

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS

**AVALIAÇÃO ECONÔMICA DO IMPACTO DE MEDIDAS
INDIVIDUALIZADAS DE CONSERVAÇÃO DE ÁGUA EM PORTO
ALEGRE**

MOEMA FELSKE LEUCK

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

Orientador: Carlos André Bulhões Mendes

Banca Examinadora

Prof. Dr. André Luiz Lopes da Silveira

IPH / UFRGS

Prof. Dr. Olavo Correa Pedrollo

IPH / UFRGS

Prof. Dr. Geraldo Lopes da Silveira

DHS / UFSM

Porto Alegre, dezembro de 2008

“Um pouco de ciência nos afasta de Deus. Muito, nos aproxima”.

Louis Pasteur.

II. AGRADECIMENTOS

Quero agradecer primeiramente ao meu esposo Ricardo e aos meus filhos Frederico e Alexandre, cujo apoio e compreensão foram imprescindíveis para a realização deste trabalho. Agradeço especialmente ao meu professor orientador, Carlos André, que sempre demonstrou entusiasmo e dedicação ao seu trabalho, fonte de inspiração e motivação aos seus alunos. Aos professores do IPH, agradeço pelo saber compartilhado e pelo exemplo profissional. À direção e à coordenação da pós graduação do IPH minhas especiais saudações por sua gestão atuante e participativa. Agradeço à equipe da secretaria, em especial a Nadir, sempre prestativa e disposta ao atender aos alunos. Agradeço também aos meus colegas do IPH, que vindos de vários lugares, próximos ou distantes, enriqueceram muito o nosso convívio, com suas expressões, jeitos, receitas e experiências tão diferentes. Aos queridos colegas do DMAE, agradeço pela amizade e colaboração, em especial à Evelise, pelo apoio e ao Alessandro e Luiz Fernando, pelas trocas de idéias, experiências e informações, que muito colaboraram para este trabalho.

A todos aqueles que de alguma forma, durante toda a minha existência, me educaram, inspiraram e participaram, em poucos ou muitos momentos, para que eu trilhasse o caminho que me conduziu até aqui, expresso a minha sincera gratidão.

III. RESUMO

A concentração da população em grandes regiões urbanas está atingindo proporções aonde a capacidade de suporte dos recursos hídricos chegou ao seu limite ou já foi ultrapassada. Nas áreas rurais, onde existe escassez de água e a demanda por habitante é, relativamente, baixa, tem-se propagado o uso de fontes alternativas de água, como a captação da água da chuva, comum no Nordeste do Brasil. Em regiões onde a demanda por habitante é maior e os mananciais estão no limite do atendimento à demanda, medidas de racionalização do uso da água estão tendo bons resultados e o reuso de águas das estações de tratamento de esgotos já é usual. Em outras cidades, a legislação tem seguido a tendência de transferir ao cidadão o ônus de captar e utilizar águas de fontes alternativas, na expectativa de que o problema da escassez de água possa ser solucionado nesta escala. Este trabalho apresenta uma análise dos impactos que a implantação de medidas do uso da água da chuva coletada no telhado e o reuso das águas cinza pode ocasionar no balanço hídrico de uma residência uni familiar, bem como os aspectos econômicos decorrentes desta utilização. Nesse contexto, foi necessário criar um modelo de fluxos e estoques simulando a situação de consumo de água e os seus usos específicos, que ocorrem em uma residência. Com os dados e os modelos preparados partiu-se para a simulação dinâmica dos cenários de uso, com a adoção das medidas de conservação da água. Os resultados das variações do consumo das águas e da geração dos esgotos obtidos através da simulação forneceram dados quantitativos para analisar os seus impactos na infra-estrutura urbana e os reflexos na tarifa de água. Esses resultados foram confrontados com os valores de implantação de sistemas de coleta e tratamento das águas de chuva e das águas cinza e dos seus custos de manutenção, para avaliar se essas opções seriam economicamente acessíveis à população. Após, estes resultados foram dispostos em escalas maiores para observar os impactos, causados por eles, na infra-estrutura urbana da região.

Palavras chave: conservação e reuso de água, consumo primário, consumo secundário e tarifa.

IV. ABSTRACT

The population agglomerate in urban metropolitan areas is increasing such a way the water capacity support reached or over taken its limits. In rural areas, where shortage of water is usual and the water consumption pattern is lower than in urban areas, the use of alternatives water sources such as rainwater harvesting is common throughout the Northeast region of Brazil. In urban areas where personal consumption is high and the reservoir is getting low rwater savings measures are working and treatment sewage effluents reuse is usual. Some cities are proposing laws to transfer to the citizens the onus of catching and using water from alternative sources expecting to resolve scarcity problems in that scale. This paper shows an impact view that rain water harvesting and reuse water measures can cause in a ordinary family dwelling water balance as well as in its economy. To analyze the proposal scenarios it was necessary to create a stock and flow diagram, in order to simulate the dwelling water balance and its specific water uses. With data and models prepared the dynamic simulation was done using water conservation measures scenarios. The dwelling water consumption and sewage releases variation results gave quantitative dataset to analyze their urban infrastructure impacts and their water bills' reflects considering these water conservation measures. These costs were compared to rainwater harvesting systems and gray water reuse systems implementation costs and its maintenance costs to evaluate the population capacity to afford it. After that, their results were disposed in bigger scales to watch their impacts in a region infrastructure.

Keywords: conservation and water reuse, primary consumption, secondary consumption and tax.

V. LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS USADAS NO TEXTO

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRASIP - Associação Brasileira de Engenharia de Sistemas Prediais

AHP – Analytic Hierarchy Process

BN – Belém Novo

CNRH – Conselho Nacional dos Recursos Hídricos

CIRRA - Centro Internacional de Referência em Reúso de Água

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CT-A/CBCS – Câmara Técnica - Água

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

DEA – Demanda Específica de Água

DISME - Distrito de Meteorologia

DMAE - Departamento Municipal de Água e Esgoto de Porto Alegre

DQO - Demanda Química de Oxigênio

DRH/SEMA - Departamento de Recursos Hídricos / Secretaria Estadual do Meio Ambiente

DS – Dinâmica de Sistemas

DSM - Gestão por demanda

DTA - Documento Técnico de Apoio

ETA – Estação de Tratamento de Água

ETAC – Estação de Tratamento de Água Cinza

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto

EPUSP - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

EUA - Estados Unidos da América

GIRH - Gestão Integrada dos Recursos Hídricos

GWP – Global Water Partnership

ICRH - Índice de Comprometimento de Recursos Hídricos

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas

MMA – Ministério do Meio Ambiente

MS – Ministério da Saúde

N – Nitrogênio

OMC - Organização Mundial do Comércio

P - Fósforo

PBQP-H - Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat

PI - Plano de Investimento

PNCDA - Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água

PROSAB – Programa de Saneamento Básico

SS – Sólidos Suspensos

SDT - Sólidos Dissolvidos Totais

SST - Sólidos Suspensos Totais

SNIS - Sistema Nacional de Informação de Saneamento

SES - Sistema de Esgoto Sanitário

TIR - Taxa interna de retorno

UN – United Nations

URA – Uso racional da água

VPL - Valor presente líquido

VI. LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Escalas espaciais urbanas.....	16
Figura 2.2 – Distribuição do consumo de água residencial.....	24
Figura 2.3 - Hidrograma de vazões de água cinza e negra por habitante residencial.....	44
Figura 2.4 - Sistema de reuso de águas cinzas, requisitos para sua implantação. Fonte:Hespanhol, 2008.....	52
Figura 2.5 - Sistema de aproveitamento de água pluvial.....	55
Figura 2.6 - Sistema de aproveitamento de água pluvial e equipamentos usados.....	55
Figura 2.7 - Sistema de gradeamento de água pluvial.....	56
Figura 2.8 – Cisterna para armazenamento de água da chuva, 4m ³	66
Figura 2.9 - Sistema de tratamento de água cinza – ETE 1.....	67
Figura 2.10 - ETE compacta – ETE 4.	69
Figura 2.11 - ETE compacta – ETE 7.	69
Figura 2.12 - Representação de um sistema dinâmico.	74
Figura 2.13 - Representação da equação básica de um diagrama de fluxo e estoque.	80
Figura 2.14 - Representação da equação de um diagrama com um fluxo e um estoque.....	81
Figura 2.15 - Solução gráfica do exemplo 1.....	82
Figura 2.16 - Representação da equação de um diagrama com um fluxo proporcional ao estoque.....	83
Figura 2.17 - Solução gráfica do exemplo 2.....	83
Figura 2.18 - Representação da equação de um diagrama com dois fluxos, uma entrada e uma saída.	84
Figura 2.19 - Solução gráfica do exemplo 3.....	84
Figura 2.20 - Representação da equação de um diagrama com dois fluxos, uma entrada e uma saída.	85
Figura 2.21 - Solução gráfica do exemplo 4.....	86
Figura 2.22 - Representação da equação de um diagrama com dois estoques e três fluxos.	86
Figura 2.23 - Solução gráfica do exemplo 5.....	87
Figura 2.24 - Representação da equação de um diagrama com três estoques e dois fluxos.	88
Figura 2.25 - Solução gráfica do exemplo 6.....	88

Fig 2.26 - Diagrama de Causal Loop descrevendo a dinâmica de qualidade da água.....	89
Figura 2.27 - Descrição do diagrama de fluxo e estoque num sistema urbano de água. Fonte: Winz e Brierley, 2007.	90
Figura 3.1 - Área de estudo, bairro Belém Novo, cidade de Porto Alegre, RS.....	92
Figura 3.2 - Imagem do bairro Belém Novo com o traçado das vias.	94
Figura 3.3 - Bairro Belém Novo, área de estudo.	95
Figura 3.4 - Fluxograma do trabalho.	97
Figura 3.5 - Volume de chuva captado por um telhado com área de 100m ² e volume reservável.....	98
Figura 3.6 - Variação do consumo mensal da água em uma residência.	100
Figura 3.7 - Volume de água da chuva captada em função da demanda e do volume do reservatório. Hespanhol, 2008.	111
Figura 3.8 - Dados padronizados de chuva x vazão medidos na ETE BN em 2003 e 2004.	111
Figura 3.9 - Modelo de uso da água da chuva para consumo potável criado no Vensim Pro – parte1.	114
Figura 3.10 - Modelo criado no Vensim Pro para consumo primário de água – parte 2....	114
Figura 3.11 - Modelo para simular o consumo secundário de água – parte 3.....	115
Figura 3.12 - Modelo para obter os valores finais da simulação – parte 4.....	116
Figura 3.13. Diagrama de fluxo e estoque para o uso secundário da água da chuva – Parte1.	117
Figura 3.14 - Diagrama de fluxo e estoque para o uso secundario da agua da chuva – Parte 4.	118
Figura 3.15 - Diagrama de fluxo e estoque para o uso secundário da água da chuva e reuso de água cinza– Parte 1.	119
Figura 3.16 - Diagrama de fluxo e estoque para o uso secundário da água da chuva e reuso de água cinza – Parte 4.	119
Figura 4.1 - Percentual do consumo de água da concessionária e da chuva para uso potável em função do volume do reservatório de captação.....	123
Figura 4.2 - Volumes de esgoto pluvial liberado em função de diferentes volumes de reservatórios de armazenamento da água da chuva.....	123

Figura 4.3 - Volumes de chuva disponível, chuva usada e uso da água do DMAE em um lote residencial usando um reservatório de 4m ³	124
Figura 4.4 - Volumes de chuva disponível, esgoto pluvial e esgoto sanitário gerados em um lote residencial usando um reservatório de 4m ³	124
Figura 4.5 - Volumes de chuva disponível, usada e uso da água do DMAE em um lote usando um reservatório de 8m ³	125
Figura 4.6 - Volumes de chuva disponível, esgoto pluvial e esgoto sanitário gerados em um lote usando um reservatório de 8m ³	125
Figura 4.7. Percentual do consumo de água da concessionária, da chuva e da água de reuso em função do volume do reservatório de captação.....	127
Figura 4.8 - Volumes de chuva disponível, uso de água do DMAE, da chuva e reuso de AC usando um reservatório de 4m ³	128
Figura 4.9 - Volumes de chuva disponível, reuso de AC, esgoto pluvial e esgoto sanitário usando um reservatório de 4m ³	128
Figura 4.10 - Volumes de chuva disponível, uso de água do DMAE, da chuva e reuso de AC usando um reservatório de 8m ³	129
Figura 4.11 - Volumes de chuva disponível, reuso de AC, esgoto pluvial e esgoto sanitário usando um reservatório de 8m ³	129
Figura 4.12 - Usos da água do DMAE e da chuva para uso não potável em função dos volumes de reservatório de armazenamento de água da chuva.	132
Figura 4.13 - Volumes de chuva disponível, água do DMAE padrão e DMAE reduzida e da chuva utilizada usando um reservatório de 2m ³	132
Figura 4.14 - Volumes de chuva disponível, esgoto pluvial e esgoto sanitário usando um reservatório de 2m ³	133
Figura 4.15 - Volumes de chuva disponível, reuso de AC, esgoto pluvial e esgoto sanitário usando um reservatório de 2m ³	135
Figura 4.17 - Volumes de água consumida do DMAE padrão, DMAE com o reuso, a água cinza gerada e o reuso de água cinza.	137
Figura 4.18 - Volumes de esgoto sanitário normal, esgoto sanitário usando o reuso de água cinza.....	137

Figura 4.19 - Redução do consumo de água pelo armazenamento da água da chuva oriunda do telhado.	139
Figura 4.20 - Redução esgoto pluvial pelo armazenamento da água da chuva oriunda do telhado.	143

VII. LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Classificação dos problemas associados à competição pela água.	7
Tabela 2.2 - Associação entre as tendências para o surgimento de estresse ambiental e geração de conflitos e os problemas associados à competição pelo uso da água.	8
Tabela 2.3 – Situação Hídrica das Regiões Brasileiras.	9
Tabela 2.4 - Disponibilidades Hídricas Superficiais Características da Bacias Hidrográfica do Lago Guaíba e da Região Hidrográfica do Guaíba (m ³ /s).	11
Tabela 2.5 – Balanços Hídricos: Disponibilidades <i>versus</i> Consumos para a Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba e a Região Hidrográfica do Guaíba (%).	13
Tabela 2.6 - Demandas Hídricas Globais e Setoriais da Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba e da Região Hidrográfica do Guaíba (m ³ /s).	13
Tabela 2.7 - Fontes de Abastecimento de água: níveis institucionais, objetivos e ferramentas.	20
Tabela 2.8 - Redução da vazão dos pontos de consumo através do uso de aparelhos economizadores.	21
Tabela 2.9 - Potencial de redução do consumo com a adoção de aparelhos economizadores de água.	22
Tabela 2.10 - Distribuição do consumo de água em unidade residencial.	24
Tabela 2.11 - Percentuais de uso da água para fins domésticos adotados para a área de estudo.	25
Tabela 2.12 - Cobertura dos serviços de saneamento no Brasil.	30
Tabela 2.13 - Principais parâmetros de qualidade das águas.	39
Tabela 2.14 - Classificação de corpos de água doce	40
Tabela 2.15 - Classes de água para reuso segundo o Manual de Conservação e Reuso de Água.	50
Tabela 2.16 - Parâmetros de qualidade de água de reuso.	51
Tabela 2.17 - Tipos de tratamento para reuso de águas cinza.	53
Tabela 2.18 - Valores da tarifa da CORSAN – RS em 2008.	63
Tabela 2.19 - Cobrança progressiva CEDAE – RJ.	64
Tabela 2.20 - Preço do metro cúbico de água potável e de água de reuso.	64

Tabela 2.21 - Preço do metro cúbico de água potável e de água de reuso em Sydney.	65
Tabela 2.22 - Preço dos serviços de água e esgoto em Sydney.....	65
Tabela 2.23 - Custos do sistema de tratamento de esgotos sanitários por unidade e por habitante.	68
Tabela 2.24 – Fluxo de caixa do investimento.	70
Tabela 2.25 – Fluxo de caixa e giro do capital.....	70
Tabela 2.26 – Fluxo de caixa descontado e giro do capital.....	71
Tabela 3.1 - Vazões e cargas de projeto afluentes à ETE BN previstos pelo DMAE em 1996.	96
Tabela 3.2 - Dados do consumo residencial médio de Porto Alegre em 2007.....	101
Tabela 3.3 - Dados de precipitação e temperatura, normal de 1961 a 1990.....	101
Tabela 3.4 - Dados de precipitação usados para o estudo local.	102
Tabela 3.5 - Dados médios de precipitação usados para Porto Alegre de 1979 a 2008.	103
Tabela 3.6 - Volume da demanda de água para uso secundário consumida por um lote por períodos sem a ocorrência de chuvas.	104
Tabela 3.7 - Cálculo do reservatório pelo método de Rippl.....	106
Tabela 3.8 - Dimensionamento do reservatório pelo método da simulação.....	107
Tabela 3.9 - Dimensionamento do reservatório pelo método australiano.	109
Tabela 3.10 – Comparação dos volumes de reservatórios obtidos por alguns métodos propostos na literatura.	109
Tabela 3.11 - Comparação entre as vazões geradas pelo consumo de água e medidas na calha Parschall da ETE BN.	112
Tabela 4.1 - Caracterização do consumo residencial da área de estudo e da tarifa.....	121
Tabela 4.2 -Balanço hídrico do lote sem a adoção de medidas de conservação.	122
Tabela 4.3 - Usos da água em uma residência e reflexos na tarifa de água.	126
Tabela 4.4 - Volumes das águas consumidas e esgotos gerados em uma residência e reflexos na tarifa de esgoto em função do volume de reservação da água da chuva.....	126
Tabela 4.5 - Usos da água em uma residência e reflexos na tarifa de água e esgoto sanitário.	130
Tabela 4.6 - Volumes médios da água da concessionária, da chuva e da água cinza usadas em uma residência e reflexos na tarifa de esgoto sanitário.	131

