficam acomodadas as tubulações, que captam o efluente tratado, conduzindo-o para a distribuição.

A Fundação Municipal 25 de Julho, em Joinville, testou um sistema de zona de raízes que utiliza a espécie de junco *Zizanopsis bonariensis brás*, com características semelhantes as demais espécies. O tanque filtro foi construído em concreto armado e impermeabilizado com geomembrana de polietileno de alta densidade, o leito filtrante constituiu-se de brita, areia, saibro ou cascalho, casca de arroz e junco.

Também para o tratamento do esgoto secundário para reúso, Mieli (2001), sugere o tratamento por sistema de filtração (ascendente), composto por:

- *Caixa de retenção de sólidos* – remover sólidos grosseiros suspensos e corpos flutuantes, através de gradeamento de seção quadrada. A limpeza é realizada manualmente.
- *Filtro* - cuja finalidade é eliminar as impurezas existentes nas águas servidas (Figura 2.3). O filtro compreende um leito filtrante que tem granulometria variada, brita nº 1 (camada de 0,20 m), brita zero (camada de 0,20 m), areia grossa lavada (camada de 0,30 m), areia fina lavada (camada de 0,30 m) e carvão (camada de 0,20 m) nesta ordem. O dispositivo de entrada da água é feito no sentido ascendente, através de

fundo falso com aberturas de 0,02 m, espaçados em 0,15 m entre si. A carga hidrostática mínima no filtro é de 1 kPa (0,10 m), portanto o nível da saída do efluente do filtro deve estar no mínimo 0,10 m abaixo do nível de saída da caixa de retenção de sólidos. O dispositivo de saída deve consistir em vertedor tipo calha e deve passar pelo centro da seção.

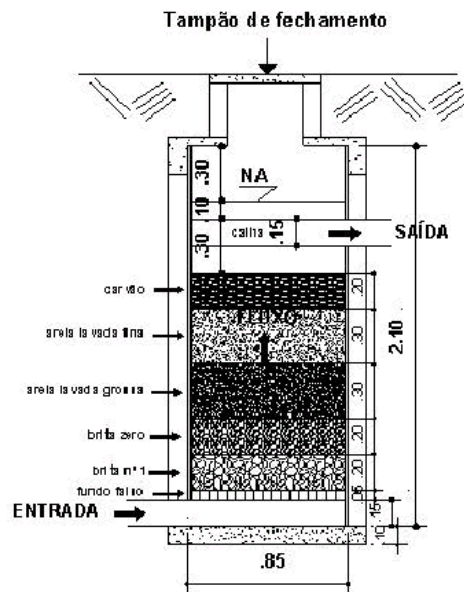


Figura 2.3 – Sistema de filtração, sugerido por Mieli, (2001).

Já Sousa (2001), apresenta tratamento por filtro lento de areia (Figura 2.4). A determinação da área superficial para atender a vazão de reúso definida na residência, é calculada através da equação 2.4.

$$A = \frac{Q}{T} \quad (2.4)$$

onde:

A é a área superficial do filtro (m²)

Q é a vazão de efluente (m³);

T é a taxa de filtração (m³/m².dia)

A Tabela 2.15 mostra as características físicas e operacionais do filtro.

Tabela 2.15 – Características físicas e operacionais do Filtro Lento de Areia.

Características	Dimensões
Altura da camada suporte (cm)	14,00
Altura do leito filtrante (cm)	76,00
Granulometria do leito filtrante (mm)	1,19 a 2,00
Altura total do filtro (cm)	180,00
Taxa de filtração ($\text{m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$)	0,30 a 0,58
Lâmina líquida aplicada (cm)	30,00 a 70,00

Segundo Sousa (2001), “o desempenho do filtro quanto a remoção de matéria orgânica (75% de eficiência de remoção de DQO¹¹) e sólidos (65% de eficiência de remoção de SSV¹²) se aproxima àqueles apresentados por digestores anaeróbios de alta taxa. No entanto, a eficiência de redução de microrganismos observada no filtro (99,9%) é bem superior àquela observada em digestores anaeróbio tipo UASB¹³ (90%)”.

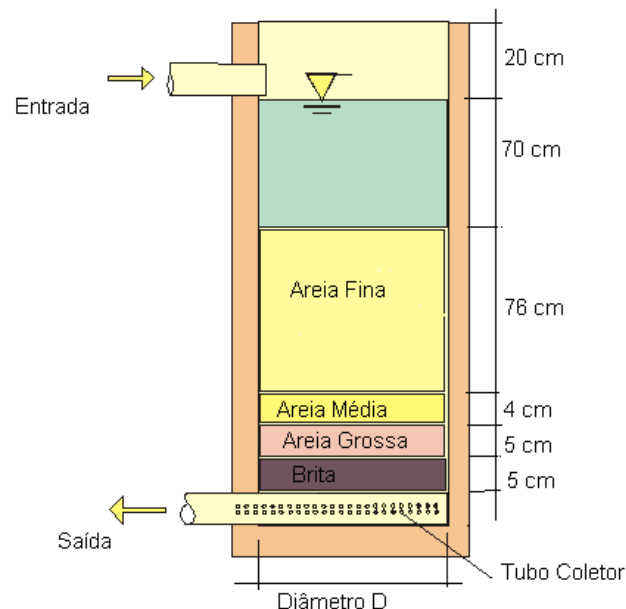


Figura 2.4 - Filtro lento de areia (Fonte: SOUSA, 2001).

¹¹ Demanda Química de Oxigênio.

¹² Sólidos em Suspensão Voláteis.

¹³ Reatores Anaeróbios de Fluxo Ascendente e Manta de Lodo (Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactors).

Após o tratamento, a água é armazenada em um reservatório inferior para posterior recalque ao reservatório superior por meio de moto-bomba.

Entre o reservatório superior de água de reúso e o barrilete do reservatório de água potável existe um sistema de “by-pass” que suprirá a falta de água de reúso com água potável para utilizar nas descargas de vasos sanitários e lavagens em geral.

2.5. ANÁLISE ECONÔMICA

Para a realização de uma análise econômica entre os dois sistemas alternativos de abastecimento domiciliar, deve-se levar em conta a implantação, a operação e a manutenção dos sistemas de aproveitamento de água da chuva e do reúso de água domiciliar.

Para dar suporte às decisões de investimento, com reflexos na escolha do sistema de abastecimento de água alternativo mais adequado, faz-se necessária a utilização dos métodos e critérios de avaliação econômica, escolhidos e aplicados convenientemente conforme a situação.

A seguir, serão abordados diferentes métodos de avaliação econômica, de forma a propiciar a escolha do melhor sistema e garantir a otimização dos recursos.

2.5.1. Método do Valor Presente Líquido (VPL)

O método do valor presente líquido (VPL) consiste no somatório de todas as entradas (receitas) e saídas (despesas) de um fluxo de caixa na data inicial. Este método também é chamado de valor de desconto ou valor descontado, motivo pelo qual a taxa mínima de atratividade, ou taxa de juros envolvidos recebe o nome de taxa de desconto (HIRSCHFELD, 1989).

O valor presente líquido é obtido aplicando-se a equação 2.5.

$$VPL_1 = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+i)^t} \quad (2.5)$$

onde:

VPL_1 é o valor presente líquido de um fluxo de caixa alternativo 1;

t é o número de períodos envolvidos em cada elemento da série de receitas e despesas do fluxo de caixa;

n é o número total de períodos de juros;

i é a taxa de desconto, ou taxa mínima de atratividade;

F_t é cada um dos diversos valores envolvidos no fluxo de caixa e que ocorrem no período t .

O melhor investimento é aquele que apresenta o maior valor presente líquido. Assim, entre duas alternativas, sendo $VPL_1 > VPL_2$, a alternativa VPL_1 é a escolhida.

2.5.2. Método do Valor Futuro Líquido (VFL)

Este método tem a finalidade de determinar um valor considerando o instante final, a partir de um determinado fluxo de caixa (HIRSCHFELD, 1989).

O valor futuro líquido (VFL) de uma alternativa 1, é o somatório dos vários valores futuros envolvidos (F) no fluxo de caixa desta alternativa (Equações 2.6 e 2.7).

$$F = P(1 + i)^t \quad (2.6)$$

Portanto:

$$VFL_1 = \sum_{t=1}^n P_t (1 + i)^t \quad (2.7)$$

onde:

VFL_1 é o valor futuro líquido de um fluxo de caixa da alternativa 1;

P_t é cada um dos diversos valores envolvidos no fluxo de caixa, considerados ocorridos, respectivamente, no seu instante zero;

t é o número de período envolvidos em cada elemento da série de receitas e despesas do fluxo de caixa;

n é o número total de períodos de juros;

i é a taxa de desconto, ou taxa mínima de atratividade;

O investimento escolhido é aquele que apresenta o maior valor futuro líquido.

2.5.3. Método da Taxa Interna de Retorno (TIR)

A taxa interna de retorno é a taxa de juros que torna nulo o valor presente líquido do fluxo de caixa de um determinado projeto (HIRSCHFELD, 1989). Portanto, utiliza-se a Equação 2.8.

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+i)^t} = 0 \quad (2.8)$$

As alternativas possíveis de análise, são aquelas cuja Taxa Interna de Retorno (TIR) é maior que a Taxa Mínima de Atratividade (TMA). Isto significa que este método possibilita a escolha preliminar entre um conjunto de alternativas, sendo selecionadas apenas aquelas que atendem ao critério: $TIR > TMA$. No entanto, o método não se resume apenas a essa aplicação, sendo um dos mais utilizados na avaliação de alternativas econômicas. A TMA representa a taxa a partir da qual o investidor considera que terá lucro.

2.5.4. Período de Retorno do Investimento

Também conhecido como “*payback*”, o Período de Retorno do Investimento é um dos métodos de avaliação de investimentos mais utilizados entre os administradores de empresas. Ele consiste na apuração do tempo necessário para que o somatório dos benefícios econômicos de caixa se iguale ao somatório dos dispêndios de caixa. Este método não considera os fluxos de caixa que ocorrem durante a vida econômica do investimento após o período de *payback* e, portanto, não permite chegar à conclusão de qual é o investimento que tem o melhor retorno entre os dois existentes. Mas pode ser utilizado como um limite para determinados tipos de projetos, combinado com outros métodos (HOJI, 2003).

O período de retorno do investimento, indicado pela letra p , é a relação entre o total do investimento (G) e o lucro anual médio (L) gerado pelo projeto (Equação 2.9).

$$p = \frac{G}{L} \quad (2.9)$$

2.5.5. Método Custo-Benefício

É largamente empregado na análise de obras públicas, cuja duração é longa e envolve aspectos sociais. Esse método pode ser aplicado em qualquer instante, inicial, final, ou num instante qualquer compreendido entre os dois extremos (HOJI, 2003).

A análise consiste em um balanço entre os custos e os benefícios. Os custos são avaliações específicas de dispêndios, gastos, despesas, pagamentos e tudo o mais que tende a endividar o empreendimento previsto. Os benefícios são avaliações específicas de receitas, faturamentos, dividendos e tudo o mais que tende a beneficiar o empreendimento previsto. Para o investimento ser viável economicamente deve-se obedecer a Equação 2.10.

$$B-C > 0 \quad (2.10)$$

onde:

B é o benefício;

C são os custos.

3. METODOLOGIA

Para a verificação da viabilidade econômica dos sistemas complementares de abastecimento de água em residências unifamiliares, tais como, aproveitamento da água de chuva e reúso de água (esgoto secundário), foi desenvolvida uma metodologia que compreende as seguintes etapas: descrição da região de estudo, levantamento de dados pluviométricos, levantamento do consumo diário de água “*in loco*” nas residências em estudo, determinação das áreas de cobertura, dimensionamento dos reservatórios para aproveitamento da água da chuva e para o reúso de água e análise econômica da viabilidade da implantação do sistema de aproveitamento da água da chuva, do reúso de água e ainda dos dois sistemas simultaneamente.

3.1. ÁREA DE ESTUDO

O município de Palhoça localiza-se a 15 km de Florianópolis entre o litoral e a Serra do Mar, no meridiano 48°40’04” de longitude oeste e paralelo 28° 38’ 43” de latitude sul. Possui uma área de 323 km², sendo que 73,0% do território é considerado Área de Preservação Permanente. A população total do município, segundo o IBGE (2004), é de 113312 habitantes. As delimitações do município são: ao norte São José, ao sul Paulo Lopes, ao leste o Oceano Atlântico e ao oeste Santo Amaro da Imperatriz (PALHOÇA, 2004).

Palhoça está a três metros acima do nível do mar, em uma planície litorânea com mangues, restingas e maciços rochosos da Serra do Mar. O clima, segundo Köppen, é úmido com temperatura média anual de 25°C. A precipitação média anual, de 1969 a 2002, segundo CLIMERH/EPAGRI é de 1706 mm.

Na Figura 3.1 pode-se observar a posição geográfica do município de Palhoça no mapa de Santa Catarina.

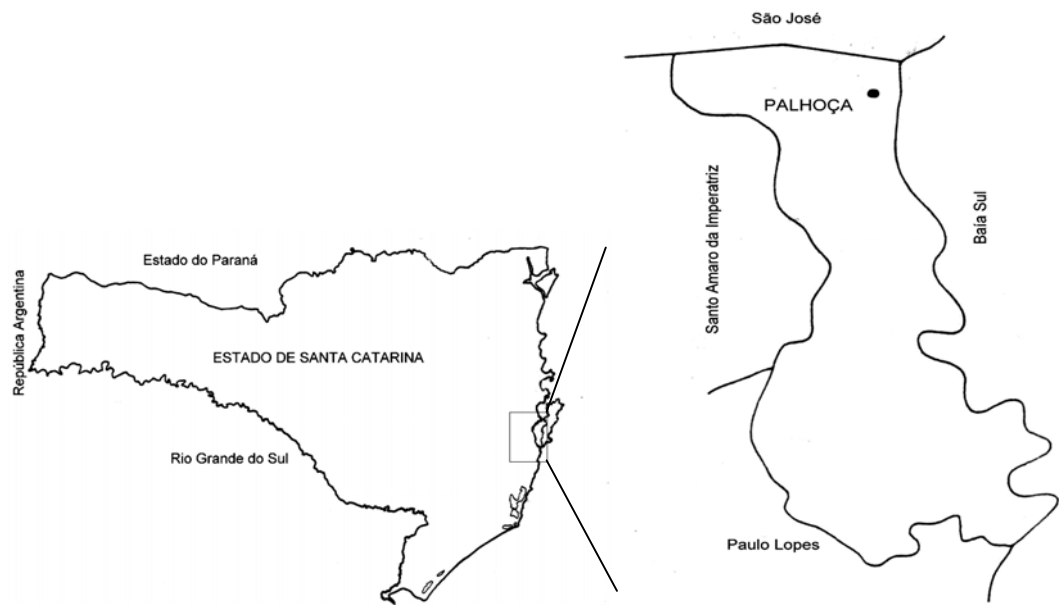


Figura 3.1 – Ilustração da posição geográfica da cidade de Palhoça/SC.

3.2. OBJETOS DE ESTUDO

O estudo foi realizado em duas residências unifamiliares de um pavimento, cujas características estão apresentadas na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Características das residências em estudo.

Residência	Número de Moradores	Área Construída (m ²)	Características
1	3	131,36	Sala de estar e jantar, cozinha, área de serviço, garagem, um banheiro e 4 quartos
2	2	143,27	Sala de estar e jantar, cozinha, área de serviço, sala de TV, escritório, garagem, lavabo, 2 banheiros e 2 quartos

As residências estão distantes entre si aproximadamente 2 km. Na residência 1 (Figura 3.2), apenas um dos moradores não trabalha (mulher) e fica praticamente todos os dias em casa. Nos dias úteis há uma rotina diária, com consumo de água maior no início da manhã e da noite, quando todos os moradores estão em casa. Nos finais de semana há alteração desta rotina, sendo que dois dos moradores permanecem em casa durante todo o final de semana e um deles praticamente não fica na residência.

Na residência 2 (Figura 3.3), um dos moradores trabalha todo o dia enquanto o outro permanece na residência. Esta rotina é quebrada nos finais de semana, quando na maioria das vezes, a família vai para a casa de praia ou viaja. Durante os dias de semana, o consumo de água é maior no início da manhã, quando as pessoas acordam e se preparam para sair, e à noite quando chegam em casa e vão fazer suas higiênes pessoais e as tarefas domésticas.

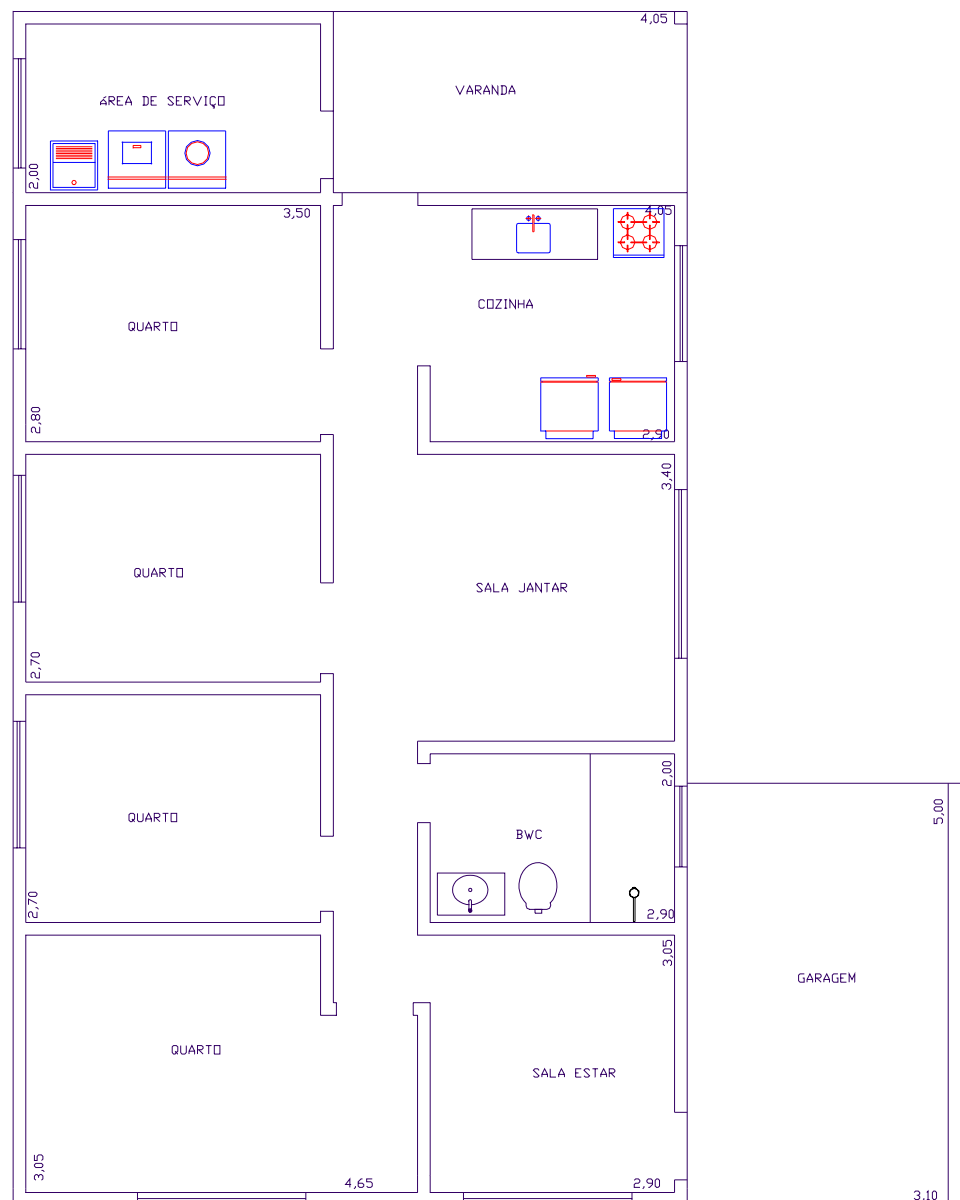


Figura 3.2. – Planta baixa da residência 1.

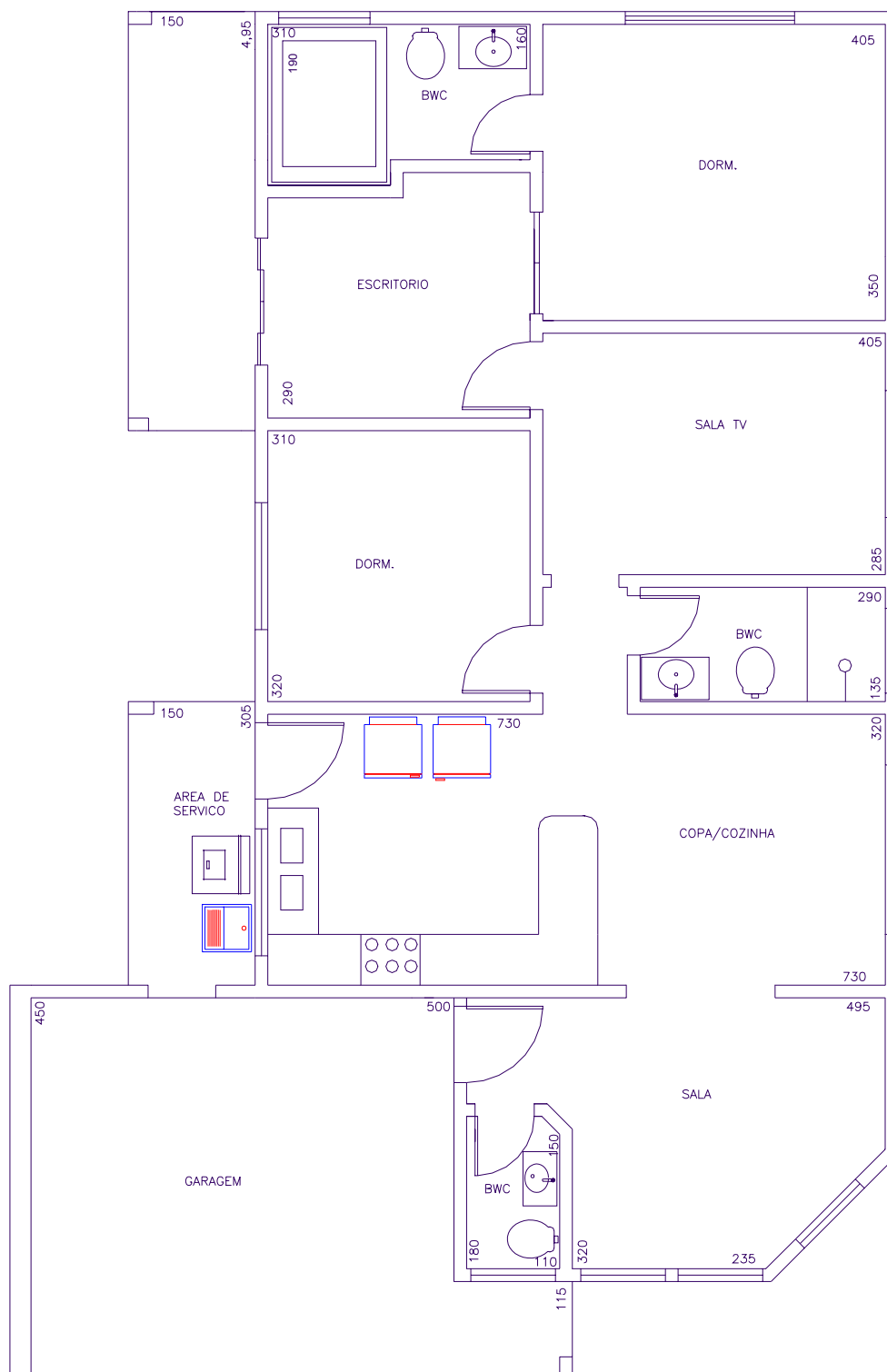


Figura 3.3 – Planta baixa da residência 2.

Na residência 1, os pontos de consumo de água estão localizados no banheiro, na cozinha e na área de serviço. O banheiro possui um chuveiro elétrico, um lavatório, um vaso sanitário com uma descarga do tipo válvula. Na cozinha, há uma torneira na pia. Na área de serviço, há uma máquina de lavar roupa que utiliza 100 litros de água por ciclo e uma torneira no tanque. Já na residência 2, os pontos de consumo de água estão situados em três banheiros, na cozinha e na área de serviço. Nos três banheiros há dois chuveiros, três torneiras para lavatório, sendo duas com misturadores e três descargas sanitárias. Na cozinha, há uma torneira com misturador e na área de serviço há uma máquina de lavar roupas (consumo de 80 litros de água por ciclo) e uma torneira no tanque. Em ambas residências praticamente não se utiliza a água potável para a lavagem de calçadas, garagens, carros e rega de jardins. O aproveitamento da água utilizada pelas máquinas de lavar roupa já acontece nas residências em estudo, através do armazenamento em tanques para posterior reaproveitamento na lavagem de calçadas, garagens e tapetes.

3.3. DADOS PLUVIOMÉTRICOS

Os dados pluviométricos utilizados neste trabalho foram coletados da Estação Meteorológica de São José – São José/SC (Grande Florianópolis), que está em funcionamento desde 1911. Estes dados incluem informações sobre precipitações diárias de 01/01/1969 a 31/12/2002. A escolha desta estação meteorológica se deu por ser esta a estação mais próxima do município de Palhoça/SC e possuir grande volume de informações, armazenados pela CLIMERH/EPAGRI.

3.4. LEVANTAMENTO DO CONSUMO DE ÁGUA

3.4.1. Consumo medido pela CASAN

Nas residências em estudo, foram avaliados os consumos mensais de água a partir dos dados registrados nas faturas mensais da CASAN (Companhia Catarinense de Água e Saneamento) no período de 21 meses (setembro de 2003 a abril de 2005).

3.4.2. Leituras no Hidrômetro

Foram realizadas leituras diárias nos hidrômetros no período de 1 a 28 de fevereiro de 2005. Neste mês, também foi avaliado o consumo de água por uso final nas duas residências em estudo. Estes dados foram comparados entre si.

3.4.3. Levantamento das Frequências e Tempos de Uso dos Aparelhos Hidro-sanitários

A determinação do consumo de água por uso final em cada residência, se deu através da observação “*in loco*” do consumo de cada morador, em cada aparelho hidro-sanitário. O levantamento consistiu em anotações em planilha por parte dos moradores, todas as vezes em que os aparelhos hidro-sanitários foram utilizados. Anotou-se, também, o tempo de uso em cada aparelho. As planilhas foram fixadas nas cozinhas, banheiros e áreas de serviço, contendo o nome dos moradores, o dia, o uso, o tempo inicial e o tempo final de uso de cada aparelho hidro-sanitário. No Apêndice 1, pode-se observar o modelo de planilha utilizada no levantamento de frequência e tempo de uso dos aparelhos hidro-sanitários.

Na residência 1, as anotações de consumo foram realizadas diretamente pelos moradores, com exceção dos consumos efetuados na cozinha e na área de serviço, que foram registrados pela dona da casa. Na residência 2, onde residem duas pessoas, o consumo dos dois moradores foi registrado por apenas um deles.

3.4.4. Vazões

Realizou-se, também, a estimativa da vazão consumida em cada aparelho utilizando-se um recipiente com volume conhecido e cronometrando-se o tempo gasto no enchimento. Esta estimativa foi realizada abrindo-se as torneiras e chuveiros nas vazões normalmente utilizadas pelos moradores. O valor da vazão de cada aparelho foi determinado a partir de uma média de três vazões medidas. Dada a dificuldade de se reproduzir com precisão a pressão exercida sobre as válvulas de descarga, para os vasos sanitários não foram realizadas medições. Adotou-se o valor de vazão de 1,7 litros por segundo, conforme recomendado pela norma NBR 5626 (ABNT, 1998).

3.4.5. Estimativa do Consumo de Água

A partir das frequências, do tempo de uso e da vazão em cada aparelho hidro-sanitário (chuveiro, lavatório, torneira da cozinha e fazer a barba) foram determinados os consumos diários por morador, através da equação 3.1.

$$C_d = F \times T \times Q \quad (3.1)$$

onde:

C_d é o consumo diário de água do aparelho (litros/dia);

F é a frequência diária de uso do aparelho (vezes/dia);

T é o tempo médio diário de uso do aparelho (segundos/dia);

Q é a vazão do aparelho (litros/segundo).

Nas máquinas de lavar roupa, o consumo diário foi determinado a partir da equação 3.2, onde se considera a frequência de uso e da vazão da máquina por ciclo.

$$C_{dMLR} = F \times Q_{ciclo} \quad (3.2)$$

onde:

C_{dMLR} é o consumo diário de água na máquina de lavar roupa (litros/dia);

F é a frequência diária de uso do aparelho (vezes/dia);

Q_{ciclo} é a vazão do aparelho (litros/ciclo), que para a residência 1 é de 100 l/ciclo e para a residência 2, é 80 l/ciclo.

O consumo mensal (Equações 3.3 a 3.8) em cada aparelho hidro-sanitário foi determinado somando-se os consumos diários determinados pelas equações 3.1 e 3.2.

$$C_{mCH} = \sum C_{dCH} \quad (3.3)$$

$$C_{mLV} = \sum C_{dLV} \quad (3.4)$$

$$C_{mVS} = \sum C_{dVS} \quad (3.5)$$

$$C_{mMLR} = \sum C_{dMLR} \quad (3.6)$$

$$C_{mPC} = \sum C_{dPC} \quad (3.7)$$

$$C_{mB} = \sum C_{dB} \quad (3.8)$$

onde:

C_{mCH} é o consumo mensal diário no chuveiro (litros/mês);

C_{mLV} é o consumo mensal diário no lavatório (litros/mês);

C_{mVS} é o consumo mensal diário no vaso sanitário (litros/mês);

C_{mMLR} é o consumo mensal diário na máquina de lavar roupas (litros/mês);

C_{mPC} é o consumo mensal diário na pia da cozinha (litros/mês);

C_{mB} é o consumo mensal diário para fazer barba (litros/mês);

3.5. ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

Respostas imprecisas dos moradores na frequência e tempo de utilização dos aparelhos hidro-sanitários podem acarretar erros na estimativa dos consumos de água nas residências. A vazão dos vasos sanitários possivelmente, também é uma fonte de erros, pois esta vazão não foi medida como nos demais aparelhos hidro-sanitários. Para verificar quanto a imprecisão de uma resposta pode influenciar o resultado final, fez-se uma análise de sensibilidade para a frequência e tempo de uso dos chuveiros, lavatórios, para fazer a barba e vasos sanitários, sendo que neste último fez-se também análise de sensibilidade para a vazão. Aplicou-se variações sobre a frequência e tempo de uso dos aparelhos e também na vazão do vaso sanitário e, com isto, pode-se verificar a influência de cada aparelho hidro-sanitário sobre o consumo total de cada residência. As variações adotadas de frequência e tempo de utilização dos aparelhos e vazão do vaso sanitário estão apresentadas na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Variações de frequência, tempo de uso e vazão dos aparelhos hidro-sanitários para análise de sensibilidade.

Aparelhos	Parâmetros	Residência 1	Residência 2
Vaso Sanitário	Vazão	0,1 litros por segundo	0,1 litros por segundo
Vaso Sanitário	Frequência	1 vez	1 vez
Vaso Sanitário	Tempo	1 segundo	1 segundo
Chuveiro	Frequência	0,2 vez	0,2 vez
Chuveiro	Tempo	1 minuto	1 minuto
Lavatório	Frequência	1 vez	1 vez
Lavatório	Tempo	1 segundo	1 segundo
Barba	Frequência	0,2 vez	0,2 vez
Barba	Tempo	0,5 minuto	0,5 minuto

3.6. SISTEMA DE COLETA E ARMAZENAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA

3.6.1. Determinação das áreas da cobertura

Para o aproveitamento da água de chuva faz-se necessário o levantamento das áreas de telhado das duas residências. A determinação destas áreas se fez através da análise das plantas da cobertura.

3.6.2. Coleta de Água dos Telhados

As águas pluviais são coletadas por calhas e conduzidas até o reservatório inferior através de condutores verticais, dimensionados de acordo com a NBR 10844 (ABNT, 1989). Esta norma trata das instalações prediais de águas pluviais.

3.6.3. Reservatório para Água de Chuva

A estimativa do volume do reservatório para a acumulação da água de chuva coletada será baseada no levantamento das áreas de contribuição da cobertura das residências, no consumo diário de água por habitante, na precipitação da região em estudo e no coeficiente de aproveitamento da água de chuva. Este coeficiente representa o percentual de água de chuva que é armazenada, pois o restante é considerado necessário para a limpeza do telhado, das calhas e tubulações e para a evaporação. Para este estudo, adotar-se-á que 80% da água que cai sobre o telhado será coletada.

Para o presente estudo fez-se uso de uma planilha eletrônica Excel e do algoritmo do programa “*Netuno*”, desenvolvido em 2004 (NETUNO, 2004) para o dimensionamento de reservatórios de água de chuva coletada. Através deste programa é possível determinar o percentual de economia, relativo ao consumo de água estimado para o aproveitamento da água da chuva para um dado volume de reservatório. Desta forma, é possível testar a economia oferecida para diversos volumes de reservatório até se obter aquele que oferece o maior percentual de economia com menor custo.

O uso da equação 3.9 permite determinar a quantidade diária de água de chuva consumida em uma residência, a Equação 3.10, o volume de água de chuva a

ser coletado por um determinado telhado e a Equação 3.11, o volume de água da chuva acumulado no tempo t.

$$C_{d\text{ Res}} = P_{AC} \times C_{\text{per capita}} \times n \quad (3.9)$$

onde:

$C_{d\text{ Res}}$ é o consumo diário de água de chuva na residência (litro/dia);

P_{AC} é a porcentagem do consumo total da residência que pode ser substituída por água da chuva (%), obtido através do levantamento dos usos finais na residência;

$C_{\text{per capita}}$ é o consumo per capita da residência (l/pessoa por dia) e

n é o número de moradores da residência.

$$V_{AC} = P \times A_C \times C_{AC} \quad (3.10)$$

onde:

V_{AC} é o volume coletado de água de chuva (l/dia);

P é a precipitação diária (mm/dia);

A_C é a área de contribuição do telhado (m^2);

C_{AC} é o coeficiente de aproveitamento da água de chuva.

$$V_t = V_{t-1} + V_{AC} - C_{d\text{ Res}} \quad (3.11)$$

onde:

V_t é o volume de água acumulada no tempo t ($V_t \geq 0$);

V_{t-1} é o volume de água acumulado no tempo t-1;

V_{AC} é o volume de água de chuva coletado no tempo t;

$C_{d\text{ Res}}$ é o consumo diário de água de chuva na residência no tempo t.

O volume diário de água captada menos o volume diário consumido na edificação fornece o volume de água não utilizado (sobra). Este valor somado ao volume de água captado no dia seguinte resulta no volume disponível para uso. Realizando-se a soma dos volumes de água disponível para uso e do volume de água consumido, chega-se a um valor máximo de água armazenada, o qual corresponde ao volume de acumulação do reservatório.

A simulação dos volumes acumulados será realizada utilizando-se precipitações diárias, para um período de tempo de 33 anos (1969 a 2002) e também

consumos de água diários. Na série histórica de precipitação, onde há falhas, será preenchido com valor zero, supondo não ter havido precipitação naquele dia, favorecendo a segurança.

Em cada residência haverá dois reservatórios, um inferior que será dimensionado para o armazenamento da água de chuva coletada e outro superior que será usado apenas para distribuição de água para os pontos de consumo. O reservatório inferior será de fibra de vidro enterrado no terreno. O descarte da primeira água de chuva será efetuado por um determinado comprimento de tubulação localizado antes da entrada da água no reservatório. A primeira chuva fica retida neste tubo evitando que grande parte das impurezas cheguem ao reservatório. Para a retenção de resíduos maiores será instalada na saída das calhas uma grelha flexível em PVC.

Na extremidade da tubulação de entrada de água no reservatório será instalada uma redução e um joelho de 90° com diâmetro maior que a tubulação de entrada. O aumento de área diminui o impacto da água de chuva coletada com o fundo do reservatório, evitando-se assim a agitação de partículas depositadas (Figura 3.4)

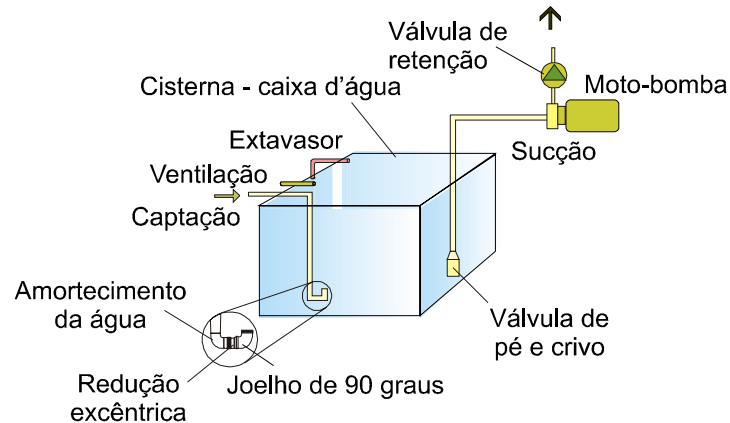


Figura 3.4 – Ilustração de um reservatório típico

O reservatório superior será alimentado através de um sistema moto-bomba. Entre o reservatório superior de água da chuva e o reservatório de água potável deverá existir um sistema de “*by pass*” que suprirá a falta de água da chuva com água potável.

3.7. RESERVATÓRIO PARA REÚSO DE ÁGUA

Os volumes dos reservatórios para reúso estão relacionados ao volume de esgoto secundário (água de banho, lavatório, máquina de lavar roupas e água de fazer a barba) gerado nas residências. Estes volumes serão determinados através de levantamento “*in loco*” do consumo de água.

Em cada residência haverá dois reservatórios: um inferior dimensionado para o armazenamento de água de reúso, e um superior usado apenas para distribuição de água nos pontos de consumo. O reservatório inferior será de fibra de vidro e enterrado no terreno. Antes de entrar no reservatório, o esgoto secundário deverá passar por uma caixa de remoção de areia para a retenção de resíduos que por ventura tenham vindo com o efluente e por um sistema de tratamento com plantas denominado de Zona de Raízes. Após o armazenamento da água tratada, ela será levada até o reservatório superior através de um sistema moto-bomba e em seguida distribuída.

3.8. TRATAMENTO DA ÁGUA PARA REÚSO

As águas eliminadas através do uso dos chuveiros, dos lavatórios, das máquinas de lavar roupa e de fazer a barba serão captadas através de coletor de esgoto independente e direcionadas para um sistema de tratamento com plantas (Zona de Raízes).

Os tanques são forrados com uma manta plástica para impedir o vazamento e contato dos efluentes com o solo. A espécie vegetal adotada foi o junco *Zizanopsis bonariensis* brás., uma espécie vegetal local avaliada em pesquisa realizada pela Fundação Municipal 25 de Julho de Joinville e por pesquisadores da UFSC (PHILIPPI e SEZERINO, 2004). O leito filtrante, delimitado por camadas de casca de ostra, resíduo abundante na região de estudo, é formado por camadas intercaladas de saibro e areia, sendo a última e a primeira camadas formadas por casca de arroz ou serragem.

No dimensionamento do sistema adotou-se 0,8 m²/pessoa com profundidade de 0,60m, como apresentado na revisão bibliográfica.

3.9. ANÁLISE ECONÔMICA

Para a estudo de viabilidade econômica, a determinação dos custos relativos à implantação dos sistemas de abastecimento de água (água de chuva e reúso), custos com água potável e custos com energia elétrica deve ser realizada, além da economia de água gerada com a implantação destes sistemas.

3.9.1. Custos de Água Potável

Através do consumo de água mensal (fevereiro de 2005) levantado nas residências, obteve-se o custo com água potável, levando-se em consideração o valor cobrado pela CASAN neste período (Equação 3.12).

Na Tabela 3.3, ilustra-se os valores (em reais) cobrados pela CASAN, para consumo de água residencial.

Tabela 3.3 – Valor cobrado pela CASAN, pelo consumo de água residencial.

Consumo (m ³)	Tarifa (R\$/m ³)
0 a 10 m ³	1,7050
11 a 25 m ³	2,9750
Acima de 26 m ³	4,0640

Na região em estudo não há cobrança de taxa de esgoto na fatura de água.

$$C_{AP} = C_m \times V \times 12 \quad (3.12)$$

onde:

C_{AP} é o custo com água potável, antes da implantação do sistema de aproveitamento da água da chuva ou reúso (R\$/ano);

C_m é o consumo mensal de água na residência (m³/mês);

V é o valor cobrado pela CASAN pela água potável consumida (R\$/m³).

3.9.2. Custos de Implantação do Sistema de Aproveitamento da Água da Chuva e do Reúso de Água

Na determinação dos custos de implantação do sistema de aproveitamento da água de chuva e do sistema de reúso de água deverá ser realizado um levantamento

de materiais e acessórios necessários para a instalação, e em seguida uma pesquisa de preços em lojas especializadas. Na Tabela 3.4 estão listados os materiais que devem ser orçados.

Tabela 3.4 – Materiais que devem ser orçados.

Água de Chuva	Reúso de Água
Calha	Tubulação de coleta
Grelha flexível	Caixas de passagem
Caixa de areia	Caixa para areia
Reservatório inferior	Sistema de tratamento por raízes (Zona de Raízes)
Moto-bomba	Caixa de areia
Tubulação de recalque	Reservatório inferior
Reservatório superior	Moto-bomba
Tubulação de distribuição	Tubulação de recalque
	Reservatório superior
	Tubulação de distribuição

3.9.3. Custos de Energia Elétrica

Uma vez selecionado o sistema de bombeamento através dos catálogos dos fabricantes e estimando-se o tempo de funcionamento do sistema é possível determinar o consumo da bomba. Com esta informação e com o valor cobrado pela CELESC pela energia elétrica, determina-se o custo de energia elétrica para o enchimento do reservatório superior, no sistema de aproveitamento da água de chuva e para o reúso de água (Equação 3.13).

$$C_{EL} = E \times t \times V \times 12 \quad (3.13)$$

onde:

C_{EL} é o custo anual da energia para o funcionamento do sistema moto-bomba (R\$);

E é o consumo de energia elétrica da moto-bomba (kWh);

t é o tempo de funcionamento da moto-bomba (h/mês);

V é o valor cobrado pela CELESC, pela energia elétrica consumida (R\$/kWh).

Tabela 3.5 – Valor cobrado pela CELESC, pelo consumo de energia elétrica residencial.

Classificação	Consumo (kWh)	Tarifa (R\$/kWh)
Residencial Baixa Renda	Até 30	0,11805
	31 a 100	0,20228
	101 a 150	0,30348
	151 a 160	0,35608
	161 a 220	0,39567
Residencial Normal	Até 150	0,33722
	Acima de 150	0,39567

Fonte: CELESC, (2005).

3.9.4. Economia de Água

A economia de água potável com a implantação do sistema de aproveitamento da água de chuva, com o reúso de água, e com água de chuva e reúso simultaneamente, será obtida através da Equação 3.14.

$$E_{\text{água}} = C_m \times P \times V \times 12 \quad (3.14)$$

onde:

$E_{\text{água}}$ é a economia com água potável, após a implantação do sistema de aproveitamento da água da chuva ou reúso (R\$/ano);

C_m é o consumo mensal de água na residência ($\text{m}^3/\text{mês}$);

P é a porcentagem do consumo de água que será substituída por água da chuva ou reúso;

V é o valor cobrado pela CASAN pela água potável consumida (R\$/ m^3).

3.9.5. Métodos para Análise Econômica

A análise de viabilidade econômica de investimento para o sistema de aproveitamento da água de chuva, para o reúso de água e para os dois juntos será realizada utilizando-se o Método do Valor Presente e o Período de Retorno do Investimento (*Payback*), segundo apresentado na revisão bibliográfica.

4. RESULTADOS

Para o estudo de viabilidade de implantação dos sistemas de aproveitamento de água de chuva e reúso de água em residências unifamiliares, realizou-se um levantamento de usos finais de água em duas residências no município de Palhoça. A partir da determinação destes usos finais pode-se determinar o volume de água necessário para o aproveitamento da água de chuva (consumo na máquina de lavar roupas e vaso sanitário) e o volume de esgoto secundário disponível para reúso. Após a determinação destes volumes, dimensiona-se os sistemas para a água de chuva e para o reúso de água, e então é realizada a análise econômica para a determinação da viabilidade dos sistemas.

4.1. LEVANTAMENTO DO CONSUMO MEDIDO PELA CASAN

A análise do consumo medido pela concessionária de água (CASAN - Companhia Catarinense de Água e Saneamento), foi realizado nos meses de setembro de 2003 a abril de 2005. Na residência 2, de setembro de 2003 a abril de 2004 não havia hidrômetro, logo era cobrada a taxa mínima de consumo de água que é de 10 m³. A partir de maio de 2004 já se tem o consumo real da edificação. Nos consumos medidos pela CASAN, verificou-se que os períodos de leitura dos hidrômetros eram feitos com regularidade, apresentando uma frequência de aproximadamente 30 dias.

Na residência 1, observou-se uma média mensal de 14700 litros, com valores maiores nos meses de verão (Figura 4.1). Nesta residência, no período de setembro de 2003 a abril de 2004 moravam cinco pessoas, de maio a setembro de 2004 eram 4 os moradores, outubro e novembro de 2004 novamente cinco moradores e de dezembro em diante apenas 3 pessoas. Os picos de consumo que ocorrem de maio a setembro de 2004, foram devidos a usos de água sem nenhum controle na residência, principalmente na máquina de lavar roupa, pois a dona da casa que controlava os gastos estava viajando por motivo de doença na família, já em outubro e novembro de 2004, apesar de ter cinco pessoas na residência os consumos diminuíram, pois já havia um controle maior no consumo de água na residência. No período de dezembro de 2004 a abril de 2005, os consumos apresentam-se altos, apesar de residirem apenas 3 pessoas; isto se deve a meses mais quentes, onde as pessoas consomem

quantidade maior de água; o mesmo pode-se verificar nos meses de dezembro a abril de 2004.

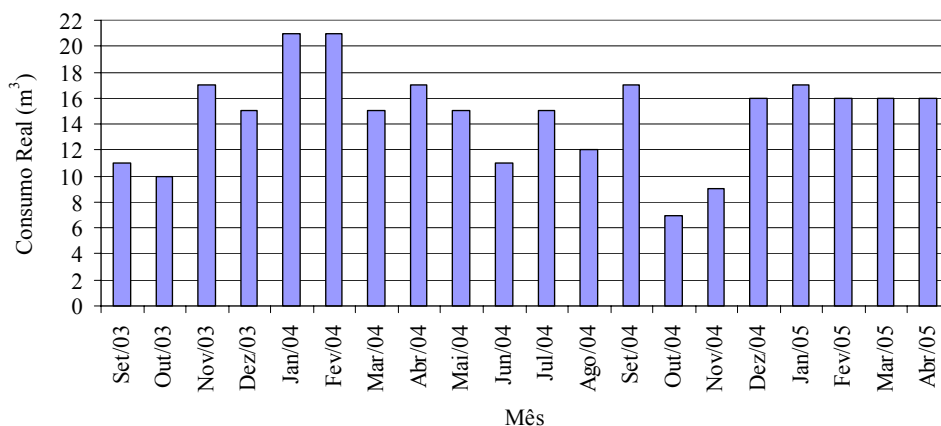


Figura 4.1 – Consumo mensal medido pela concessionária de água (CASAN) para a residência 1.

A média mensal de consumo de água na residência 2 foi de 9000 litros para o período completo e de 8330 litros para o período onde se tem o consumo real da residência (maio de 2004 a abril de 2005), apresentando-se os maiores picos nos meses de janeiro e março de 2005 (Figura 4.2).

Na residência 2, como os consumos medidos ficaram inferiores a 10 m³, a CASAN tem cobrado o consumo mínimo de água.

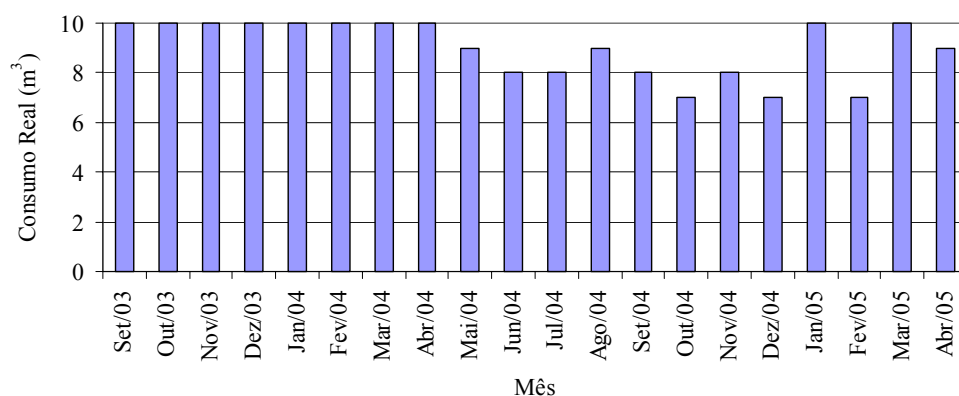


Figura 4.2 – Consumo mensal medido pela concessionária de água (CASAN) para a residência 2.

4.1.1. Consumo *Per Capita*

Para cada residência em estudo determinou-se também o total de água consumida em litros/pessoa por dia, fazendo-se a razão entre o consumo diário de água na residência pelo número de moradores. Para a determinação do consumo diário de água, utilizou-se o consumo mensal medido pela CASAN dividido pelo número de dias entre as leituras realizadas mensalmente nas residências.

As Figuras 4.3 e 4.4 mostram os resultados dos consumos per capita nas residências 1 e 2, respectivamente. A média de consumo *per capita* na residência 1 foi de aproximadamente 117,0 litros/pessoa por dia e na residência 2, de 124,0 litros/pessoa por dia.

Observando-se a Figura 4.3, em relação à residência 1, os maiores consumos per capita ocorreram nos meses de dezembro de 2004 a abril de 2005, meses com as maiores temperaturas, apresentando-se uma média de 175,7 litros/pessoa por dia.

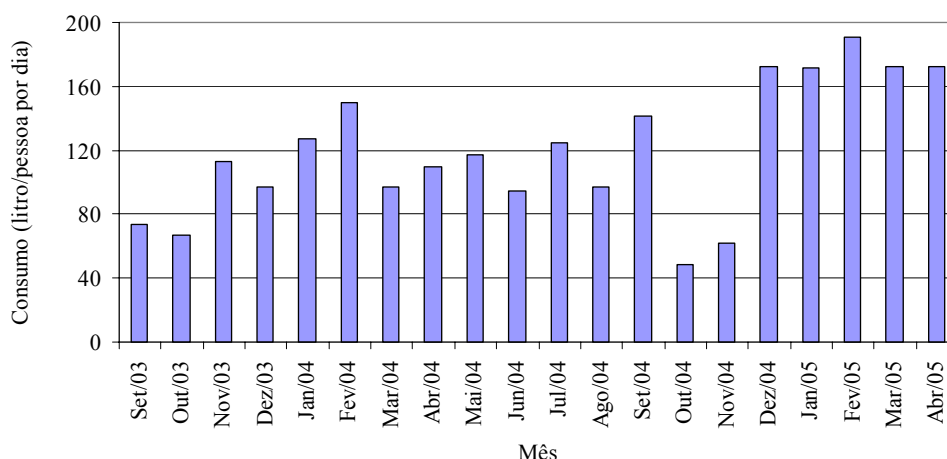


Figura 4.3 – Consumo de água per capita na residência 1.

Na residência 2, o consumo per capita variou menos do que na residência 1, com valor menor no mês de outubro de 2004 (109,4 litros/pessoa por dia) e maior em janeiro de 2005 (156,2 litros/pessoa por dia). Em janeiro de 2005, constatou-se um vazamento de água, o que contribuiu para um aumento no consumo desta residência.

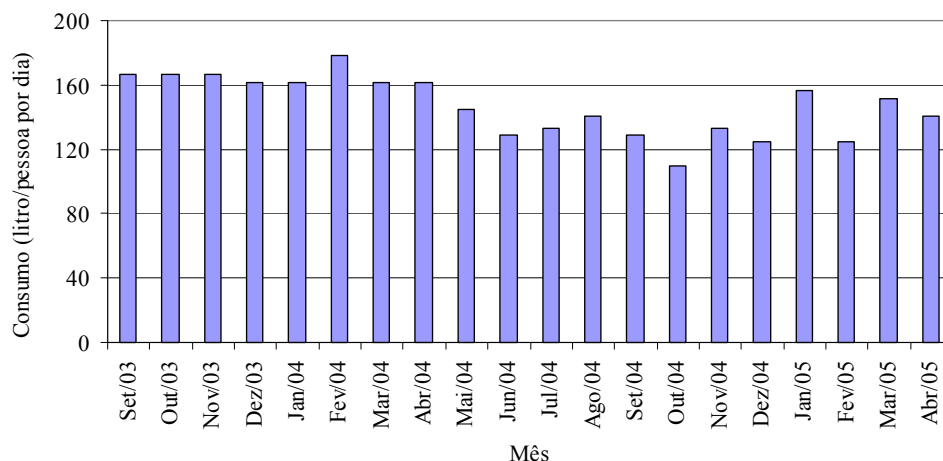


Figura 4.4 – Consumo de água per capita na residência 2.

4.2. LEVANTAMENTO DO CONSUMO DE ÁGUA

4.2.1 Frequências e Tempos de Uso dos Aparelhos Hidro-sanitários

Para o levantamento do consumo diário de água obteve-se primeiramente as frequências e os tempos de uso em cada aparelho hidro-sanitário por morador. As planilhas com estes resultados estão apresentadas no Apêndice 2. Nas Tabelas 4.1 a 4.4 podem ser vistos os resumos das frequências e dos tempos médios de uso dos aparelhos hidro-sanitários por morador em cada residência.

O levantamento de consumo de água nas residências em estudo foi realizado em um período de 28 dias (1 a 28 de fevereiro de 2005). A determinação da frequência de uso total em cada aparelho hidro-sanitário foi realizada somando-se as frequências de uso diárias dos 28 dias. Na residência 1, um dos moradores (“H₂”) encontrou-se na edificação apenas 24 dos 28 dias do período de levantamento de consumo de água, enquanto que os moradores da residência 2, estiveram na edificação 23 dias neste período.

As frequências médias de uso em cada aparelho hidro-sanitário por pessoa, no período do levantamento de consumo de água, foi determinada através da razão entre a frequência de uso total e o número de dias em que cada pessoa esteve na residência. O tempo médio de uso de cada aparelho, também, foi determinado realizando-se a razão entre os tempos totais de uso do aparelho no período e o número de dias em que cada pessoa usou o aparelho.

A Tabela 4.1, mostra o resumo das frequências e tempos de uso dos aparelhos hidro-sanitários por morador na residência 1.

Tabela 4.1 – Resumo das frequências e tempos de uso dos aparelhos hidro-sanitários por morador na residência 1.

Aparelho	Morador H ₁ *			Morador M*			Morador H ₂ *		
	Frequência de Uso (vez/dia)		Tempo Médio de Uso (s)	Frequência de Uso (vez/dia)		Tempo Médio de Uso (s)	Frequência de Uso (vez/dia)		Tempo Médio de Uso (s)
	Total	Média		Total	Média		Total	Média	
Chuveiro	38	1,36	475,71	42	1,50	462,86	38	1,58	687,50
Lavatório	177	6,32	7,46	245	8,75	7,71	99	4,13	9,29
Vaso Sanitário	108	3,86	6,93	177	6,32	6,93	77	3,21	7,21
Barba	8	0,29	210,00	-	-	-	6	0,25	230,00

* H₁ e H₂ representam os homens da residência e M, a mulher.

Na Tabela 4.2, estão apresentados as médias das frequências e tempos de uso da máquina de lavar roupa e da torneira da cozinha. Estes valores foram levantados pela dona da residência, e representam o uso de todos os moradores.

Tabela 4.2 – Resumo das frequências e tempos de uso na máquina de lavar roupa e na torneira da cozinha, na residência 1.

Aparelho	Frequência de Uso (vez/dia)		Tempo Médio de Uso (s)
	Total	Média	
Máquina de Lavar Roupa	10	0,36	-
Torneira da Cozinha	75	2,68	220,71

As frequências e tempos médios de utilização dos aparelhos hidro-sanitários da residência 2, estão apresentados nas Tabelas 4.3 e 4.4. Como na residência 1, os dados da máquina de lavar roupa e torneira da cozinha de todos os moradores estão representados juntos na Tabela 4.4.

Tabela 4.3 – Resumo das frequências e tempos de uso dos aparelhos hidro-sanitários por morador na residência 2.

Aparelho	Morador M*			Morador H*		
	Frequência de Uso (vez/dia)		Tempo Médio de Uso (s)	Frequência de Uso (vez/dia)		Tempo Médio de Uso (s)
	Total	Média		Total	Média	
Chuveiro	27	1,17	409,57	25	1,09	545,22
Lavatório	144	6,26	7,74	74	3,22	8,04
Vaso Sanitário	105	5,00	5,09	75	3,26	6,04
Barba	-	-	-	20	0,87	260,87

* H = homem e M = mulher.

Tabela 4.4 – Resumo das frequências e tempos de uso na máquina de lavar roupa e na torneira da cozinha, na residência 2.

Aparelho	Frequência de Uso (vez/dia)		Tempo Médio de Uso (s)
	Total	Média	
Máquina de Lavar Roupa	7	0,30	-
Torneira da Cozinha	48	2,09	226,96

4.2.2. Vazões

As vazões médias obtidas nas medições das residências em estudo apresentam-se nas Tabelas 4.5 e 4.6. Para o vaso sanitário não realizou-se medição de vazão, devido a dificuldade de realização da mesma, portanto adotou-se o valor de 1,7 l/s, recomendado pela NBR 5626 (ABNT, 1998).

Para medir as vazões em cada aparelho hidro-sanitário utilizou-se um recipiente de volume conhecido e mediu-se o tempo em que o mesmo levou para encher. Esse processo foi realizado três vezes em cada aparelho e então utilizada a média destes valores no levantamento de consumo de água. Comparando-se as vazões de consumo dos moradores em cada aparelho hidro-sanitário, observa-se que os valores são próximos, havendo uma variação muito pequena nos resultados. Analisando-se as vazões das duas residências, na torneira da cozinha, observa-se valores muito diferentes, isto se deve a aberturas de torneiras diferentes e também a pressão, pois na residência 1, este ponto de consumo está ligado diretamente à rede da CASAN. No caso das vazões dos chuveiros, na residência 2, a pressão é maior, pois possui a altura manométrica da coluna d'água neste ponto de consumo, maior que na residência 1. Nos demais aparelhos as vazões nas duas residências não tiveram grandes diferenças.

Tabela 4.5 – Vazões médias medidas em cada aparelho hidro-sanitário na residência 1.

Aparelho	Morador H ₁	Morador M	Morador H ₂
Chuveiro (l/s)	0,08	0,09	0,08
Lavatório (l/s)	0,07	0,07	0,08
Vaso Sanitário (l/s)	1,70	1,70	1,70
Barba (l/s)	0,05	-	0,04
Máquina de Lavar Roupa (l/ciclo)		100,00	
Pia (l/s)		0,25	

Tabela 4.6 – Vazões médias medidas em cada aparelho hidro-sanitário na residência 2.

Aparelho	Morador M	Morador H
Chuveiro (l/s)	0,12	0,13
Lavatório (l/s)	0,10	0,11
Vaso Sanitário (l/s)	1,70	1,70
Barba (l/s)	-	0,05
Máquina de Lavar Roupa (l/ciclo)	80,00	
Pia (l/s)	0,08	

4.3. USOS FINAIS EM CADA APARELHO HIDRO-SANITÁRIO

4.3.1. Usos Finais na Residência 1

Na Tabela 4.7 podem ser vistos os usos finais em cada aparelho hidro-sanitário na residência 1, obtidos a partir do levantamento de consumo de água potável. Estes usos finais estão também apresentados por morador (representados por “H₁”, “M” e “H₂”, sendo “H₁” e “H₂” homens). Na Tabela 4.8 são mostrados os consumos diário e mensal na residência por morador.

Analisando-se a Tabela 4.7, pode-se observar que o maior consumo na residência 1 é do chuveiro, com 34,0% do consumo na residência, seguido pela torneira da cozinha com 29,1% e o vaso sanitário com 27,7%.

Tabela 4.7 – Usos finais na residência 1, para o período de 01 a 28 de fevereiro de 2005.

Aparelho	Consumo (litro)				%
	H₁	M	H₂	Total	
Chuveiro	1528,9	1662,6	2092,8	5284,3	34,0
Lavatório	92,8	132,1	73,8	298,3	1,9
Vaso Sanitário	1268,2	2092,7	941,8	4302,7	27,7
Barba	75,6	-	55,2	130,8	0,8
Máquina Lavar Roupa	333,3	333,3	333,3	1000,0	6,4
Torneira Cozinha	1505,0	1505,0	1505,0	4515,0	29,1
TOTAL				15531,4	100,0

Fazendo-se a comparação do consumo estimado (15531,4 litros) com o medido pela CASAN (16000,0 litros) para o mês de fevereiro de 2005, observa-se uma diferença de 2,9%. Esta diferença pode estar relacionada a algum erro nas anotações dos moradores, como, na frequência ou no tempo de utilização dos aparelhos hidro-sanitários ou, o mais provável, na vazão do vaso sanitário, pois esta não foi medida como nos demais aparelhos.

Os consumos diários em cada aparelho hidro-sanitário, estão apresentados do Apêndice 3.

Tabela 4.8 – Consumo diário e mensal por morador na residência 1.

Morador	Consumo (litro)	
	Diário	Mensal
Morador H ₁	171,6	4803,8
Morador M	204,6	5725,7
Morador H ₂	178,6	5001,9
MÉDIA (por hab.)	184,9	5177,1

Em relação ao consumo *per capita* em fevereiro de 2005 na residência, o estimado foi 184,9 litros/pessoa por dia e o determinado pelo consumo medido pela CASAN foi de 190,5 litros/pessoa por dia. A diferença entre os dois consumos, foi de 2,9%.

4.3.2. Usos Finais na Residência 2

Os usos finais na residência 2 estão apresentados na Tabela 4.9, e os consumos diário e mensal na Tabela 4.10.

Na residência 2, o maior consumo também está no chuveiro, com 45,4% do consumo total da residência, seguido pelo vaso sanitário com 25,8% e pela pia da cozinha com 13,5%, representando quase 85,0% de todo o consumo de água na residência.

Tabela 4.9 – Usos finais na residência 2, para o período de 01 a 28 de fevereiro de 2005.