Tabela 4.7 - Usos da água do DMAE e da chuva para consumo não potável em uma residência em função dos volumes de reservatório de água da chuva e reflexos na tarifa de água.....	133
Tabela 4.8 - Volumes da água do DMAE e da chuva para consumo não potável em função dos volumes de reservatório de água da chuva.....	134
Tabela 4.9 - Usos de água e esgoto pluvial decorrentes do uso da água da chuva e reuso de água cinza.	135
Tabela 4.10 - Valores das tarifas de água e esgoto decorrentes do uso da água da chuva e reuso de água cinza.....	136
Tabela 4.11 – Impactos da captação de água de chuva no sistema público de água.....	139
Tabela 4.12 – Impactos do reuso nos sistemas de esgoto sanitário.....	140
Tabela 4.13 - Valores de chuva disponíveis para o telhado e terreno do lote	141
Tabela 4.14 - Volumes totais de chuva para o telhado e lote padrão	142
Tabela 4.15 – Redução do esgoto pluvial em relação ao volume de reservatório.....	143
Tabela 4.16 – Percentuais de uso da água do DMAE em relação a área de captação, intensidade das chuvas e volume do reservatório em Porto Alegre.	144
Tabela 4.17 - Valores economizados em tarifa e viabilidade econômica do investimento.	147

VIII. SUMÁRIO

I.	APRESENTAÇÃO	I
II.	AGRADECIMENTOS	IV
III.	RESUMO	V
IV.	ABSTRACT	VI
V.	LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS USADAS NO TEXTO. ..	VII
VI.	LISTA DE FIGURAS	IX
VII.	LISTA DE TABELAS	XIII
VIII.	SUMÁRIO	XVI
1.	INTRODUÇÃO	1
1.1.	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	1
1.2.	JUSTIFICATIVA	2
1.3.	HIPÓTESE E OBJETIVOS	3
1.4.	ESTRUTURA DO TRABALHO	5
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
2.1.	RECURSOS HÍDRICOS E LEGISLAÇÃO	6
2.1.1.	Disponibilidade e escassez dos Recursos Hídricos	6
2.1.2.	A sustentabilidade ambiental em áreas urbanas	14
2.1.3.	Gestão Ambiental e a política de Recursos Hídricos	17
2.1.4.	Programas de Conservação de Água	19
2.1.5.	Legislação pertinente	26
2.1.6.	O saneamento básico urbano no país	30
2.2.	CONSERVAÇÃO E REUSO DE ÁGUA	31
2.2.1.	A Infra-estrutura urbana como um sistema complexo	31
2.2.2.	O paradigma do ciclo urbano da água	32
2.2.3.	Exemplos de Gestão Integrada do ciclo urbano da água	34
2.2.4.	Análise da Demanda de Água	37

2.2.5.	Caracterização das águas para o consumo	39
2.2.6.	Efluentes Domésticos.....	40
2.2.7.	Águas de drenagem.....	45
2.2.8.	Águas Pluviais.....	45
2.2.9.	Reuso.....	47
2.2.10.	Sistema de Coleta e Reuso de Água Cinza	51
2.2.11.	Sistemas de coleta e uso de águas pluviais	54
2.3.	ECONOMIA E CUSTOS	59
2.3.1.	Tarifas de água e de esgoto sanitário	59
2.3.2.	Custos dos equipamentos para captação e Tratamento de Águas de chuva e água cinza	66
2.3.3.	Finanças e Análise de Investimentos	69
2.4.	DINÂMICA DE SISTEMAS (DS).....	72
2.4.1.	Conceito	72
2.4.2.	Modos fundamentais de comportamento dinâmico	74
2.4.3.	Simulação de sistemas complexos pela DS	75
2.4.4.	Modelos de DS para balanços hídricos	77
2.4.5.	Vensim	80
3.	METODOLOGIA.....	91
3.1.	ESTUDO DE CASO	91
3.2.	ETAPAS E CENÁRIOS	96
3.2.1.	Fluxograma e etapas.....	96
3.2.2.	Cenários de consumo	98
3.2.3.	Consumo de água na área de estudo	99
3.2.4.	Precipitação	101
3.2.5.	Coleta de água da chuva.....	103
3.2.6.	Volume do Reservatório	104
3.2.7.	Métodos de cálculo para dimensionamento de reservatórios propostos pelo Anexo A da NBR 15527/07	106
3.2.8.	Vazão de esgoto afluente a ETE BN.....	110

3.3.	MODELAGEM NO VENSIM PRO.....	112
3.3.1.	Construção do modelo	112
3.3.2.	Uso da água da chuva para consumo primário e secundário	113
3.3.3.	Captação de água de chuva para consumo potável e reuso de água cinza	116
3.3.4.	Captação de água de chuva para consumo não potável.	116
3.3.5.	Captação de água de chuva para consumo não potável e reuso de água cinza.	118
4.	RESULTADOS.....	121
4.1.	SEM A ADOÇÃO DE MEDIDAS DE CONSERVAÇÃO - USO DA ÁGUA POTÁVEL PARA TODO O CONSUMO	121
4.2.	CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA PARA CONSUMO POTÁVEL - CONSUMO PRIMÁRIO E SECUNDÁRIO.....	122
4.3.	CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA PARA CONSUMO POTÁVEL E REUSO DE ÁGUA CINZA.	127
4.4.	CAPTAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA PARA O CONSUMO NÃO POTÁVEL.	131
4.5.	CAPTAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA PARA O CONSUMO NÃO POTÁVEL E REUSO DE ÁGUA CINZA.....	134
4.6.	REUSO DE ÁGUA CINZA	136
4.7.	IMPACTOS NO SISTEMA PÚBLICO DE SANEAMENTO	138
4.7.1.	Sistema de Abastecimento	138
4.7.2.	Sistema de Esgotamento Sanitário.....	138
4.7.3.	Sistema de Esgotamento Pluvial.....	140
4.8.	RESULTADOS DA SIMULAÇÃO PARA PORTO ALEGRE	144
4.9.	PANORAMA GERAL E ANÁLISE ECONÔMICA	145
5.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	148
6.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	151
7.	REFERÊNCIAS NA INTERNET.....	157

8.	ANEXOS	158
8.1.	LEI Nº 10.506, DE 5 DE AGOSTO DE 2008.	I
8.2.	LEI Nº 10.785, DE 18 DE SETEMBRO DE 2003.	V
8.3.	LEI Nº 14.018, DE 28 DE JUNHO DE 2005.	VIII
8.4.	ORÇAMENTO PARA COLETA DE ÁGUA DA CHUVA.	X
8.5.	PROGRAMA VENSIM PARA USO POTÁVEL.	XI
8.6.	PROGAMA VENSIM PRA USO NÃO POTÁVEL.	XV

1. INTRODUÇÃO

1.1. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

No Brasil os impactos sobre a oferta de água são, na maioria das regiões, qualitativos, devido à precariedade dos sistemas de coleta e tratamento de esgoto sanitário, falta de planejamento e falta de fiscalização dos tratamentos industriais. Os problemas relacionados à escassez ocorrem em grandes aglomerados urbanos e em regiões de baixo índice pluviométrico. Além disso, a falta de medidas de gestão dos recursos hídricos e do uso do solo conduz a um cenário de escassez de água e seus conseqüentes conflitos pelo uso em várias regiões. Esta situação tem levado alguns municípios a adotarem políticas voltadas ao uso de medidas de conservação da água em escalas urbanas que abrangem desde as residências uni familiares, condomínios e grandes empreendimentos até as regiões ou bacias hidrográficas.

No lote urbano se encontram os três componentes do ciclo da água. A água é consumida, esgoto é produzido e esgoto pluvial é gerado. A gestão da água em escala de lote denomina-se controle na fonte. A filosofia do controle na fonte é minimizar o custo efetivo na relação entre o consumo de água potável e produção de esgoto cloacal e pluvial. O controle na fonte se implementa através da retenção das águas de chuva dos telhados, tratamento local da água cinza e da água negra, uso racional da água, infiltração no solo e recarga dos aquíferos.

O termo Uso Racional da Água (URA) consiste em otimizar o uso da água em busca do menor consumo de água possível mantidas, em qualidade e quantidade, as atividades consumidoras, com enfoque na demanda. (ILHA, 2008).

Já o termo *conservação da água resulta da evolução do termo uso racional da água com a associação da gestão, não somente da demanda, mas também da oferta de água*, de forma que usos menos nobres possam ser supridos, sempre que possível, por águas de qualidade inferior. Pode ser definida como qualquer ação que:

- reduza a quantidade de água extraída em fontes de suprimento;
- reduza o consumo de água;
- reduza o desperdício de água;

- aumente a eficiência do uso de água; ou, ainda,
- aumente a reciclagem e o reuso de água.

A maioria das edificações utiliza a água potável para a realização de quase todas as atividades, independentemente de uma análise prévia da qualidade da água necessária.

Os usos domésticos usualmente são classificados em duas categorias:

- uso potável, e
- uso não potável.

O uso potável é aquele em que ocorre o consumo humano, através da ingestão, e, por isso, existe a necessidade da qualidade dessa água estar nos padrões de potabilidade exigidos pela portaria do MS no 518 de 2004, para evitar riscos à saúde.

Mas, uma grande parcela da água é utilizada na realização de atividades que não exigem água potável, como irrigação e rega dos jardins, lavagem de pisos e calçadas, sistemas de resfriamento de ar condicionados, lavagem de veículos e usos ornamentais em fontes.

Em 2003, Curitiba lançou o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – PURAE, através da lei 10785, propondo a aplicação destas medidas em unidades residenciais. Desde então vários municípios vêm seguindo a tendência de direcionar as medidas de conservação às unidades residenciais, sendo algumas em caráter obrigatório. Contudo, a aplicabilidade destas medidas em escala individual deve ser muito bem avaliada, primeiro para saber se a sua aplicação seria justificável no contexto local, segundo, se essa imposição estaria em desacordo com o aspecto legal, por transferir ao cidadão o ônus de tratar a água, que é uma prerrogativa do Estado e, terceiro, para saber se o cidadão teria condições de absorver os custos a ela associados, no contexto de um país em desenvolvimento e pela sua situação econômica já tão penalizada devido a elevada carga tributária deste país.

1.2. JUSTIFICATIVA

Para um sistema de infra-estrutura urbana se sustentar, é necessário entender a complexidade das interações que resultam dos impactos desta infra-estrutura no desenvolvimento da economia e na qualidade de vida do cidadão que, por sua vez, também causa impacto na infra-estrutura e degradação ambiental.

Os problemas ambientais estão se tornando críticos, cumulativos e com reflexos significativos no setor produtivo. Dentre eles, o esgotamento de matéria-prima, as dificuldades no abastecimento de água, na obtenção e fornecimento de energia, na manutenção da qualidade do ambiente, na destinação adequada de resíduos e na preservação de bens culturais. E gradativamente a sociedade está mais exigente e impõe eficiência na resolução desses problemas, influenciando critérios de mercado. Por conta disso, vários requisitos ambientais são definidos, e passam a constituir balizas para ações, objetivos e metas ambientais, sendo contemplados em legislações, normas, padrões, regulamentos, políticas, e em critérios definidos no planejamento.

Gestão e reservação de água de chuva podem ser encaradas como uma ferramenta de gestão custo/efetiva para mitigar os problemas mundiais de água como enchentes, estiagem, aumento do consumo de energia, rios secos, e para ter uma fonte de suprimento de água descentralizada e independente. Nesse contexto, a adoção de medidas de racionalização de uso de água, redução do consumo e captação de água de chuva podem ser as alternativas adequadas, até porque elas parecem ser as de mais rápida e econômica implantação.

Se o padrão de consumo de água da concessionária para uma residência diminuir, seja através da captação de água da chuva, do reuso de água cinza, ou da racionalização do consumo, teremos um estoque de bens e serviços de abastecimento, coleta e tratamento de esgoto e de drenagem. As conseqüências destas ações podem trazer grandes benefícios econômicos e ambientais tanto em áreas urbanas como rurais, podem não alterar significativamente a situação, como podem, também, criar problemas quando adotados sem um estudo prévio do seu impacto no ambiente, ou de maneira indiscriminada, através de imposição legal.

1.3. HIPÓTESE E OBJETIVOS

O termo desenvolvimento sustentável pode ser definido como a condição de utilização racional dos recursos naturais para garantir a satisfação das necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as próprias (Comissão de Desenvolvimento Sustentável- ONU, 1987). Assim, o uso racional e a busca por fontes alternativas de água são iniciativas para a sustentabilidade da água e formas de

garantir não só o abastecimento no presente como, também, o suprimento no futuro, HAFNER, (2007).

Construção sustentável, segundo Charles Kibert (1994), é a criação e gestão responsável de um ambiente construído saudável, baseado na eficiência de recursos e princípios ecológicos.

A sustentabilidade pode ser alcançada através dos instrumentos de política ambiental em pequena escala. Estas medidas geram efeitos que se propagam do lote para as escalas maiores, com conseqüências nas estruturas públicas desses serviços e na economia da região.

Diversos trabalhos enfocaram o efeito do uso de água da chuva e do reuso em unidades domiciliares, mas temos também efeitos secundários destas práticas que nos levam à seguinte questão:

“A adoção de medidas de conservação e reuso da água em um lote urbano causam impactos significativos na economia e nos sistemas de água, esgoto e drenagem?”

O objetivo geral deste trabalho é avaliar o impacto econômico resultante da aplicação de medidas de conservação e reúso de água em um lote residencial e os seus impactos nos sistemas de abastecimento de água, de coleta e tratamento de esgoto sanitário e drenagem pluvial numa bacia ou região.

Para isto vamos usar os dados de consumo de água de uma região, agrupando-os por tipo de consumidor e por tipo de destino do esgoto sanitário gerado. Com estes dados verificaremos, através da simulação dinâmica, vários cenários de reuso e captação de água de chuva e seus efeitos sobre os valores da tarifa de água, sobre a infra-estrutura pública e os custos de implantação destes sistemas. Com isto esperamos quantificar qual o estoque resultante de bens e serviços de saneamento, para então, qualificar o processo de tomada de decisão.

Para atingir o objetivo geral da pesquisa apresentado acima, as seguintes etapas foram formuladas:

- 1) Apresentar e caracterizar as ações de conservação de água;
- 2) Avaliar as experiências de aplicação de diversas ações com os seus respectivos custos;
- 3) Apresentar e analisar os consumos de água nas edificações;

4) Ordenar as ações considerando aplicabilidade, investimento necessário e seu tempo de retorno do investimento.

1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho é dividido em 8 capítulos. O capítulo 1 introduz o assunto define os temas principais usados no estudo, aborda os objetivos gerais e específicos, a relevância e a justificativa do trabalho. O capítulo 2 trata da revisão bibliográfica e está dividido em 4 temas distintos. O primeiro abordando os conceitos de sustentabilidade, recursos hídricos e a legislação relacionada ao assunto e também o panorama do saneamento na área. O segundo tema aborda os aspectos técnicos relativos à conservação e ao reuso da água, a gestão de recursos hídricos e as suas relações nas áreas urbanas, os sistemas de conservação e reuso de água voltados para a edificação residencial e condominial, as unidades constituintes desses sistemas e os parâmetros de qualidade para o seu uso e de dimensionamento destes sistemas. Já terceiro tema, aborda os aspectos econômicos e financeiros relacionados à questão da conservação e reuso da água, os custos de implantação dos sistemas, o preço das tarifas de água e esgoto em algumas cidades e os conceitos e métodos de análise de investimentos usados no estudo. O quarto e último tópico do capítulo 2, aborda as ferramentas utilizadas para realizar a análise, ou seja, a Dinâmica de Sistemas e os modelos de simulação dinâmica. O capítulo 3 enfoca a metodologia pretendida para equacionar o problema, para utilizar os dados e como obter os modelos a serem usados na simulação. O capítulo 4 apresenta os resultados das simulações e as análises econômicas para a elaboração das conclusões, também será sintetizada uma comparação entre todas as possibilidades de conservação de água consideradas pelo estudo, permitindo uma apresentação geral dos resultados da pesquisa. No capítulo 5 encontram-se as conclusões e as recomendações. Nos capítulos 6 e 7 encontram-se as referências bibliográficas e da internet, respectivamente. O capítulo 8, último, apresenta como anexos algumas leis, orçamentos e os programas utilizados no trabalho.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. RECURSOS HÍDRICOS E LEGISLAÇÃO

2.1.1. DISPONIBILIDADE E ESCASSEZ DOS RECURSOS HÍDRICOS

O documento “Carta de Princípios Cooperativos pela Água”, assinado no Brasil em 2007, considera que a escassez ocorre em três situações possíveis: “Primeira: sob o ponto de vista do cidadão, a água de qualidade é escassa, mesmo quando o volume de água seja abundante na natureza”, ou seja, o que ocorre de fato não é a real escassez de água, mas o déficit de saneamento, onde as comunidades não são servidas pelo sistema de abastecimento de água e nem pelo de esgotamento sanitário. “A segunda situação de escassez ocorre quando a quantidade de água é insuficiente para atender ao consumo doméstico e à produção agrícola, industrial e energética.”, levando à competição e a conflitos pelo uso, prejudicando o desenvolvimento econômico da região. “E a terceira, quando a quantidade de água é suficiente, mas de má qualidade, que não pode ser utilizada.”, situação que vem se tornando, cada vez mais, comum devido ao lançamento de efluentes não tratados e à poluição rotineira dos recursos hídricos. No que se refere à utilização dos recursos hídricos, a ocorrência de externalidades é agravada por ser a água considerada um bem público, ou seja, aquele cujos consumidores não sofrem restrição para consumir e cujo custo de ampliação de consumo é nulo.