Aparelho	Consumo (litro)			%
	M	H	Total	
Chuveiro	1339,2	1762,8	3102,0	45,4
Lavatório	112,1	66,2	178,3	2,6
Vaso Sanitário	997,9	766,7	1764,6	25,8
Barba	-	300,0	300,0	4,4
Máquina Lavar Roupa	280,0	280,0	560,0	8,2
Torneira Cozinha	460,8	460,8	921,6	13,5
TOTAL			6826,4	100,0

Na residência 2, o consumo estimado foi de 6826,4 litros, enquanto o medido pela CASAN foi de 7000,0 litros para o mesmo período (fevereiro de 2005). A diferença entre estes dois valores foi de 2,5% e se deve provavelmente a erros já citados para a residência 1.

Tabela 4.10 – Consumo diário e mensal da residência por morador na residência 2.

Morador	Consumo (litro)	
	Diário	Mensal
Morador M	138,7	3189,9
Morador H	158,1	3636,5
MÉDIA (por hab.)	148,4	3413,21

O consumo *per capita* estimado foi de 148,4 litros/pessoa por dia e o da CASAN em 152,2 litros/pessoa por dia, logo a diferença entre os dois foi de 2,6%.

4.4. LEVANTAMENTO DAS LEITURAS NO HIDRÔMETRO

Fazendo-se a comparação entre os consumos estimados e os lidos nos hidrômetros diariamente, pode-se observar diferenças nos valores. Estas diferenças são provavelmente devidas a erros nas frequências e tempo de uso dos aparelhos fornecidos pelos moradores, das vazões nos aparelhos, principalmente dos vasos sanitários que foram adotadas e não medidas como os demais.

Nas Figuras 4.5 e 4.6, apresentam-se estas comparações para o período de 1 a 28 de fevereiro de 2005, para as residências 1 e 2, respectivamente.

Esta comparação apresentou um erro médio de -3,8% na residência 1 e 2,0% na residência 2. Os erros variaram de -1,0% a -9,4% na residência 1 e de -5,9% a 8,2% na residência 2. Na Figura 4.6, observa-se que na residência 2 em alguns dias do mês a família não se encontrou na edificação, apresentando-se falhas no gráfico.

O consumo médio *per capita* na residência 1, estimado foi em 184,9 litros/pessoa por dia e o lido no hidrômetro de 191,93 litros/pessoa por dia. Na residência 2, o consumo médio *per capita* estimado foi de 148,4 litros/pessoa por dia, enquanto o consumo médio *per capita* lido no hidrômetro foi de 147,9 litros/pessoa por dia.

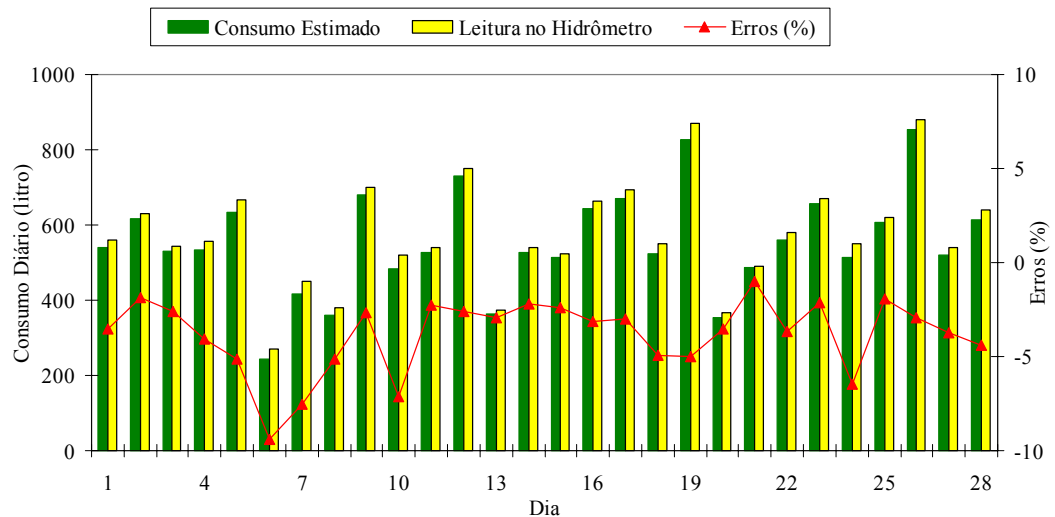


Figura 4.5 – Comparação entre o consumo diário estimado e a leitura no hidrômetro, no período de 1 a 28 de fevereiro de 2005, na residência 1.

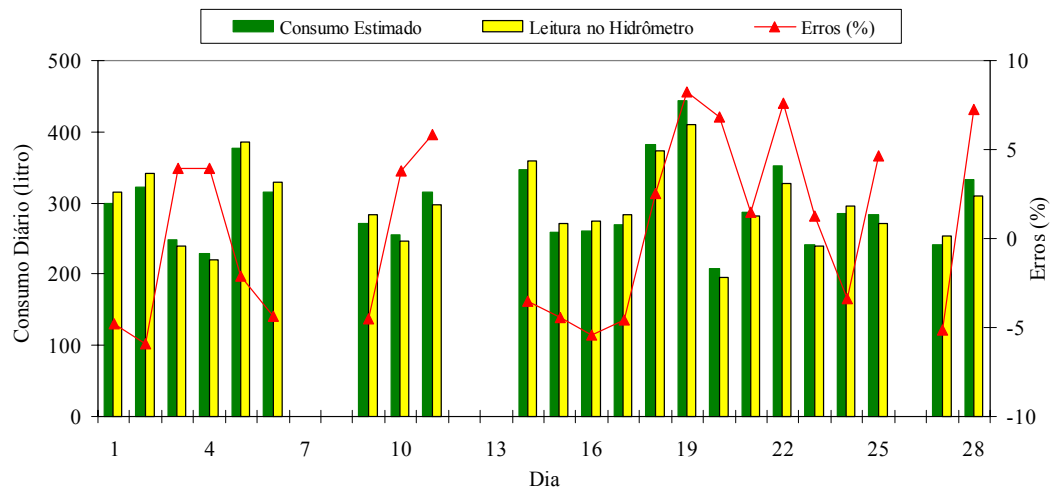


Figura 4.6 – Comparação entre o consumo diário estimado e a leitura no hidrômetro, no período de 1 a 28 de fevereiro de 2005, na residência 2.

4.5. ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

Para verificar a influência de uma resposta imprecisa dos moradores no resultado final do consumo estimado nas residências, realizou-se a análise de sensibilidade, na frequência e tempo de utilização dos chuveiros, lavatórios, fazer a barba e vasos sanitários, para este último fez-se para a vazão por ser um valor adotado e não medido como nos demais aparelhos hidro-sanitários.

A análise de sensibilidade considerou erros nas respostas de um dos moradores à utilização dos aparelhos hidro-sanitários, tanto para frequência como no tempo de uso dos aparelhos.

4.5.1. Análise de Sensibilidade na Residência 1

As análises de sensibilidade realizadas nos aparelhos hidro-sanitários da residência 1, mostraram erros sobre o consumo total de água na residência. Variou-se, parâmetros como a frequência e tempo de uso dos chuveiros, lavatórios, fazer a barba e vasos sanitários, além da vazão do vaso sanitário.

As Figuras 4.7 a 4.15 mostram a análise de sensibilidade para os vasos sanitários, lavatórios e fazer barba da residência 1. A análise de sensibilidade realizada para a residência 1, considerou erros nas respostas da moradora “M” (Figuras 4.7 a 4.13), para o vaso sanitário, lavatório e chuveiro, e para o morador “H₁” (Figuras 4.14 e 4.15), em fazer a barba.

Na Tabela 4.11 apresentam-se as variações adotadas, nos parâmetros analisados dos aparelhos hidro-sanitários, e as influências sobre o consumo de água total da residência 1.

Tabela 4.11 – Variação de parâmetros na análise de sensibilidade na residência 1.

Aparelhos	Parâmetro Analisado	Variação	Erro sobre o Consumo Total (%)
Vaso Sanitário	Vazão	0,1 l/s	2,0
Vaso Sanitário	Frequência	1,0 vez	2,0
Vaso Sanitário	Tempo	1,0 s	2,0
Chuveiro	Frequência	1,0 vez	7,0
Chuveiro	Tempo	1,0 min.	1,4
Lavatório	Frequência	1,0 vez	0,1
Lavatório	Tempo	1,0 s	0,1
Barba	Frequência	0,8 vez	0,4
Barba	Tempo	1,0 min.	0,1

O vaso sanitário e o chuveiro foram os aparelhos com erros mais significativos nesta análise de sensibilidade. Variando-se a vazão do vaso sanitário em 0,1 l/s o erro obtido foi de 2,0% sobre o consumo de água da residência. Ainda para o vaso sanitário, variando a frequência e o tempo de uso em 1 vez e 1 segundo, respectivamente, a influência de cada um sobre o consumo total da residência foi de 2,0%.

No chuveiro, a variação de 1 vez no uso, o erro sobre o consumo foi de 7,0%, enquanto variando-se 1 minuto no tempo de uso, a influência sobre o consumo foi de 1,4%.

Nos demais aparelhos hidro-sanitários, a análise de sensibilidade apresentou baixa influência no consumo total da residência. Isto se justifica por serem aparelhos com menor utilização comparados com o chuveiro e o vaso sanitário.

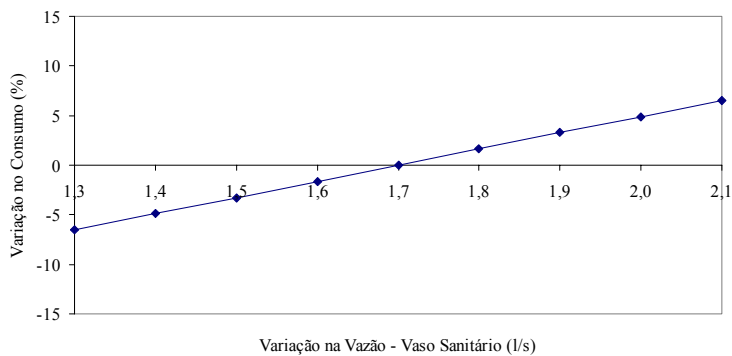


Figura 4.7 – Variação da vazão no vaso sanitário - residência 1 (M).

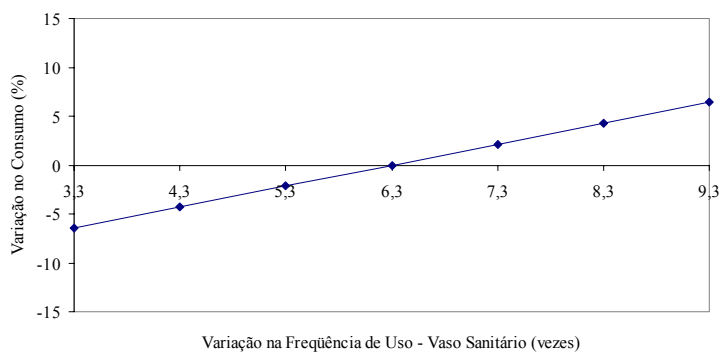


Figura 4.8 – Variação da frequência de uso do vaso sanitário - residência 1 (M).

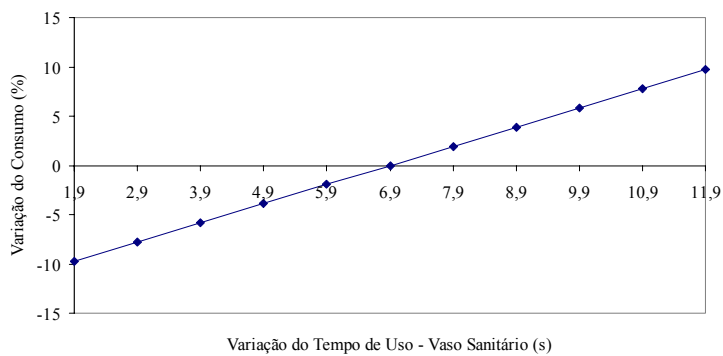


Figura 4.9 – Variação do tempo de uso do vaso sanitário - residência 1 (M).

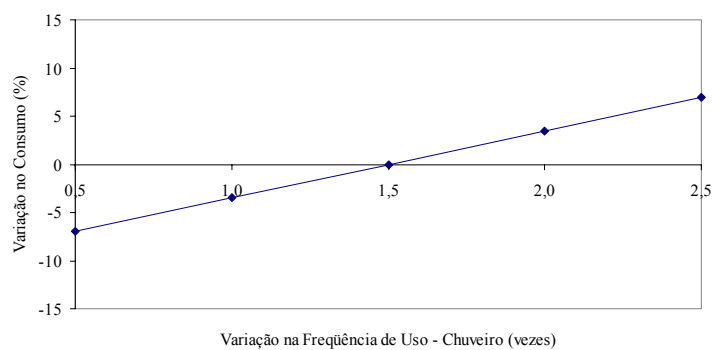


Figura 4.10 – Variação da frequência de uso do chuveiro - residência 1 (M).

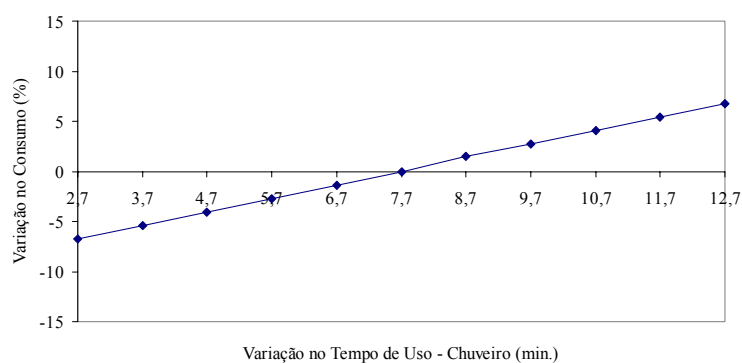


Figura 4.11 – Variação do tempo de uso do chuveiro - residência 1 (M).

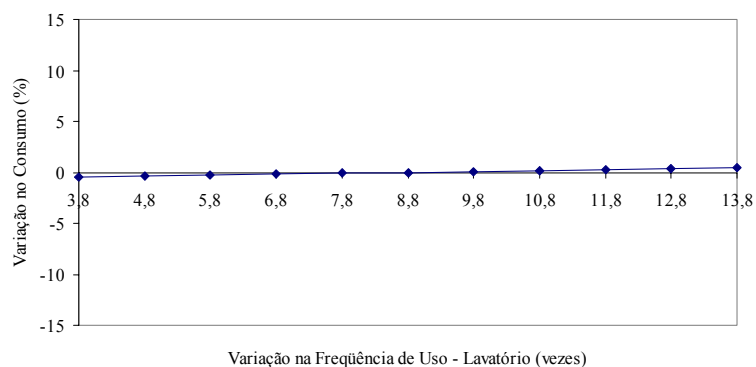


Figura 4.12 – Variação da frequência de uso do lavatório - residência 1 (M).

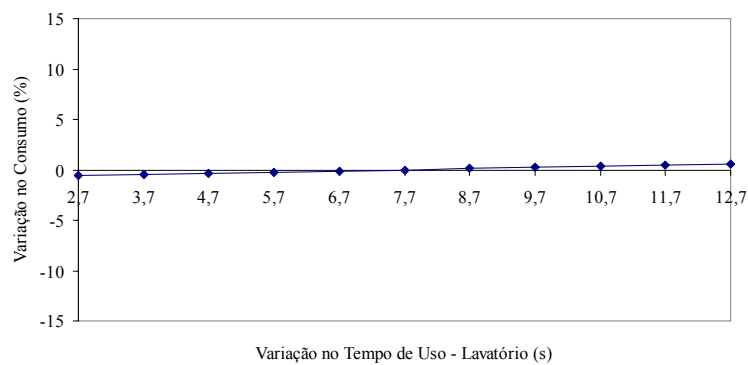


Figura 4.13 – Variação do tempo de uso do lavatório - residência 1 (M).

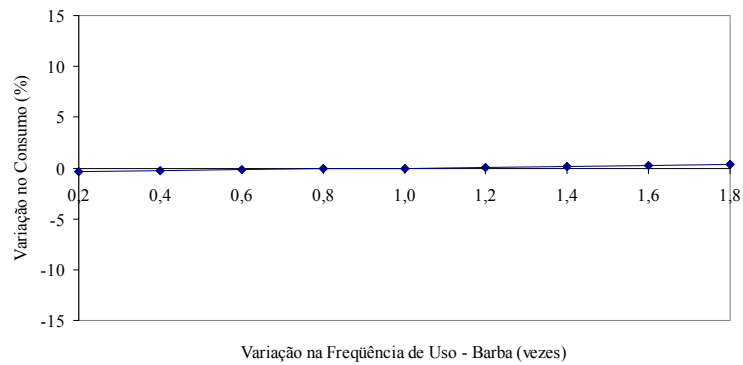


Figura 4.14 – Variação da frequência em fazer a barba - residência 1 (H_1).

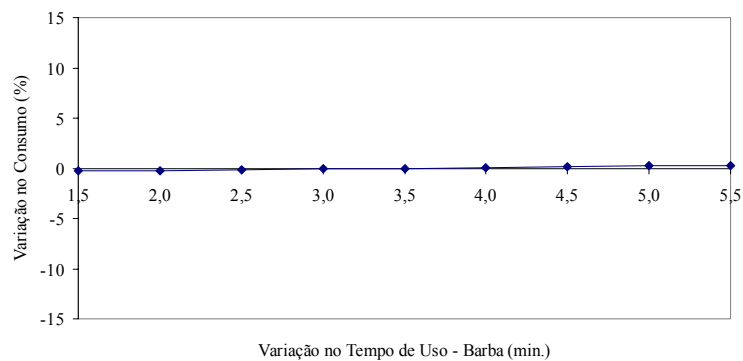


Figura 4.15 – Variação do tempo em fazer a barba - residência 1 (H_1).

4.5.2. Análise de Sensibilidade na Residência 2

A Tabela 4.12 mostra os erros sobre o consumo total da residência 2, variando a frequência e tempo de uso, além da vazão do vaso sanitário. Nas Figuras 4.16 a 4.24 apresentam-se a análise de sensibilidade para os vasos sanitários, lavatórios e fazer a barba na residência 2. A análise de sensibilidade realizada considerou erros nas respostas da moradora “M” (Figuras 4.16 a 4.21), para o vaso sanitário, lavatório e chuveiro, e para o morador “H” (Figuras 4.22 e 4.23), em fazer a barba.

Tabela 4.12 – Variação de parâmetros na análise de sensibilidade na residência 2.

Aparelhos	Parâmetro Analisado	Variação	Erro sobre o Consumo Total (%)
Vaso Sanitário	Vazão	0,1 l/s	2,0
Vaso Sanitário	Frequência	1,0 vez	3,0
Vaso Sanitário	Tempo	1,0 s	3,0
Chuveiro	Frequência	1,0 vez	16,0
Chuveiro	Tempo	1,0 min.	2,8
Lavatório	Frequência	1,0 vez	0,3
Lavatório	Tempo	1,0 s	0,2
Barba	Frequência	0,8 vez	3,5
Barba	Tempo	1,0 min.	0,9

Como na residência 1, o vaso sanitário e o chuveiro foram os aparelhos com maiores erros sobre o consumo.

Para o vaso sanitário, a influência sobre o consumo total de água na residência é de 2,0% quando o aumento da vazão é de 0,1 l/s. Variando-se 1 vez na frequência e 1 segundo no tempo de utilização do vaso sanitário, a influência no consumo foi de 3,0% em cada variação.

No chuveiro, a maior influência no consumo de água foi na frequência de uso que para a variação de 1 vez, a influência foi de 16,0%. Os demais aparelhos apresentaram pouca influência sobre o consumo total de água na residência, por possuírem frequência de uso menor do que no chuveiro e vaso sanitário.

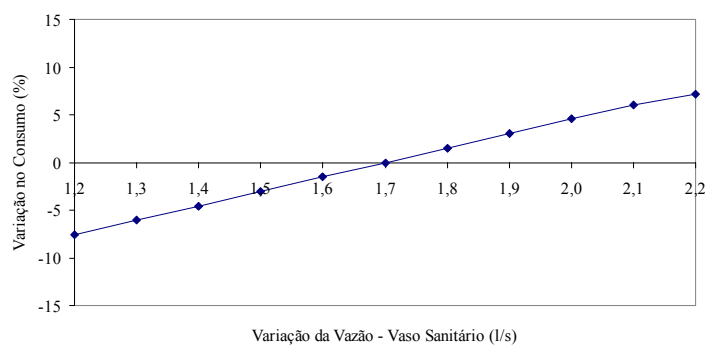


Figura 4.16 – Variação da vazão no vaso sanitário - residência 2 (M).

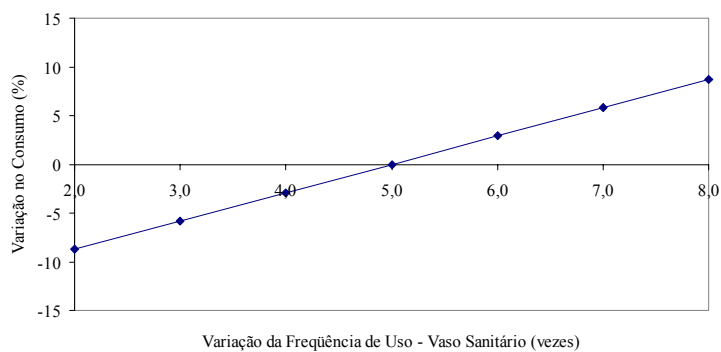


Figura 4.17 – Variação da frequência de uso do vaso sanitário - residência 2 (M).

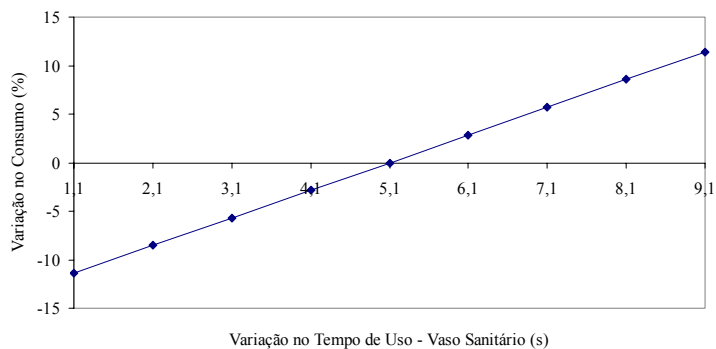


Figura 4.18 – Variação do tempo de uso do vaso sanitário - residência 2 (M).

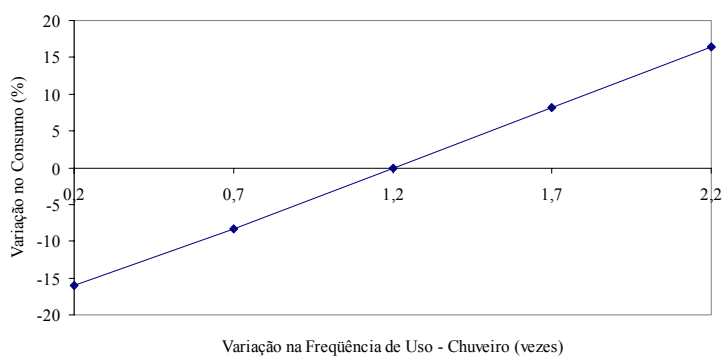


Figura 4.19 – Variação da frequência de uso do chuveiro - residência 2 (M).

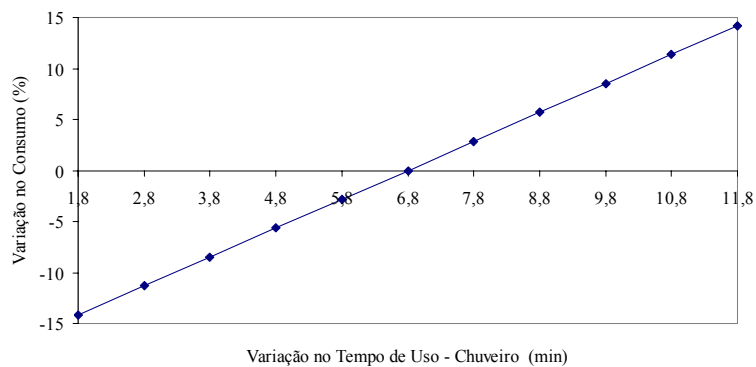


Figura 4.20 – Variação do tempo de uso do chuveiro - residência 2 (M).

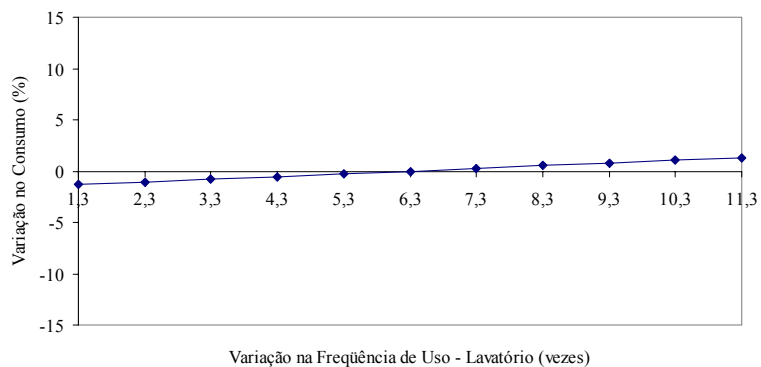


Figura 4.21 – Variação da frequência de uso do lavatório - residência 2 (M).

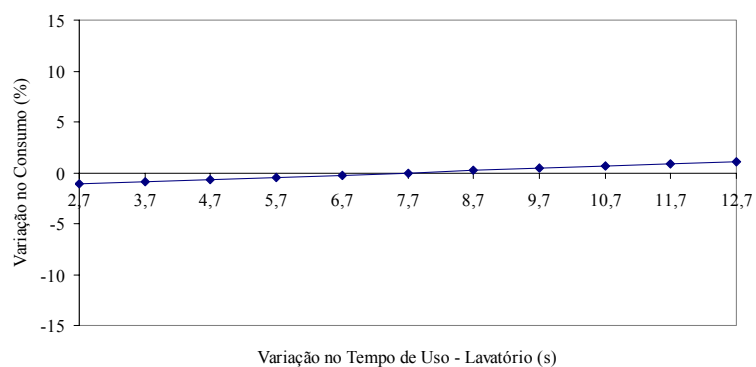


Figura 4.22 – Variação do tempo de uso do lavatório - residência 2 (M).

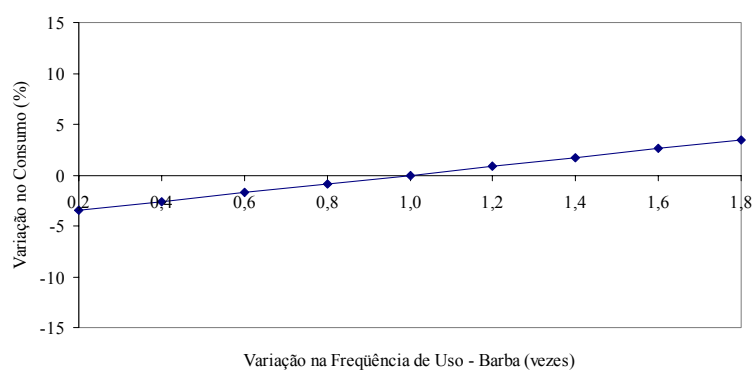


Figura 4.23 – Variação da frequência em fazer a barba - residência 2 (H).

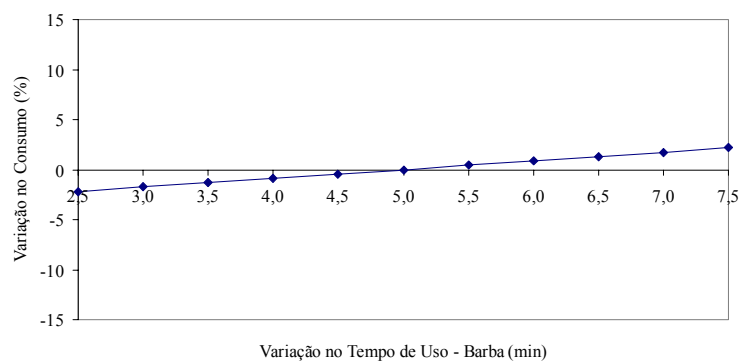


Figura 4.24 – Variação do tempo em fazer a barba - residência 2 (H).

4.6. USOS FINAIS DE ÁGUA APÓS CORREÇÃO

Após a análise de sensibilidade, verificou-se a necessidade de se fazer algumas correções no consumo das residências. Considerando-se, em ambas as residências, que os erros que acarretam maiores influências sobre o consumo total de água está no vaso sanitário. E que, este tem a vazão como parâmetro adotado e também, levando em consideração a confiabilidade no levantamento do consumo de água realizado nas residências, principalmente em relação a frequência de uso do chuveiro, optou-se por corrigir os valores do vaso sanitário. A correção foi realizada atribuindo-se a diferença entre o consumo de água estimado e o consumo real (valores lidos no hidrômetro) ao vaso sanitário.

Nas Tabelas 4.13 e 4.15 apresentam-se os novos usos finais e nas Tabelas 4.14 e 4.16 os consumos diários e mensais corrigidos, após a correção realizada no consumo de água do vaso sanitário, para as residências 1 e 2.

Após a correção do consumo de água no vaso sanitário, o maior consumo na residência 1 é o chuveiro com 32,8% do consumo total da residência, seguido pelo vaso sanitário com 30,4% e a torneira da cozinha com 28,0%.

Tabela 4.13 – Consumo de água corrigido na residência 1, para o período de 01 a 28 de fevereiro de 2005.

Aparelho	Consumo (litros)				%
	H ₁	M	H ₂	Total	
Chuveiro	1528,9	1662,6	2092,8	5284,3	32,8
Lavatório	92,8	132,1	73,8	298,7	1,9
Vaso Sanitário	1465,1	2289,6	1138,6	4893,2	30,4
Barba	75,6	-	55,2	130,8	0,8
Máquina Lavar Roupas	333,3	333,3	333,3	1000,0	6,2
Torneira Cozinha	1505,0	1505,0	1505,0	4515,0	28,0
TOTAL				16122,0	100,0

Tabela 4.14 – Consumo diário e mensal corrigido na residência 1.

Morador	Consumo (litro)	
	Diário	Mensal
Morador H ₁	178,6	5000,7
Morador M	211,5	5922,6
Morador H ₂	216,6	5198,8
Média (por hab.)	202,2	5374,0

Na residência 2, após a correção do consumo de água, o maior consumo apresentou-se no chuveiro, com 45,6% do consumo total da residência, seguido pelo vaso sanitário com 25,6% e a pia da cozinha com 13,5%.

Tabela 4.15 – Consumo de água corrigido na residência 2, para o período de 01 a 28 de fevereiro de 2005.

Aparelho	Consumo (litros)			%
	M	H	Total	
Chuveiro	1339,2	1762,8	3102,0	45,6
Lavatório	112,0	66,2	178,3	2,6
Vaso Sanitário	986,7	755,5	1742,2	25,6
Barba	-	300,0	300,0	4,4
Máquina Lavar Roupa	280,0	280,0	560,0	8,2
Torneira Cozinha	460,8	460,8	921,6	13,5
TOTAL			6804,0	100,0

Tabela 4.16 – Consumo diário e mensal corrigido na residência 1.