Geralmente a escassez de água é determinada pela configuração de dois fatores principais:

- aumento da população – principalmente em áreas com alta concentração populacional.
- condições climáticas desfavoráveis – baixa disponibilidade hídrica, baixas precipitações e diferentes tipos de climas.

Além disto, considerando-se um incremento da poluição e um gerenciamento inadequado dos recursos hídricos, nota-se uma tendência para o surgimento de conflitos em relação ao uso da água, devido à redução da disponibilidade hídrica de qualidade e ao aumento progressivo da demanda de água. Atualmente, utilizam-se diferentes indicadores

para quantificar a predominância de conflitos, de acordo com as características de determinada região.

FALKENMARK (1992) apud MIERZWA (2002) definiu a grandeza denominada unidade anual de fluxo que, por sua vez, equivale a um volume de um milhão de metros cúbicos de água disponível por ano e estabeleceu a relação existente entre o número de consumidores por esta unidade e a tendência para o surgimento de problemas relacionados ao gerenciamento hídrico. Assim obteve-se a classificação de acordo com estas características.

Tabela 2.1 – Classificação dos problemas associados à competição pela água.

Código	Relação entre número de consumidores por unidade de fluxo (hab/108 m ³ /ano)	Problemas associados ao gerenciamento hídrico
1	<100	Sem problemas ou problemas limitados
2	100-800	Problemas gerais de gerenciamento
3	600-1.000	Grande pressão sobre os recursos hídricos
4	1.000-2.000	Escassez crônica de água
5	>2.000	Além do limite de disponibilidade

Fonte: FALKENMARK (1992) apud MIERZWA (2002)*.

De acordo com a tabela 2.1, pode-se observar que quanto maior o número de consumidores menor a “disponibilidade de água” por consumidor, isto é, quanto maior o número obtido através da relação entre o número de consumidores e a unidade de fluxo, maior será a tendência para a existência de problemas hídricos nesta região.

A Demanda Específica de Água (DEA) e o Índice de Comprometimento de Recursos Hídricos (ICRH) estão entre os indicadores utilizados para identificar problemas referentes à escassez de recursos hídricos, sendo definidos como:

DEA: relaciona a disponibilidade anual de água do local, expressa em metros cúbicos por ano, por habitante (m³/ano.hab);

ICRH: associado à tendência do surgimento de conflitos potenciais e problemas ambientais em uma determinada região. Corresponde a um número adimensional que varia de 1 a 5.

A associação do DEA, ICRH e a classificação proposta por FALKENMARK na tabela 2.1, resultam na Tabela 2.2.

Tabela 2.2 - Associação entre as tendências para o surgimento de estresse ambiental e geração de conflitos e os problemas associados à competição pelo uso da água.

Índice de Comprometimento de Recursos Hídricos (ICRH)	Disponibilidade Específica de Água (DEA) (m ³ /ano.hab)	Tendência para o surgimento de Estresse ambiental e Geração de Conflitos	Problemas associados ao Gerenciamento Hídrico
1	DEA > 10.000	Não possui tendência para o surgimento de estresse hídrico. Quantidade hídrica suficiente para satisfazer as necessidades básicas	Sem problemas ou problemas limitados
2	10.000 > DEA ≥ 2.000	Tendência para o surgimento de pequenos conflitos em relação ao uso da água e episódios de poluição com efeitos adversos ao meio ambiente	Problemas gerais de gerenciamento
3	2.000 > DEA ≥ 1.000	Tendência ao surgimento de estresse ambiental devido ao comprometimento da capacidade natural de autodepuração e contaminação do ambiente aquático e surgimento de conflitos relacionados ao uso da água, causados por problemas de poluição e podendo reduzir ou interromper certas atividades humanas	Grande pressão sobre os recursos hídricos
4	1.000 > DEA ≥ 500	Possibilidade da ocorrência de graves problemas ambientais, podendo contribuir para a qualidade de vida da população e agravar os conflitos pelo uso da água	Escassez crônica de água
5	DEA < 500	Condição crítica com relação ao estresse ambiental e a geração de conflitos ambientais devendo priorizar o abastecimento doméstico e a dessedentação de animais e restringir a atividade industrial àquelas estritamente necessárias	Além do limite de disponibilidade de água

Fonte: Mierzwa, (2002).

A Tabela 2.3 - mostra o consumo médio de água para as regiões brasileiras onde a pior situação de disponibilidade hídrica ocorre no Nordeste e Sudeste.

Tabela 2.3 – Situação Hídrica das Regiões Brasileiras.

Região	Consumo Médio de Água (m ³ /ano.hab)	Disponibilidade Específica de Água – DEA (m ³ /hab.ano)	% de Consumo
Norte	204	513.102	0,04
Nordeste	302	4.009	7,53
Sudeste	436	4.868	8,96
Sul	716	15.907	4,5
Centro-Oeste	355	69.477	0,51
Brasil	414	30.162	0,83

Fonte: Hespanhol, 2008.

No Brasil, apesar de não parecer crítica, a má distribuição espacial dos recursos hídricos e da população, somada a fatores como mau planejamento e falta de gestão dos recursos hídricos, tornam realidade o problema da disponibilidade hídrica, gerando inclusive, situações de estresse hídrico.

O conceito de estresse hídrico baseia-se nas necessidades mínimas de água *per capita* para manter uma qualidade de vida adequada em regiões moderadamente desenvolvidas situadas em zonas áridas. A definição pressupõe que 100 litros diários (36,5 m³/ano), por habitante, representam o requisito mínimo para suprir as necessidades domésticas e a manutenção de um nível adequado de saúde, BEEKMAN, (1999) *apud* LEMES, (2007).

Atualmente, já é bastante difundido o valor arbitrário de 1.700 m³/hab/ano como a disponibilidade necessária de água para alcançar um nível de vida adequado e garantir o desenvolvimento econômico, sem prejuízo para o meio ambiente. Abaixo desse valor, a água, ou melhor, a falta dela, torna-se um fator limitante para o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola. A diferença que se verifica entre o valor de 36,5 m³/ano citado no parágrafo anterior e o valor de 1.700 m³/ano, ocorre porque o primeiro valor leva em consideração unicamente o uso doméstico, enquanto o segundo considera os múltiplos usos dados à água.

O crescimento populacional apoiado pelo forte movimento migratório das regiões rurais concentrou a população brasileira (81,25%) em pouco mais que 1% do território nacional, principalmente na região sudeste. Tal situação gera pressão excessiva sobre os recursos hídricos existentes nessa região (IBGE, 2000). Mesmo assim, os estados onde o estresse hídrico é periódico e regular são Pernambuco, Paraíba, Distrito Federal, Sergipe, Rio Grande do Norte e Alagoas. Os estados onde ocasionalmente ocorrem problemas de falta d'água são Rio de Janeiro, São Paulo, Ceará e Bahia. É importante esclarecer que as regiões metropolitanas do Rio de Janeiro e de São Paulo não se encontram em situação de estresse hídrico, graças às transposições das quais são beneficiadas.

No Rio Grande do Sul, a Lei Estadual Nº 10.350, de 1994, dividiu o Estado para fins de gestão de recursos hídricos, em três grandes regiões hidrográficas:

Região Hidrográfica do Guaíba;

Região Hidrográfica do Uruguai; e

Região Hidrográfica das Bacias Litorâneas.

Em 2002, o Conselho de Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul – CRH-RS, através da Resolução Nº 04/02, estabeleceu a divisão do Estado em 24 bacias hidrográficas, unidades territoriais básicas do planejamento dos recursos hídricos (posteriormente revogada pela Resolução Nº 02/03). A análise da atual divisão do Estado em bacias hidrográficas constitui objeto de uma atividade específica no escopo de trabalho do Plano Estadual de Recursos Hídricos, em elaboração.

Na Região Hidrográfica do Guaíba residem mais de 7,1 milhões de habitantes, representando 65,02% da população do Estado, em apenas 30% da superfície estadual, o que demonstra a concentração populacional desta região. As bacias hidrográficas do Gravataí, Sinos e Lago Guaíba respondem, em conjunto, por quase 4 milhões de habitantes, apresentando as maiores densidades demográficas do Estado. Enquanto a média da Região Hidrográfica é de 84 hab/km², no Gravataí atinge 677, no Sinos, 359 e no Lago Guaíba, onde se situa a área de estudo, 523 hab/km².

Na bacia do lago Guaíba as situações atuais de conflito pelo Uso da Água e os Problemas Ambientais são listados a seguir, tendo sido obtidas a partir do Relatório Anual Sobre a Situação dos Recursos Hídricos no Estado do Rio Grande do Sul (DRH/SEMA,

2002) e atualizadas com base nas informações atuais levantadas no Plano Estadual de Recursos Hídricos, 2006.

1) Poluição industrial, concentrada em Porto Alegre, que gera o maior número de resíduos sólidos classe 1 (perigosos) e também apresenta grande número de indústrias com alto e médio potencial de poluição atmosférica.

2) Lançamento de esgotos domésticos (com baixo índice de tratamento) na margem esquerda do Lago Guaíba

3) As águas subterrâneas têm seu uso para abastecimento público comprometido pela presença de sulfatos e também por problemas de disponibilidade.

4) Problemas ambientais em áreas rurais, como assoreamento dos arroios e destino inadequado de embalagens de agrotóxicos.

5) Problemas ambientais em áreas urbanas, tais como a ocupação de áreas de risco, caracterizando um importante problema ambiental, e o potencial de erodibilidade em áreas urbanas, agravado pela ocupação urbana de encostas declivosas dos morros graníticos da Região Metropolitana de Porto Alegre.

6) Mineração: a extração de materiais para construção civil e a ocupação das áreas da Região Metropolitana de Porto Alegre, geram conflitos de uso do solo

A disponibilidade hídrica superficial da bacia do Lago Guaíba é a mesma de toda a região Hidrográfica já que ela esta a jusante das outras bacias, conforme a Tabela 2.4.

Tabela 2.4 - Disponibilidades Hídricas Superficiais Características da Bacias Hidrográfica do Lago Guaíba e da Região Hidrográfica do Guaíba (m³/s).

Bacia Hidrográfica	Vazão. Méd. Anual	Vazão. Méd. Específica (QLP)	Vazão. Mín. Anual (Q95%)	Vazão. Mín. Específica (QLP)	Vazão. Méd. Verão (jan)	Vazão. Mín. Verão (jan)
Lago Guaíba*	1.888,35	17,25	174,23	4,53	911,16	72,24
Total Região Hidrog.	1.888,35	-	174,23	-	911,16	72,24

* Disponibilidades hídricas acumuladas, considerando as contribuições de montante.

Fonte: Plano Estadual de Recursos Hídricos. Relatório da Atividade A.1 – Diagnóstico das Disponibilidades Hídricas. Ecoplan, 2006 apud Relatório de Recursos Hídricos – SEMA, 2007.

Obs.: A Vazão Média de Verão corresponde à média das vazões mensais no mês de janeiro e Vazão Mínima de Verão corresponde à mínima vazão mensal observada para o mês de janeiro.

A Tabela 2.5 mostra os resultados dos balanços hídricos pelo confronto das disponibilidades hídricas com os consumos de água, considerando-se a região do Lago Guaíba e o Total da Bacia. Para a caracterização das disponibilidades hídricas superficiais em cada bacia hidrográfica, usaram-se as seguintes vazões características: vazão média de longo período, vazão média específica (QLP), vazão característica de mínimas (Q95% - vazão com permanência temporal de 95%), vazão mínima específica, vazão média para o mês típico de verão (janeiro) e vazão mínima para o mês típico de verão (janeiro), em termos absolutos (m³/s).

A bacia hidrográfica do Lago Guaíba não enfrenta problemas de disponibilidade chegando a consumir, na pior situação, 32,60% do volume mínimodisponível em termos percentuais. A região hidrográfica consome em média apenas 3,80% do volume disponível. As situações extremas, quanto à insuficiência hídrica, ocorrem nas bacias do Gravataí e Vacacaí–Vacacaí-Mirim, notadamente nos meses de verão, em razão da irrigação de arroz. No entanto, a existência de açudagem nessas bacias, tem por objetivo reservar a água de excesso do inverno e primavera, para uso no verão, reduzindo os índices apontados na Tabela 2.5. As bacias do Pardo e Sinos aproximam-se de situações de insuficiência, principalmente nos períodos de verão.

Os balanços hídricos são ferramentas clássicas que servem para configurar a situação quanto ao uso quantitativo dos recursos hídricos, pela comparação das disponibilidades hídricas com as demandas ou consumos de água. A comparação adotada refere-se à relação do segundo parâmetro (demandas ou consumos) com o primeiro (disponibilidades), através de uma divisão simples. O resultado dessa divisão (coeficiente), normalmente expresso em termos percentuais, retrata a proporção da água disponível que está sendo efetivamente utilizada, seja quanto à captação (demandas) ou quanto ao uso efetivo (consumos). O primeiro caso expressa as situações específicas em determinados pontos das bacias hidrográficas, aproximando a situação real verificada à beira do curso de água. Já o segundo caso retrata com maior grau de fidelidade a situação geral da bacia

hidrográfica, no seu todo, visto que os consumos consideram somente a parcela efetivamente utilizada da água e que não retorna aos cursos de água, após o uso.

Tabela 2.5 – Balanços Hídricos: Disponibilidades *versus* Consumos para a Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba e a Região Hidrográfica do Guaíba (%).

Bacia Hidrográfica	Consumo Médio Anual/Dispon. Méd. Anual	Consumo Médio Anual/Dispon. Mín. Anual	Consumo Verão/Dispon. Méd. Verão	Consumo Verão/Dispon. Mín. Verão
Lago Guaíba	0,40%	4,60%	2,60%	32,60%
Total Região Hidrog.	3,80%	41,10%	25,40%	320,10%

Fonte: Plano Estadual de Recursos Hídricos. Ecoplan, 2006 apud Relatório Anual Sobre a Situação dos Recursos Hídricos no Estado do Rio Grande do Sul. DRH/SEMA, 2007.

Em termos anuais, a irrigação representa cerca de 73% das demandas hídricas na Região Hidrográfica do Guaíba, subindo esse percentual para 91% no mês de janeiro, mostrando a grande importância desse setor usuário. A Tabela 2.6 mostra as vazões demandadas pelos setores usuários, sendo que o setor humano representa 19,77% do total da bacia e 2,65% do total da região. Em termos espaciais, cerca de 55% das demandas hídricas anuais estão concentradas apenas nas bacias do Vacacaí e Baixo Jacuí, em razão das extensas áreas de lavouras de arroz.

Tabela 2.6 - Demandas Hídricas Globais e Setoriais da Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba e da Região Hidrográfica do Guaíba (m³/s).

Bacia Hidrográfica	Total	Humano	Irrigação	Animal	Industrial
Lago Guaíba	18,31	3,62	9,73	0,08	4,88
Total Região Hidrográfica	136,78	17,65	99,46	4,85	14,81

A demanda hídrica para abastecimento humano: considerou (i) as populações urbanas e rurais residentes nas bacias, tendo como fonte de dados as estimativas municipais do IBGE para o ano de 2006, e (ii) as demandas hídricas *per capita* (variando entre 180 e 250 L/hab/dia, conforme o porte populacional urbano - no caso de abastecimento urbano, e 125 L/hab/dia no caso do abastecimento rural).

Em termos médios anuais não são verificadas situações problemáticas, sendo que na média da Região Hidrográfica do Guaíba, apenas 7,2% das disponibilidades médias anuais são atualmente demandadas.

2.1.2. A SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL EM ÁREAS URBANAS

A interdependência entre três grandes pressupostos: desenvolvimento econômico, proteção ambiental e desenvolvimento social formam o tripé onde a sustentabilidade ambiental se apóia. É difícil operacionalizar a sustentabilidade porque é bastante frequente existirem interações entre os seus indicadores, também é difícil obter um consenso sobre os indicadores e suas relações. Técnicas como análise de cross-impact, mapas causais e dinâmica de sistemas podem ser usadas para estudar a dinâmica destas interações.

A sustentabilidade ocorre em diversas escalas no espaço urbano e seus efeitos se propagam no espaço e no tempo, atingindo todo o planeta. Segundo Olson et al (2003), desenvolvimento sustentável no contexto da infra-estrutura urbana requer que os decisores considerem os efeitos intencionais e não intencionais que tendem a ser de longo prazo, complexos e interdisciplinares. Isto requer uma abordagem intersetorial e cooperativa de planejamento e gestão da área urbana. Tal abordagem é necessária porque os problemas nos serviços de água são produtos da governança urbana, da disponibilidade de capital humano e econômico e da política governamental de alocação dos recursos entre os setores e os grupos sociais. Assim, as relações e formas praticas de compromisso entre os atores públicos e os da sociedade civil delineiam novos sistemas de gestão urbana, que permitam (re)definir o exercício de gestão no sentido de reaproximar a ação do Estado das demandas efetivas das comunidades locais, em especial na cidade informal. Dentre eles, destaca-se a governança urbana, que se refere ao processo interativo e dinâmico da malha de instituições que asseguram a tomada de decisões coletivas, Ferreria *et al*, (2000). Um bom desenvolvimento do processo de governança urbana pode ser verificado através da habilidade dos atores sociais em participar integralmente dos processos de decisões e de ações com os diversos níveis de governo. O que há de inovador na governança é a idéia de legitimidade e responsabilidade que a gestão das estruturas publicas, e o papel da ação estatal assumem. A legitimidade depende da existência dos processos de participação coletiva do Estado e da sociedade civil, enquanto que a responsabilidade invoca a

transparência nos processos de decisão e implantação. Como as estruturas e os objetivos dos processos de governança devem refletir as normas e valores, as idéias e práticas derivadas da cultura política e das teorias democráticas específicas de cada espaço local, de cada cultura bem como de cada período histórico, não existe, portanto, um único modelo de governança, mas diversos (Pierre, 1995 *apud* Frey, 2007). Disponível em http://www.usp.br/fau/docentes/deprojeto/j_whitaker/govern.html. Acesso em janeiro/09.

Em outras palavras, os problemas relacionados à água não vão ser resolvidos por técnicos agindo sozinhos e sim envolvendo aqueles com o poder e autoridade para gerir o desenvolvimento urbano, aqueles responsáveis pela priorização dos recursos alocados em escala nacional e local, e aqueles desafiados a mitigar as conseqüências indesejáveis do crescimento urbano (Rees, 2000).

Os problemas relacionados à água tampouco serão resolvidos por medidas legais adotadas sem um estudo técnico preliminar que avalie se os objetivos são coerentes, se a aplicabilidade destas medidas é viável tecnicamente e se os impactos decorrentes destas medidas poderão ser suportados pela população e pela infra-estrutura urbana.

O tamanho da cidade e sua diversidade de condições socioeconômicas entre os habitantes também aumentam as questões críticas sobre a escala de gestão, os provedores dos serviços e as práticas de provisões. A Figura 2.1 mostra as escalas espaciais num ambiente urbano e como a infra-estrutura e os serviços chaves são determinantes para evitar os problemas no ambiente.

Em geral, pode-se afirmar que a ação antrópica é o primeiro passo na geração de efeitos em cascata sobre os recursos naturais. A ação de desmatamento, por exemplo, influencia na regulação hídrica, provoca degradação das bacias hidrográficas, erosão, perda de fertilidade dos solos, contribui para a desertificação e interfere no processo de mudanças climáticas (SAUTCHUK *et al*, 2006).

Nesse sentido, deve-se reconhecer que existem evidentes dificuldades na determinação do limite de sustentabilidade de cada recurso, principalmente ao serem consideradas as inter-relações e as sinergias estabelecidas em suas respectivas cadeias reprodutivas e as pressões antrópicas a que esses recursos estão sujeitos.



Figura 2.1 - Escalas espaciais urbanas.

Fonte: Abordagens de construção sustentável.ppt, Manoel Duarte Pinheiro – IPA Lda.

Entretanto, enquanto não se pode contar com todo o conhecimento necessário à exploração adequada dos recursos naturais, deve-se reconhecer que a sustentabilidade do uso desses recursos passa pela utilização racional, pelo planejamento e pela participação dos usuários na definição de responsabilidades e na viabilização e perpetuação desses recursos para as gerações futuras.

A UNESCO adota o seguinte entendimento sobre capacidade de suporte:

“A capacidade de suporte expressa a quantidade de população que pode ser sustentada por um país, em um dado nível de bem estar. Mais precisamente ela pode ser definida como o número de pessoas compartilhando um dado território que pode sustentar, de uma forma que seja viável no futuro, um dado padrão material de vida utilizando-se de energia e de outros recursos (incluindo terra, ar, água e minérios), bem como de espírito empresarial e de qualificações técnicas e organizacionais. É um conjunto dinâmico que pode ser estendido ou restringido, de várias maneiras: em razão de mudanças nos valores culturais, de descobertas tecnológicas, de melhorias agrícolas ou dos sistemas de

distribuição de terra, de mudanças nos sistemas educacionais, de modificações fiscais e legais, de descobertas de novos recursos minerais, ou do surgimento de uma nova vontade política. Nunca há uma solução única para a equação população/recursos naturais, pois não é somente a população que determina a pressão sobre os recursos (e os potenciais efeitos ecológicos associados), mas também o consumo individual, que por sua vez, é determinado pelo sistema de valores e pelas percepções de estilo de valores e pelas percepções de estilo de vida” (UNESCO *apud* HOGAN, 1993; CAVALCANTI, 1996).

O crescimento populacional aliado à intensa urbanização acarreta a concentração da produção de imensas quantidades de resíduos e a existência cada vez menor de áreas disponíveis para a disposição desses materiais. Juntam-se a esses fatos, as questões institucionais, que tornam cada vez mais difícil para os municípios dar um destino adequado ao lixo produzido, o que acaba contaminando os mananciais de abastecimento.

Nas áreas urbanas, o serviço de lixo coletado atingia, em 1991, 80% dos domicílios. Isto significa a existência de quase 3 milhões de domicílios urbanos sem o serviço de coleta de lixo. Desses 3 milhões de domicílios, 54% estão localizados na região NE. As regiões S e SE exibem as maiores proporções de domicílios urbanos com lixo coletado, 87%. Cerca de 49% do lixo coletado é disposto em vazadouros, sem qualquer tipo de tratamento. Outros 45% destinam-se a aterros controlados ou sanitários e 5% recebem tratamento em usina.

A inexistência de uma política brasileira de limpeza pública, a falta de capacitação técnico-profissional, a descontinuidade política e administrativa e, em especial, a limitação financeira decorrente, entre outros fatores, da cobrança pelos serviços ser feita, em geral, sob forma de imposto ou taxa, em alguns países ela é baseada no volume de lixo produzido pela economia, dificultam ainda mais a atribuição da prefeitura de gerenciar de forma eficaz a prestação dos serviços.

2.1.3. GESTÃO AMBIENTAL E A POLÍTICA DE RECURSOS HIDRICOS

Por gestão ambiental entende-se o conjunto de princípios, estratégias e diretrizes de ações e procedimentos para proteger a integridade dos meios físico e biótico, bem como a dos grupos sociais que deles dependem. Gestão é, em outras palavras, o *modus operandi*

cuja premissa básica é manter os recursos naturais disponíveis para o desenvolvimento, hoje, amanhã e sempre (MMA, 2002).

Existe uma grande intersecção entre a Gestão Ambiental e a Gestão Pública, tornando vastos os instrumentos disponíveis para a execução de uma Política Ambiental. Evidentemente, as políticas ambientais são dependentes de uma vontade política para com as questões ambientais e das disponibilidades sociais, econômicas e técnicas para a sua implantação. Assim, para se relacionar com as questões ambientais o Estado pode fazer uso das seguintes estratégias: Instrumentos de comando e controle; Auto-regulação; Instrumentos econômicos e macro-políticas com interface ambiental.

A Tabela 2.7 dá a idéia da complexidade da gestão das fontes de água, mostrando os níveis institucionais, objetivos e ferramentas envolvidos na gestão das fontes de abastecimento de água, que abrangem vários setores e níveis institucionais para que a gestão seja efetiva.

A interdependência entre água, saúde, bem-estar e crescimento econômico deixam claro que a política de recursos hídricos e suas práticas não devem ser vistas isoladamente e sim como parte integrante do desenvolvimento social e econômico e da criação de cidades sustentáveis.

Apesar de a urbanização brasileira observar uma tendência de redução do ímpeto de crescimento demográfico para uma taxa de 1,47% a.a. até 2025 segundo o censo de 2000 (IBGE, 2000), os diagnósticos disponíveis evidenciam o agravamento dos problemas urbanos e ambientais das cidades, decorrentes de adensamentos desordenados, ausência de planejamento, carência de recursos e serviços, obsolescência da infra-estrutura e dos espaços construídos, padrões atrasados de gestão e agressões ao ambiente (MMA, 2002).

Outra dificuldade é a gerada pelas diferentes escalas de cidades da rede urbana brasileira – regiões metropolitanas, cidades grandes, médias, pequenas, novas da franja pioneira e cidades patrimônio – possuindo desafios próprios para o seu desenvolvimento sustentável. No entanto, apesar de suas peculiaridades regionais e locais, todas abrigam, com maior ou menor intensidade, problemas intra-urbanos que afetam a sua sustentabilidade, particularmente os decorrentes de: dificuldades de acesso à terra urbanizada, déficit de moradias adequadas, déficit de cobertura dos serviços de saneamento ambiental, baixa qualidade do transporte público, poluição ambiental, desemprego e

precariedade de emprego, violência/precariedade urbana e marginalização social (MMA, 2002).

2.1.4. PROGRAMAS DE CONSERVAÇÃO DE ÁGUA

Em 1995 foi criado o “Programa de Uso Racional de Água” – PURA –. O programa surgiu através de um convênio entre a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - EPUSP – o Laboratório de Sistema Prediais do Departamento de Construção Civil – LSP/PCC –, a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP – e o Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT –. O programa teve como objetivo reduzir o consumo de água do campus da USP. Os objetivos principais do PURA foram implantar um sistema estruturado de gestão de demanda de água e desenvolver metodologia a ser aplicada em outros locais futuramente (PURA, 2007).

O governo federal instituiu, em 1997, o programa nacional de combate ao desperdício da água, com o objetivo geral de promover o uso racional – PNCDA, que inclui entre os seus objetivos específicos, um conjunto de ações e instrumentos tecnológicos, como o apoio ao desenvolvimento, à transferência e à disseminação de tecnologia; inúmeros documentos técnicos de apoio (DTAs); grupos de trabalho e fóruns de especialistas; a capacitação em combate ao desperdício, do pessoal de prestadoras de serviços sanitários em várias cidades brasileiras; e um trabalho integrado com o programa nacional de conservação de energia elétrica. Já foram elaborados 20 DTAS que estão disponibilizados na Internet no *site* do PNCDA.

Dentro das edificações, o combate ao desperdício quantitativo de água segue por três vertentes complementares: a primeira, através da detecção e correção de perdas e vazamentos no sistema predial de água; a segunda, pela sensibilização e conscientização do usuário, seja por campanhas educativas, seja por micro medição, ou seja, com a instalação de hidrômetros e através da medição individualizada dos apartamentos; e a terceira, independentemente da vontade do usuário, com a substituição dos aparelhos sanitários convencionais por aparelhos economizadores.

Tabela 2.7 - Fontes de Abastecimento de água: níveis institucionais, objetivos e ferramentas.

Nível Institucional	Objetivo	Ferramentas	
Morador/comunidade	Conservar provisões	Reciclagem doméstica/industrial	
		Coleta de água da chuva	
		Consumo racional da água	
	Prover necessidades básicas	Redes comunitárias de pequena escala	
		Vendedores autorizados	
Município	Conservar provisões e/ou realocar provisões	Controle de perdas e manutenção das redes	
		Reuso planejado em escala urbana	
		Provisões dobradas	
		Medição e tarifas baseadas nos custos	
		Uso de equipamentos de água por retrolavagem	
	Melhoria da saúde e necessidades básicas	Subsídios direcionados	
		Educação em higiene com água	
		Facilidades para prover as comunidades	
		Remoção de restrições a propriedade da terra	
	Aumentar os investimentos	Prevenção da infiltração de efluentes nas fontes de abastecimento	
		Tarifas com base nos custos	
		Aumentar reembolso de coleta	
		Aumentar a eficiência das operações	
	Proteção das fontes de suprimentos	Controle de conexões ilegais	
		Controle de retirada de água subterrânea	
		Controle de infiltração por vazamentos	
		Zoneamento do solo	
	Bacia	Melhorar as provisões	Controle da poluição de efluentes domésticos e industriais
			Negociar águas a montante ou direitos de lançamento
		Melhorar provisões e proteger qualitativamente	Comprar serviços de proteção de bacia
Autorizar melhorias físicas (barragens, recargas)			
Regular o uso da terra			
Regular as descargas de efluentes e de pluvial			
Realocar provisões		Implementar taxas de poluição	
		Regular abstrações	
		Instituir preços das abstrações	
		Introduzir o comércio de águas	
Estadual/regional	Melhorar municípios/ atuação	Introduzir consultas/resolução de conflitos	
		Monitorar benchmarking e publicidade	
		Melhoria da capacitação humana/ facilitar treinamento	
		Prover empréstimo de instalações públicas	
Governo nacional	Priorizar objetivos	Consultoria/Resolução de conflitos de uso da terra	
		Estabelecer princípios para alocação da terra e água	
		Estabelecer redes de serviços regulatórios	
		Agências de monitoramento em nível de regiões/bacia	

Fonte: Gopal Water Partnership - Rees, 2000.

A Tabela 2.8 mostra a possibilidade da redução da vazão dos aparelhos sanitários quando substituídos ou adaptados por dispositivos economizadores de água.

Tabela 2.8 - Redução da vazão dos pontos de consumo através do uso de aparelhos economizadores.

Local	Vazão (L/s)		Aparelhos indicados em banheiros e vestiários	Redução % média
	Média	Máxima		
CHUVEIRO	0,2	0,8	Registro regulador de vazão	40
			Válvula de fechamento automático	42
			Válvula acionamento pés	45
LAVATORIO	0,1	0,3	Registro regulador de vazão	40
			Arejador p/bica ou torneira	24
			Torneira automática	48
			Torneira eletrônica	58
MICTÓRIO	0,1	0,25	Válv mict autom/eletrônica	50
BACIA	12 litros		Bacia sanitária para 6 litros	50
PIA	0,13	0,4	Arejador p/bica ou torneira	24
			Torneira automática	48
			Válvula acionamento pés	52

Fonte: SAUTCHUK *et al*, 2005.

A Tabela 2.9 foi calculada considerando que, para um consumo de 200 L/hab.dia fosse adotado um aparelho economizador com o menor percentual de redução indicado na Tabela 2.8, considerando que a bacia sanitária já fosse a mais econômica e que o consumo para a lavagem de roupa não pudesse ser reduzido. Nessa situação, considerada a menos otimista, o consumo diário por habitante se reduziria de 200L para 142,1L, o que já representa 29% de redução do consumo de água com um gasto pequeno em equipamentos.

Para a implementação de um programa de conservação de água é necessário conhecer a distribuição do consumo, que varia por tipologia de edificação e também entre as edificações de mesma tipologia, de acordo com especificidades dos sistemas e usuários envolvidos.

Tabela 2.9 - Potencial de redução do consumo com a adoção de aparelhos economizadores de água.

Aparelhos	Sem economizadores		Com economizadores	
	% consumo	L/hab.dia	% redução	L/hab.dia
CHUVEIRO	55	110	40	66
PIA	18	36	24	27,4
LAV. ROUPA	11	22	0	22
LAVATORIO	8	16	24	12,2
BACIA	5	10	0	10
TANQUE	3	6	24	4,6
TOTAL	100	200	29	142,1

Nesta ótica, o trabalho de AGUIAR, (2008) propôs a aplicação de ferramentas metodológicas em uma edificação multifamiliar em Curitiba, com o objetivo de pesquisar o ambiente e os agentes consumidores de água focando hábitos, costumes e a aceitabilidade de propostas de ações de conservação de água. Através da análise dos dados foram selecionadas as seguintes ações de conservação de água: reuso de água cinza, substituição de bacias e utilização de aparelhos economizadores. verificou-se a possível economia de água com a implementação das ações selecionadas.

No Brasil é difícil determinar um valor e a distribuição do consumo *per capita* que corresponda à água consumida por uma população tão heterogênea e de costumes tão variados. O valor médio de consumo brasileiro é de 150 litros por dia por habitante, mas, exatamente, nas regiões com maior concentração populacional, como São Paulo e Rio de Janeiro, o consumo diário *per capita* é ainda maior chegando aos 180 litros e superando os 200 litros, respectivamente. O consumo residencial nos centros urbanos varia significativamente com o nível social e a renda familiar.

Na Tabela 2.10, estão apresentadas essas diferenças no consumo, por local e tipo de uso, sendo possível a observação de algumas tendências gerais. O maior consumo ocorre no banho (chuveiro) e nas descargas das bacias sanitárias, com exceção da distribuição apresentada pelo PNCDA-DTA (a), que alocou apenas 5% do consumo na bacia sanitária possivelmente porque o documento considera uma bacia de alta eficiência hídrica. O terceiro na lista geral de consumo de água é a pia da cozinha. Seguindo a ordem dos

consumos tem-se a máquina de lavar roupa, o lavatório e o tanque. Nesse ponto faz-se necessário comentar a falta de dados do tanque na pesquisa alemã D, (d) e na suíça SWGH (f), tendo em vista que, na Europa, a utilização de tal peça sanitária não é difundida. Por fim, está o consumo com a rega do jardim e lavagem de carros. Esses usos, em metade das distribuições, foram desconsiderados, já que, apesar de ser um uso residencial, não ocorre no interior da residência, como é o caso na pesquisa em um prédio de moradia da Universidade de São Paulo –USP (c).

No Brasil, os parâmetros têm sido identificados por instituições e fábricas de materiais hidro-sanitário entre os quais citam-se:

- PNCDA - DTA
- DECA, fabricantes de materiais hidro-sanitário.
- Parâmetros levantados pela Universidade de São Paulo – USP
- Parâmetros alemães;
- Parâmetro do Brasil;
- Parâmetros suíços.

Assim, considerando-se os variados fatores influentes e a dificuldade de se padronizar o consumo de água em residências e ainda, correndo o risco da generalização, é apresentada na Figura 2.2, o que pode ser considerada uma distribuição padrão do consumo residencial no Brasil. Essa distribuição foi estipulada pela média aritmética dos valores considerando apenas os trabalhos realizados no Brasil por HAFNER (2007).

A Tabela 2.11 mostra os valores adotados para a área de estudo. Em função do clima temperado da região Sul, com verões quentes e invernos frios, alguns usos sofreram variações na distribuição do consumo.

Nas edificações residenciais, ou seja, um ambiente construído constituído de uma ou mais unidades autônomas e partes de uso comum, os usos de água internos distribuem-se principalmente em atividades de limpeza e higiene, enquanto os externos ocorrem devido à irrigação, lavagem de veículos e piscinas, entre outros.