Morador	Diário	Mensal
Morador M	138,2	3178,7
Morador H	157,6	3625,3
Média (por hab.)	147,9	3402,0

4.7. USOS FINAIS PARA O APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA E REÚSO DE ÁGUA

A determinação do volume diário disponível para o reúso de água (esgoto secundário), o volume diário necessário para o abastecimento por reúso (vaso sanitário) e o volume diário necessário para o aproveitamento da água de chuva (vaso sanitário e máquina de lavar roupa) são realizados através dos usos finais de água obtidos após a correção realizada no consumo estimado.

Nas Tabelas 4.17 e 4.19 pode-se observar a quantidade de água disponível para o reúso, a quantidade necessária para o abastecimento através do reúso e a quantidade necessária para o aproveitamento da água de chuva.

Nas Tabelas 4.18 e 4.20 apresentam-se os volumes de água que será substituído por água de chuva e reúso simultaneamente nas residências, 1 e 2.

O volume diário de água disponível para ser utilizado como reúso foi obtido do consumo no chuveiro, lavatório, para fazer a barba e na máquina de lavar roupa, totalizando, para a residência 1, aproximadamente 240 litros, o que equivale a 41,9% do consumo total da residência. Com a água de reúso pode-se abastecer somente o

vaso sanitário, havendo uma necessidade diária de 175,0 litros, cerca de 30,4% do consumo da residência. Logo, tem-se água disponível suficiente para abastecer o vaso sanitário.

Utilizando a água de chuva, pode-se abastecer o vaso sanitário e a máquina de lavar roupa. Na residência 1, há uma necessidade diária de 210,5 litros, cerca de 36,6% do consumo total da residência.

Tabela 4.17 – Consumo para reúso e aproveitamento da água de chuva na residência 1.

Aparelhos	Consumo								
	Reúso - Disponível			Reúso - Necessário			Água Chuva		
	Diário (litros)	Mensal (litros)	%	Diário (litros)	Mensal (litros)	%	Diário (litros)	Mensal (litros)	%
Chuveiro	188,7	5284,3	32,8	-	-	-	-	-	-
Lavatório	10,7	298,7	1,9	-	-	-	-	-	-
Vaso Sanitário	-	-	-	174,8	4893,3	30,4	174,8	4893,3	30,4
Barba	4,7	130,8	0,8	-	-	-	-	-	-
Máquina Lavar Roupa	35,7	1000,0	6,2	-	-	-	35,7	1000,0	6,2
TOTAL	239,8	6713,8	41,9	174,8	4893,3	30,4	210,5	5893,3	36,6

No caso de um sistema com água de chuva e reúso de água juntos (Tabela 4.18), os pontos de consumo a serem abastecidos são o vaso sanitário com 174,8 litros/dia e a máquina de lavar roupa com 35,7 litros/dia. O vaso sanitário será abastecido com o reúso, que como visto anteriormente é suficiente, e a máquina de lavar roupa pela água de chuva. Portanto, serão necessários 35,7 litros/dia de água de chuva na residência 1.

Tabela 4.18 – Volume de água que será substituído por água de chuva e reúso simultaneamente na residência 1.

Aparelhos	Volume Necessário					
	Reúso			Água de Chuva		
	Diário (litros)	Mensal (litros)	%	Diário (litros)	Mensal (litros)	%
Vaso Sanitário	174,8	4893,3	30,4	-	-	-
Máquina Lavar Roupa	-	-	-	35,7	1000,0	6,2
Total	174,8	4893,3	30,4	35,7	1000,0	6,2

Na residência 2, há disponível para reúso 170,1 litros/dia, cerca de 61,0% do consumo total da residência, e o volume diário necessário para abastecer os vasos sanitários é de 62,2 litros, ou seja 25,6% do consumo da residência. Observando-se estes valores, pode-se concluir que o volume diário disponível para o reúso é suficiente para o abastecimento dos vasos sanitários por dois dias.

Para o aproveitamento da água de chuva são necessários 95,1 litros diários, aproximadamente 33,8% do consumo da residência.

Tabela 4.19 – Consumo para reúso e aproveitamento da água de chuva na residência 2.

Aparelhos	Consumo								
	Reúso - Disponível			Reúso - Necessário			Água Chuva		
	Diário (litros)	Mensal (litros)	%	Diário (litros)	Mensal (litros)	%	Diário (litros)	Mensal (litros)	%
Chuveiro	110,8	3102,0	44,6	-	-	-	-	-	-
Lavatório	6,4	178,3	2,6	-	-	-	-	-	-
Vaso Sanitário	-	-	-	62,2	1742,2	25,6	62,2	1742,2	25,6
Barba	20,0	300,0	4,4	-	-	-	-	-	-
Máquina Lavar Roupas	32,9	560,0	8,2	-	-	-	32,9	560,0	8,2
TOTAL	170,1	4140,3	60,8	62,2	1742,2	25,6	95,1	2302,2	33,8

Para um sistema água de chuva e reúso de água simultaneamente (Tabela 4.20), os pontos de consumo a serem abastecidos, como na residência 1, são o vaso sanitário com 62,2 litros/dia e a máquina de lavar roupa com 32,9 litros/dia. O volume disponível para reúso é suficiente para abastecer o vaso sanitário, e a máquina de lavar roupa deverá ser abastecida pela água de chuva. Logo, serão necessários 32,9 litros/dia de água de chuva na residência 2.

Tabela 4.20 - Volume de água que será substituído por água de chuva e reúso simultaneamente na residência 2.

Aparelhos	Volume Necessário					
	Reúso			Água de Chuva		
	Diário (litros)	Mensal (litros)	%	Diário (litros)	Mensal (litros)	%
Vaso Sanitário	62,2	1742,2	25,6	-	-	-
Máquina Lavar Roupas	-	-	-	32,9	560,0	8,2
Total	62,2	1742,2	25,6	32,9	560,0	8,2

4.8. APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA

4.8.1. Dados Pluviométricos

Na Figura 4.25, está representada a distribuição de valores médios mensais de precipitação da Estação Meteorológica São José (Grande Florianópolis) da série histórica de 1969 a 2002. Pode-se observar que as maiores precipitações médias acontecem no verão. A precipitação média anual para este período é de 1706 mm/ano.

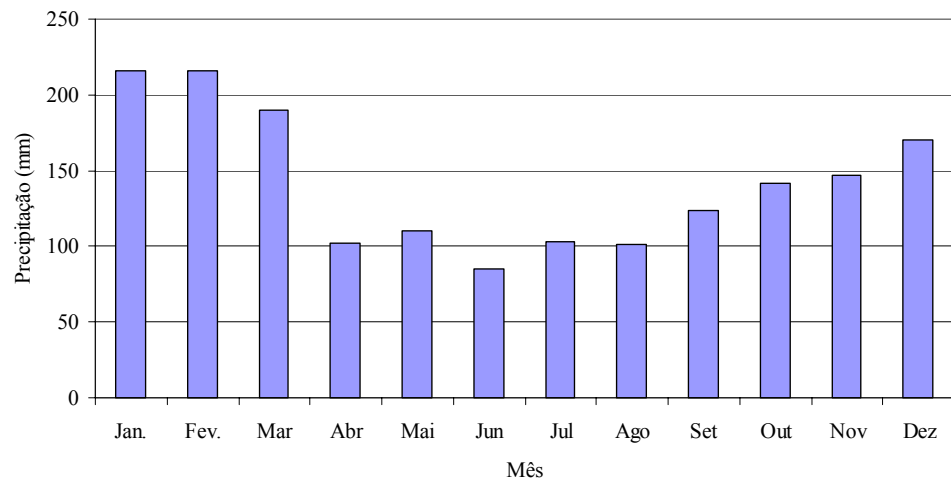


Figura 4.25 – Valores médios mensais de precipitação da Estação Meteorológica São José (Grande Florianópolis) do período de 1969 a 2002.

4.8.2. Área de Contribuição

A partir das plantas de cobertura, calculou-se as áreas de contribuição para o aproveitamento da água de chuva, conforme apresentado na Tabela 4.21.

Tabela 4.21- Área de Contribuição das Residências em Estudo.

Residências	Área de Contribuição (m ²)
1	203,8
2	212,4

As Figuras 4.26 e 4.27, apresentam as plantas de coberturas das residências 1 e 2, respectivamente.

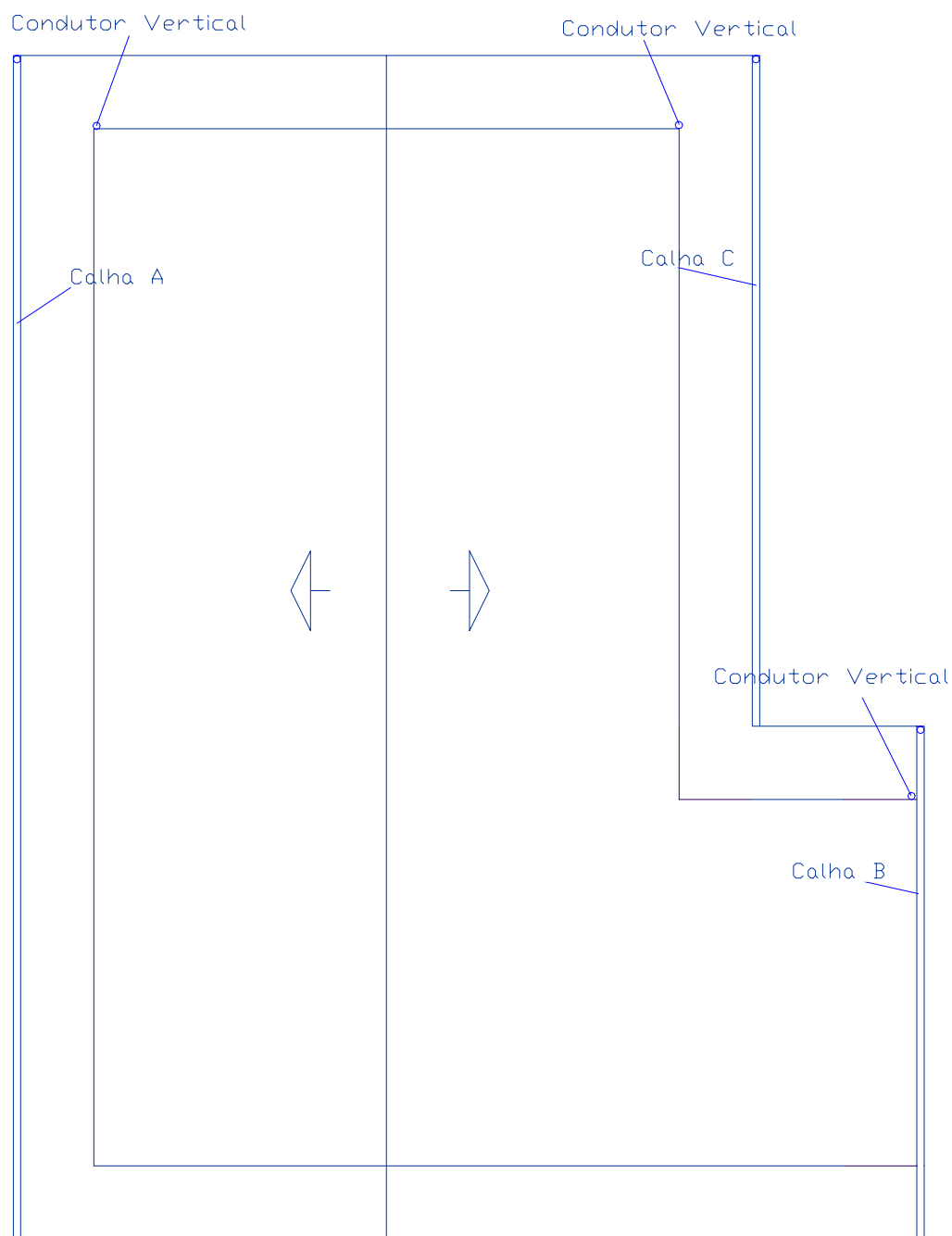


Figura 4.26 - Planta de cobertura da residência 1.

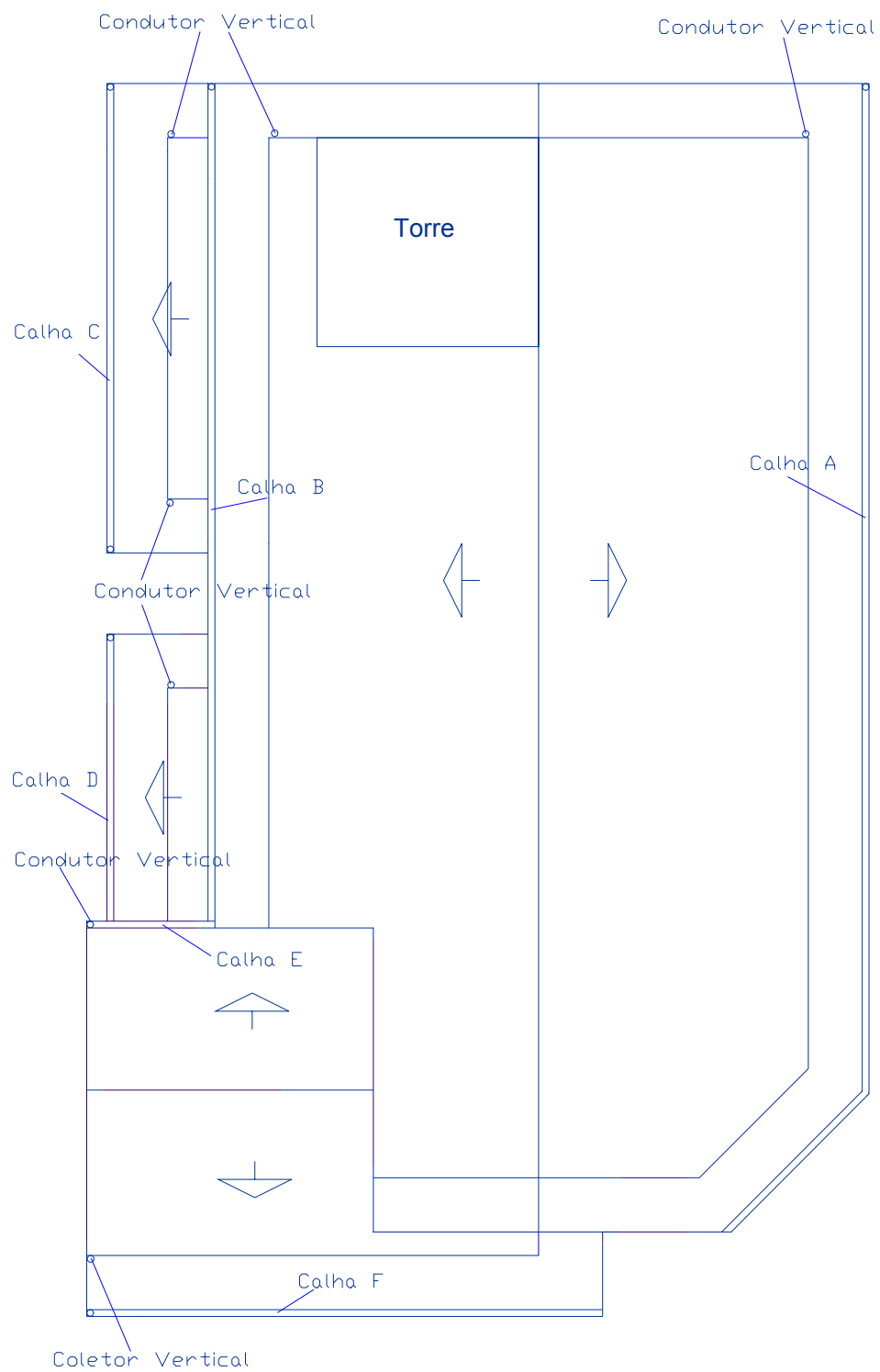


Figura 4.27 – Planta de cobertura da residência 2.

4.8.3. Reservatório para Acumulação da Água de Chuva

O potencial de economia para vários volumes de reservatório para o aproveitamento da água da chuva é determinado através do programa “Netuno” (planilha eletrônica Excel). Apresenta-se como dados de entrada o consumo per capita de água tratada, o número de moradores da residência, a área de contribuição do telhado, o coeficiente de perdas e percentual de consumo de água de chuva da residência (Tabela 4.22).

Tabela 4.22 - Dados de entrada do Programa Netuno.

Dados	Residência 1	Residência 2
Consumo diário de água tratada	202,2 l/pessoa por dia	147,9 l/pessoa por dia
Nº de moradores	3	2
Área de contribuição do telhado	203,8 m ²	212,4 m ²
Coeficiente de aproveitamento de chuva	0,8	0,8
Consumo de água da chuva, relativo ao consumo total da residência	36,6%	33,8%

As Figuras 4.28 e 4.29 apresentam potenciais de economia para volumes de reservatórios de coleta de água de chuva nas residências 1 e 2. O potencial de economia é relativo ao percentual de água necessário nas residências para abastecimento dos vasos sanitários e máquinas de lavar roupa. Analisando-se as Figuras 4.28 e 4.29, pode-se observar que para cada volume de reservatório tem-se um percentual de economia relativo ao consumo de água estimado para o aproveitamento da água de chuva. Na Figura 4.28, para um volume de 1000 litros, a economia relacionada ao consumo de água da chuva é de 25,6%, enquanto para o volume de 13000 litros, a economia é de 36,6%. Logo adotou-se como critério de escolha do reservatório, a variação de economia de um reservatório para o outro menor que 1,0%.

Para a residência 1, analisando a Figura 4.28 adotou-se um volume de reservatório de 5000 litros, cuja economia é de 35,5%, pois para volumes maiores o aumento da economia era menor que 1,0%.

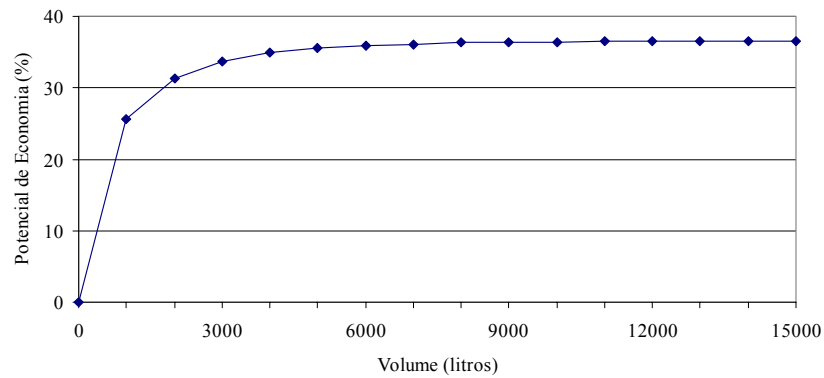


Figura 4.28 – Potencial de economia de água de chuva para volumes de reservatório da residência 1, segundo Algoritmo do Programa Netuno.

Na Figura 4.29, para a residência 2, o volume de reservatório de 1000 litros equivale a uma economia no consumo de água de 30,8% e para o volume de 5000 litros a economia é de 33,8%. Portanto adotou-se para a residência 2, um reservatório de 3000 litros, que apresenta uma economia no consumo de água de 33,6%, pois para volumes maiores a economia aumentou muito pouco, não justificando economicamente o investimento.

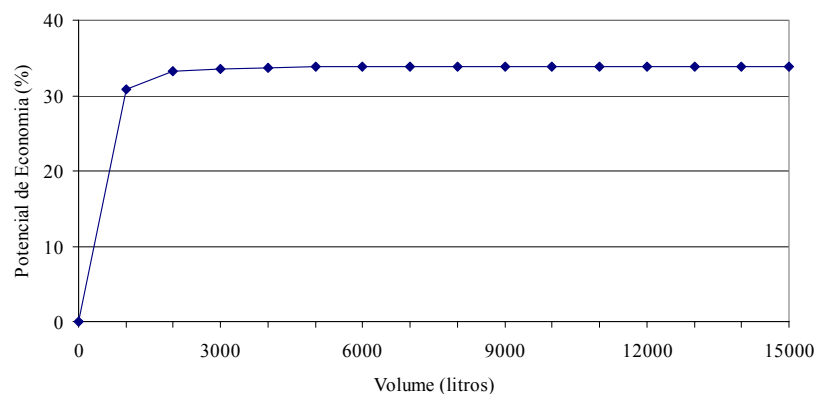


Figura 4.29 - Potencial de economia de água de chuva para volumes de reservatório da residência 2, segundo Algoritmo do Programa Netuno.

Como para a residência 1, são necessários 210,5 litros/dia de água de chuva, para atender os pontos de consumo (Tabela 4.17), adotar-se-á para o reservatório superior o menor volume encontrado no mercado, que é de 250,0 litros.

Na residência 2, são necessários 95,1 litros/dia de água de chuva (Tabela 4.19), logo o volume do reservatório superior será também de 250,0 litros.

4.8.4. Dimensionamento do Sistema de Coleta de Água da Chuva

Na Tabela 4.23, tem-se os diâmetros e as inclinações das calhas semicirculares, dimensionadas segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989).

Tabela 4.23 – Dimensionamento das calhas.

Residências	Calhas	Diâmetro (mm)	Inclinação (%)
1	A	100	1,0
	B	100	0,5
	C	100	0,5
2	A	100	1,0
	B	100	0,5
	C	100	0,5
	D	100	0,5
	E	100	0,5
	F	100	0,5

No dimensionamento dos condutores verticais, obteve-se diâmetros menores do que o mínimo recomendado pela norma, logo será adotado diâmetro igual a 75 mm para todos os coletores verticais das duas residências, por ser o menor diâmetro encontrado no mercado.

4.9. REÚSO DE ÁGUA

4.9.1. Reservatório para Reúso

Analisando-se os consumos estimados corrigidos, determinou-se o volume de esgoto secundário (banho, lavatório e máquina de lavar roupa) produzido nas residências, e através do consumo nas descargas sanitárias, o volume que poderá ser utilizado no reúso.

Na residência 1, a produção de esgoto secundário é de 239,8 litros/dia (Tabela 4.17), e na residência 2 é de 170,1 litros/dia (Tabela 4.19), logo um reservatório inferior de 250,0 litros para cada residência, atende as vazões diárias. A necessidade diária de reúso de água para atender o ponto de consumo (vaso sanitário) da residência 1 é de 174,8 litros (Tabela 4.17), enquanto na residência 2 é de 62,2 litros (Tabela 4.19). Portanto, um reservatório superior para cada residência de 250,0 litros é satisfatório. Adotou-se para os reservatórios superiores e inferiores o volume de 250,0 litros, por ser o menor volume encontrado no mercado.

4.9.2. Tratamento para Reúso de Água

O tratamento do esgoto secundário das residências será realizado por Zona de Raízes. Na Tabela 4.24, apresenta-se o dimensionamento do tanque, para a construção da Zona de Raízes.

Tabela 4.24 – Dimensionamento dos tanque do sistema de tratamento por raízes.

Parâmetros	Residência 1	Residência 2
Área requerida	0,8 m ² /pessoa	0,8 m ² /pessoa
Número de moradores	3,0	2,0
Área superficial	2,4m ²	1,6 m ²
Profundidade	0,6 m	0,6 m
Comprimento	2,4 m	1,8 m
Largura	1,0 m	0,9 m
Macrófita empregada	Zizaniopsis bonariensis	Zizaniopsis bonariensis
Inclinação do tanque no sentido do fluxo	0,5 %	0,5%
Leito filtrante	Serragem, saibro, areia seixo rolado e conchas	Serragem, saibro, areia seixo rolado e conchas

Nas Figuras 4.30 e 4.31 apresentam-se esquemas representativos do corte longitudinal do sistema Zona de Raízes.

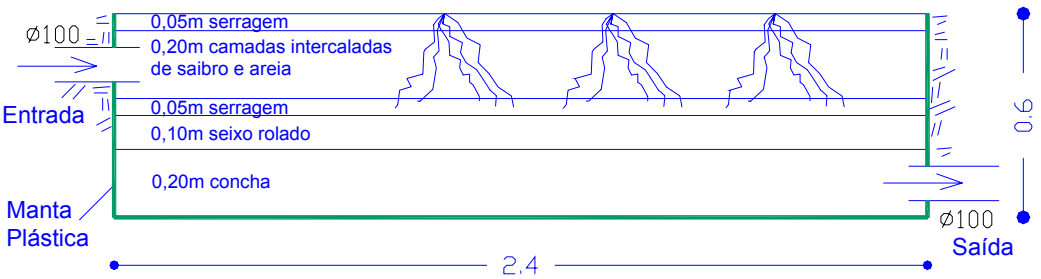


Figura 4.30 – Tratamento do esgoto secundário da residência 1 por Zona de Raízes.

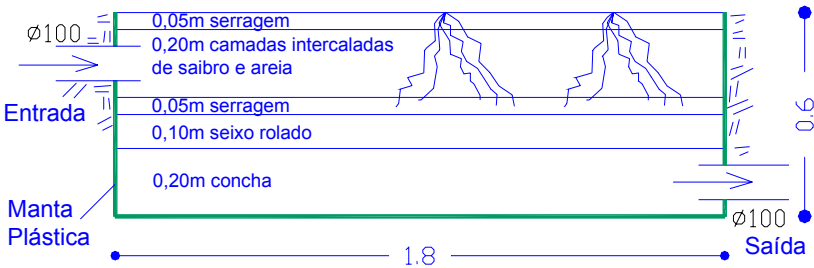


Figura 4.31 – Tratamento do esgoto secundário da residência 2 por Zona de Raízes.

4.10. APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA E REÚSO

4.10.1. Reservatório para Acumulação da Água de Chuva para o Sistema Água de Chuva e Reúso

Para um sistema de abastecimento domiciliar utilizando água de chuva e reúso juntos, os dados de entrada para o Algoritmo do Programa “*NETUNO*”, apresenta-se na Tabela 4.25.

Tabela 4.25 - Dados de entrada do Algoritmo do Programa Netuno.

Dados	Residência 1	Residência 2
Consumo diário de água tratada	202,2 l/pessoa por dia	147,9 l/pessoa por dia
Nº de moradores	3	2
Área de contribuição do telhado	203,8 m ²	212,4 m ²
Coefficiente de aproveitamento de chuva	0,8	0,8
Consumo de água da chuva, relativo ao consumo total da residência	6,2%	8,2%

Nas Figura 4.32 e 4.33, tem-se os potenciais de economia para volumes de reservatórios de coleta de água de chuva nas residências 1 e 2, para o caso de um sistema conjunto de água de chuva e reúso.

Para as residências 1 e 2, adotou-se um reservatório de 500 litros para uma economia de 6,0% e 8,2%, respectivamente.

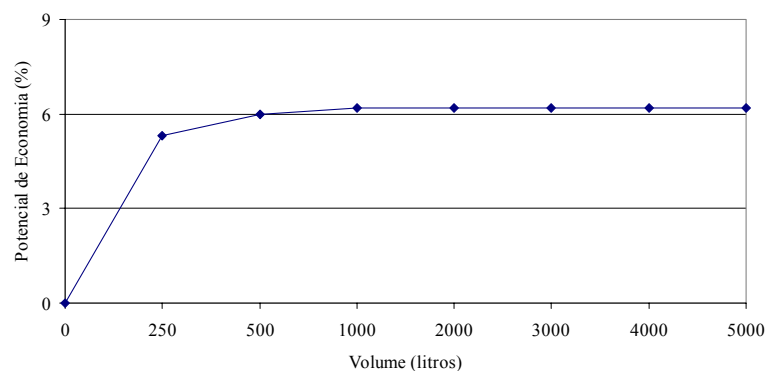


Figura 4.32 – Potencial de economia para volumes de reservatório da residência 1, segundo Algoritmo do Programa Netuno.

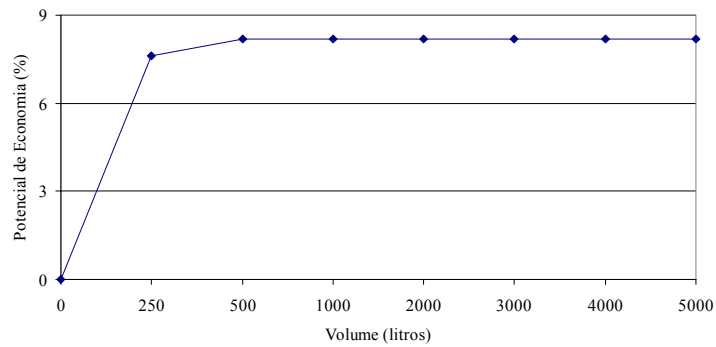


Figura 4.33 - Potencial de economia para volumes de reservatório da residência 2, segundo Algoritmo do Programa Netuno.

Os reservatórios superiores das duas residências terão volume de 250,0 litros, pois atende os 35,7 litros diários necessários na residência 1 (Tabela 4.18), e os 32,9 litros diários da residência 2 (Tabela 4.20). Este volume é o menor encontrado no mercado.

4.10.2. Reservatório para Reúso

As condições de produção de esgoto secundário e as necessidades diárias de reúso para abastecer os vasos sanitários são as mesmas para o reúso de água separado da água de chuva (Tabelas 4.18 e 4.20). Portanto, os reservatórios, inferior e superior das residências 1 e 2 terão volumes de 250,0 litros cada.

4.10.3. Tratamento para Reúso de Água

O tratamento do esgoto secundário das residências será realizado por Zona de Raízes. O dimensionamento será para as mesmas condições realizadas para o reúso separada da água de chuva, logo as dimensões serão as mesmas nas duas residências.

4.11. LEVANTAMENTO DOS CUSTOS E DOS BENEFÍCIOS

4.11.1. Custos com Água Potável

Foram levantados os custos com a água potável antes da implantação do sistema de aproveitamento da água da chuva e do reúso de água nas duas residências. Para a determinação destes custos utilizou-se o valor cobrado pela CASAN em fevereiro de 2005. Para um consumo de 0 a 10 m³ a CASAN cobra R\$ 1,7050/m³, de

11 a 25 m³ R\$ 2,9750/m³ e acima de 26 m³ o valor cobrado é de R\$ 4,0640/m³. Utilizou-se o consumo de água estimado para o período de 1 a 28 de fevereiro de 2005, que para a residência 1, foi de 16122,0 litros (16,1 m³) e para a residência 2, de 6804,0 litros (6,8 m³). A Tabela 4.26 apresenta o custo com a água potável para as residências em estudo.

Tabela 4.26 – Custos com água potável antes do reúso de água e uso da água de chuva.

Tipos de Custos	Custo com Água Potável (R\$)	
	Residência 1	Residência 2
Custo mensal com água	35,26	11,60
Custo anual com água	423,16	139,21

*Valor cobrado pela CASAN de 0 a 10 m³.

**Valor cobrado pela CASAN de 11 a 25 m³.

4.11.2. Custos de Implantação para o Sistema de Aproveitamento da Água de Chuva

Levantou-se os materiais necessários para a implantação do sistema de aproveitamento da água da chuva para as residências em estudo, e após fez-se o orçamento destes materiais em lojas especializadas da grande Florianópolis, como Casas da Água, Cassol, União Calhas e Calhas Cunha. O resultado deste levantamento está apresentado nas Tabelas 4.27 e 4.28.

Analizando-se os custos de implantação do aproveitamento de água de chuva nas duas residências, pode-se observar que, para a residência 2, o custo foi maior do que na residência 1. Isto deve-se ao fato de que na residência 2 há mais pontos de consumo (3 vasos sanitários e 1 máquina de lavar roupa) do que na residência 1 (1 vaso sanitário e 1 máquina de lavar roupa), logo, o comprimento da tubulação de distribuição de água nos pontos de consumo é maior. O comprimento das tubulações de distribuição foram estimados através de desenho e planta baixa das residências.

Tabela 4.27 – Custo de implantação do sistema de aproveitamento da água de chuva - residência 1.

Materiais	Quantidade	R\$ (unitário)	R\$ (total)
Calha Alumínio (m)	32,3	15,00	484,50
Grelha flexível (unid.)	3	8,38	25,14
Condutor vertical (m)	8,4	15,00	126,00
Tubo de PVC 100mm (6m)	2	38,00	76,00
Junção simples 100mm (unid.)	1	30,28	30,28
Caixa areia (unid.)	1	66,57	66,57
Reservatório inferior (5000 litros)	1	979,00	979,00
Joelho de 90° de 150mm (unid.)	1	34,39	34,39
Redução 100x150mm (unid.)	1	13,40	13,40
Moto-bomba e acessórios (1/4 CV)	1	385,44	385,44
Tubulação de recalque 25mm (3m)	3	6,39	19,17
Joelhos 90° 25mm (unid.)	2	1,56	3,12
Reservatório superior (250 litros)	1	99,00	99,00
Tubulação - 50mm (3m)	3	22,11	66,33
Tubulação - 25mm (3m)	3	6,39	19,17
Joelhos 45° 50mm (unid.)	2	3,73	7,46
Joelhos 90° 50mm (unid.)	1	3,03	3,03
Joelhos 90° 25mm (unid.)	1	1,56	1,56
Tee 90° 50mm (unid.)	1	5,00	5,00
Adaptador com flange anel de vedação PVC 50mm (unid.)	1	14,69	14,69
Adaptador com flange anel de vedação PVC 25mm (unid.)	3	6,72	20,16
Adesivo plástico (unid.)	1	2,46	2,46
Bóia para caixa d'água (unid.)	1	13,89	13,89
Registro Gaveta 50mm (unid.)	1	20,50	20,50
Registro Gaveta 25mm (unid.)	3	4,90	14,70
Mão de obra	1	300,00	300,00
Total			2530,96

Tabela 4.28 – Custo de implantação do sistema de aproveitamento da água de chuva - residência 2.

Materiais	Quantidade	R\$ (unitário)	R\$ (total)
Calha Alumínio (m)	50,79	15,00	761,85
Grelha flexível (unid.)	7	8,38	58,66
Condutor vertical (m)	19,6	15,00	294,00
Tubo de PVC 100 mm (6m)	3	38,00	114,00
Junção simples 100mm (unid.)	1	30,28	30,28
Caixa areia (unid.)	1	66,57	66,57
Reservatório inferior (3000 litros)	1	672,00	672,00
Joelho de 90° de 150mm (unid.)	1	34,39	34,39
Redução 100x150mm (unid.)	1	13,4	13,4
Moto-bomba e acessórios (1/4 CV)	1	385,44	385,44
Tubulação de recalque 25mm (unid.)	4	6,39	25,56
Joelhos 90° 25mm (unid.)	2	1,56	3,12
Reservatório superior (250 litros)	1	99,00	99,00
Tubulação - 50mm (3m)	5	22,11	110,55
Tubulação - 25mm (3m)	3	6,39	19,17
Joelhos 45° 50mm (unid.)	2	3,73	7,46
Joelhos 90° 50mm (unid.)	3	3,03	9,09
Joelhos 90° 25mm (unid.)	1	1,56	1,56
Tee 90° 50mm (unid.)	1	5,00	5,00
Tee 90° 50x25mm (unid.)	1	5,18	5,18
Adaptador com flange anel de vedação PVC 50mm (unid.)	2	14,69	29,38
Adaptador com flange anel de vedação PVC 25mm (unid.)	1	6,72	6,72
Adesivo plástico (unid.)	1	2,46	2,46
Bóia para caixa d'água (unid.)	1	13,89	13,89
Registro Gaveta 50mm (unid.)	2	20,50	41,00
Registro Gaveta 25mm (unid.)	2	4,90	9,80
Mão de obra	1	260,00	260,00
Total			3154,50

4.11.3. Custos de Implantação para o Sistema de Reúso de Água

Para a determinação do custo de implantação do sistema de reúso de água nas residências 1 e 2, fez-se o levantamento e orçamento dos materiais necessários e mão de obra. Nas Tabelas 4.29 e 4.30, podem ser vistos, os custos para a implantação do sistema de reúso nas residências 1 e 2, respectivamente.

Na residência 2, o custo de implantação do reúso de água apresentou-se maior do que na residência 1, por apresentar um número maior de pontos de consumo (3 vasos sanitários), logo um comprimento maior de tubulação de distribuição. Também apresenta-se com um número maior de pontos de produção de esgoto secundário (2 chuveiros, 3 lavatórios e 1 máquina de lavar roupa), acarretando num maior comprimento de tubulação para coleta deste esgoto.

Tabela 4.29 – Custo de implantação do sistema de reúso de água para a residência 1.

Materiais	Quantidade	R\$ (unitário)	R\$ (total)
Tubulação PVC esgoto 100mm (6m)	3	38,00	114,00
Tubulação PVC esgoto 75mm (1,5m)	1	9,28	9,28
Tubulação PVC esgoto 50mm (1,5m)	2	7,74	15,48
Caixa de inspeção (unid.)	3	84,48	253,44
Caixa de areia (unid.)	2	66,57	133,14
Manta plástica (m)	1,50	9,60	14,40
Seixo rolado (saco 18 litros)	14	5,90	82,60
Areia (m ³)	0,24	55,00	13,20
Saibro (m ³)	0,24	45,00	10,80
Reservatório (250 litros)	2	99,00	198,00
Moto-bomba e acessórios (1/4 CV)	1	385,44	385,44
Tubulação de recalque 25mm (3m)	3	6,39	19,17
Joelhos 90° 25mm (unid.)	2	1,56	3,12
Tubulação - 50mm (unid.)	3	22,11	66,33
Tubulação - 25mm (unid.)	2	6,39	12,78
Joelhos 45° 50mm (unid.)	2	3,73	7,46
Joelhos 90° 50mm (unid.)	1	3,03	3,03
Adaptador com flange anel de vedação PVC 50mm (unid.)	1	14,69	14,69
Adaptador com flange anel de vedação PVC 25mm (unid.)	2	6,72	13,44
Adesivo plástico (unid.)	1	2,46	2,46
Bóia para caixa d'água (unid.)	1	13,89	13,89
Registro Gaveta 50mm (unid.)	1	20,50	20,50
Registro Gaveta 25mm (unid.)	2	4,90	9,80
Mão de obra	1	300,00	300,00
Total			1716,45

Tabela 4.30 – Custo de implantação do sistema de reúso de água para a residência 2.

Materiais	Quantidade	R\$ (unitário)	R\$ (total)
Tubulação PVC esgoto 100mm (6m)	6	38,00	228,00
Tubulação PVC esgoto 75mm (1,5m)	2	9,28	18,56
Tubulação PVC esgoto 50mm (1,5m)	10	7,74	77,40
Caixa de inspeção (unid.)	6	84,48	506,88
Caixa de areia (unid.)	2	66,57	133,14
Manta plástica (m)	1,2	9,60	11,52
Seixo rolado (saco 18 litros)	9	5,90	53,10
Areia (m ³)	0,16	55,00	8,80
Saibro (m ³)	0,16	45,00	7,20
Reservatório (250 litros)	2	99,00	198,00
Moto-bomba e acessórios (1/4 CV)	1	385,44	385,44
Tubulação de recalque 25mm (3m)	3	6,39	19,17
Joelhos 90° 25mm (unid.)	2	1,56	3,12
Tubulação 50mm (3m)	5	22,11	110,55
Joelhos 45° 50mm (unid.)	2	3,73	7,46
Joelhos 90° 50mm (unid.)	3	3,03	9,09
Tee 90° 50mm (unid.)	1	5,00	5,00
Adaptador com flange anel de vedação PVC 50mm (unid.)	2	14,69	29,38
Adaptador com flange anel de vedação PVC 25mm (unid.)	1	6,72	6,72
Adesivo plástico (unid.)	1	2,46	2,46
Bóia para caixa d'água (unid.)	1	13,89	13,89
Registro Gaveta 50mm	2	20,50	41,00
Registro Gaveta 25mm	2	4,90	9,80
Mão de obra	1	300,00	300,00
Total			2185,68

4.11.4. Custos de Implantação para o Sistema de Aproveitamento da Água da Chuva e Reúso

Para o sistema de aproveitamento da água de chuva e reúso simultaneamente, são necessários dois reservatórios inferiores, um para a captação da água da chuva e o outro para a água de reúso tratada. Também são necessários, dois reservatórios superiores, um para a distribuição da água de chuva para a máquina de lavar roupa e o outro para a distribuição da água de reúso para o vaso sanitário.

Na residência 1 são necessários, um reservatório de 500 litros para a captação da água da chuva e três reservatórios de 250 litros, sendo um inferior para armazenar a água tratada (reúso), e dois superiores para distribuição da água de chuva e reúso. Para a residência 2, a distribuição e volume dos reservatórios são iguais aos da residência 1.

O sistema de tubulações de distribuição de água de chuva e reúso juntos é o mesmo do sistema aproveitamento da água da chuva, e o sistema de coleta e tratamento de esgoto secundário para o sistema água de chuva e reúso junto, é o mesmo do sistema de reúso apenas. Portanto, quando se utiliza água de chuva e reúso ao mesmo tempo, modifica-se apenas o volume dos reservatórios.

As Tabelas 4.31 e 4.32, apresentam os custos de implantação do sistema de água de chuva e reúso, para as residências 1 e 2, respectivamente.

O custo de implantação do sistema de água de chuva e reúso juntos na residência 1, é de 25,0% superior do que apenas o sistema de aproveitamento da água de chuva, e de 49,2% superior que o custo de implantação do sistema de reúso de água, para uma economia de 33,5% do consumo de água total da residência.

Para a residência 2, o custo de implantação do sistema de água de chuva e reúso juntos é de 27,8% superior ao custo de implantação do sistema de aproveitamento da água da chuva e de 50,0% superior ao custo de implantação do sistema de reúso de água.

Tabela 4.31 – Custo de implantação do sistema água de chuva e reúso - residência 1.

Materiais	Quantidade	R\$ (unitário)	R\$ (total)
Calha Alumínio (m)	32,3	15,00	484,50
Grelha flexível (unid.)	3	8,38	25,14
Condutor vertical (m)	8,4	15,00	126,00
Tubo de PVC 100mm (6m)	2	38,00	76,00
Junção simples 100mm (unid.)	1	30,28	30,28
Caixa areia (unid.)	3	66,57	199,71
Reservatório (500 litros)	1	145,90	145,90
Joelho de 90° de 150mm (unid.)	1	34,39	34,39
Redução 100x150mm (unid.)	1	13,40	13,40
Moto-bomba e acessórios (1/4 CV)	2	385,44	770,88
Tubulação de recalque 25mm (3m)	3	6,39	19,17
Joelhos 90° 25mm (unid.)	2	1,56	3,12
Reservatório (250 litros)	3	99,00	297,00
Tubulação - 50mm (3m)	3	22,11	66,33
Tubulação - 25mm (3m)	3	6,39	19,17
Joelhos 45° 50mm (unid.)	2	3,73	7,46
Joelhos 90° 50mm (unid.)	1	3,03	3,03
Joelhos 90° 25mm (unid.)	1	1,56	1,56
Tee 90° 50mm (unid.)	1	5,00	5,00
Adaptador com flange anel de vedação PVC 50mm (unid.)	1	14,69	14,69
Adaptador com flange anel de vedação PVC 25mm (unid.)	3	6,72	20,16
Adesivo plástico (unid.)	1	2,46	2,46
Bóia para caixa d'água (unid.)	1	13,89	13,89
Registro Gaveta 50mm (unid.)	1	20,50	20,50
Registro Gaveta 25mm (unid.)	3	4,90	14,70
Tubulação PVC esgoto 100mm (6m)	3	38,00	114,00
Tubulação PVC esgoto 75mm (1,5m)	1	9,28	9,28
Tubulação PVC esgoto 50mm (1,5m)	2	7,74	15,48
Caixa de inspeção (unid.)	3	84,48	253,44
Manta plástica (m)	1,50	9,60	14,40
Seixo rolado (saco 18 litros)	14	5,90	82,60
Areia (m ³)	0,24	55,00	13,20
Saibro (m ³)	0,24	45,00	10,80
Mão de obra	1	450,00	300,00
Total			3377,64

Tabela 4.32 – Custo de implantação do sistema água de chuva e reúso - residência 2.

Materiais	Quantidade	R\$ (unitário)	R\$ (total)
Calha Alumínio (m)	50,79	15,00	761,85
Grelha flexível (unid.)	7	8,38	58,66
Condutor vertical (m)	19,6	15,00	294,00
Tubo de PVC 100 mm (6m)	3	38,00	114,00
Junção simples 100mm (unid.)	1	30,28	30,28
Caixa areia (unid.)	3	66,57	199,71
Reservatório inferior (500 litros)	1	145,90	145,90
Joelho de 90° de 150mm (unid.)	1	34,39	34,39
Redução 100x150mm (unid.)	1	13,4	13,4
Moto-bomba e acessórios (1/4 CV)	2	385,44	770,88
Tubulação de recalque 25mm (unid.)	4	6,39	25,56
Joelhos 90° 25mm (unid.)	2	1,56	3,12
Reservatório superior (250 litros)	3	99,00	297,00
Tubulação - 50mm (3m)	5	22,11	110,55
Tubulação - 25mm (3m)	3	6,39	19,17
Joelhos 45° 50mm (unid.)	2	3,73	7,46
Joelhos 90° 50mm (unid.)	3	3,03	9,09
Joelhos 90° 25mm (unid.)	1	1,56	1,56
Tee 90° 50mm (unid.)	1	5,00	5,00
Tee 90° 50x25mm (unid.)	1	5,18	5,18
Adaptador com flange anel de vedação PVC 50mm (unid.)	2	14,69	29,38
Adaptador com flange anel de vedação PVC 25mm (unid.)	1	6,72	6,72
Adesivo plástico (unid.)	1	2,46	2,46
Bóia para caixa d'água (unid.)	1	13,89	13,89
Registro Gaveta 50mm (unid.)	2	20,50	41,00
Registro Gaveta 25mm (unid.)	2	4,90	9,80
Tubulação PVC esgoto 100mm (6m)	6	38,00	228,00
Tubulação PVC esgoto 75mm (1,5m)	2	9,28	18,56
Tubulação PVC esgoto 50mm (1,5m)	10	7,74	77,40
Caixa de inspeção (unid.)	6	84,48	506,88
Seixo rolado (saco 18 litros)	9	5,90	53,10
Areia (m ³)	0,16	55,00	8,80
Saibro (m ³)	0,16	45,00	7,20
Manta plástica (m)	1,2	9,60	11,52
Mão de obra	1	450,00	260,00
Total			4371,47

4.11.5. Custos com Energia Elétrica

O custo com energia elétrica no funcionamento das moto-bombas, nas residências em estudo, para os sistemas de aproveitamento da água da chuva e para o reúso de água são mostrados nas Tabelas 4.33 e 4.34. Para a determinação dos custos com energia elétrica utilizou-se o valor cobrado pela CELESC, em fevereiro de 2005. As residências 1 e 2, estão classificadas segundo a CELESC como residência

normal, que apresenta as seguintes tarifas por faixas de consumo: R\$ 0,33722/kWh (até 150 kWh) e R\$ 0,39567/kWh (acima de 150 kWh).

Tabela 4.33 – Custo com a energia elétrica, na residência 1.

Propriedades	Água de Chuva	Reúso	Água de Chuva + Reúso*	
Moto-bomba	BCR2000 Schneider	BCR2000 Schneider	BCR2000 Schneider	BCR2000 Schneider
Potência Bomba	¼ CV	¼ CV	¼ CV	¼ CV
Vazão da Bomba	2700 l/h	2700 l/h	2700 l/h	2700 l/h
Consumo Energia da Bomba	0,5 kWh	0,5 kWh	0,5 kWh	0,5 kWh
Consumo Diário	210,5 l/dia	174,8 l/dia	35,7 l/dia**	174,8 l/dia***
Tempo de Uso	4,68 min.	3,88 min.	0,79 min.	3,88 min.
Custo Energia Elétrica*	R\$ 4,73/ano	R\$ 3,93/ano	R\$ 0,80/ano	R\$ 3,93/ano

* São duas moto-bombas iguais, uma para a água da chuva e outra para o reúso.

** Vazão de consumo para água da chuva.

***Vazão de consumo para o reúso de água.

Tabela 4.34 – Custo com a energia elétrica, na residência 2.

Propriedades	Água de Chuva	Reúso	Água de Chuva + Reúso*	
Moto-bomba	BCR2000 Schneider	BCR2000 Schneider	BCR2000 Schneider	BCR2000 Schneider
Potência Bomba	¼ CV	¼ CV	¼ CV	¼ CV
Vazão da Bomba	2700 l/h	2700 l/h	2700 l/h	2700 l/h
Consumo Energia da Bomba	0,5 kWh	0,5 kWh	0,5 kWh	0,5 kWh
Consumo Diário	95,1 l/dia	62,2 l/dia	32,9 l/dia**	62,2 l/dia***
Tempo de Uso	2,11 min.	1,38 min.	0,73 min.	1,38 min.
Custo Energia Elétrica*	R\$ 2,13/ano	R\$ 1,40/ano	R\$ 0,74/ano	R\$ 1,40/ano

* São duas moto-bombas iguais, uma para a água da chuva e outra para o reúso.

** Vazão de consumo para água da chuva.

***Vazão de consumo para o reúso de água.

Como os tempos de funcionamento dos sistemas moto-bombas, apresentaram-se muito baixos, sugere-se que o sistema moto-bomba seja ligado em intervalos de tempo que o volume do reservatório seja totalmente utilizado. Estes intervalos de tempos, pode ser vistos na Tabela 4.35.

Tabela 4.35 – Período de funcionamento do sistema moto-bomba.

Sistemas de Abastecimento		Período para Ligar o Sistema Moto-bomba (dia)	
		Residência 1	Residência 2
Água da Chuva		1	3
Reúso		1	4
Água da Chuva + Reúso	Água da Chuva	6	7
	Reúso	1	4

4.11.5. Economia de Água

A Tabela 4.35, mostra as economias com água potável, referente a implantação do sistema de aproveitamento da água da chuva, da implantação do sistema reúso de água e da implantação da água de chuva e reúso juntos, nas residências 1 e 2, em moeda corrente (reais) e em porcentagem.

Na residência 1, tem-se uma economia anual com água potável de 35,5% com a implantação do sistema de aproveitamento da água de chuva, e de 30,4% com a implantação do sistema de reúso de água. A implantação do conjunto água de chuva e reúso, produziu uma economia com água potável de 36,4%.

Para a residência 2, com a implantação do sistema de aproveitamento da água de chuva, obteve-se um economia com água potável de 33,6%, e com a implantação do reúso, 25,6%. A economia com o conjunto água de chuva e reúso, foi de 33,8%.

Analisando os resultados da Tabela 4.36, observa-se que as economias com água potável, para a implantação do aproveitamento da água de chuva e o conjunto água de chuva e reúso, apresentaram iguais, tanto na residência 1 quanto na residência 2. Isto aconteceu, porque os pontos de consumo de água são os mesmos, logo tem-se os mesmos percentuais de consumo de água (Tabela 4.17 a 4.20).

Tabela 4.36 – Economia com a água potável gerada após a implantação do uso da água de chuva e do reúso de água nas residências em estudo.

Economia	Economia			
	Residência 1		Residência 2	
	R\$	%	R\$	%
Economia anual – água de chuva	117,10	35,5	46,75	33,6
Economia anual – reúso de água	100,05	30,4	35,60	25,6
Economia anual – água de chuva + reúso	119,84	36,4	47,01	33,8

4.12. ANÁLISE ECONÔMICA

Na Tabela 4.37, apresentam-se os custos e os benefícios com a implantação do sistema de aproveitamento da água de chuva, com o reúso de água e os dois sistemas ao mesmo tempo, para as residências 1 e 2.

Tabela 4.37 – Custos devidos a implantação do uso da água de chuva e o reúso de água.

Custos	Residência 1 (R\$)			Residência 2 (R\$)		
	Água de Chuva	Reúso	Água de Chuva + Reúso	Água de Chuva	Reúso	Água de Chuva + Reúso
Custo Implantação	2530,96	1716,45	3377,64	3154,50	2185,68	4371,47
Custo Energia Elétrica*	4,73	3,93	4,73	2,13	1,40	2,14
Economia Água Potável*	117,10	100,05	119,84	46,75	35,60	47,01

* Custos anuais

A análise de viabilidade econômica de investimento para os sistemas de aproveitamento de água da chuva, de reúso de água e os dois ao mesmo tempo, foi realizada utilizando-se o Método do Valor Presente Líquido (VPL) e Período de Retorno do Investimento (*Payback*).

Na Tabela 4.38, apresenta-se o resultado do *payback* nas residências em estudo. Analisando-se o período de retorno do investimento (*payback*), observa-se que nenhum dos casos é economicamente viável, pois apresentaram períodos de retorno muito altos.

Na residência 2, como o consumo total de água é menor do que 10 m³, logo nunca terá retorno do investimento, pois mesmo com a economia de água gerada com a implantação do sistema de aproveitamento da água da chuva, ou com o reúso, ou ainda com a água de chuva e reúso, os moradores da residência continuarão a pagar pelos 10 m³, que é a taxa mínima de consumo da CASAN.

Tabela 4.38 – Período de Retorno do Investimento.

Residência	Sistema Abastecimento	Payback
1	Água de Chuva	21 anos e 5 meses
	Reúso	17 anos e 8 meses
	Água de Chuva + Reúso	28 anos e 2 meses
2	Água de Chuva	67 anos e 4 meses
	Reúso	61 anos e 3 meses
	Água de Chuva + Reúso	92 anos e 8 meses

Para o VPL utilizou-se uma taxa mínima de atratividade de 1, 5 e 10% ao ano e a vida útil do investimento, o período em que o VPL se torna positivo.

Na Tabela 4.39, tem-se os resultados do VPL, para o aproveitamento da água de chuva, para o reúso e para os dois sistemas juntos. Considerando-se uma taxa mínima de atratividade de 1% ao ano, o sistema de abastecimento mais viável, foi o reúso de água, para as duas residências em estudo, com períodos de retorno do investimento de 19 anos para a residência 1 e de 99 anos para a residência 2. Para a

taxa mínima de atratividade de 5% ao ano, na residência 1 o sistema mais viável foi o reúso de água, com um período de retorno do investimento de 40 anos. Na residência 2, o VPL para o uso da água da chuva, para o reúso e para a água de chuva e o reúso simultaneamente, apresentou valores negativos ainda para um período de retorno de 250 anos. No caso de uma taxa mínima de atratividade de 10% ao ano, encontrou-se VPL negativos para um período de retorno do investimento de 250 anos, no aproveitamento da água da chuva, no reúso de água e no uso da água da chuva e reúso de água juntos.

Observando-se os resultados obtidos para VPL, conclui-se que a medida que se aumenta as taxas de mínima de atratividade, mais inviável se torna os investimentos para o aproveitamento da água da chuva, do reúso e dos dois sistemas simultaneamente.

Tabela 4.39 – Viabilidade econômica do sistema de aproveitamento da água de chuva e do reúso de água, através do Método do Valor Presente Líquido.

Residência	Sistema Abastecimento	i=1% a.a.		i=5% a.a.		i=10% a.a.	
		VPL (R\$)	Vida (ano)	VPL (R\$)	Vida (ano)	VPL (R\$)	Vida (ano)
1	Água de Chuva	47,95	25	-188,97	250	-1359,96	250
	Reúso	7,01	19	0,32	40	-714,95	250
	Água de Chuva + Reúso	62,09	37	-980,85	250	-2179,24	250
2	Água de Chuva	1,82	116	-2219,50	250	-2687,00	250
	Reúso	4,71	99	-1473,68	250	-1829,68	250
	Água de Chuva + Reúso	2,90	271	-3431,27	250	-3901,37	250

4.13. ANÁLISE PARAMÉTRICA

Na análise paramétrica, a estimativa do volume de armazenagem da água de chuva foi realizada utilizando o algoritmo do programa “Netuno”, onde fixou-se o volume de reservatório, e verificou-se o percentual de consumo de água de chuva que este volume de reservatório atenderá.

Foram analisadas diferentes situações (Tabela 4.40) que podem ocorrer em residências unifamiliares. Para cada simulação, variou-se o consumo de água de chuva de residências unifamiliares, de 0 a 100%, relativo ao consumo total de água da residência.

Tabela 4.40 – Situações simuladas na análise paramétrica.

Consumo Per Capita (l/pessoa por dia)	Número de Moradores	Área de Contribuição do Telhado (m ²)
50	2	50, 100, 200 e 300
	3	50, 100, 200 e 300
	4	50, 100, 200 e 300
100	2	50, 100, 200 e 300
	3	50, 100, 200 e 300
	4	50, 100, 200 e 300
200	2	50, 100, 200 e 300
	3	50, 100, 200 e 300
	4	50, 100, 200 e 300
300	2	50, 100, 200 e 300
	3	50, 100, 200 e 300
	4	50, 100, 200 e 300

As Figuras 4.34 a 4.45, mostram os resultados das simulações para um consumo *per capita* de 50 litros/pessoa por dia, variando-se o número de moradores e a área de contribuição do telhado. Em todas as situações deste primeiro caso, há um volume de reservatório de acumulação da água da chuva que atende totalmente a demanda de água para fins não potáveis (vaso sanitário e máquina de lavar roupa).

Para os demais consumos *per capita*, a medida que se aumenta a área de contribuição do telhado, maior é o volume de água de chuva captada. Analisando-se o consumo *per capita* de 300 litros/pessoa por dia (Figuras 4.70 a 4.81), observa-se que há um aumento na economia da água da chuva captada, a medida que se aumenta a área de contribuição do telhado, não chegando mais à atende a totalidade da demanda de água para os fins não potáveis.

Através das Figuras 4.34 a 4.81 (direita), pode-se determinar o volume de reservatório para acumulação da água da chuva, mais adequado para residências com características expostas na Tabela 4.40, situadas na região de Palhoça (SC).

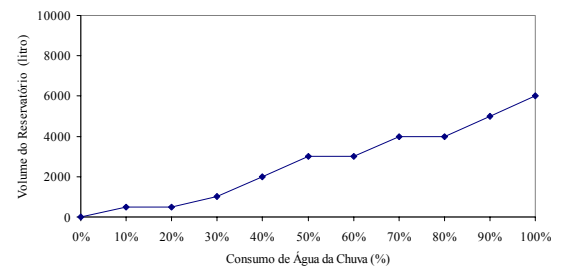
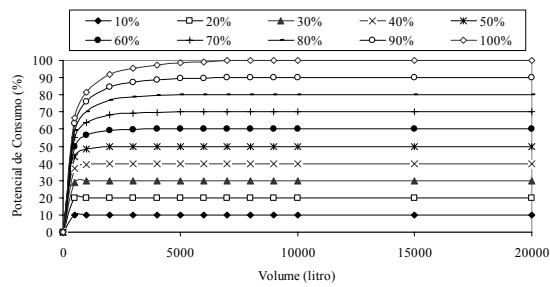


Figura 4.34 – Volume de Reservatórios - consumo *per capita* de 50 litros/pessoa por dia, com 2 moradores e uma área de contribuição do telhado de 50 m².

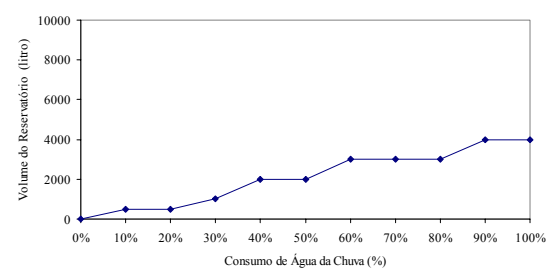
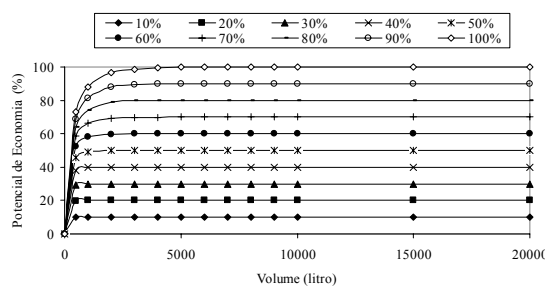


Figura 4.35 – Volume de Reservatórios - consumo *per capita* de 50 litros/pessoa por dia, com 2 moradores e uma área de contribuição do telhado de 100 m².

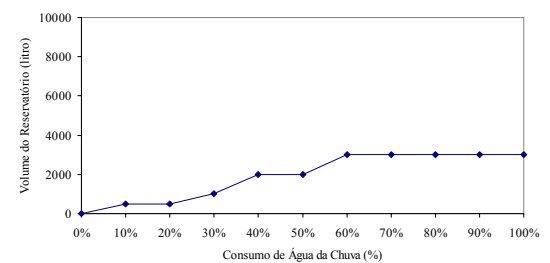
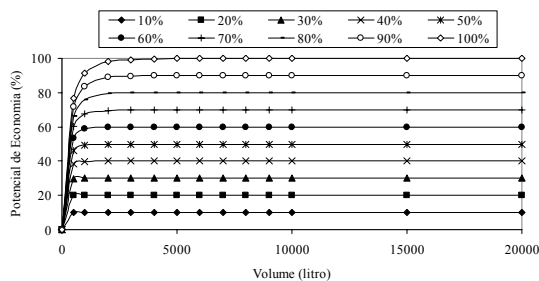


Figura 4.36 – Volume de Reservatórios - consumo *per capita* de 50 litros/pessoa por dia, com 2 moradores e uma área de contribuição do telhado de 200 m².

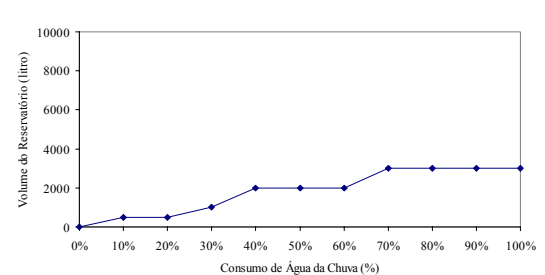
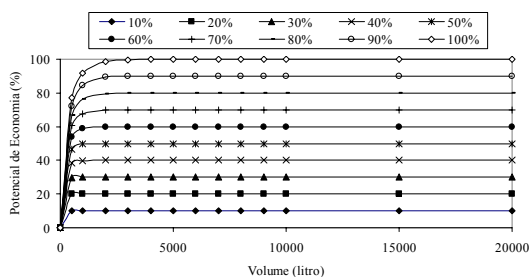


Figura 4.37 – Volume de Reservatórios - consumo *per capita* de 50 litros/pessoa por dia, com 2 moradores e uma área de contribuição do telhado de 300 m².

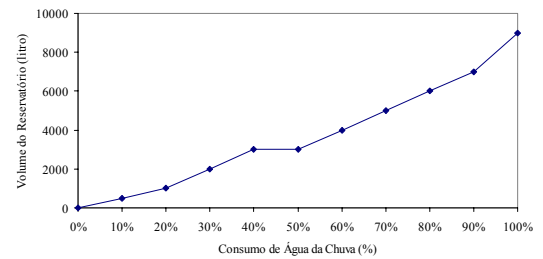
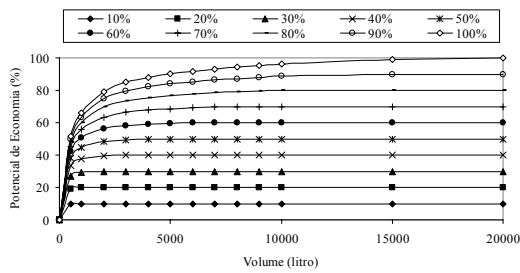


Figura 4.38 – Volume de Reservatórios - consumo *per capita* de 50 litros/pessoa por dia, com 3 moradores e uma área de contribuição do telhado de 50 m².