As edificações comerciais incluem os edifícios de escritórios, restaurantes, hotéis, museus, entre outros. Geralmente o uso de água neste tipo de edificação é para fins domésticos (principalmente em ambientes sanitários), sistemas de resfriamento de ar condicionado e irrigação.

Tabela 2.10 - Distribuição do consumo de água em unidade residencial.

	DTA (a)	DECA (b)	USP (c)	D (d)	MIELI (e)	SVGW (f)
Chuveiro	55%	46	28	35	27	32
Pia	18%	15	17	4	18	3
Maq. Lavar Louça	-	-	5	7	-	6
Lavadora de roupas	11%	8	9	13	7	10
Lavatório	8%	12	6	4	6	6
Tanque	3%	5	6	-	4	-
Bacia Sanitária	5%	14	30	30	35	33
Jardim/ Lav. carros	-	-	7	-	3	5

Fontes: (a) ROCHA et al. 1999; (b) DECA, 2006; (c) USP, 2006; (d) RUDOLPH e BLOCK, 2001; (e) MIELI, 2001; (f) SVGW, 1997).

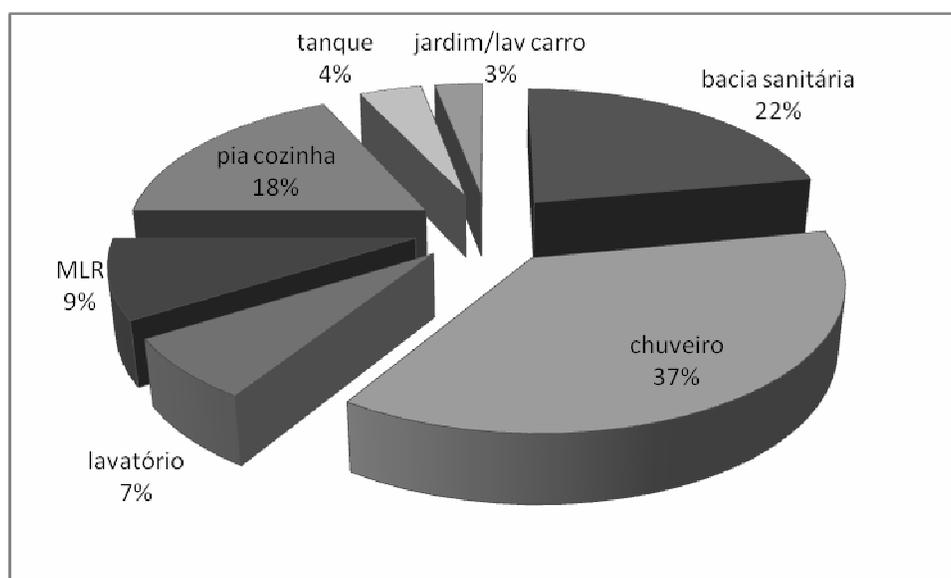


Figura 2.2 – Distribuição do consumo de água residencial.

Nas edificações públicas, como escolas, universidades, hospitais, terminais de passageiros de aeroportos, entre outros, o uso da água é muito semelhante ao das edificações comerciais, porém o uso dos ambientes sanitários é bem mais significativo, variando de 35% a 50% do consumo total.

Tabela 2.11 - Percentuais de uso da água para fins domésticos adotados para a área de estudo.

Mês	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Cozinha	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5
Higiene	36,0	36,0	37,0	37,5	37,8	37,8	37,8	37,8	37,5	37,0	36,0	36,0
Lavagem roupas	21,5	21,5	21,5	21,5	21,5	21,5	21,5	21,5	21,5	21,5	21,5	21,5
Total Uso Primário	68,0	68,0	69,0	69,5	69,8	69,8	69,8	69,8	69,5	69,0	68,0	68,0
Vaso sanitário	27,0	27,0	28,0	28,5	28,8	28,8	28,8	28,8	28,5	28,0	27,0	27,0
Lavagem carros	2,0	2,0	1,0	0,5	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	1,0	2,0	2,0
Rega jardim	2,0	2,0	1,0	0,5	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	1,0	2,0	2,0
Lavagem pisos	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Total Uso Secundário	32,0	32,0	31,0	30,5	30,2	30,2	30,2	30,2	30,5	31,0	32,0	32,0

Nas edificações condominiais, conjuntos de economias que podem ser horizontais ou verticais, prédios que possuem áreas comuns não públicas e são administradas por um gerentes de utilidades ou síndico, com base nas necessidades de cada usuário, a implantação de Programas de Conservação de Água (PCA) deve subsidiar os síndicos na escolha das ações técnicas mais apropriadas e economicamente viáveis, para otimizar o uso da água, resguardando a saúde dos usuários e o perfeito desempenho dos sistemas envolvidos.

Não há uma definição legal do chamado “condomínio horizontal”. Tal expressão é utilizada, no entanto, para designar o empreendimento imobiliário que, sem promover um parcelamento formal, divide uma gleba em vários terrenos, que passam a ser alienados como unidades autônomas. O regime jurídico adotado pode ser o do condomínio em edificações ou o do condomínio ordinário. Fenômeno semelhante ao dos condomínios horizontais é o dos loteamentos fechados, em que há um parcelamento formal do solo, mas uma associação de moradores assume a administração das vias internas ao loteamento.

A maioria dos condomínios horizontais assume o regime jurídico do condomínio em edificações, regido pela Lei nº 4.591, de 1964. A aplicação mais comum da Lei se dá no caso do prédio, residencial ou comercial, em que cada apartamento ou sala pertence a um proprietário diferente. Cada condômino é proprietário de uma unidade autônoma e de uma fração ideal do lote sobre o qual foi construída a edificação. As unidades autônomas são de uso exclusivo, enquanto as áreas comuns, como os elevadores, as escadarias e a portaria,

são de livre utilização por todos os condôminos. O condomínio é administrado, nos termos da Lei, por uma Assembléia Geral, um Conselho Consultivo e um Síndico.

As unidades autônomas previstas na Lei nº 4.591, de 1964, são basicamente os apartamentos residenciais e as salas comerciais localizadas no interior de uma única edificação. A Lei admite, excepcionalmente, a figura do “conjunto de edificações”, que é o condomínio constituído por unidades autônomas distribuídas por mais de uma edificação, mas sobre um mesmo terreno (art. 8º). O regime do conjunto de edificações não autoriza, no entanto, a constituição de um condomínio que tenha por unidades autônomas terrenos não edificados, como são os “condomínios horizontais”. Fonte: <http://www.senado.gov.br/conleg/artigos/direito/Condominios.pdf>. Aceso em janeiro de 2009.

O consumo total de água, independentemente da tipologia de edifício considerada, é composto por uma parcela efetivamente utilizada e outra perdida devido ao desperdício. O desperdício é definido como sendo toda a água que está disponível em um sistema e não é utilizada, ou seja, é perdida pelo uso excessivo, devido ao descaso dos usuários pela necessidade de sua preservação e também quando a água é consumida sem que desta se obtenha algum benefício, como é o caso dos vazamentos. O uso excessivo, ocorre quando a água é utilizada de modo inadequado em uma atividade ou devido ao mau desempenho do sistema. Logo, o consumo total de água de uma edificação pode ser definido como o uso mais o desperdício.

2.1.5. LEGISLAÇÃO PERTINENTE

A agenda 21, no capítulo 21, estabelece a gestão ambientalmente adequada de resíduos líquidos e sólidos, área programática B - “maximizar o reuso e reciclagem de maneira ambientalmente correta”: vitalizar e ampliar os sistemas nacionais de reuso e reciclagem de resíduos, e tornar disponível informação, tecnologia e instrumentos de gestão apropriados para encorajar e tornar operacionáveis os sistemas de reciclagem e uso de águas residuárias.

A Lei Federal nº 9.433, sancionada em 8 de janeiro de 1997, instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos. Até então o aspecto legislativo enfatizava a racionalização

do uso primário da água e tratava de princípios e instrumentos para a sua utilização, enquanto que o reuso de água pouco ou quase nunca era citado no aspecto legislativo.

A Política Nacional de Recursos Hídricos, ao instituir fundamentos para a gestão de recursos hídricos, estabelece condições jurídicas e econômicas para o reuso de água, que por sua vez atua como ferramenta no gerenciamento dos recursos hídricos, concomitantemente com a racionalização do uso destes últimos. A Resolução nº 54, do CNRH de 28 de Novembro de 2005 estabelece as diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direto não potável de água.

A falta de uma regulação completa é um grande entrave no desenvolvimento e aplicação das fontes alternativas. Apenas em 2005, o reuso direto não potável foi regulamentado e, ainda, falta uma legislação que defina padrões de qualidade para utilização de água de reuso. A utilização de água de chuva, apesar de mais difundida, igualmente sofre com a falta de legislação e critérios, HAFNER (2007).

Leis de uso racional e conservação de água existentes no Brasil:

Lei Federal:

- Em andamento

Leis Estaduais:

- Santa Catarina – Decreto n. 1.791 de 21/10/2008
- Estado São Paulo – Decreto n. 48138 de 07/10/2003
- Santa Catarina – Lei n. 12.583 de 09/06/2003
- Estado São Paulo – Decreto n. 45805 de 15/05/2001

Leis Municipais:

- Porto Alegre (RS) – Lei n. 10.506 de 5/08/2008 (Anexo 1)
- Taubaté (SP) – Lei n. 3.938 de 13/06/2006
- São Paulo Capital – Lei n. 14.018 de 28/06/2005 (Anexo 3)
- Maringá (PR) – Lei n. 6339 de 15/10/2003
- Curitiba (PR) – Lei n. 10.785 de 18/09/2003 (Anexo 2)
- Campo Grande (MS) – Decreto n. 8.648 de 31/03/2003
- Indaiatuba – Lei n. 4.242 de 20/09/2002
- Blumenau (SC) – Lei n. 5935 de 24/06/2002

- Distrito Federal – Lei n. 2616 de 26/10/2000
- Aracajú (SE) – Lei n. 2.786 de 16/02/2000
- Campo Grande – Lei Complementar n. 27 de 25/08/1999
- Joinville (SC) – Lei compl. n.45 de 18/11/1997
- Florianópolis (SC) – Lei Complementar n. 110/99 de 29/06/1999 da Lei n. 1.246 de 19/09/1974

A seguir são comentadas algumas destas leis, com o objetivo de exemplificar a variedade de tópicos e a tendência dos enfoques.

Em Curitiba, a Lei nº 10785 de 2003, página VII nos anexos, criou o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações - PURAE, com o objetivo de instituir medidas que induzam à conservação, uso racional e utilização de fontes alternativas para captação de água nas novas edificações inclusive quando se tratar de habitações de interesse social, bem como a conscientização dos usuários sobre a importância da conservação da água. As Águas Servidas serão direcionadas, através de encanamento próprio, a reservatório destinado a abastecer as descargas dos vasos sanitários e, apenas após tal utilização, será descarregada na rede pública de esgotos. Contudo, a NBR 13969/97 exige o tratamento destas águas.

No Estado de São Paulo a Lei nº 5.005/86 - Institui o Sistema de Conservação do Solo e Água, o Decreto nº 45.805/01 instituiu o Programa Estadual de Uso Racional da Água Potável e o Decreto nº 48.138/03 instituiu medidas de redução de consumo e racionalização do uso de água no âmbito do Estado de São Paulo.

O município de São Paulo instituiu a Lei nº 14.018, de 28 de junho de 2005, anexo 2, criando o Programa Municipal de Conservação e Uso Racional da Água e Reuso em Edificações, que tem por objetivo instituir medidas que induzam à conservação, uso racional e utilização de fontes alternativas para a captação de água e reuso nas novas edificações, bem como a conscientização dos usuários sobre a importância da conservação da água, abrange também os projetos de construção de novas edificações de interesse social. O Decreto 47.731, de 28 de setembro de 2006 regulamenta o Programa Municipal de Conservação e Uso Racional da Água e Reuso em Edificações. Dentre as ações desenvolvidas destacam-se a utilização de fontes alternativas, entendido como o conjunto

de ações que possibilitam o uso de outras fontes para captação de água que não o sistema público de abastecimento.

A Lei nº 13.276/02, de 2002, regulamentada pelo Decreto nº 41.814/02, torna obrigatória a execução de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500m².

Em São Paulo a Lei nº 13.309/02, regulamentada pelo Decreto nº 44.128/03, dispõe sobre o reúso de água não potável e dá outras providências.

O município de MARINGÁ – PR, Lei de Nº 6076 de 21 de janeiro de 2003 regulamenta a utilização, pela Prefeitura, de água de reuso, não potável, proveniente das Estações de Tratamento de Esgoto desde que demonstradas, por meio dos estudos pertinentes, sua viabilidade técnica e vantagem econômica, para a lavagem de ruas, praças, passeios públicos, próprios municipais e outros logradouros, além da irrigação de jardins, praças e campos esportivos, considerando o custo/benefício dessas operações.

No Rio de Janeiro, a Lei Nº 4.393 de 16 de setembro de 2004 obriga as empresas projetistas e de construção civil a prover os imóveis residenciais e comerciais a prover coletores, caixa de armazenamento e distribuidores para água de chuva, nos projetos de empreendimentos residenciais que abriguem mais de 50 (cinquenta) famílias ou nos de empreendimentos comerciais com mais de 50 m² de área construída. As caixas coletoras de água de chuva serão separadas das caixas coletoras de água potável, a utilização da água de chuva será para usos secundários como lavagem de prédios, lavagem de autos, rega de jardins, limpeza, banheiros, etc., não podendo ser utilizadas nas canalizações de água potável.

Em Santa Catarina, o decreto nº 1.791, de 21 de outubro de 2008 dispõe sobre a racionalização da utilização dos recursos de água e serviços de esgoto e de outras despesas no âmbito dos órgãos e entidades da administração pública estadual, e aditivo ao Decreto nº 099, de 1 de março de 2007.

Em Porto Alegre, foi aprovada em 2007 a Lei 10.560 de 2008 que institui o Programa de Conservação, Uso Racional e Reaproveitamento de Águas nas Edificações, no anexo1. Ela foi baseada na lei de Curitiba, como todas as demais, contudo ela obriga a adoção das medidas de conservação e reuso em todas as residências novas. A regulamentação desta lei está em andamento.

2.1.6. O SANEAMENTO BÁSICO URBANO NO PAÍS

No Brasil, o Diagnóstico de Serviços de Água e Esgotos de 2005 (SNIS, 2006) apresenta a seguinte análise geral do atendimento urbano: no abastecimento de água o índice médio é elevado com 96,3% de cobertura, mas, infelizmente, no esgotamento sanitário os índices são bastante precários, pois a coleta de esgotos atinge 47,9% dos domicílios urbanos e, ainda mais preocupante, apenas 31,7% dos esgotos coletados em áreas urbanas são tratados. A cobertura dos serviços de saneamento no Brasil e em suas regiões geográficas pode ser vista na Tabela 2.12, através dos índices de atendimento urbano com água e esgotos dos prestadores de serviços participantes do SNIS em 2005. A representatividade da amostra participante do SNIS 2005 é, para o abastecimento de água, de 77,8% dos municípios brasileiros e 94,9% da população urbana. E em relação aos esgotos, a pesquisa cobriu 20,7% dos municípios e 74,1% da população urbana.

Tabela 2.12 - Cobertura dos serviços de saneamento no Brasil.

Abrangência/Região	Índice de atendimento urbano		
	Abastecimento de água	Coleta de esgotos	Tratamento dos esgotos coletados
Norte	68,50%	6,70%	10,00%
Nordeste	98,60%	26,70%	36,10%
Sudeste	96,80%	69,40%	32,60%
Sul	100,00%	33,70%	25,30%
Centro-oeste	100,00%	45,40%	39,70%
Brasil	96,30%	47,90%	31,70%

Fonte: SNIS, 2006 apud HAFNER, 2007.

A indústria de saneamento no Brasil é geralmente ineficiente, faturando em torno de R\$ 5,4 bilhões através de companhias estaduais. Embora produzindo 25 milhões de m³/dia, faturam cerca de 14 milhões; a perda média das companhias é da ordem de 45%.

A responsabilidade pela prestação dos serviços de saneamento básico sempre se situou na esfera municipal - mesmo antes da Constituição Federal de 1988, que reafirmou tal competência. Diferentemente dos setores elétrico e de transportes (rodovias e ferrovias, basicamente), no setor de saneamento o Poder Concedente é o município. Os municípios autônomos em geral mantiveram seus sistemas - essencialmente de abastecimento de água

e, em alguns casos, com algum nível de coleta de esgotos - sob sua administração direta, seja através de uma autarquia, o Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE), ou um departamento, o Departamento de Água e Esgotos; em alguns casos, encontramos os serviços prestados através de uma empresa municipal, como em Campinas (São Paulo), por exemplo. O principal desafio desses municípios consiste em viabilizar a implantação de sistemas de tratamento de esgotos e assegurar o pleno abastecimento de água às suas populações. Eventualmente, verifica-se a necessidade de ampliação da produção de água, o que freqüentemente deve estar associado à adoção de medidas que propiciem a redução de perdas, inclusive para uma efetiva avaliação da real necessidade de investimentos para ampliação física do sistema existente.

2.2. CONSERVAÇÃO E REUSO DE ÁGUA

2.2.1. A INFRA-ESTRUTURA URBANA COMO UM SISTEMA COMPLEXO

As técnicas convencionais de avaliação dos sistemas de infra-estrutura urbanos excluem as interações sociais das decisões estruturais. Sem essas considerações, porém, os impactos dessas decisões na sustentabilidade do sistema não são identificados. O planejamento da infra-estrutura urbana deve ser um processo dinâmico governado não só pela economia, mas também pelas condições sociais e ambientais. É importante entender as relações entre estas condições para que os impactos em longo prazo, decorrentes dessas decisões possam ser entendidos antes que essas decisões sejam tomadas. Obviamente que a complexidade do processo de tomada de decisões será aumentada.