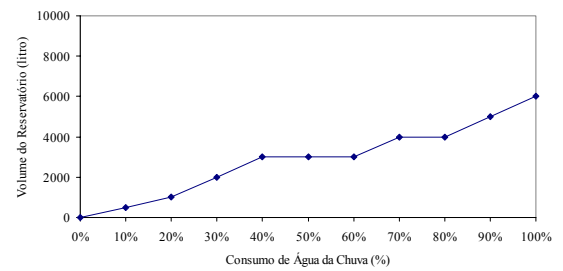
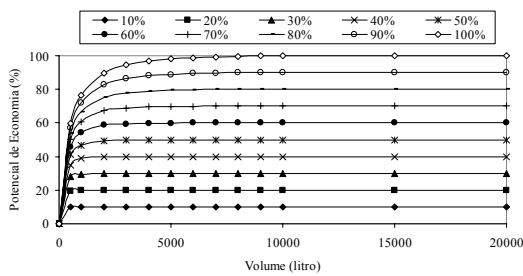


Figura 4.39 – Volume de Reservatórios - consumo *per capita* de 50 litros/pessoa por dia, com 3 moradores e uma área de contribuição do telhado de 100 m².

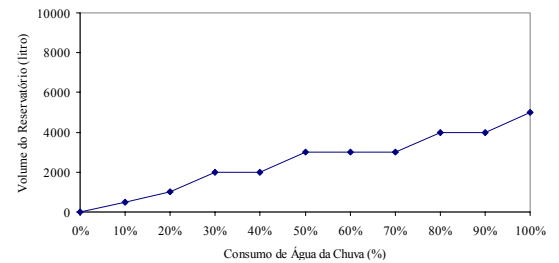
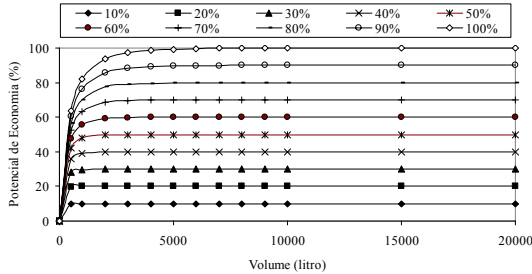


Figura 4.40 – Volume de Reservatórios - consumo *per capita* de 50 litros/pessoa por dia, com 3 moradores e uma área de contribuição do telhado de 200 m².

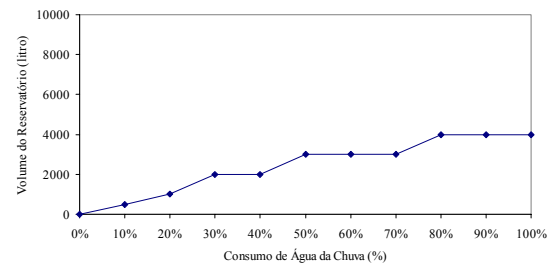
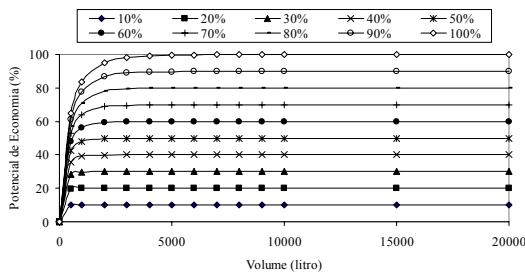


Figura 4.41 – Volume de Reservatórios - consumo *per capita* de 50 litros/pessoa por dia, com 3 moradores e uma área de contribuição do telhado de 300 m².

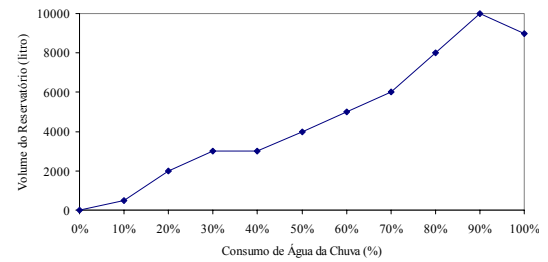
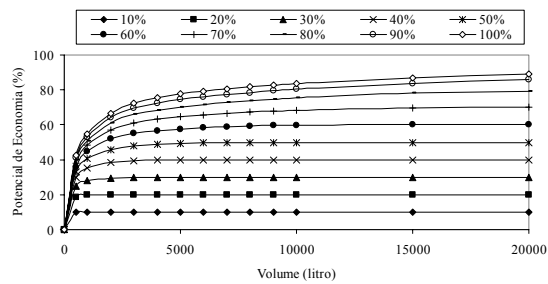


Figura 4.42 – Volume de Reservatórios - consumo per capita de 50 litros/pessoa por dia, com 4 moradores e uma área de contribuição do telhado de 50 m².

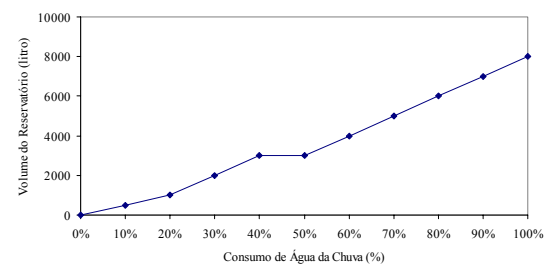
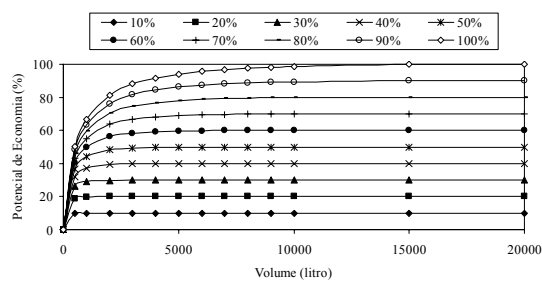


Figura 4.43 – Volume de Reservatórios - consumo per capita de 50 litros/pessoa por dia, com 4 moradores e uma área de contribuição do telhado de 100 m².

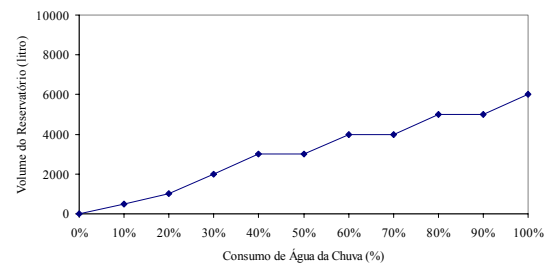
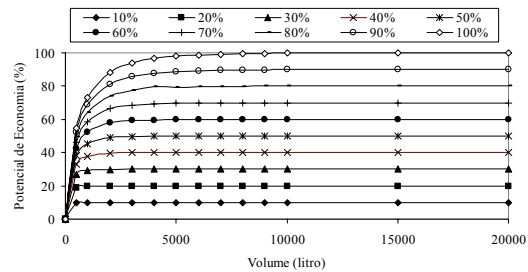


Figura 4.44 – Volume de Reservatórios - consumo per capita de 50 litros/pessoa por dia, com 4 moradores e uma área de contribuição do telhado de 200 m².

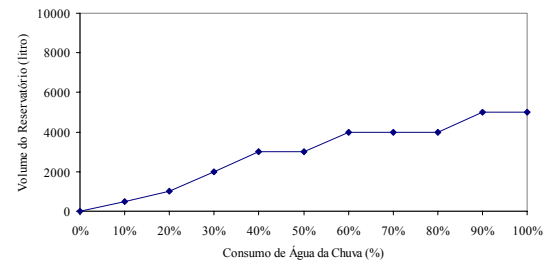
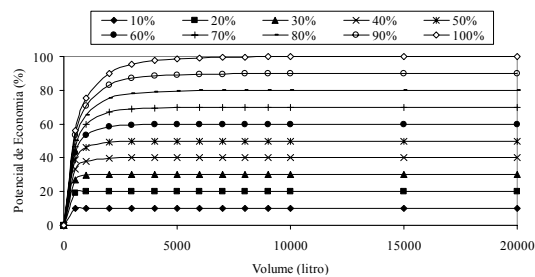


Figura 4.45 – Volume de Reservatórios - consumo per capita de 50 litros/pessoa por dia, com 4 moradores e uma área de contribuição do telhado de 300 m².

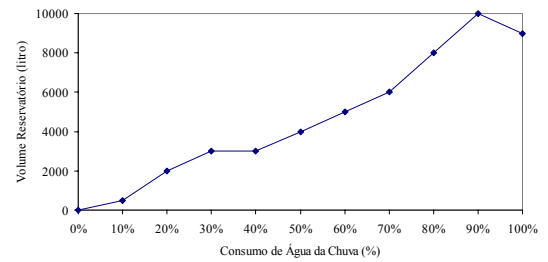
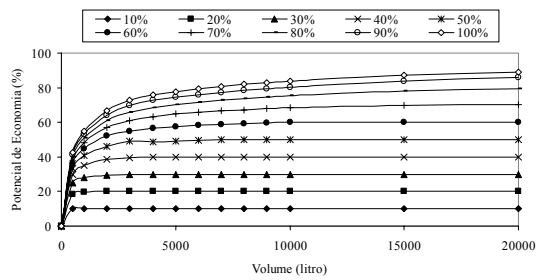


Figura 4.46 – Volume de Reservatórios - consumo per capita de 100 litros/pessoa por dia, com 2 moradores e uma área de contribuição do telhado de 50 m².

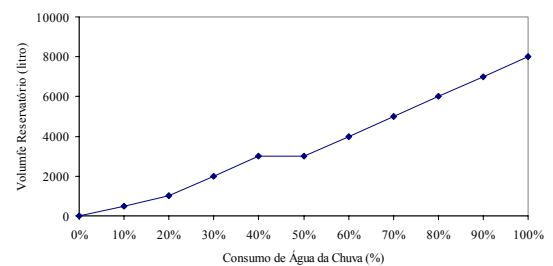
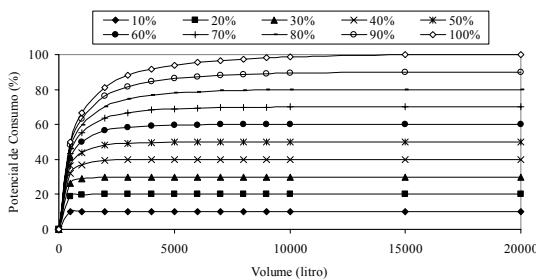


Figura 4.47 – Volume de Reservatórios - consumo per capita de 100 litros/pessoa por dia, com 2 moradores e uma área de contribuição do telhado de 100 m².

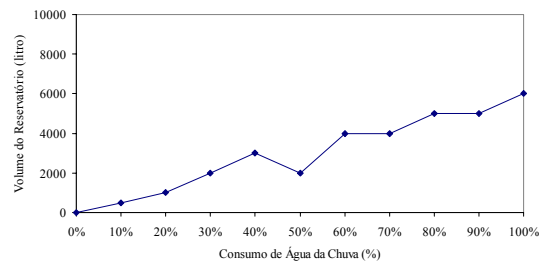
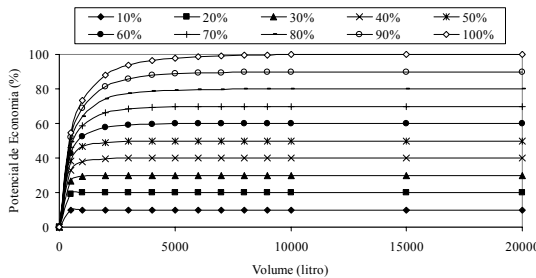


Figura 4.48 – Volume de Reservatórios - consumo per capita de 100 litros/pessoa por dia, com 2 moradores e uma área de contribuição do telhado de 200 m².

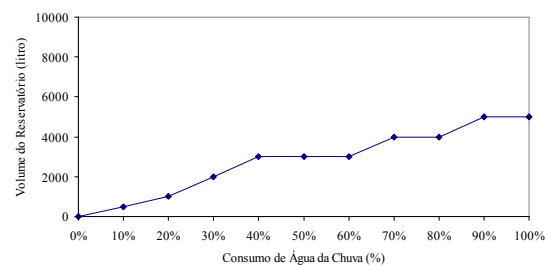
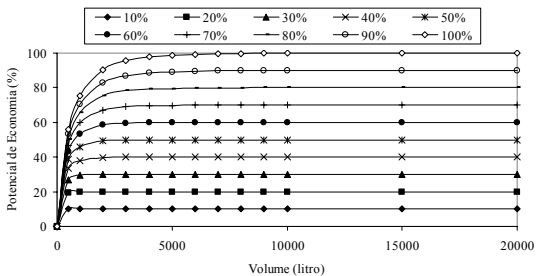


Figura 4.49 – Volume de Reservatórios - consumo per capita de 100 litros/pessoa por dia, com 2 moradores e uma área de contribuição do telhado de 300 m².

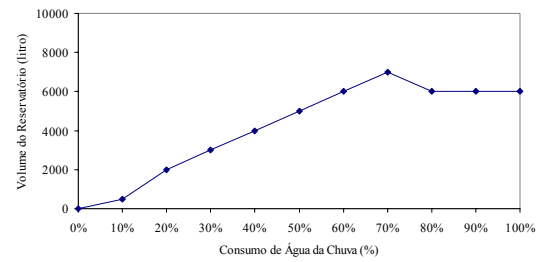
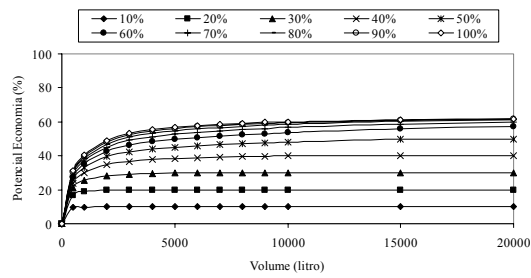


Figura 4.50 – Volume de Reservatórios - consumo per capita de 100 litros/pessoa por dia, com 3 moradores e uma área de contribuição do telhado de 50 m².

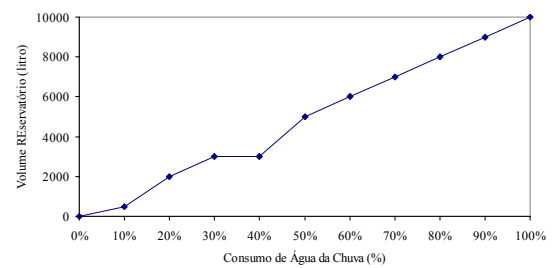
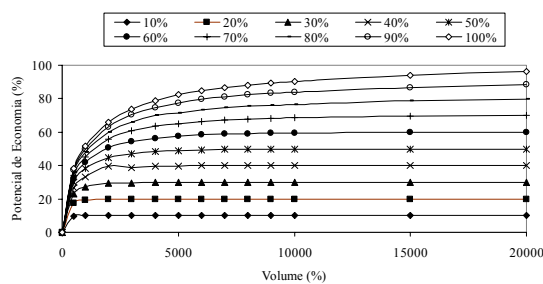


Figura 4.51 – Volume de Reservatórios - consumo per capita de 100 litros/pessoa por dia, com 3 moradores e uma área de contribuição do telhado de 100 m².

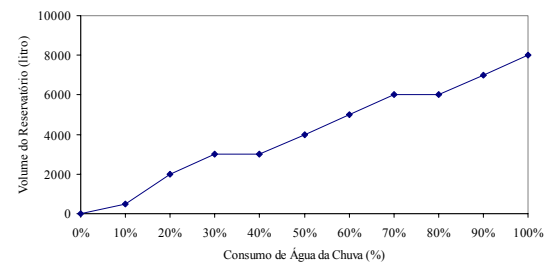
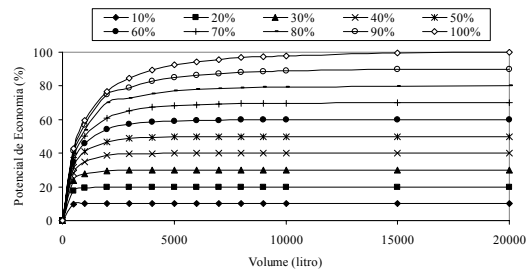


Figura 4.52 – Volume de Reservatórios - consumo per capita de 100 litros/pessoa por dia, com 3 moradores e uma área de contribuição do telhado de 200 m².

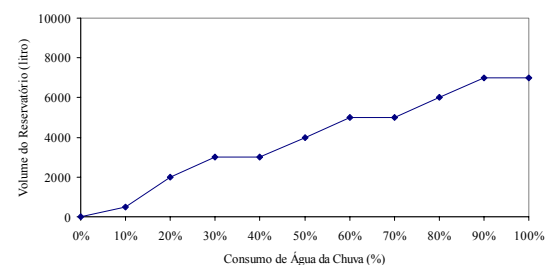
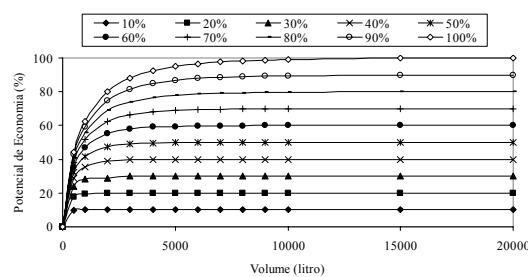


Figura 4.53 – Volume de Reservatórios - consumo per capita de 100 litros/pessoa por dia, com 3 moradores e uma área de contribuição do telhado de 300 m².

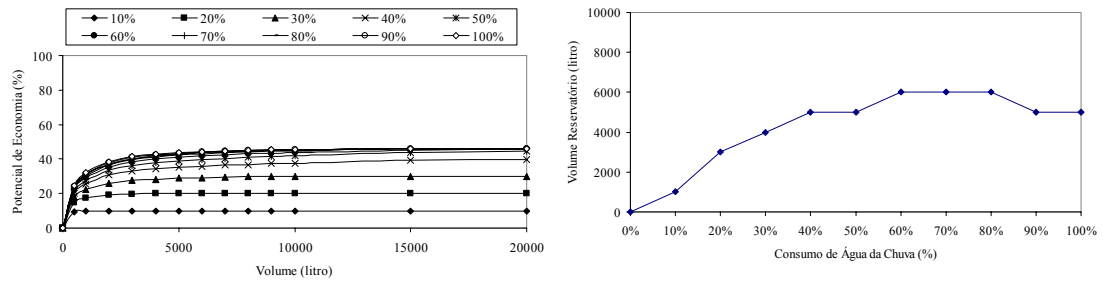


Figura 4.54 – Volume de Reservatórios - consumo per capita de 100 litros/pessoa por dia, com 4 moradores e uma área de contribuição do telhado de 50 m².

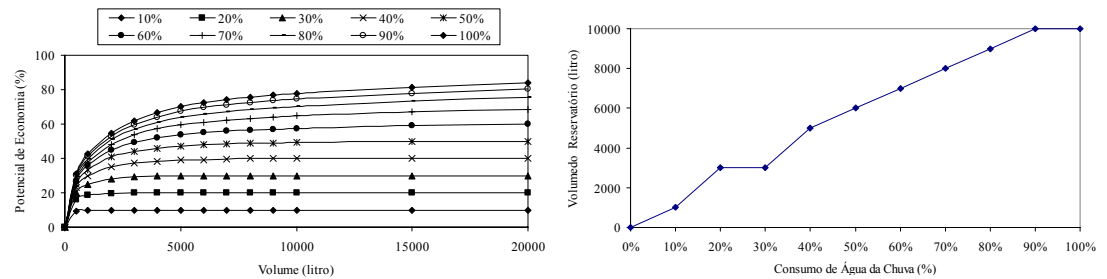


Figura 4.55 – Volume de Reservatórios - consumo per capita de 100 litros/pessoa por dia, com 4 moradores e uma área de contribuição do telhado de 100 m².

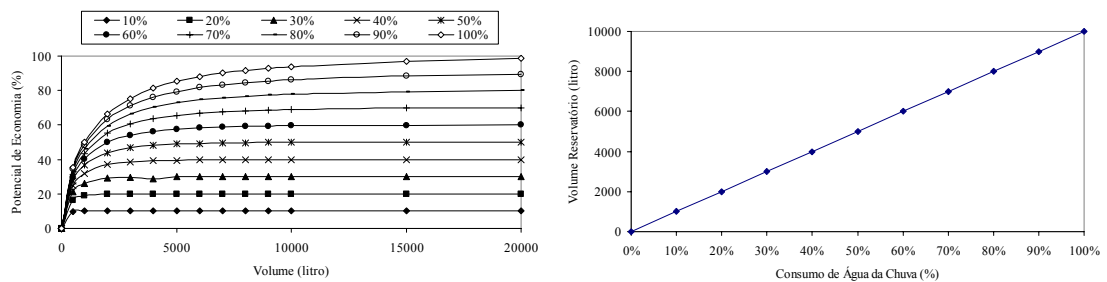


Figura 4.56 – Volume de Reservatórios - consumo per capita de 100 litros/pessoa por dia, com 4 moradores e uma área de contribuição do telhado de 200 m².

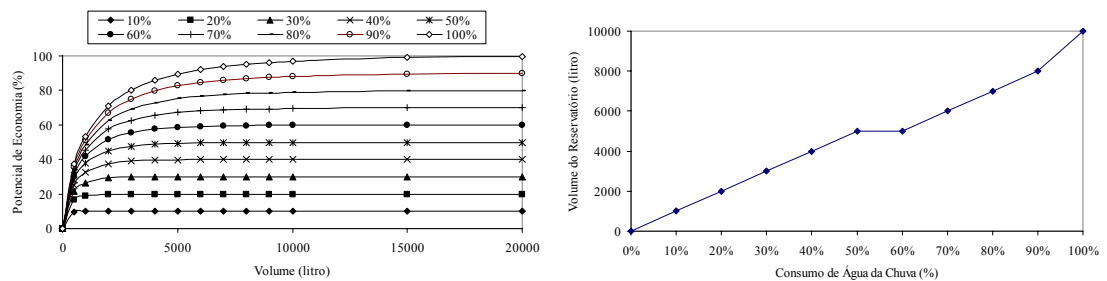


Figura 4.57 – Volume de Reservatórios - consumo per capita de 100 litros/pessoa por dia, com 4 moradores e uma área de contribuição do telhado de 300 m².

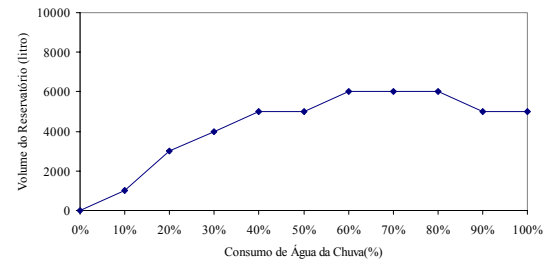
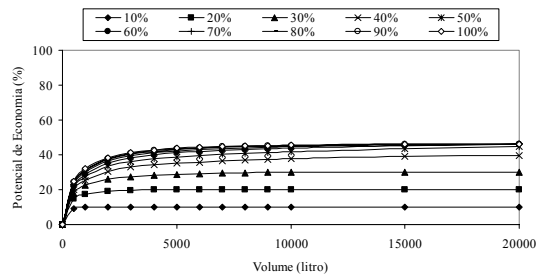


Figura 4.58 – Volume de Reservatórios - consumo per capita de 200 litros/pessoa por dia, com 2 moradores e uma área de contribuição do telhado de 50 m².

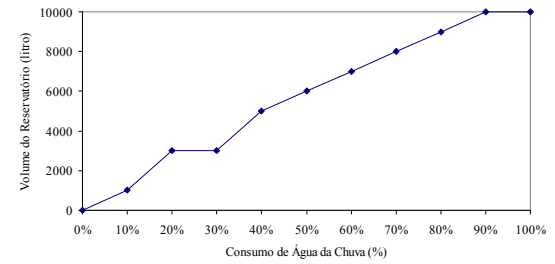
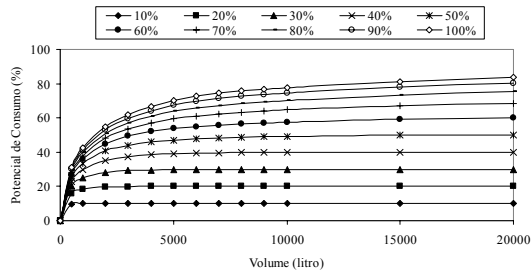


Figura 4.59 – Volume de Reservatórios - consumo per capita de 200 litros/pessoa por dia, com 2 moradores e uma área de contribuição do telhado de 100 m².

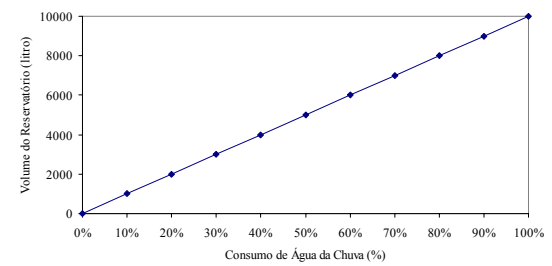
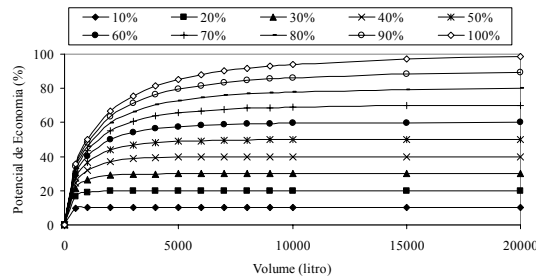


Figura 4.60 – Volume de Reservatórios - consumo per capita de 200 litros/pessoa por dia, com 2 moradores e uma área de contribuição do telhado de 200 m².

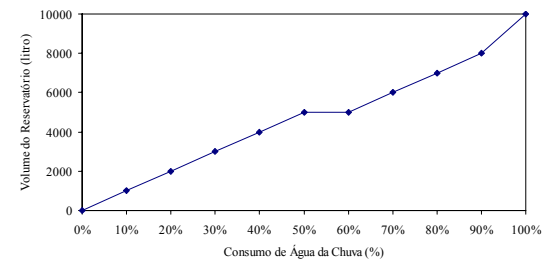
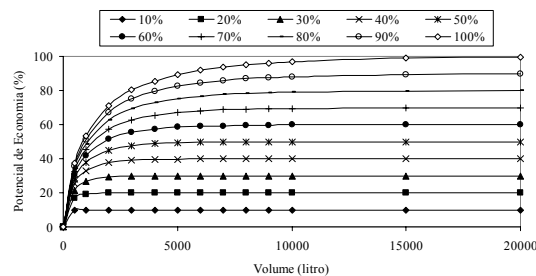


Figura 4.61 – Volume de Reservatórios - consumo per capita de 200 litros/pessoa por dia, com 2 moradores e uma área de contribuição do telhado de 300 m².

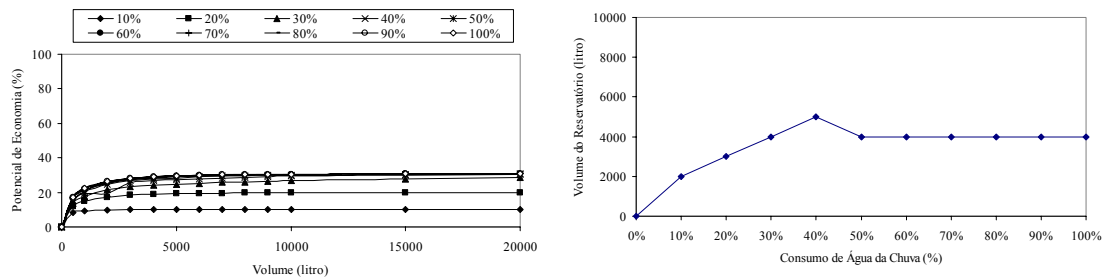


Figura 4.62 – Volume de Reservatórios - consumo per capita de 200 litros/pessoa por dia, com 3 moradores e uma área de contribuição do telhado de 50 m².

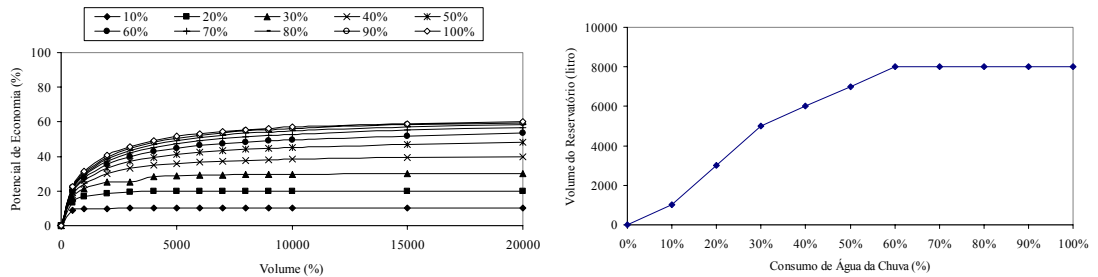


Figura 4.63 – Volume de Reservatórios - consumo per capita de 200 litros/pessoa por dia, com 3 moradores e uma área de contribuição do telhado de 100 m².

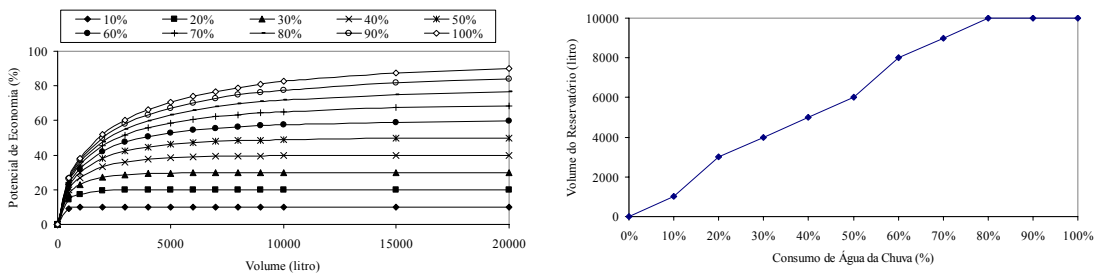


Figura 4.64 – Volume de Reservatórios - consumo per capita de 200 litros/pessoa por dia, com 3 moradores e uma área de contribuição do telhado de 200 m².

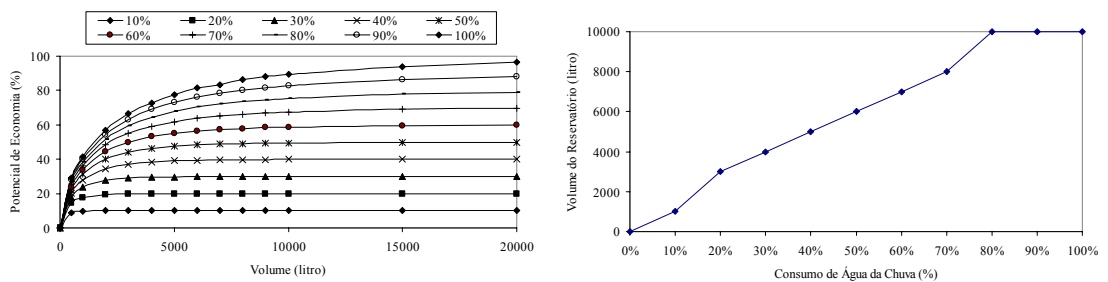


Figura 4.65 – Volume de Reservatórios - consumo per capita de 200 litros/pessoa por dia, com 3 moradores e uma área de contribuição do telhado de 300 m².