Um sistema de infra-estrutura urbano pode ser considerado tão complexo quanto mais complexa é sua composição em diferentes subsistemas, envolvendo interações humanas e interações com o ambiente, Choguill, (1996) *apud* Olson (2003). As relações comportamentais em sistemas urbanos são geralmente não-lineares, refletindo as interações sociais. Tais sistemas têm um *momentum* que geralmente se torna irreversível.

O impacto da infra-estrutura no desenvolvimento econômico é não linear, ou seja, um aumento na infra-estrutura não ocasiona um aumento proporcional no desenvolvimento econômico. Em sistemas sociais, a não linearidade pode ser causada pelo comportamento humano. Um sistema urbano é hierárquico, já que ele é composto por subsistemas como

estradas e pontes, esgoto e drenagem, abastecimento de água e resíduos sólidos. As casualidades internas referem-se a uma auto-organização, a qual é caracterizada por objetivos, *feedbacks loops* e propriedades emergentes. A interação da infra-estrutura com a sociedade é auto-organizável. As interações entre infra-estrutura, sociedade e ambiente são dinamicamente estáveis. Isto significa que o sistema praticamente nunca alcança um equilíbrio, mas pode fazê-lo em algumas condições específicas. O comportamento das interações pode ser previsto sob certas condições com a ajuda de simulações, mas as previsões são sempre limitadas na prática, devido à incerteza no comportamento humano.

2.2.2. O PARADIGMA DO CICLO URBANO DA ÁGUA

A extração de volumes de água cada vez maiores dos rios e aquíferos e a construção de barragens para abastecer as crescentes áreas urbanas causam um estresse considerável nos ecossistemas. Apesar dos processos centralizados salvarem muitas vidas no século 19, recentemente ocorreram falhas notáveis nos sistemas de abastecimento resultando em epidemias causadas por descargas de esgotos ou efluentes químicos em fontes de abastecimento como a epidemia viral originada pela contaminação de esgoto que afetou milhares de pessoas em Sunbury e em Victoria, (Austrália) e a por *Cryptosporidium* que afetou 400.000 pessoas em Milwaukee (EUA).

De acordo com Coombes e Kuczera o paradigma de compartimentar o ciclo urbano de água em abastecimento, esgoto cloacal e esgoto pluvial está profundamente enraizado em nossas mentes, provendo um modelo conveniente para indicar as fronteiras institucionais, resultando em efeitos danosos para a comunidade e o ambiente. O ciclo urbano da água tem sido gerido através de processos separados e centralizados de abastecimento de água, esgoto cloacal e esgoto pluvial há mais de 120 anos, Troy, (2001) *apud* Coombes & Kuczera (2001). O custo com infra-estrutura, qualidade de água e problemas ambientais associados ao paradigma do ciclo urbano da água estão aumentando a níveis insustentáveis. Eles argumentam que não é a tecnologia que nos restringe e sim nossa percepção das fronteiras do sistema que turvam nossa visão sobre o que é possível, e que a adoção de práticas de gestão urbana integrada do ciclo da água permitiriam a provisão sustentável dos serviços de água à comunidade.

O paradigma da drenagem urbana convencional envolvendo o uso de cada vez mais e maiores seções de redes mitiga o risco de cheias urbanas, mas resultam também em soluções caras e impactos ambientais adversos (Andoh and Declerk, 1999 apud Coombes and Kuczera). A capacidade hidráulica dos condutos também diminui com o tempo resultando num aumento das enchentes.

Segundo cálculos de Coombes *et al.*, (2000), cada reservatório domiciliar de água da chuva traria uma economia de 1% (AUS\$ 960,00) em infra-estrutura de drenagem urbana e, segundo Kuczera e Coombes (2001), traria uma economia de 3% pela redução dos gastos com redes de drenagem e tratamento dos efluentes pluviais.

Avaliar o impacto da acumulação de água de chuva no ciclo urbano da água é deveras complexo. A avaliação histórica destes impactos tem sido dominada por cálculos no escuro, uso de hipóteses não testadas e restrições institucionais. Um argumento usual é que os reservatórios de água da chuva não teriam a capacidade priorizada de armazenar água durante eventos de chuva. Contudo, monitoramentos e análises feitos na Universidade de Newcastle indicam que este argumento é incorreto. Estudos de Coombes *et al* (2002c) verificaram que tanques de água de chuva usada para abastecer banheiros, água quente e usos externos teriam 42% da capacidade disponível para reter uma chuva de 100 anos NSW ARI e reduziriam a descarga de pico em cerca de 80% para um evento de um ano ARI na região de Parramatta. Eles sustentam que o uso de tanques para coleta de água da chuva podem também reduzir as inundações urbanas, melhorar a qualidade das águas pluviais e minimizar o influxo de águas pluviais nas redes cloacais.

Infelizmente, a economia nos custos com infra-estrutura e os benefícios ambientais decorrentes da descentralização só podem ser realizados se as autoridades envolvidas aceitarem que este método provê benefícios no ciclo da água urbano, reduzindo as demandas por infra-estrutura. Segundo Kuczera and Coombes (2002), os modelos atuais que adotam a filosofia de abastecimento e descarga centralizados em vez da filosofia de descentralização, que inclui o armazenamento, não podem promover informações confiáveis para os tomadores de decisão. A pesquisa industrial australiana desenvolveu novos modelos e métodos de design para a gestão do ciclo urbano da água como o Aquacycle Mitchell *et al* (1997) que ajuda o projetista a entender balanços diários da água e o PURRS model Coombes, (2002), que opera com pequenos intervalos de tempo

permitindo entender o impacto de medidas descentralizadas na provisão do ciclo da infraestrutura urbana.

As alternativas de infiltração, detenção e retenção procuram favorecer os processos hidrológicos, alterados durante a urbanização (infiltração, interceptação, amortecimento), objetivando a reconstituição das condições de pré-ocupação. Essas estruturas buscam compensar os efeitos da urbanização na fonte, ou seja, antes que a água atinja a rede de drenagem.

A reutilização da água e os sistemas de coleta e utilização de água da chuva surgem como um meio de conservação da água e como alternativas para enfrentar a carência do recurso, tanto para fins potáveis quanto não potáveis, tornando-se uma alternativa para minimizar a sua escassez. Zaizen *et al.* (1999) apud Goldenfum (2007), destacam os seguintes benefícios da utilização de água da chuva: controle da drenagem, prevenção de enchentes, conservação de água, restauração do ciclo hidrológico em áreas urbanas e educação ambiental.

2.2.3. EXEMPLOS DE GESTÃO INTEGRADA DO CICLO URBANO DA ÁGUA

O objetivo de um projeto urbano com foco na água é otimizar e integrar a gestão do ciclo da água (Mouritz, 1996). O uso estratégico de água de chuva e de esgotos como fonte pode complementar o desempenho do sistema centralizado convencional para promover efeitos sustentáveis. Isto se consegue pela integração entre o planejamento urbano e o projeto para prover serviços de água, esgoto e drenagem em um intervalo de escalas graduais da região para o lote (Coombes, 2002).

Apesar de uns poucos estudos desencorajarem o uso da água de chuva sob o argumento de preocupação com a saúde, cerca de 3 milhões de australianos usam água de chuva para beber nas áreas urbanas e rurais sem a constatação de casos de epidemias ou efeitos adversos de saúde em larga escala. Acessórios para promover a qualidade da água resultam em uma economia de 3%, incluindo os custos dos tanques de armazenamento de água. O uso de reservatórios de água de chuva também promove um impacto significativo na estrutura de provisão de água e de distribuição. Pesquisas mostram que o uso de água da chuva para suprir uso de sanitários, água quente e usos externos prorrogaria significativamente (38 – 100 anos) a necessidade de construção de novas barragens.

Também indicam que o uso de reservatórios de chuva com extravasores podem reduzir a vazão de abastecimento anual máxima de pico diária em mais de 40% nas residências. Isto poderia reduzir o custo da infra-estrutura de distribuição de água (Coombes *et al*, 2002; Burn *et al*, 2002).

Não existe impedimento para o reuso devido às incidências sanitárias ou ambientais atualmente na Austrália e a aceitação pública do reuso não potável é alta. Normas para o reuso de efluentes bem como de uso de biosólidos existem nos Estados seguindo o *National Water Quality Management Strategy*. Casualmente, a proporção de biosólidos provenientes de estações de tratamento de efluentes usados na agricultura excedem 97% em Sydney e nacionalmente representam cerca de 70% do uso dos biosólidos (WSAA, 1999 apud Dillon 2000). Os setores australianos que mais se beneficiam do reuso de efluentes domésticos é o da mineração, seguido pela agricultura.

Nessas condições, a adoção de tecnologias sustentáveis para o manejo das águas pluviais em edificações residenciais surge como uma alternativa para enfrentar os problemas encontrados, seja pela redução na geração de escoamento superficial, ou pela reutilização da água da chuva. Contudo, o padrão de urbanização australiano é diferente do adotado no Brasil, onde a área dos lotes residenciais é muito pequena, a densidade de habitantes é alta, e o nível educacional da população é muito baixo.

O turismo representa uma fonte de recursos valiosos para a Índia, que vêm atraindo um número crescente de turistas a cada ano em função de suas belezas naturais e arquitetônicas. Para tornar seu país atrativo ao turismo o governo tem enfrentado um desafio muito grande. Na maioria das cidades indianas a pressão por infra-estrutura é grande devido à numerosa e carente população. Os centros urbanos e especialmente os com potencial turístico encaram problemas de falta de água, de energia elétrica e de saneamento básico. A harmonia entre as melhorias estruturais e a preservação ambiental é essencial em locais de destino turístico. O governo colocou em prática, e mantém programas de conservação de água, economia de energia, reuso de água e a redução ou a eliminação dos resíduos sólidos.

Entendendo a importância e as conseqüências da utilização tradicional, e usualmente pouco adequada, da água, desde 2000 muitos municípios brasileiros instituíram programas visando à conservação e ao uso racional da água. Entre eles, em 2003, o

município de Curitiba institui por lei o PURAE – programa de conservação e uso racional de água nas edificações, cujo objetivo é instituir medidas que induzam à conservação, uso racional e utilização de fontes alternativas para captação de água nas novas edificações, bem como a conscientização dos usuários sobre a importância da conservação da água.

Essa iniciativa foi repetida em muitas prefeituras municipais, como o município de São Paulo, que criou um programa similar em 2005, ou no município de Campinas em 2006 e municípios da região conhecida como ABC Paulista. Todos esses programas de conservação de água possuem em comum um conjunto de ações que podem ser divididas conceitualmente em dois grupos:

- uso racional da água; e
- fontes alternativas.

A implantação de um programa de conservação de água (PCA) possui, como motivador principal, a economia financeira. Essa economia costuma ser gerada em vários e diferentes gastos da edificação, como a redução do consumo de água e conseqüente redução dos efluentes gerados; redução dos insumos de energia nos sistemas de recalque; redução dos insumos de produtos químicos, no caso da edificação promover algum tipo de tratamento de água ou esgoto; redução dos custos operacionais e de manutenção dos sistemas hidráulicos e equipamentos da edificação; e redução da cobrança pelo uso da água. (HAFNER, 2007).

Entretanto, estas medidas não tem tido boa aplicabilidade, talvez devido aos custos elevados para a sua implantação, que não podem ser absorvidos por boa parcela da população, bem como pelas exigências de qualidade, que demandam a existência de um profissional habilitado que seja responsável pela qualidade e manutenção dos sistemas.

Segundo o Sinduscom/SP para promover a conservação e reuso da água em edificações, a construção civil precisa superar os seguintes desafios:

- Revisão das normas técnicas de instalações prediais;
- Elaboração de legislações específicas;
- Capacitação de profissionais - projetistas, equipe de obra etc;
- Educação e conscientização;
- Desenvolvimento de tecnologias, equipamentos etc;
- Viabilização de custos;

- Mudança de cultura do comprador / usuário do imóvel.

O uso racional da água precisa estar inserido no contexto desde a fase de projeto, passando pelas construtoras e chegando ao consumidor final. Por isso é importante saber se todos os projetistas estão capacitados a especificar obras dentro do conceito de racionalidade, e se o consumidor, após habitar este empreendimento, terá informações suficientes para adotar o consumo correto. Os desafios do uso racional da água para o setor da construção civil ainda são muitos serão necessários inúmeros estudos para tornar viável essa realidade na sociedade brasileira.

No Brasil, verifica-se ainda o predomínio de técnicas convencionais de drenagem, com a transferência do escoamento para pontos de jusante na bacia. Algumas cidades, como Porto Alegre e São Paulo, têm tentado mudar esta concepção através de técnicas compensatórias, mais integradas ao espaço como um todo, ou seja, tecnicamente efetivas, bem integradas com o urbanismo, e com o mínimo impacto ao meio ambiente.

2.2.4. ANÁLISE DA DEMANDA DE ÁGUA

Para a otimização do consumo de água, o projeto dos sistemas hidráulicos prediais e o sistema para usos específicos (sistemas especiais) devem ser concebidos dentro de certas premissas, considerando uma análise documental, com o levantamento de todos os documentos e informações disponíveis que possam auxiliar no entendimento da edificação sob a ótica do uso da água; o reconhecimento das necessidades de qualidade da água, específica para cada uso contido na edificação, devendo ser feito um questionário contendo informações dos usos, usuários e sistemas prediais.

Na concepção propriamente dita dos sistemas hidráulicos prediais, deverão ser premissas de projeto:

- garantia de vazão e pressão apropriadas nos diversos pontos de consumo, de forma que eliminem possíveis desperdícios;
- avaliação das opções mais apropriadas de equipamentos hidráulicos e componentes, a partir do levantamento das necessidades que ocorrem na edificação e da identificação dos usuários, levantando-se as especificações técnicas e custos de aquisição;

- setorização do consumo de água, ou seja, a distribuição atender a poucos pontos ou apenas a um apartamento por derivação;
- traçados otimizados;
- locação dos sistemas hidráulicos considerando a facilidade de acesso;
- atendimento às normas técnicas brasileiras de projetos, materiais e componentes.

No caso da existência de sistema de ar condicionado, deve ser considerado o consumo de água da tecnologia escolhida, com a elaboração, no estudo preliminar, de estudo de viabilidade técnica e econômica das possíveis alternativas, com foco na economia de água.

- detalhes de instalação;
- manual técnico de operação do sistema para auxílio da etapa de gestão.

Otimizar o traçado de tubulações significa considerar a possibilidade de concentrar tubulações em paredes hidráulicas e reduzir a quantidade de juntas ou conexões. A escolha da tecnologia deve ser considerada na etapa de projeto. A utilização de tubulações flexíveis, quando projetadas adequadamente, pode proporcionar melhorias tanto na execução quanto no tratamento da utilização dos aparelhos sanitários. É importante que a escolha da tecnologia permita um maior controle por parte do construtor, instalador e usuário final.

Um plano de intervenção que objetive a otimização do consumo da água deve conter as seguintes ações:

- Conserto dos vazamentos;
- Realização de campanhas de sensibilização dos usuários;
- Estabelecimento de procedimentos;
- Análise da instalação de tecnologias economizadoras nos pontos de consumo;
- Gestão da oferta (aproveitamento de águas pluviais e reuso de efluentes tratados)

As ações de base operacional devem conter:

- criação de política permanente de manutenção preventiva e corretiva;
- geração de procedimentos específicos de uso da água nos processos prediais e industriais, constantemente atualizados;

- acompanhamento do monitoramento contínuo do consumo através de planilhas eletrônicas e gráficas;

2.2.5. CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS PARA O CONSUMO

A água precisa ter certa qualidade para ser utilizada no meio antrópico. Essa qualidade é determinada por parâmetros físicos, químicos e biológicos, mostrados na tabela 2.13. Esses parâmetros estabelecem, para cada uso, o padrão adequado de qualidade, o que também permite a economia de recursos, pois ao usar águas de melhor qualidade em usos que não necessitam desta qualidade, ocorre o desperdício de se usar água com qualidade superior à necessária. Esse conceito foi formulado em 1958 pelo conselho Econômico e Social das Nações Unidas: "a não ser que exista grande disponibilidade, nenhuma água de boa qualidade deve ser utilizada para usos que toleram águas de qualidade inferior".

Tabela 2.13 - Principais parâmetros de qualidade das águas.

Físicos	Químicos	Biológicos
Cor, turbidez, sabor, odor e temperatura	pH, alcalinidade, acidez, dureza, ferro e manganês, cloretos, nitrogênio, fósforo, matéria orgânica, oxigênio dissolvido e micro poluentes orgânicos	Organismos indicadores (coliformes totais, coliformes fecais, estreptococos fecais), algas e bactérias

Fonte: Von Sperling, 1995.

Os padrões de qualidade recomendados variam conforme o uso e a destinação das águas. A legislação brasileira, através da Resolução Conama nº 357 de 2005, classifica e enquadra os corpos de água em função de seus usos preponderantes, conforme a Tabela 2.14, para as águas doces.

A CT-A/CBCS considera que o uso de fontes alternativas de água, item 2.2.9.2, pode ser uma solução adequada para determinadas tipologias de edifício, desde que sejam observados critérios de projeto, execução, operação e manutenção dos sistemas, que se implante um processo de gestão – monitoramento e controle e que se definam as responsabilidades pela eventual ocorrência de contaminação da água e de riscos de saúde dos usuários, ILHA, (2008).