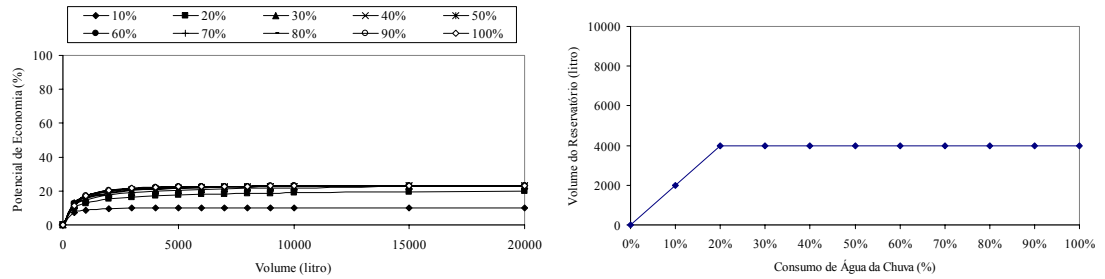


Figura 4.66 – Volume de Reservatórios - consumo per capita de 200 litros/pessoa por dia, com 4 moradores e uma área de contribuição do telhado de 50 m².

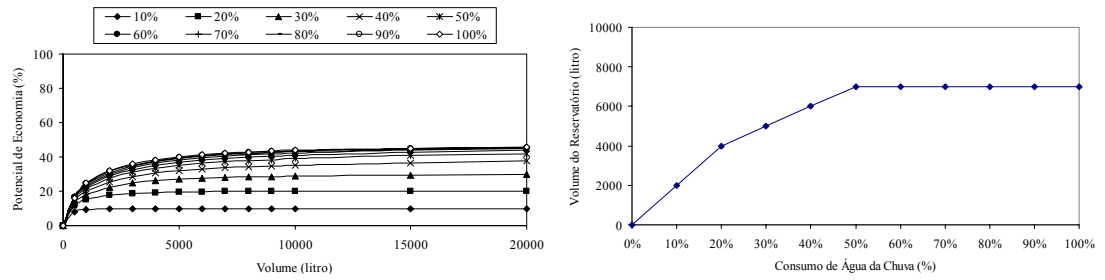


Figura 4.67 – Volume de Reservatórios - consumo per capita de 200 litros/pessoa por dia, com 4 moradores e uma área de contribuição do telhado de 100 m².

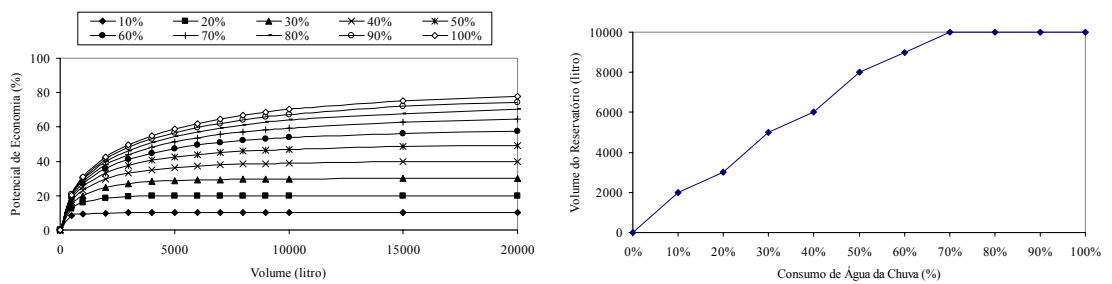


Figura 4.67 – Volume de Reservatórios - consumo per capita de 200 litros/pessoa por dia, com 4 moradores e uma área de contribuição do telhado de 200 m².

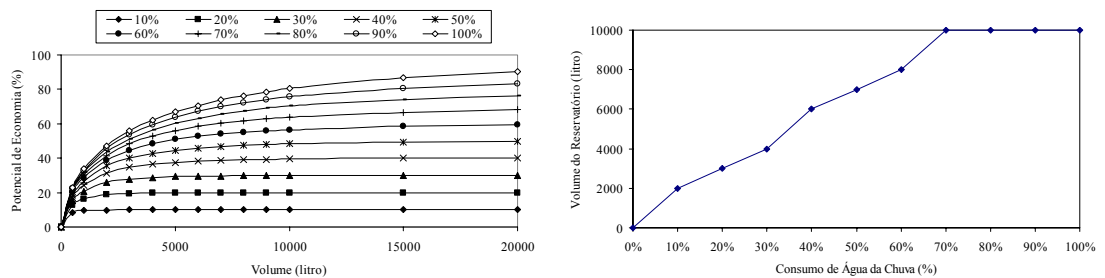


Figura 4.69 – Volume de Reservatórios - consumo per capita de 200 litros/pessoa por dia, com 4 moradores e uma área de contribuição do telhado de 300 m².

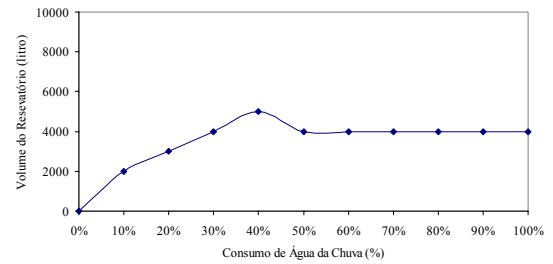
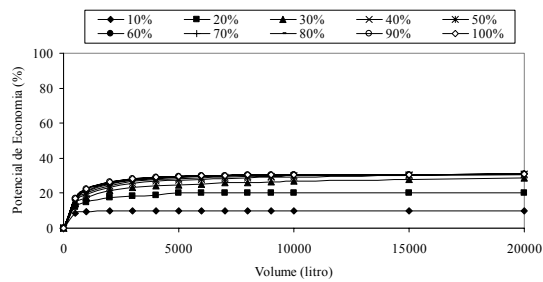


Figura 4.70 – Volume de Reservatórios - consumo per capita de 300 litros/pessoa por dia, com 2 moradores e uma área de contribuição do telhado de 50 m².

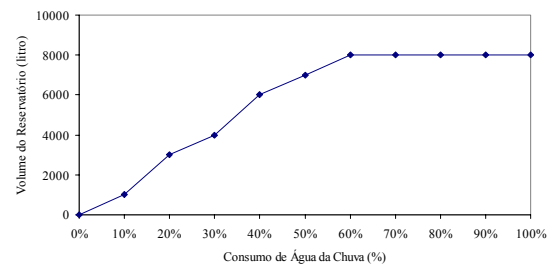
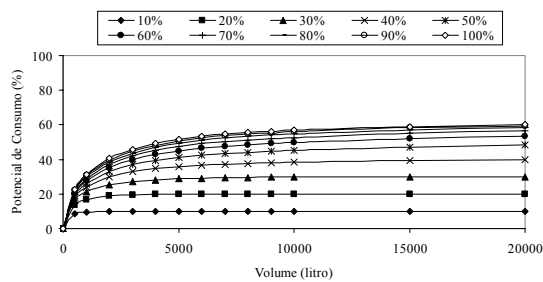


Figura 4.71 – Volume de Reservatórios - consumo per capita de 300 litros/pessoa por dia, com 2 moradores e uma área de contribuição do telhado de 100 m².

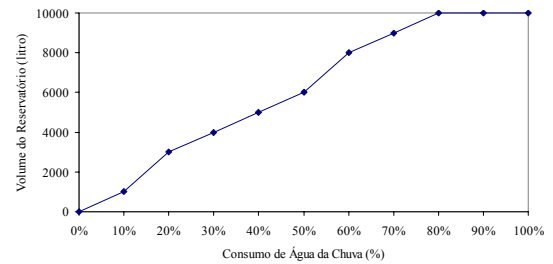
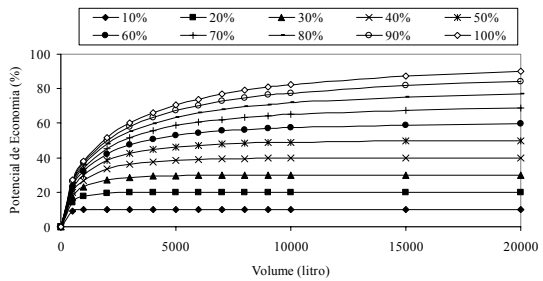


Figura 4.72 – Volume de Reservatórios - consumo per capita de 300 litros/pessoa por dia, com 2 moradores e uma área de contribuição do telhado de 200 m².

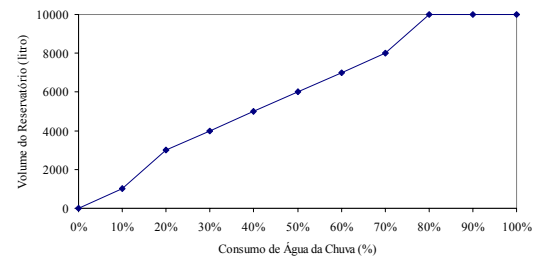
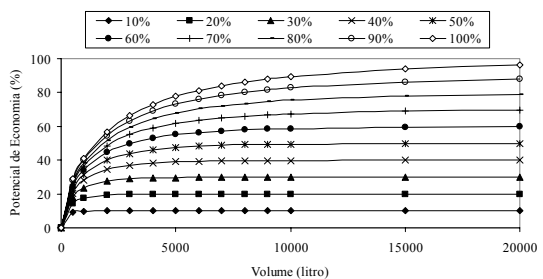


Figura 4.73 – Volume de Reservatórios - consumo per capita de 300 litros/pessoa por dia, com 2 moradores e uma área de contribuição do telhado de 300 m².

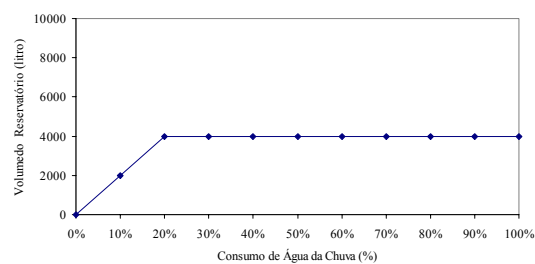
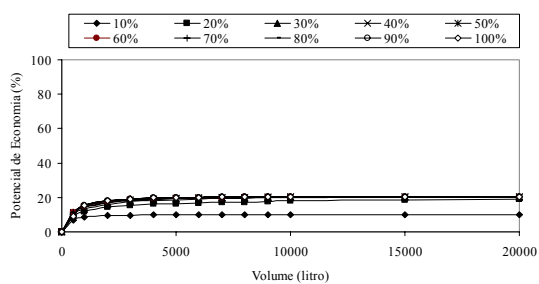


Figura 4.74 – Volume de Reservatórios - consumo per capita de 300 litros/pessoa por dia, com 3 moradores e uma área de contribuição do telhado de 50 m².

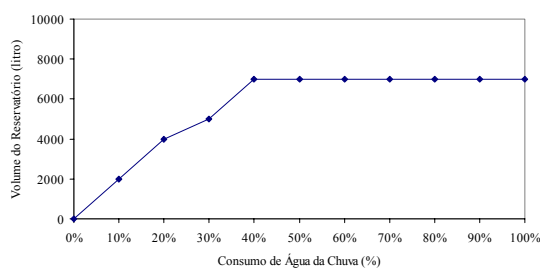
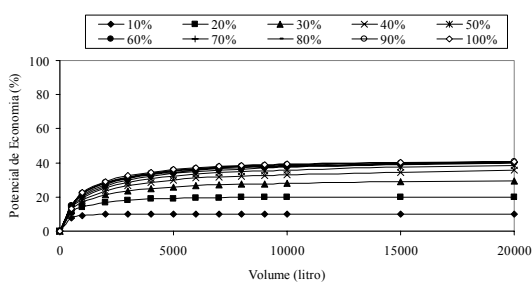


Figura 4.75 – Volume de Reservatórios - consumo per capita de 300 litros/pessoa por dia, com 3 moradores e uma área de contribuição do telhado de 100 m².

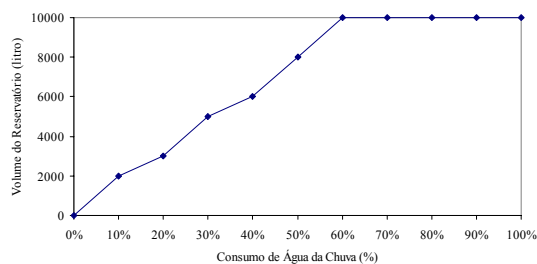
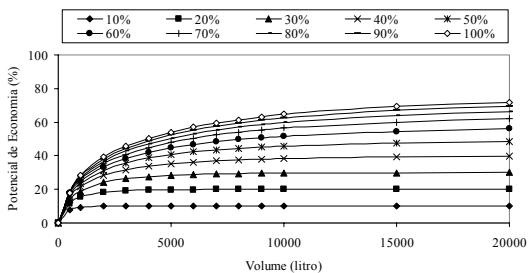


Figura 4.76 – Volume de Reservatórios - consumo per capita de 300 litros/pessoa por dia, com 3 moradores e uma área de contribuição do telhado de 200 m².

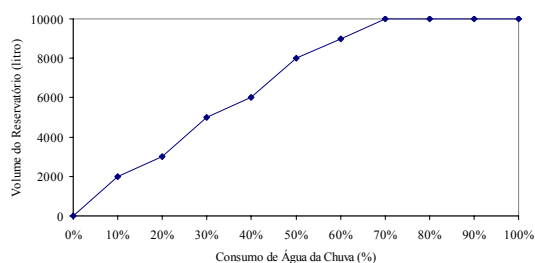
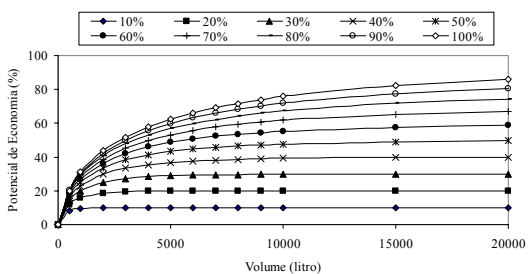


Figura 4.77 – Volume de Reservatórios - consumo per capita de 300 litros/pessoa por dia, com 3 moradores e uma área de contribuição do telhado de 300 m².

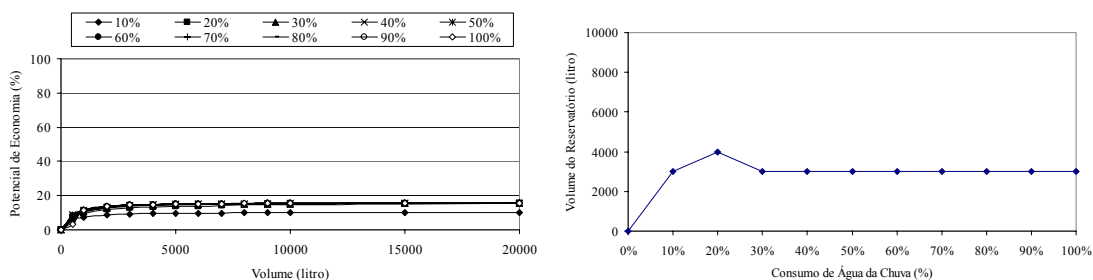


Figura 4.78 – Volume de Reservatórios - consumo per capita de 300 litros/pessoa por dia, com 4 moradores e uma área de contribuição do telhado de 50 m².

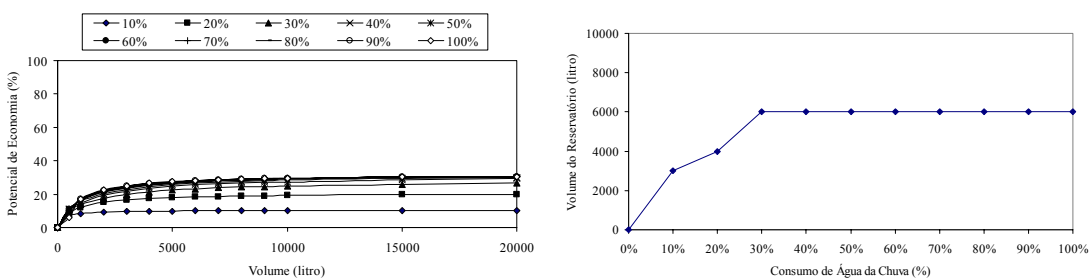


Figura 4.79 – Volume de Reservatórios - consumo per capita de 300 litros/pessoa por dia, com 4 moradores e uma área de contribuição do telhado de 100 m².

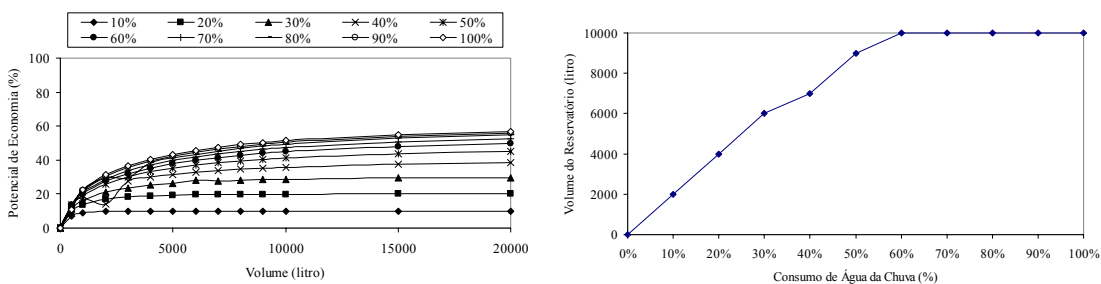


Figura 4.80 – Volume de Reservatórios - consumo per capita de 300 litros/pessoa por dia, com 4 moradores e uma área de contribuição do telhado de 200 m².

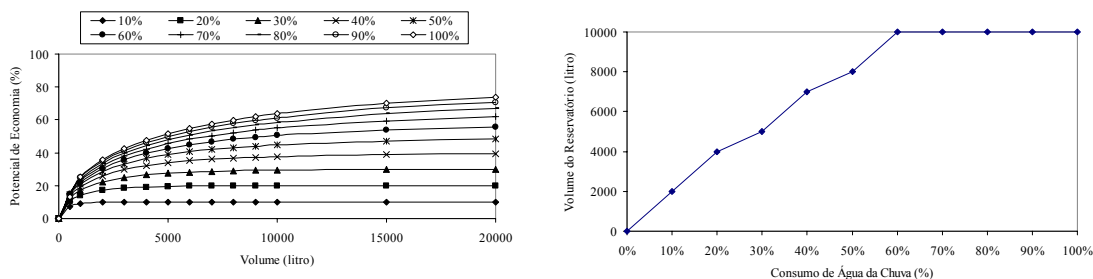


Figura 4.81 – Volume de Reservatórios - consumo per capita de 300 litros/pessoa por dia, com 4 moradores e uma área de contribuição do telhado de 300 m².

5. CONCLUSÕES

5.1. CONCLUSÕES GERAIS

Os problemas de escassez de água no Brasil e no mundo, por diminuição da quantidade e qualidade da água, está levando a população mundial a se preocupar com o assunto, levando a estudos de outras fontes alternativas para o abastecimento de uma residência. O aproveitamento da água de chuva e o reúso de esgoto secundário são apenas algumas das alternativas, que futuramente poderão ser bem exploradas. Mas a sociedade de hoje, ainda se preocupa muito com os custos financeiros relativos aos sistemas de abastecimento, considerando primeiramente as vantagens econômicas.

Realizou-se a viabilidade econômica de alternativas para o abastecimento de água em duas residências unifamiliares, localizadas no município de Palhoça, em pontos de consumo, onde pode ser utilizada água com qualidade não potável. As alternativas analisadas foram, o aproveitamento da água de chuva, o reúso de água e os dois sistemas juntos. Para a realização do dimensionamento destes sistemas foi necessária a realização de um levantamento dos usos finais em cada aparelho hidro-sanitário das residências, para se conhecer os percentuais que poderiam ser substituídos por água de chuva e reúso de água.

No levantamento dos usos finais (antes da análise de sensibilidade) obteve-se, que na residência 1 (Figura 5.1), o maior consumo de água foi do chuveiro com 34,0% do consumo total da residência, seguido pela torneira da cozinha com 29,1% e o vaso sanitário com 27,7%. Na residência 2 (Figura 5.2), o maior consumo também foi com o chuveiro, cerca de 45,4% do consumo da residência, seguido pelo vaso sanitário com 25,8% e a torneira da cozinha com 13,5%.

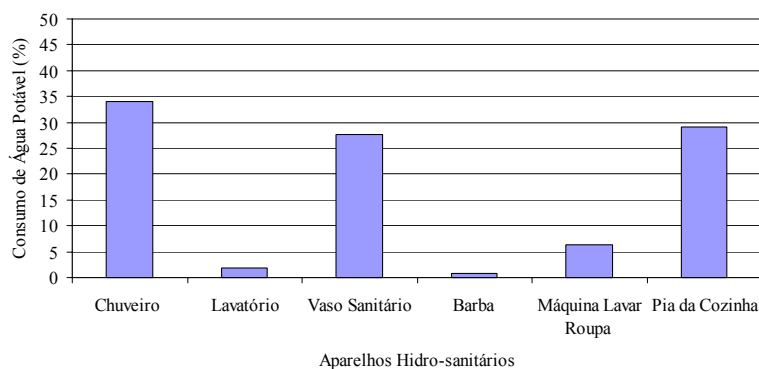


Figura 5.1 – Usos finais da residência 1.

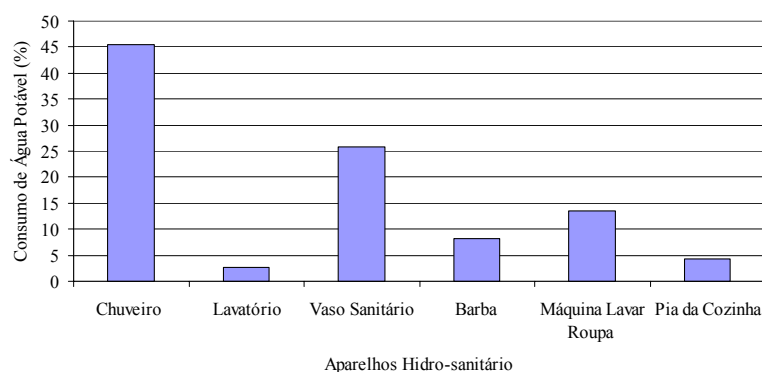


Figura 5.2 – Usos finais da residência 2.

Para verificar a influência de uma resposta imprecisa dos moradores, no resultado final do consumo de água estimado nas residências, realizou-se a análise de sensibilidade, na frequência e tempo de uso dos chuveiros, lavatórios, em fazer a barba e vaso sanitário; para este último fez-se também análise de sensibilidade para a vazão por ser um valor adotado e não medido como nos demais aparelhos. A análise de sensibilidade mostrou tanto para a residência 1, como para a residência 2, que o vaso sanitário e o chuveiro eram os aparelhos com erros mais significativos. Portanto, verificou-se a necessidade de se fazer algumas correções no consumo das residências.

Levando-se em consideração nas duas residências, que o vaso sanitário foi o aparelho que apresentou os maiores erros sobre o consumo, e que este tem a vazão como parâmetro adotado, e também considerando-se a confiabilidade no levantamento do consumo de água realizado nas residências, principalmente quanto à frequência de uso do chuveiro, optou-se por corrigir os consumos dos vasos sanitários. A correção foi realizada atribuindo-se a diferença entre o consumo de água estimado e o consumo real, através de leituras diárias do hidrômetro ao vaso sanitário. Os usos finais corrigidos estão apresentados nas Figuras 5.3 e 5.4.

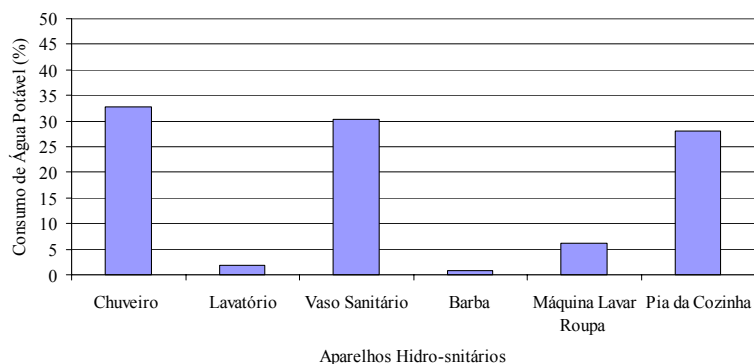


Figura 5.3 – Usos finais da residência 1, após correção.

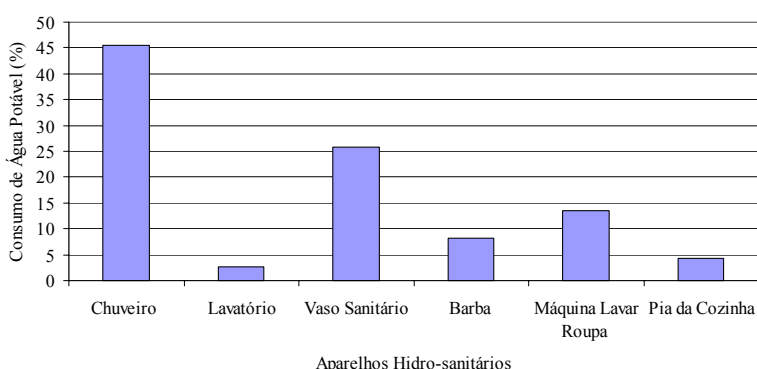


Figura 5.4 – Usos finais da residência 2, após correção.

Após a correção dos consumos de água das residências em estudo, obteve-se que na residência 1, 36,6% do consumo total da residência pode ser substituído por água de chuva, e 30,4% por reúso de água. Na residência 2, 33,8% do consumo da total da residência pode ser substituído pelo aproveitamento da água de chuva e 25,6% do consumo da residência por reúso de água. No caso do sistema utilizando água de chuva e reúso simultaneamente, o consumo de água da chuva para a residência 1 (máquina de lavar roupa), foi de 6,2% do consumo total da residência e para o reúso de água (vaso sanitário) de 30,4% do consumo da residência. Na residência 2, são necessários 8,2% do consumo da residência em água de chuva, para abastecer o ponto de consumo (máquina de lavar roupa) e 25,6% do consumo total da residência para abastecer com água de reúso o vaso sanitário.

O aproveitamento da água de chuva sozinho é responsável pelo abastecimento da máquina de lavar roupa e do vaso sanitário, e o reúso sozinho, apenas do vaso sanitário, mas quando uni-se os dois, a água de chuva passa a abastecer somente a máquina de lavar roupa, diminuindo a porcentagem de consumo

de água da chuva, e o reúso continua abastecendo o vaso sanitário, não havendo mudança nos percentuais de consumo deste.

O reservatório de acumulação de água de chuva (inferior), obtido pelo Programa “Netuno”, para a residência 1 foi de 5000 litros, para uma economia de 35,5% relativo ao consumo de água de chuva e para a residência 2, de 3000 litros com economia de 33,6%. Para o reservatório superior nas duas residências, adotou-se um volume de 250 litros, que atende as necessidades diárias que são de 210,5 litros na residência 1 e de 95,1 litros na residência 2.

Para reúso de água, adotou-se volume de 250 litros, para o reservatório inferior e o superior, nas duas residências, pois a produção de esgoto secundário e o consumo de reúso diárias, nas duas residências, apresentaram valores inferiores ao volume de reservatório adotado.

Para o sistema de água de chuva e reúso ao mesmo tempo, determinou-se dois reservatórios inferiores, sendo um de 500 litros para armazenar a água da chuva e outro de 250 litros para o reúso, e dois reservatórios superiores de 250 litros cada para a distribuição da água de chuva e reúso nos pontos de consumo.

A análise de viabilidade foi realizada pelo método do Valor Presente Líquido e pelo Período de Retorno (*Payback*). Analisando-se o Valor Presente Líquido (Tabela 4.39), obteve-se que para uma taxa mínima de atratividade de 1% ao ano, o sistema de abastecimento mais viável, foi o reúso de água, para as duas residências, com períodos de retorno do investimento de 19 anos para a residência 1 e de 99 anos para a residência 2. Adotando-se uma taxa mínima de atratividade de 5% ao ano, na residência 1 o sistema mais viável foi o reúso de água, com um período de retorno do investimento de 40 anos. Para a residência 2, o VPL do sistema de aproveitamento da água da chuva, do reúso de água e dos dois sistemas simultaneamente, apresentou-se negativos ainda para um período de retorno de 250 anos. O mesmo aconteceu com a taxa mínima de atratividade de 10% ao ano, onde o VPL apresentou-se negativos para um período de retorno do investimento de 250 anos, no aproveitamento da água da chuva, no reúso de água e no uso da água da chuva e reúso de água juntos. Portanto os VPL, para as alternativas de abastecimento estudadas neste trabalho, torna-se inviável o investimento, a medida que se aumenta as taxas de atratividade.

No Período de Retorno, obteve-se o retorno financeiro em 21 anos e 5 meses para o aproveitamento da água de chuva, 17 anos e 8 meses para o reúso e 28 anos e

2 meses a água de chuva e reúso juntos, na residência 1. Para a residência 2, o retorno financeiro ocorre acima dos 61 anos, nos casos estudados.

No caso da residência 2, em que o consumo médio mensal de água é de 9000 litros, deve-se levar em consideração a taxa mínima de consumo de água cobrado pela CASAN (10000 litros), pois mesmo considerando a economia produzida pela substituição de parte do consumo por água não potável, a CASAN continuaria a cobrar os 10000 litros mensais, tornando inviável economicamente para a residência, pois nunca haveria o retorno financeiro. Mas para consumos superiores a 10000 litros, como é o caso da residência 1, a economia com a substituição de parte do consumo por água não potável, refletiria no valor pago mensalmente à CASAN.

Mas analisando-se o lado ambiental, a prática do aproveitamento da água de chuva e do reúso de água, traz benefícios porque reduz a demanda nas águas de superfície e subterrâneas disponíveis, protege os recursos hídricos, pois diminui os lançamento de esgotos.

A análise paramétrica da estimativa do volume de reservatório de acumulação da água da chuva, realizada neste trabalho permitirá a determinação do volume de reservatório para a região de abrangência da Estação Meteorológica de São José (São José), em residências com as mesmas características utilizadas neste trabalho (Tabela 4.40).