Tabela 2.14 - Classificação de corpos de água doce

Classe Especial,	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
águas destinadas ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.	águas destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho; à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e à proteção das comunidades aquáticas em terras indígenas.	águas destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho; à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esportes e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e à aqüicultura e à atividade de pesca.	águas destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageira; à pesca amadora; à recreação de contato secundário; e à dessedentação de animais.	águas destinadas à navegação; e à harmonia paisagística.

Fonte: RESOLUÇÃO CONAMA 357, 2005.

2.2.6. EFLUENTES DOMÉSTICOS

Os efluentes gerados em uma residência são classificados em dois tipos: água negra e água cinza.

A água negra pode ser subdividida em outros dois tipos de efluentes denominados de água amarela e água marrom, originários, respectivamente, da separação da urina e das fezes no vaso sanitário. Em locais onde ainda são utilizadas fraldas de bebê do tipo não-descartáveis, as águas de lavagem destas fraldas, também devem ser classificadas como água negra, por apresentarem um considerável teor de matéria orgânica e de coliformes fecais. As águas resultantes da lavagem dos filtros de piscinas são consideradas como água negra, pois geralmente apresentam alta concentração de microorganismos, óleos e cabelos. No entanto, estas águas são de difícil enquadramento, pois dependem principalmente do tamanho da piscina, do uso dado e do tipo de filtro utilizado (NSW Healt, 2000).

Quanto às fezes e à urina, estima-se que cada pessoa excrete por ano, em média, cerca de 4 kg de nitrogênio e 0,4 kg de fósforo na urina, e 0,55 kg de nitrogênio e 0,18 kg de fósforo nas fezes. Na Suécia estima-se que os nutrientes presentes na urina da população tenham sido equivalentes a 15-20 % do fertilizante utilizado no ano de 1993. (Esrey et al., 1998 apud Martins, 2006). A urina, apesar de ser considerada um líquido estéril, pode conter inúmeros organismos patogênicos, originários de infecções urinárias, devendo, desta forma, ser tratada como água negra. O modelo funcional de instalações hidrossanitárias prediais no Brasil e em grande parte do mundo não considera estes dois tipos de águas residuárias.

A água cinza constitui a maior parte da vazão de esgoto gerada em uma residência. Apresenta pequena quantidade de matéria orgânica, significativa quantidade de nutrientes e uma grande quantidade de outros poluentes, tais como, sabões e detergentes. Pode apresentar uma expressiva concentração de coliformes fecais. É considerada um resíduo facilmente degradado por organismos biológicos. Todas as características da água cinza estão diretamente relacionadas ao clima, à localização e ao tipo de uso dado para a edificação e, principalmente, às atividades, situação econômica e idade dos ocupantes.

Em uma residência, podem ser considerados como água cinza os efluentes oriundos de banheiras, chuveiros, lavatórios, lavanderias, lavadoras de roupas, lavadora de pratos e pias de cozinha. Contudo, o efluente da pia de cozinha também é considerado água negra por vários autores. É enquadrado como água cinza o efluente de drenagem pluvial, como as oriundas de telhados e pátios, e também os efluentes gerados pelo uso de banheiras, chuveiros, lavatórios, máquinas de lavar roupas em escritórios comerciais, escolas e etc.

Os principais critérios que direcionam um programa de reuso de água cinza são:

- preservação da saúde dos usuários;
- preservação do meio ambiente;
- atendimento às exigências relacionadas às atividades a que se destina;
- quantidade suficiente ao uso a que será submetida.

Os componentes presentes na água variam de acordo com a fonte selecionada, por isso é possível segregar o efluente de um conjunto de aparelhos sanitários, definindo as características da água a ser reutilizada. Não se pode desconsiderar o fato de que a água

cinza é passível de conter contaminações das mais diversas, pela grande flexibilidade de uso dos aparelhos sanitários. É comum ocorrer situações de usuários que fazem a higienização no banho, após a utilização da bacia sanitária, ou a lavagem de ferimentos em qualquer torneira disponível, seja de um tanque ou lavatório. A presença de urina na água de banho também pode ocorrer.

Os estudos de caracterização de águas cinza realizados até agora não são conclusivos e a literatura sobre o assunto é limitada. Sua grande variação por tipologias, região e horário analisado torna difícil a sua caracterização. Considerando os malefícios que a concentração de cloretos, alcalinidade e sólidos suspensos podem causar, tais como: obstrução dos sistemas de tubulações e filtros utilizados no tratamento do efluente, danificação da estrutura do solo e dos corpos d'água, quando há um descarte final, estes devem ser considerados. Em um estudo realizado pela *Victoria University of Technology*, na Austrália, há o relato da ocorrência de inúmeros problemas em sistemas de reuso de água cinza em jardins e em descargas de vasos sanitários. O principal foi a dificuldade operacional, principalmente a necessidade de lavar constantemente os filtros componentes do sistema, pois entupiam com facilidade. Foi concluído que esta limpeza deveria ser realizada após o segundo uso ou uma vez por semana, dependendo da localização e função do filtro, requerendo um tempo mínimo de limpeza de 15 a 20 minutos por filtro (Boal, 1996 *apud* Martins, 2004).

A caracterização de água cinza de chuveiros e lavatórios coletada em banheiros de edifícios residenciais e de um complexo esportivo, localizados na Região Sul do país demonstrou nos resultados:

- alto teor de matéria orgânica, representado pela DBO, o que pode gerar sabor e odor;
- elevado teor de surfactantes, que pode ocasionar a formação de espumas e odor decorrente da decomposição dos mesmos;
- elevada concentração de nitrato, que pela sua toxicidade pode causar metahemoglobinemia infantil, uma doença letal;
- alto teor de fósforo, o que indica a presença de detergentes superfosfatados (compostos por moléculas orgânicas) e matéria fecal; e
- turbidez elevada, que comprova a presença de sólidos em suspensão.

Os parâmetros listados basearam-se na Portaria MS 518/2007 e CONAMA 357/2005.

O parâmetro sólido suspenso é de extrema importância quando se trata de sistemas de separação de esgotos domésticos, tendo em vista que valores elevados podem conduzir a um entupimento das canalizações, bem como à necessidade de limpezas mais frequentes nos filtros utilizados ao longo do processo de tratamento (Boal, 1996, apud Martins, 2004). Os sólidos suspensos mais comumente encontrados na água cinza são partículas de areia e de argila, cabelos, pêlos e fiapos.

O valor da DBO_5 da água cinza corresponde a 90% da DBO_u e para a água negra este valor é de 40%. Este rápido decaimento, em torno de 65% por dia, pode ser explicado pela presença de materiais orgânicos que são mais rapidamente decompostos pelos microorganismos. Disponível em: <http://www.greywater.com/pollution.htm>. Acesso em jun/2007.

A ausência de matéria fecal diretamente na água cinza reduz, mas não elimina a probabilidade da ocorrência de microorganismos patogênicos comumente encontrados em esgoto doméstico, tais como bactérias, vírus, protozoários e helmintos. Segundo Ottoson (2003) apud Coccio Martins (2005), outro vetor bastante importante de entrada de patogênicos na água cinza é a pia da cozinha, principalmente durante a lavagem de alimentos, sendo os principais organismos presentes a *Salmonella* e a *Campilobacter*, por isso ocorrem divergências quanto a sua caracterização como água cinza para fins de reuso.

Nas diretrizes para reuso de água cinza de diversos países está definido o número de organismos aceitável de acordo com o emprego posterior que se quer dar para este efluente.

A NBR 15527/07 recomenda que o sistema hidráulico destinado ao tratamento e distribuição de água de reuso proveniente da água cinza seja absolutamente separado do sistema hidráulico de água potável da concessionária, sendo proibida a conexão cruzada entre esses dois sistemas.

O volume de água consumido diariamente em uma residência é bastante variável e depende exclusivamente dos hábitos e situação econômica dos moradores, do clima, do nível de ocupação, do tipo e número de aparelhos da casa (vaso sanitário, chuveiro, torneiras). Por associação, o volume de esgotos gerados é também bastante variável. De

maneira geral, estudos avaliam que aproximadamente 63% de todo o volume gerado dentro da residência pode ser enquadrado como água cinza e o restante, 34%, como água negra. Há uma fração de em torno de 3% de água que é utilizada para rega de plantas, infiltrando diretamente no solo e não sendo convertida em esgoto. A tabela 2.8 apresenta os percentuais diários de água consumida em uma residência conforme o uso e de esgoto gerado.

O consumo de água em uma residência varia ao longo do dia, resultando em vazões horárias variáveis de esgoto. Na Figura 2.3, apresenta-se o Hidrograma de vazões per capita para um sistema de separação de águas cinza e negra em uma residência, segundo JCIWEM, 1998 apud Martins, 2006. Nota-se que a vazão per capita de água cinza é bastante variável ao longo do dia, levando a picos superiores de produção em horários próximos das 9 e das 19 horas, e a um pico inferior no horário das 17 horas. Já a vazão per capita de água negra tem seu pico às 9 horas, permanecendo após com valores estabilizados até às 23 horas. Durante a madrugada, tanto a água cinza quanto negra apresentam valores tendendo a zero.

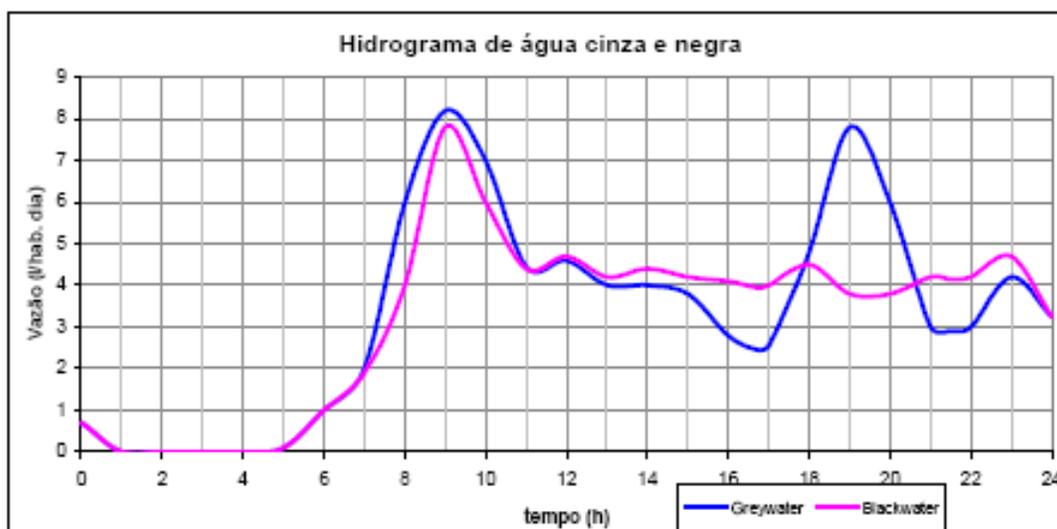


Figura 2.3 - Hidrograma de vazões de água cinza e negra por habitante residencial.

2.2.7. ÁGUAS DE DRENAGEM

O aproveitamento da água de drenagem de terrenos dos empreendimentos é recomendável nas seguintes condições (SAUTCHUK *et al*, 2005):

- a água não é proveniente de poços artesianos;
- a água aflora ao nível de escavação do terreno do empreendimento;
- o rebaixamento do lençol é necessário para o desenvolvimento da obra;
- o edifício já faz o lançamento dessa água de drenagem na rede de drenagem pública; e
- verifica-se que o rebaixamento do lençol freático não prejudicou o abastecimento de lagos naturais da cidade ou ecossistemas do entorno.

É muito freqüente, na implantação de um empreendimento, que se encontre o lençol freático do solo e se faça necessário o rebaixamento do nível d'água para o desenvolvimento da obra. Em geral, a água encontrada aparentemente é de boa qualidade, porém, para utilizá-la deve-se controlar sua qualidade, a fim de serem retirados os componentes que provoquem riscos à saúde pública e ao meio ambiente. Deve ser levado em conta o risco de contaminação da água de drenagem por ruptura da rede pública de coleta de esgotos, por vazamentos de tanques de combustíveis de postos da cidade ou até por chorume proveniente de terrenos utilizados como depósitos de lixo.

O uso da água de drenagem não será considerado neste trabalho, visto a sua disponibilidade ser ocasional e tendo em conta a grande variabilidade das suas características.

2.2.8. ÁGUAS PLUVIAIS

A utilização de águas pluviais, como fonte alternativa ao abastecimento de água requer a gestão da qualidade e quantidade. O aproveitamento de águas pluviais, em ambientes áridos e semi-áridos é prática comum em muitas regiões do mundo. A água de chuva pode ser utilizada desde que haja controle de sua qualidade e verificação da necessidade de tratamento específico, de forma que não comprometa a saúde dos usuários, nem a vida útil dos sistemas envolvidos. (SAUTCHUK *et al*, 2005). A NBR 15527/2007

estabelece alguns critérios para o uso da água da chuva em sistemas prediais, contudo, ela será revisada a partir de 2009.

Em pesquisa realizada na Universidade de São Paulo, foram constatadas as seguintes características da água de chuva coletada e armazenada em reservatório:

- propriedades de água mole;
- pH entre 5,8 e 7,6;
- DBO_{5,20}: menor que 10;
- presença de coliformes fecais em mais de 98% das amostras realizadas;
- presença de bactérias:
 - clostrídio sulfito redutor (91% das amostras) que pode causar intoxicação alimentar, entre outras doenças;
 - enterococos (98% das amostras) que podem causar diarreia aguda; e
 - pseudomonas (em 17% das amostras) que podem ocasionar infecções urinárias.

Estes resultados indicam o quanto o tratamento e a desinfecção são importantes para assegurar a qualidade da água da chuva a ser utilizada.

Para projetar um sistema de captação e uso de água da chuva, conforme a Figura 2.10, é necessário termos:

- A precipitação média local;
- A área de coleta em m²;
- A caracterização da qualidade da água
- O coeficiente de escoamento superficial;
- O reservatório de descarte;
- Os usos da água, demanda e qualidade;
- O reservatório de armazenamento;
- O sistema de tratamento necessário;
- Equipamentos utilizados, vazões, etc..

O volume de água da chuva disponível depende do regime pluviométrico local e da área de captação.

2.2.9. REUSO

Apesar do reuso ter começado no início do século 20, somente nos últimos 30 anos é que o seu potencial tem sido largamente reconhecido. O reuso não planejado é um fato da vida há muitos séculos. O reuso planejado pode ocorrer em várias escalas, desde o proprietário individual até o rio numa bacia.

Na escala de propriedade individual os reservatórios domésticos podem ser usados para coletar água de banho e lavatórios para uso posterior em bacias sanitárias e rega de jardins. Tais medidas de conservação podem ser requeridas por estatuto, como condições para desenvolver permissões ou podem surgir incentivados pela elevação dos preços de água e esgoto. Em áreas com coleta de esgoto o reuso precisa ser compatível com a vazão necessária para manter a remoção do esgoto, mas no domicílio o reciclo opera bem em conjunto com usos que não precisem de tensão de escoamento nas tubulações. Na indústria o reuso é largamente empregado, para reduzir os custos de consumo de água e para cumprir os cada vez mais exigentes padrões de emissão. Sistemas de circuito fechado de água ou uso seqüencial (a água é usada progressivamente em usos que requeiram menor qualidade) requerem investimentos que são mais baratos se forem executados durante a construção da planta ou re-engenharia. Estes investimentos necessitam de incentivos governamentais para acontecerem.

Na escala urbana a forma mais usual de reuso planejado é a da água minimamente tratada para uso não potável como em processos industriais, vasos sanitários, limpeza de ruas, rega de jardins e parques e áreas de esportes. Isto não só poupa água como reduz os custos com tratamento, pela redução do uso da água potável em usos onde o padrão de potabilidade não é necessário. Contudo existem custos com uma rede adicional e com o controle sobre os poluentes industriais incompatíveis com o reuso. Em algumas cidades outro uso importante é o de recarga de aquíferos. Onde o aquífero não serve para consumo humano a recarga pode ser um recurso adicional para a indústria, irrigação de baixo risco e recreação. Podendo reduzir assim, o risco de intrusão de água salinizada.

Já na escala de bacia ou sub bacia o reuso é comum, num rio o usuário a jusante irá captar água contendo esgotos do usuário à montante. Em países desenvolvidos isto

ocorre em um sistema regulado e que controla as descargas e o atendimento aos padrões de tratamento.

Regular o reuso é um elemento vital do Gerenciamento Integrado dos Recursos Hídricos - GIRH, garantindo que os recursos disponíveis sejam usados e reusados para objetivos ambientais e produtivos, enquanto mantêm os riscos ambientais e de saúde em níveis aceitáveis. Cada país precisa adotar regras de reuso que reflitam suas circunstâncias econômicas, sociais e ambientais.

Os principais tópicos em reuso que podem causar efeitos significativos na demanda contínua por água de reuso e na necessidade do reuso são: saúde pública, sustentabilidade, qualidade de alimentos, aceitação social, capacidade tecnológica e confiabilidade do tratamento, sistemas de monitoramento, economia decorrente do reuso e avaliação de especialistas.

2.2.9.1. Exigências mínimas de água para reuso

A escolha de fontes alternativas de abastecimento de água deve considerar os custos envolvidos na aquisição, os custos relativos à descontinuidade do fornecimento e à necessidade de se garantir a qualidade necessária a cada uso específico, resguardando a saúde pública dos usuários. A negligência no uso de fontes alternativas de água ou a falta de gestão dos sistemas alternativos podem colocar em risco o consumidor e as atividades nas quais a água é utilizada, pelo uso de água com padrões de qualidade inadequados. Utilizar água não originada da concessionária traz o ônus de alguém se tornar “produtor de água” e portanto responsável pela gestão qualitativa e quantitativa deste insumo.