5.2. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestões para outros trabalhos, tem-se:

- 1) Estimativa de consumo de água em outras residências familiares onde:
 - possua um maior número de moradores (com e sem crianças);
 - onde a utilização de água seja maior para a lavação de carros, calçadas, garagem, tapetes, para regar jardins e hortas;
 - em residências que possuam piscina;
- 2) Estimativa de consumo de água em residências multifamiliares e em condomínios.
- 3) A utilização do sistema de aproveitamento da água de chuva, reúso e os dois juntos, para residências onde haja um consumo de água maior em pontos de onde não necessitam de água potável, para condomínios, para indústrias e para residências rurais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13969 – **Tanques Sépticos - Unidades de Tratamento Complementar e Disposição Final dos Efluentes Líquidos - Projeto, Construção e Operação.**, Rio de Janeiro (1997).
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10844 – **Instalações Prediais de Águas Pluviais.** Rio de Janeiro (1989).
- ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5626 – **Instalações Prediais de Água Fria.** Rio de Janeiro (1998).
- ALVERCA, A. T. do N. C. "**Reuso**" de **Água: Interface na Análise Econômica do Meio ambiente.** Disponível em http://www2.uerj.br/~ambiente/emrevista/artigos/reuso_agua.htm, acessado em outubro de 2004.
- AMBIENTE BRASIL. Chuva Ácida, 2005. Disponível em <http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=/urbano/index.html&conteudo=/natural/chuvaacida.html>, acesso em maior de 2005.
- ADHITYAN, A. A **Dual-mode System for Harnessing Roofwater for Non-potable Uses.** School of Civil and Strutural Engeneering, Nanyang Technological University, Nanyang Avenue. Singapore 639798, Singapore. 2000. Disponível em www.elsevier.com/locate/urbawat, acesso em 15 de setembro de 2004.
- ARAÚJO, G. M. **Recursos Hídricos Mundiais.** Fortaleza, DNOCS, 1988.
- ASANO, T. **Water Reclamation and Reuse.** Journal Water Pollution Control Ferderal – JWPFA, June 1989, vol. 61, pp. 841-842.0
- BAKIR, H. **Wastewater Management Dervices.** In: Water Stresses Countries, 2001.
- BARRETO, A. S. **Estudo de Reúso de Água no Processo de Fundição SCHUTZ S/A.** Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental: UFSC. Florianópolis, 2004.
- CHAHIN, R. R.; FIGUEIRA NETTO, C. A. M, E MESSUTI, E. **Sistema de Reaproveitamento de Água para Edificações.** Trabalho V-053. Anais do 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro, 1999.
- CHERNICHARO, C. A. de L.; et al. **Tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios.** Projeto PROSAB. Belo Horizonte, 2001.

- COOPER, P. F.; JOB, G. D.; GREEN, M. B. e SHUTES, R. B. E. **Reed Beds and Constructed Wetland for Wastewater Treatment**. Swindon: WRc plc. 184p, 1996.
- CROOK, J. **Crêterios de Qualidade da água para Reúso**. Rev. DAE – SABESP, 1993, 53(174): 10-15.
- DECA. ** gua Uso Racional**, 2004. Disponível em <http://www.deca.com.br>, acesso em maio de 2004.
- FINK, D. R. e SANTOS, H. F. **A Legislação de Reúso da  gua**. In: Recurso de  gua; Capítulo 8. Eds. P. C. Sanches e Mancuso & H. Felício dos Santos. Universidade de São Paulo Faculdade de Saúde Pública, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES. São Paulo, 2002.
- GROUP RAINDROPS **Aproveitamento da água da Chuva**. Organic Trading Editora. Curitiba, 2002.
- HANSEN, S. **Aproveitamento da Chuva em Florianópolis**. Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Sanitária: UFSC. Florianópolis, 1996.
- HRUDEY, S. E. e HRUDEY, E. J. **Health Effects Associated with Wastewater Treatment, Disposal, end Reuse** Journal Water Pollution Control Ferderal – JWPFA, June 1989, vol. 61, pp. 849-854.
- HESPANHOL, I. **Potencial de Reúso de água no Brasil: Agricultura, Indústria, Municípios, Recarga de Aquíferos**. Recursos Hídricos: APRH, Portugal, v. 23, n.2, p.43-65, nov. 2002.
- HOJI, M. **Administração Financeira – Uma Abordagem Prática: Matemática Financeira Aplicada, Estratégias Financeiras e Análises, Planejamento e Controle Financeiro**. 4  ed., São Paulo: Atlas, 2003.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia Estatística. Disponível em www.ibge.gov.br, acesso em outubro de 2004.
- JEPPESEN, B. **Domestic Greywater Re-use: Australia’s Challenge for the Future**. Desalination. Vol. 106, p. 311-315, 1996. Disponível em <http://www.elsevier.com/locate/desal>, acesso em novembro de 2004.
- KAICK, T. S. VAN; **Estação de Tratamento de Esgoto por Zona de Raízes: Uma Proposta de Tecnologia Apropriada para o Saneamento Básico no Litoral do Paraná**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Tecnologia. Centro Federal de Tecnologia do Paraná, Curitiba, 2002.

- LAVRADOR FILHO, J. **Contribuição para o Entendimento do Reúso Planejado da Água e algumas Contribuições sobre suas Possibilidades no Brasil.** Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica de São Paulo. São Paulo, 1987.
- LISBOA, H. DE MELO; COSTA, R. H. R. e WALTORTT, L. M. B., **Análise da Qualidade das Águas de Chuva no Campus Universitário da UFSC no Período de Maio de 1991 a Janeiro de 1992.** Florianópolis, UFSC, 1992.
- LIVRE, U. (2000). Experiências. Disponível em www.unilivre.org.br/centro/experiencias/experiencias/383.html, acesso em abril de 2005.
- MACOMBER, P.S.H. **Guidelines on Rainwater Catchment Systems for Hawaii.** Department of Natural Resources and Environmental Management. College of Tropical Agriculture and Human Resource. University of Hawaii at Manoa. 2001. Disponível em www2.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/RM-12.pdf, acesso em maio de 2005.
- MAESTRI, R. S. **Análise Custo-Benefício para o Aproveitamento da Água da Chuva em Florianópolis.** Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental: UFSC. Florianópolis, 2003.
- MANCUSO, P. C. S. e SANTOS, H. F. dos **Reúso de Água.** São Paulo: Editora Manole Ltda. 2004.
- MARINOSKI, D. L. **Estudo de Aproveitamento de Água da Chuva: Condomínio Residencial Elos – Florianópolis.** Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil – Uso Racional de Água em Edificações. UFSC. Florianópolis, 2003.
- MIELI, J. C. de A. **Reúso de Água Domiciliar.** Dissertação de Mestrado. Curso de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal Fluminense. Niterói, 2001.
- MOTA, S. **Introdução à Engenharia Ambiental.** Rio de Janeiro: ABES, 1997.
- NETTO, J. M. A. **Aproveitamento de Águas de Chuva para Abastecimento.** BIO, Rio de Janeiro, v.3, n.2, p.44-48, 1991.
- NETTO, J. M. A.; FERNANDEZ, M. F. Y.; ARAUJO, R. e ITO, A. E. **Manual de Hidráulica.** 8 ed. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 669p, 1998.
- NETUNO, **Programa para Cálculo do Potencial de Economia de Água Tratada Utilizando Água de Chuva.** Desenvolvido pelo Professor Enedir Ghisi. Laboratório de Eficiência Energética – LabEEE. UFSC, 2004.
- OLIVEIRA, Y. V. **Uso do Balanço Hídrico Seriado para o Dimensionamento de Estrutura de Armazenamento de Água das Chuvas: Estudos de Casos.**

- Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental. UFSC. Florianópolis, 2004
- PALHOÇA, Prefeitura Municipal de Palhoça. Disponível em: <http://palhoça.sc.gov.br>, acessado em novembro de 2004.
- PALUDO, D. e QUADROS, M. E. **O Reúso de Águas na Indústria Hoteleira**. In: III Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental. Porto Alegre. 2002.
- PEREIRA, T. N. **Proposta de Aproveitamento da Água da Chuva para uma Indústria do Setor Metal-Mecânico – SCHULZ S/A. Joinville/SC**. Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental: UFSC. Florianópolis, 2004.
- PHILIPPI, L. S. e SEZERINO, P. H. **Aplicação de Sistemas Tipo Wetlands no Tratamento de Águas Residuárias: Utilização de Filtros Plantados com Macrófitas**. 1º ed., Florianópolis. Ed. do Autor, 2004.
- PORRÉCA, L. M. **ABC do Meio Ambiente: Água**. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 1998.
- REBOUÇAS. A. **Uso Cada Vez Mais Eficiente da Gota d'Água Disponível**. SOECO/MG, 2003. Gerenciamento Sustentável da Água da Chuva. Disponível em: <http://www.soecomg.hpg.ig.com.br/agua8.htm>, acesso em 26 de setembro de 2004.
- SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. **Uso racional**. 2004. Disponível em: <http://www.sabesp.com.br>, acesso em maio de 2004.
- SEITZ, P. **Naturnahe Abwasserreinigung mit Pflanzensystemen**. Stadt und Grün, p. 494-497, 1995.
- SETTI, A. A. **A Necessidade do Uso Sustentável dos Recursos Hídricos**. IBAMA, Brasília, 1994.
- SEZERINO, P. H. e PHILIPPI, L. S. **Utilização de um Sistema Experimental por Meio de “Wetland” Construído no Tratamento de Esgotos Domésticos Pós Tanque Séptico**. In: IX Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Anais. Porto Seguro, BA: ABES. pp.688-697, 2000.
- SILVA, L. O. A. B. e; SOUZA, M. A. A. de e ALLAM, N. J. **Uma Proposta de Reúso de Água em Condomínios Verticais em Brasília – DF**. In: I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável e X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. São Paulo, 2004.
- SNIS – Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto – 2002. Brasília: Secretaria Especial de

- Desenvolvimento Urbano da Presidência da República – SEDU/PR: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, 2002. Disponível em: http://www.snis.gov.br/diag_2002.htm, acesso em junho de 2004.
- SOARES, D. A. F.; SOARES, P. F. e GONÇALVES, O. M. **O Reúso das Águas Residuárias em Edifícios**. II Encontro Tecnológico de Engenharia Civil e Arquitetura - ENTECA, Maringá, 2001.
- SOECO/MG. Gerenciamento Sustentável da Água da Chuva, 2003. Disponível em: <http://soecomg.hpg.ig.com.br/agua8.htm>, acesso em 26 de setembro de 2004.
- SOUSA, J. T.; ARAÚJO, H. W. C. de e CATUNDA, P. F. C. **Reúso de Esgoto Sanitário para a Agricultura**. Ecolatina, Belo Horizonte, 2001.
- SOUZA, W. **Tratamento de Efluente de Maricultura por dois Wetlands Artificiais Pilotos, com e sem Spartina alterniflora - Perspectivas de Aplicação**. Aquicultura. Florianópolis, UFSC, 2003.
- VIDAL, R. T. **Agua de Iluvial – Agua Saludable** – Publicación del Proyecto de Apoyo a la Reforma del Setor Salude de Guatemala “APRESAL” Coemisión Europea. Impreso em Meios Comunicación. Abril 2000 – Republica de Guatemala, 2002.
- VUOKKO, K.; MARJO, L. e SENNA, P. **Stability of Major Ions and Sampling Variability in Daily Bulk Precipitation Samples**. Finnish Meteorological Institute, Sahaajankatu 20 E, FIN-00810 Helsinki, Finland. 2000. Disponível em www.elsevier.com/locate/urbawat, acesso em 15 de setembro de 2004.
- VYMAZAL, J. **Use of Reed-bed Systems for the Treatment of Concentrated Water from Agriculture**. In: International Conference on the Use of Constructed Wetland in Water Pollution Control. Proceedings. Cambridge, UK:IAWPRC. p. 347-358, 1990.
- WESTERHOFF, G. P. **“Un update of research needs for water reuse”** In: Water Reuse Symposium, 3, San Diego, Califórnia, Proceedings. p. 1731-42, 1984.

APÊNDICES

APÊNDICE 1

Exemplo de planilhas utilizadas para o levantamento do consumo diário nas residências em estudo:

DIAS	MORADOR “A”			MORADOR “B”		
	USO	TEMPO INICIAL	TEMPO FINAL	USO	TEMPO INICIAL	TEMPO FINAL

APÊNDICE 2

Frequência e tempo de utilização dos aparelhos hidro-sanitários, para o período de 1 a 28 de fevereiro de 2005, nas residências 1 e 2.

Residência 1

Tabela 1 – Levantamento das frequências e tempo de uso para o chuveiro, na residência 1.

Dias	H ₁		M		H ₂	
	Nº de uso (vez)	Tempo de uso (min.)	Nº de uso (vez)	Tempo de uso (min.)	Nº de uso (vez)	Tempo de uso (min.)
1	1	8	1	7	2	10
2	1	10	2	6	2	12
3	1	7	2	7	2	9
4	1	6	1	7	1	14
5	1	7	2	8	0	0
6	2	6	2	6	0	0
7	1	11	1	6	0	0
8	1	8	1	6	0	0
9	2	11	2	10	1	12
10	2	7	1	7	2	9
11	1	10	2	7	1	10
12	2	9	2	8	2	13
13	1	6	1	8	2	9
14	1	6	1	7	1	10
15	1	7	2	7	1	12
16	2	8	2	11	1	12
17	1	7	2	9	2	14
18	1	7	1	7	1	10
19	2	9	2	8	2	14
20	2	8	1	7	1	10
21	1	7	1	12	2	12
22	1	7	2	8	2	11
23	2	8	1	7	2	13
24	2	9	1	7	1	12
25	1	7	2	8	2	9
26	1	7	1	10	2	15
27	1	9	2	7	2	11
28	2	10	1	8	1	12
Total	38	222	42	216	38	275
Média	1,36	7,93	1,50	7,71	1,58	11,46

Tabela 2 – Levantamento das frequências e tempo de uso para o lavatório, na residência 1.

Dias	H ₁		M		H ₂	
	Nº de uso (vez)	Tempo de uso (seg.)	Nº de uso (vez)	Tempo de uso (seg.)	Nº de uso (vez)	Tempo de uso (seg.)
1	5	6	9	7	4	8
2	4	7	9	7	4	7
3	5	9	10	9	3	10
4	7	6	7	8	4	9
5	5	7	8	7	0	0
6	5	7	10	8	0	0
7	8	8	9	7	0	0
8	6	7	10	6	0	0
9	7	8	9	7	3	9
10	9	7	9	6	4	10
11	5	9	10	9	3	11
12	5	7	8	7	6	9
13	7	8	8	8	5	10
14	6	7	9	9	4	8
15	6	6	10	7	5	12
16	7	7	7	7	5	9
17	8	7	8	8	3	9
18	7	6	8	9	4	10
19	7	8	9	8	5	9
20	6	8	9	7	5	9
21	4	7	10	8	4	6
22	9	9	10	7	4	10
23	6	8	8	9	4	8
24	8	9	8	9	3	9
25	6	7	9	7	5	11
26	5	9	7	8	4	12
27	7	8	8	8	4	9
28	7	7	9	9	4	9
Total	177	209	245	216	99	223
Média	6,32	7,46	8,75	7,71	4,13	9,29

Tabela 3 – Levantamento das frequências e tempo de uso para o vaso sanitário, na residência 1.

Dias	H ₁		M		H ₂	
	Nº de uso (vez)	Tempo de uso (seg.)	Nº de uso (vez)	Tempo de uso (seg.)	Nº de uso (vez)	Tempo de uso (seg.)
1	3	5	6	7	3	6
2	3	6	7	6	3	7
3	4	5	6	8	3	6
4	5	7	5	5	4	8
5	4	6	6	6	0	0
6	4	8	6	6	0	0
7	3	5	6	7	0	0
8	3	8	7	9	0	0
9	5	6	5	6	4	6
10	4	7	6	7	3	8
11	4	8	6	7	3	8
12	4	9	7	8	5	7
13	3	6	6	7	4	7
14	5	6	6	8	3	9
15	4	8	6	6	3	8
16	4	7	8	7	3	8
17	4	6	7	8	2	7
18	3	9	6	8	4	6
19	4	7	5	6	4	8
20	4	7	6	7	4	9
21	3	8	7	7	2	6
22	5	6	8	5	2	7
23	4	8	6	7	3	7
24	4	7	6	6	3	6
25	4	8	7	7	2	9
26	3	8	6	8	3	7
27	4	7	7	7	3	7
28	4	6	7	8	4	6
Total	108	194	177	194	77	173
Média	3,86	6,93	6,32	6,93	3,21	7,21

Tabela 4 – Levantamento da frequência e tempo de uso da cozinha e área de serviço, na residência 1.

Dias	Máquina de Lavar Roupas (vez)	Pia Cozinha	
		Nº de uso (vez)	Tempo de uso (min.)
1	0	3	5
2	1	3	3
3	0	3	4
4	0	3	5
5	1	4	5
6	0	0	0
7	0	3	5
8	0	3	3
9	1	3	3
10	0	2	4
11	0	3	4
12	1	2	3
13	0	1	3
14	0	3	5
15	0	3	4
16	1	3	2
17	0	4	4
18	0	3	5
19	2	3	3
20	0	0	0
21	0	2	4
22	0	3	4
23	1	3	3
24	0	3	4
25	0	3	5
26	2	4	4
27	0	2	4
28	0	3	5
Total	10	75	103
Média	0,36	2,68	3,68

Tabela 5– Levantamento da frequência e tempo de uso para a barba na residência 1.

Dias	H ₁		H ₂	
	Nº de uso (vez)	Tempo de uso (min.)	Nº de uso (vez)	Tempo de uso (min.)
1	0	0	1	3
2	1	4	0	0
3	0	0	0	0
4	0	0	1	4
5	1	3	0	0
6	0	0	0	0
7	0	0	0	0
8	0	0	0	0
9	1	4	1	5
10	0	0	0	0
11	0	0	0	0
12	1	3	1	4
13	0	0	0	0
14	0	0	0	0
15	0	0	0	0
16	1	4	0	0
17	0	0	0	0
18	0	0	0	0
19	1	4	1	4
20	0	0	0	0
21	0	0	0	0
22	0	0	0	0
23	1	3	0	0
24	0	0	0	0
25	0	0	0	0
26	1	3	1	3
27	0	0	0	0
28	0	0	0	0
Total	8	28	6	23
Média	0,28	1,00	0,25	0,96

Residência 2

Tabela 6 – Levantamento da frequência e tempo de uso para o chuveiro, residência 2.

Dias	M		H	
	Nº de uso (vez)	Tempo de uso (min.)	Nº de uso (vez)	Tempo de uso (min.)
1	1	8	1	10
2	1	6	1	9
3	1	9	1	9
4	1	7	1	11
5	1	6	2	8
6	2	8	1	9
7	0	0	0	0
8	0	0	0	0
9	1	5	1	9
10	1	9	1	8
11	2	5	1	10
12	0	0	0	0
13	0	0	0	0
14	1	8	1	9
15	1	5	1	9
16	1	6	1	8
17	1	6	1	10
18	2	8	1	7
19	2	8	2	9
20	1	7	1	9
21	1	8	1	8
22	1	6	1	9
23	1	6	1	8
24	1	7	1	12
25	1	6	1	8
26	0	0	0	0
27	1	6	1	11
28	1	7	1	9
Total	27	157	25	209
Média	1,17	6,83	1,09	9,09

Tabela 7 – Levantamento da frequência e tempo de uso para o lavatório, na residência 2.

Dias	M		H	
	Nº de uso (vez)	Tempo de uso (seg.)	Nº de uso (vez)	Tempo de uso (seg.)
1	7	8	3	6
2	6	6	3	7
3	5	7	3	6
4	6	5	3	7
5	5	7	3	7
6	7	8	4	9
7	0	0	0	0
8	0	0	0	0
9	5	5	3	6
10	7	7	3	7
11	5	7	4	8
12	0	0	0	0
13	0	0	0	0
14	5	13	3	8
15	5	8	3	12
16	4	6	2	8
17	7	7	3	5
18	5	10	3	9
19	8	6	5	9
20	7	8	4	11
21	7	11	3	8
22	8	8	3	8
23	6	6	2	7
24	7	9	2	10
25	7	8	3	9
26	0	0	0	0
27	8	9	5	8
28	7	9	4	10
Total	144	178	74	185
Média	6,26	7,74	3,22	8,04

Tabela 8 – Levantamento da frequência e tempo de uso para o vaso sanitário, na residência 2.

Dias	M		H	
	Nº de uso (vez)	Tempo de uso (seg.)	Nº de uso (vez)	Tempo de uso (seg.)
1	4	5	3	7
2	5	6	3	6
3	3	4	3	8
4	6	5	2	5
5	4	5	3	7
6	5	6	3	6
7	0	0	0	0
8	0	0	0	0
9	4	5	3	6
10	6	4	2	7
11	5	6	3	4
12	0	0	0	0
13	0	0	0	0
14	3	5	4	6
15	5	6	3	7
16	6	4	4	5
17	4	5	3	7
18	6	4	3	6
19	4	6	4	7
20	5	5	3	4
21	5	5	4	6
22	6	6	4	5
23	5	5	3	6
24	6	5	4	4
25	7	6	4	7
26	0	0	0	0
27	7	5	4	6
28	4	4	3	7
Total	115	117	75	139
Média	5,00	5,09	3,26	6,04

Tabela 9 – Levantamento da frequência e tempo de uso da cozinha e área de serviço, na residência 2.

Dias	Máquina de Lavar Roupa (vez)	Pia Cozinha	
		Nº de uso (vez)	Tempo de uso (min.)
1	0	3	5
2	1	2	3
3	0	2	3
4	0	1	4
5	1	1	8
6	0	1	5
7	0	0	0
8	0	0	0
9	1	0	0
10	0	2	4
11	0	3	5
12	0	0	0
13	0	0	0
14	1	2	5
15	0	3	3
16	0	3	4
17	0	3	4
18	1	2	4
19	0	3	5
20	0	1	3
21	0	2	6
22	1	3	3
23	0	3	3
24	0	3	3
25	0	2	4
26	0	0	0
27	0	0	0
28	1	3	3
Total	7	48	87
Média	0,30	2,09	3,78

Tabela 10 – Levantamento da frequência e tempo de uso para a barba, na residência 2.

Dias	H	
	Nº de uso (vez)	Tempo de uso (min.)
1	1	5
2	1	4
3	1	6
4	0	0
5	1	5
6	1	5
7	0	0
8	0	0
9	1	5
10	1	6
11	1	5
12	0	0
13	0	0
14	1	5
15	1	5
16	1	6
17	1	5
18	1	5
19	1	6
20	0	0
21	1	5
22	1	4
23	1	5
24	1	4
25	1	4
26	0	0
27	0	0
28	1	5
Total	20	100
Média	0,87	4,35

APÊNDICE 3

Consumo diário de água em cada aparelho hidro-sanitário por morador, para o período de 1 a 28 de fevereiro de 2005, nas residências 1 e 2.

Residência 1

Tabela 11 – Consumo diário de água por pessoa para o chuveiro, na residência 1.

Dia	Consumo Diário (litro) - Chuveiro		
	H ₁	M	H ₂
1	39,84	35,70	96,00
2	49,80	61,20	115,20
3	34,86	71,40	86,40
4	29,88	35,70	67,20
5	34,86	81,60	0,00
6	59,76	61,20	0,00
7	54,78	30,60	0,00
8	39,84	30,60	0,00
9	109,56	102,00	57,60
10	69,72	35,70	86,40
11	49,80	71,40	48,00
12	89,64	81,60	124,80
13	29,88	40,80	86,40
14	29,88	35,70	48,00
15	34,86	71,40	57,60
16	79,68	112,20	57,60
17	34,86	91,80	134,40
18	34,86	35,70	48,00
19	89,64	81,60	134,40
20	79,68	35,70	48,00
21	34,86	61,20	115,20
22	34,86	81,60	105,60
23	79,68	35,70	124,80
24	89,64	35,70	57,60
25	34,86	81,60	86,40
26	34,86	51,00	144,00
27	44,82	71,40	105,60
28	99,60	40,80	57,60
Total	1528,86	1662,60	2092,80
Média	54,60	59,38	87,20

Tabela 12 – Consumo diário de água por pessoa para o lavatório, na residência 1.

Dia	Consumo Diário (litro) - Lavatório		
	H ₁	M	H ₂
1	2,10	4,41	2,56
2	1,96	4,41	2,24
3	3,15	6,30	2,40
4	2,94	3,92	2,88
5	2,45	3,92	0,00
6	2,45	5,60	0,00
7	4,48	4,41	0,00
8	2,94	4,20	0,00
9	3,92	4,41	2,16
10	4,41	3,78	3,20
11	3,15	6,30	2,64
12	2,45	3,92	4,32
13	3,92	4,48	4,00
14	2,94	5,67	2,56
15	2,52	4,90	4,80
16	3,43	3,43	3,60
17	3,92	4,48	2,16
18	2,94	5,04	3,20
19	3,92	5,04	3,60
20	3,36	4,41	3,60
21	1,96	5,60	1,92
22	5,67	4,90	3,20
23	3,36	5,04	2,56
24	5,04	5,04	2,16
25	2,94	4,41	4,40
26	3,15	3,92	3,84
27	3,92	4,48	2,88
28	3,43	5,67	2,88
Total	92,82	132,09	73,76
Média	3,32	4,72	3,07

Tabela 13 – Consumo diário de água por pessoa para o vaso sanitário, na residência 1.

Dia	Consumo Diário (litro) – Vaso Sanitário		
	H₁	M	H₂
1	25,50	71,40	30,60
2	30,60	71,40	35,70
3	34,00	81,60	30,60
4	59,50	42,50	54,40
5	40,80	61,20	0,00
6	54,40	61,20	0,00
7	25,50	71,40	0,00
8	40,80	107,10	0,00
9	51,00	51,00	40,80
10	47,60	71,40	40,80
11	54,40	71,40	40,80
12	61,20	95,20	59,50
13	30,60	71,40	47,60
14	51,00	81,60	45,90
15	54,40	61,20	40,80
16	47,60	95,20	40,80
17	40,80	95,20	23,80
18	45,90	81,60	40,80
19	47,60	51,00	54,40
20	47,60	71,40	61,20
21	40,80	83,30	20,40
22	51,00	68,00	23,80
23	54,40	71,40	35,70
24	47,60	61,20	30,60
25	54,40	83,30	30,60
26	40,80	81,60	35,70
27	47,60	83,30	35,70
28	40,80	95,20	40,80
Total	1268,20	2092,70	941,80
Média	45,29	74,74	39,24

Tabela 14 – Consumo diário de água para a máquina de lavar roupa e a pia da cozinha, na residência 1

Dia	Consumo Diário (litro)	
	Máquina de Lavar Roupa	Pia da Cozinha
1	0	225,00
2	100,00	135,00
3	0	180,00
4	0	225,00
5	100,00	300,00
6	0	0,00
7	0	225,00
8	0	135,00
9	100,00	135,00
10	0	120,00
11	0	180,00
12	100,00	90,00
13	0	45,00
14	0	225,00
15	0	180,00
16	100,00	90,00
17	0	240,00
18	0	225,00
19	200,00	135,00
20	0	0,00
21	0	120,00
22	0	180,00
23	100	135,00
24	0	180,00
25	0	225,00
26	200,00	240,00
27	0	120,00
28	0	225,00
Total	1000,00	4515,00
Média	125,00	173,65

Tabela 15 – Consumo de água por pessoa por dia para a barba, na residência 1.

Dia	Consumo Diário (litro) – Barba	
	H ₁	H ₂
1	0,00	7,20
2	10,80	0,00
3	0,00	0,00
4	0,00	9,60
5	8,10	0,00
6	0,00	0,00
7	0,00	0,00
8	0,00	0,00
9	10,80	12,00
10	0,00	0,00
11	0,00	0,00
12	8,10	9,60
13	0,00	0,00
14	0,00	0,00
15	0,00	0,00
16	10,80	0,00
17	0,00	0,00
18	0,00	0,00
19	10,80	9,60
20	0,00	0,00
21	0,00	0,00
22	0,00	0,00
23	8,10	0,00
24	0,00	0,00
25	0,00	0,00
26	8,10	7,20
27	0,00	0,00
28	0,00	0,00
Total	75,60	55,20
Média	9,45	9,20

Tabela 16 – Consumo diário de água por pessoa para o chuveiro, na residência 2.

Dia	Consumo Diário (litro) - Chuveiro	
	M	H
1	57,60	78,00
2	43,20	70,20
3	64,80	70,20
4	50,40	85,80
5	43,20	124,80
6	115,20	70,20
7	0,00	0,00
8	0,00	0,00
9	36,00	70,20
10	64,80	62,40
11	72,00	78,00
12	0,00	0,00
13	0,00	0,00
14	57,60	70,20
15	36,00	70,20
16	43,20	62,40
17	43,20	78,00
18	115,20	54,60
19	115,20	140,40
20	50,40	70,20
21	57,60	62,40
22	43,20	70,20
23	43,20	62,40
24	50,40	93,60
25	43,20	62,40
26	0,00	0,00
27	43,20	85,80
28	50,40	70,20
Total	1339,20	1762,80
Média	58,23	76,64

Tabela 17 – Consumo diário de água por pessoa para o lavatório, na residência 2.

Dia	Consumo Diário (litro) - Lavatório	
	M	H
1	5,60	1,98
2	3,60	2,31
3	3,50	1,98
4	3,00	2,31
5	3,50	2,31
6	5,60	3,96
7	0,00	0,00
8	0,00	0,00
9	2,50	1,98
10	4,90	2,31
11	3,50	3,52
12	0,00	0,00
13	0,00	0,00
14	6,50	2,64
15	4,00	3,96
16	2,40	1,76
17	4,90	1,65
18	5,00	2,97
19	4,80	4,95
20	5,60	4,84
21	7,70	2,64
22	6,40	2,64
23	3,60	1,54
24	6,30	2,20
25	5,60	2,97
26	0,00	0,00
27	7,20	4,40
28	6,30	4,40
Total	112,00	66,22
Média	4,87	2,88

Tabela 18 – Consumo diário de água por pessoa para o vaso sanitário, na residência 2.

Dia	Consumo Diário (litro) – Vaso Sanitário	
	M	H
1	34,00	35,70
2	51,00	30,60
3	20,40	40,80
4	51,00	17,00
5	34,00	35,70
6	51,00	30,60
7	0,00	0,00
8	0,00	0,00
9	34,00	30,60
10	40,80	23,80
11	51,00	20,40
12	0,00	0,00
13	0,00	0,00
14	25,50	40,80
15	51,00	35,70
16	40,80	34,00
17	34,00	35,70
18	40,80	30,60
19	40,80	47,60
20	42,50	20,40
21	42,50	40,80
22	61,20	34,00
23	42,50	30,60
24	51,00	27,20
25	71,40	47,60
26	0,00	0,00
27	59,50	40,80
28	27,20	35,70
Total	997,90	766,70
Média	43,39	33,33

Tabela 19 – Consumo diário de água para a máquina de lavar roupa e a pia da cozinha, na residência 2.

Dia	Consumo Diário (litro)	
	Máquina de Lavar Roupa	Pia da Cozinha
1	0,00	72,00
2	80,00	28,80
3	0,00	28,80
4	0,00	19,20
5	80,00	38,40
6	0,00	24,00
7	0,00	0,00
8	0,00	0,00
9	80,00	0,00
10	0,00	38,40
11	0,00	72,00
12	0,00	0,00
13	0,00	0,00
14	80,00	48,00
15	0,00	43,20
16	0,00	57,60
17	0,00	57,60
18	80,00	38,40
19	0,00	72,00
20	0,00	14,40
21	0,00	57,60
22	80,00	43,20
23	0,00	43,20
24	0,00	43,20
25	0,00	38,40
26	0,00	0,00
27	0,00	0,00
28	80,00	43,20
Total	560,00	921,60
Média	80,00	43,89

Tabela 20 – Consumo diário de água por pessoa para o lavatório - barba.

Dia	Consumo Diário (litro)
	– Barba
	J
1	15,00
2	12,00
3	18,00
4	0
5	15,00
6	15,00
7	0
8	0
9	15,00
10	18,00
11	15,00
12	0
13	0
14	15,00
15	15,00
16	18,00
17	15,00
18	15,00
19	18,00
20	0
21	15,00
22	12,00
23	15,00
24	12,00
25	12,00
26	0
27	0
28	15,00
Total	300,00
Média	15,00