Cuidados específicos devem ser considerados para que não haja risco de contaminação a pessoas, produtos ou de dano a equipamentos. O sistema hidráulico deve ser independente e identificado, torneiras de água não potável devem ser de acesso restrito, equipes devem ser capacitadas, devem ser previstos reservatórios específicos, entre outras ações, para garantia de bons resultados. A participação de um profissional especialista é recomendável na avaliação do uso de fontes alternativas de água, além da implantação de um sistema de gestão da água para monitoramento permanente.

A normalização brasileira ainda não contempla todos os requisitos necessários para a implementação de sistema alternativos de oferta de água, portanto os conceitos e exigências aqui presentes devem ser aprimorados e adaptados a cada situação de projeto.

As exigências mínimas para o uso da água não-potável são apresentadas na seqüência, em função das diferentes atividades a serem realizadas nas edificações.

Água para irrigação, rega de jardim, lavagem de pisos:

- não deve apresentar mau-cheiro;
- não deve conter componentes que agridam as plantas ou que estimulem o crescimento de pragas;
- não deve ser abrasiva;
- não deve manchar superfícies;
- não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.

Água para descarga em bacias sanitárias:

- não deve apresentar mau-cheiro;
- não deve ser abrasiva;
- não deve manchar superfícies;
- não deve apresentar mau cheiro;
- não deve deteriorar os metais sanitários e equipamentos;
- não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.

2.2.9.2. Padrões de qualidade de água para reuso

De acordo com as exigências mínimas listadas no item anterior, pode-se definir as classes de água para reuso que resumem os critérios para a qualidade da água necessárias nas atividades apresentados anteriormente, segundo SAUTCHUK *et al* (2005), a classificação destas águas conforme o seu uso é mostrada na Tabela 2.15

Tabela 2.15 - Classes de água para reuso segundo o Manual de Conservação e Reuso de Água.

Classes	Usos Preponderantes
Água de Reuso Classe 1	Descarga de bacias sanitárias; fontes ornamentais (chafarizes, espelhos da água etc.); lavagem de pisos, roupas e veículos
Água de Reuso Classe 2	Usos na construção: lavagem de agregado; preparação do concreto; compactação de solo e controle de poeira
Água de Reuso Classe 3	Irrigação de áreas verdes e rega de jardins
Água de Reuso Classe 4	Resfriamento de equipamentos de ar condicionado

Fonte: SAUTCHUK et al., 2005.

Ainda no âmbito legal, o Ministério da Saúde, pela Portaria nº 518 do ano de 2004, estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Toda a água de abastecimento destinada ao consumo humano precisa ser potável, ou seja, obedecer ao padrão de potabilidade apresentado no documento supracitado, através de tabelas com os valores máximos permitidos para diversos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos, de tal forma a não oferecer risco à saúde humana.

2.2.9.3. Fontes alternativas de água para reuso

Consideram-se fontes alternativas de água aquelas que não estão sob concessão de órgãos públicos ou que não sofrem cobrança pelo uso ou, ainda, que fornecem água com composição diferente da água potável fornecida pelas concessionárias. Ressalta-se a observância do impacto provocado no meio ambiente e o grau de responsabilidade social quando da utilização de fontes alternativas, como a captação direta de corpos d'água ou a perfuração de poços artesianos. Deve-se considerar ainda que a utilização destas fontes requer autorização do poder público, ficando os usuários sujeitos à cobrança pelo uso da água, bem como às sanções pelo uso inadequado, ou pela falta da outorga e licenças cabíveis.

Nesse sentido, recomenda-se que no meio urbano a decisão de usar fontes alternativas de água passe prioritariamente pelo critério de menor impacto ao meio

ambiente, procurando-se a água que está disponível naturalmente sem intervenção direta nos mananciais ou que é oferecida de forma responsável pelos órgãos públicos.

As fontes de água consideradas adequadas para o aproveitamento nos empreendimentos de construção civil são segundo SATCHUK *et al*, 2005, as de água pluvial, drenagem e reuso de águas cinza.

2.2.9.4. Água de Reuso da Concessionária

A concessionária de água pode fornecer água de reuso oriunda do tratamento do esgoto público da cidade. Em São Paulo, a concessionária tem disponível água de reuso a um custo muito inferior ao da água potável, o que a torna uma alternativa para utilização nos empreendimentos. A princípio a concessionária recomenda utilizar a água de reuso exclusivamente para fins específicos, não-potáveis, em ambientes externos. No manuseio da água de reuso, é recomendável que os usuários utilizem equipamentos de proteção individual.

A Tabela 2.16 apresenta os parâmetros de qualidade da água fornecida por uma concessionária de água no Estado de São Paulo. O custo para manter um teor de cloro residual de 2mg/L é alto.

Tabela 2.16 - Parâmetros de qualidade de água de reuso.

Parâmetros	Concentrações
Cloro residual total (mg/L)	> 2mg/L
DBO (mg/L)	< 30mg/L
Sólido suspenso total (mg/L)	< 30mg/L
Turbidez (UT)	< 15UT
pH	6,0 a 9,0
Óleos e Graxas (mg/L)	< 15 mg/L

Fonte: SAUTCHUK *et al*, 2005.

2.2.10. SISTEMA DE COLETA E REUSO DE ÁGUA CINZA

A implantação de um sistema de reuso de águas cinza requer uma análise criteriosa da situação visando à sua aplicação, suas características e o atendimento às normas técnicas. A Figura 2.4 ilustra o processo, onde se pode perceber que ele é extremamente peculiar a cada situação.

considerando-se a maior parcela de consumo de água dedicada às atividades de higiene pessoal e preparo de alimentos.

Este sistema deverá ser efetuado em conjunto com o projeto hidráulico do edifício em consideração. O sistema de tratamento deverá situar-se em local suficientemente afastado de modo a não causar incômodos aos moradores das edificações.

O volume de reservatório de armazenamento deverá ser determinado com base nas características ocupacionais do edifício e as vazões associadas às peças hidráulicas correspondentes (vazão de águas cinza), e na demanda de água dos aparelhos que integrarão o sistema de reuso (vazão de reuso). Os mesmos critérios e cuidados preconizados para os reservatórios de águas pluviais deverão ser adotados para os reservatórios de águas cinza tratadas.

Tabela 2.17 - Tipos de tratamento para reuso de águas cinza.

Processo	Descrição - tratamento avançado	Aplicação
Coagulação/Floculação Química	Uso de sais de ferro ou alumínio, polieletrólise e/ou ozônio para promover desestabilização das partículas colóides do esgoto recuperado e precipitado de fósforo.	Formação de fósforos precipitados e floculação de partículas para remoção através de sedimentação e filtração.
Tratamento com cal	Precipita cátions e metais de solução.	Usado para reduzir escala formando potencial de água, precipitação de fósforo e modificação de pH.
Filtração de membrana	Microfiltração, nanofiltração e ultrafiltração.	Remoção de partículas e microorganismos da água.
Osmose Reversa	Sistema de membrana para separar íons de solução baseados no diferencial da pressão osmótica reversa.	Remoção de sais dissolvidos e minerais de solução; é também eficiente na remoção de partículas.

Fonte: SAUTCHUK *et al*, 2005.

O projeto do sistema de tratamento deve ser efetuado com base nas características do tipo de água cinza coletado e na qualidade preconizada para o efluente tratado. Os sistemas de tratamento, são, evidentemente, mais complexos que os considerados para as águas pluviais, face à maior concentração de poluentes característicos das águas cinzas, a Tabela 2.17 mostra os processos mais avançados disponíveis atualmente. Devem ser

efetuados estudos de tratabilidade, considerando-se tanto tratamentos físico-químicos como biológicos.

Para produzir água de reuso inodora e com baixa turbidez, uma estação de tratamento de água cinza - ETAC deve ser composta por, pelo menos, os níveis primário e secundário. Para se assegurar baixas densidades de coliformes termotolerantes, o tratamento deve prever desinfecção (nível terciário), ILHA, (2008).

O sistema predial de água de reuso deve ser independente dos demais sistemas hidráulicos da edificação.

Sempre será necessária a realização de estudos econômicos adequados para verificar a viabilidade de se efetuarem os investimentos para a separação e tratamento de água cinza em edifícios. Essa avaliação pode levar em conta a utilização de águas pluviais.

2.2.11. SISTEMAS DE COLETA E USO DE ÁGUAS PLUVIAIS

O sistema de tratamento das águas pluviais depende da qualidade da água coletada e do seu destino final. De maneira geral são empregados sistemas de tratamento compostos de unidades de sedimentação simples, filtração simples e desinfecção com cloro ou com luz ultravioleta. O sistema é mostrado na Figura 2.5.

Os sistemas complementares são compostos de condutores horizontais (calhas) e verticais que transportam as águas pluviais coletadas até os reservatórios de armazenamento, após passagem pelos reservatórios de descarte, a Figura 2.6 ilustra os equipamentos na residência. Podem, também, ser utilizadas grades ou filtros retentores de folhas, galhos ou quaisquer materiais grosseiros, que são colocados juntos às calhas ou nas tubulações verticais, conforme mostra o modelo da Figura 2.7, existem outros modelos disponíveis no mercado. Estão incluídos nos sistemas complementares, os sistemas de distribuição de águas pluviais tratadas, após as unidades de tratamento. Esses sistemas incluem as unidades de recalque, as respectivas linhas de distribuição de água tratada e eventuais reservatórios de distribuição complementares. Deve ser prevista área adicional para a instalação destes equipamentos.

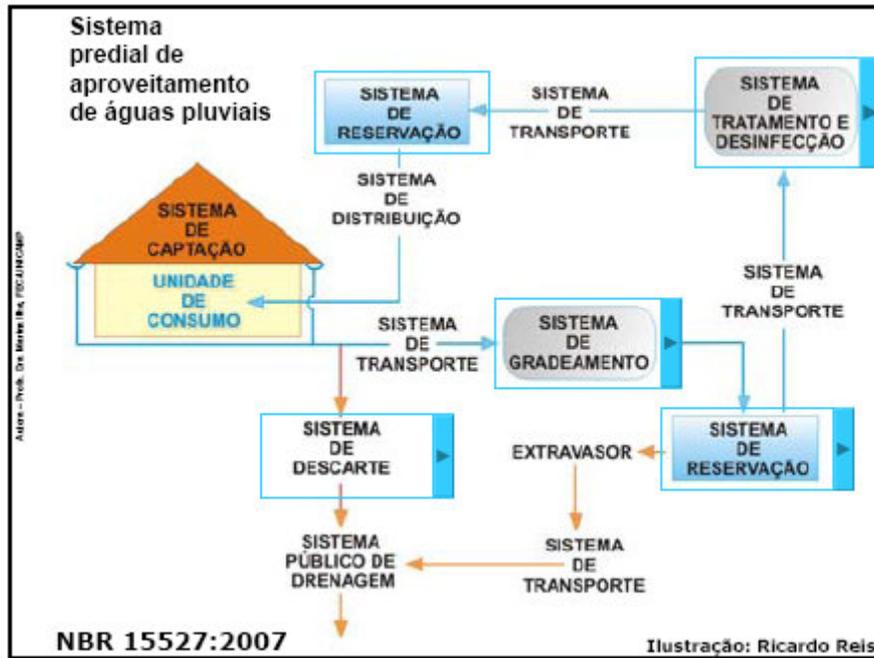


Figura 2.5 - Sistema de aproveitamento de água pluvial.

Fonte: ILHA, 2007 – Reuso de água em edificações.

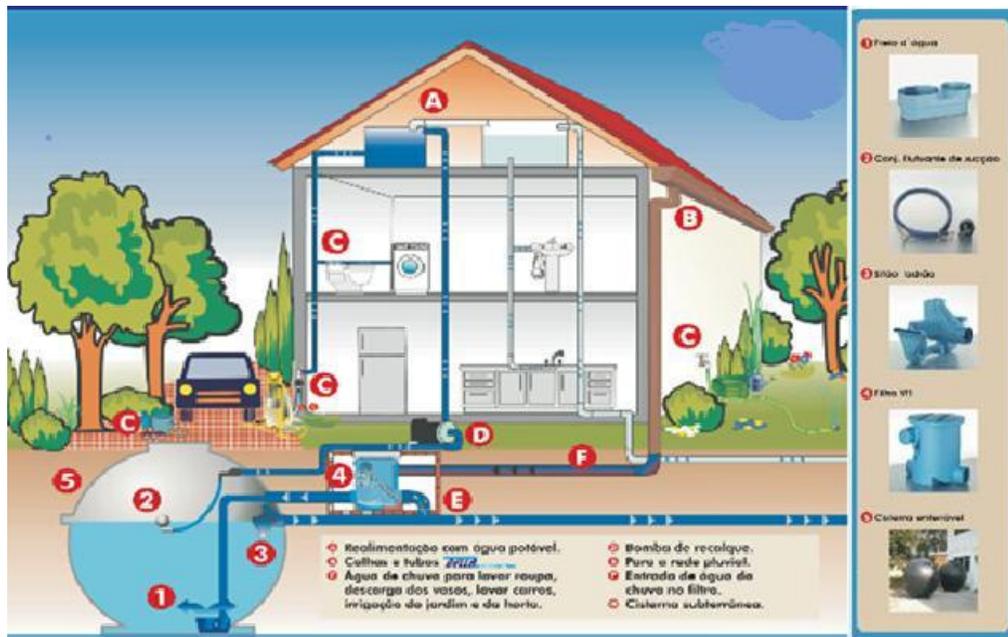


Figura 2.6 - Sistema de aproveitamento de água pluvial e equipamentos usados.



Figura 2.7 - Sistema de gradeamento de água pluvial.

Para o dimensionamento de um sistema de aproveitamento de água pluvial devem ser considerados:

- área disponível para coleta;
- vazão de água calculada pela fórmula racional, considerando o índice pluviométrico médio da região;
- estimativa de demanda para o uso previsto; e
- dimensionamento da reserva de água, considerando os períodos admissíveis de seca.

A área de coleta deve ser determinada no caso de telhados, que são normalmente inclinados em relação a projeção horizontal.

O coeficiente de escoamento superficial é determinado em função do material e do acabamento da área de coleta.

A caracterização da qualidade da água pluvial deve ser feita utilizando-se sistemas automáticos de amostragem, para posterior caracterização através das variáveis consideradas relevantes em nível local. A caracterização deve ser feita após períodos variáveis de estiagem com o objetivo de fornecer elementos para o cálculo do reservatório de descarte. O reservatório de descarte destina-se à retenção temporária e posterior descarte da água coletada na fase inicial da precipitação. Os volumes são determinados em função da qualidade da água durante as fases iniciais de precipitação, que ocorrem após diferentes

períodos de estiagem. Algumas técnicas para a realização do descarte da água de limpeza do telhado poderão ser utilizadas, entre as quais, tonéis, reservatórios de auto-limpeza com torneira bóia, dispositivos automáticos etc.

O reservatório de armazenamento destina-se à retenção das águas pluviais coletadas. Os volumes são calculados em base anual, considerando-se o regime de precipitação local e as características de demanda específica de cada edificação. Geralmente, o reservatório de armazenamento é o componente mais dispendioso do sistema de coleta e aproveitamento de águas pluviais, devendo, portanto, ser dimensionado com bastante critério para tornar viável a implantação dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais.

Os sistemas de coleta e aproveitamento de águas pluviais requerem cuidados gerais e características construtivas que permitam a segurança do abastecimento, a manutenção da qualidade da água armazenada e níveis operacionais adequados e econômicos.

A avaliação econômica do uso de águas pluviais deve abranger, além dos custos dos equipamentos, o custo da energia para a sua elevação. O aumento do uso da energia elétrica para viabilizar o uso de águas pluviais pode implicar em danos ambientais maiores do que os danos causados pelo não uso da água da chuva.

2.2.11.1. Exemplos de captação de água da chuva e reuso no Brasil

No Nordeste semi-árido, nas ilhas como Fernando de Noronha e em todos os lugares aonde ou não existe uma rede de abastecimento ou esta ainda não supre a demanda integralmente, como na região dos lagos ao norte do Rio de Janeiro, usou-se e continua-se usando a água da chuva.

Projeto de uma casa autônoma em Brasília:

A “Casa Autônoma”, é um exemplo prático do reuso e captação de águas. Foi construída em Brasília-DF, com o objetivo de desenvolver uma moradia que possa funcionar como um sistema fechado e auto-suficiente. Sua concepção baseia-se na escassez futura da água, portanto, a falta de chuva não é relevante no processo. Trata-se de uma experiência que serve como referência quanto à forma de aproveitamento de água, captação e armazenamento.

A Casa Autônoma tem uma estação de tratamento doméstico de águas; uma estação de tratamento de esgoto e reciclagem de lixo e; emprego de formas alternativas de energia, como a solar. Este projeto tem uma área útil de 320 metros quadrados, a um custo estimado de 320 mil reais.

Os reservatórios têm capacidade para cerca de 15.000 litros, o que proporciona uma autonomia, quando totalmente cheios, de 75 dias. A água de chuva será usada na lavanderia, lavagens de pisos e calçadas e na alimentação dos espelhos d'água. Não se considera a obtenção de água potável da concessionária. Na primeira fase do processo, a água é apenas filtrada num tipo de fossa séptica e então armazenada, para uso no vaso sanitário e em outros trabalhos que não exigem potabilidade, como lavagem do quintal ou do carro. Na segunda fase, o tanto que ainda resta armazenado vai para outro reservatório, o de plantas aquáticas, que elimina o excesso de nitrogênio. Completando o ciclo, a água é novamente filtrada e então tratada, tornando-se potável. Nas etapas finais do tratamento, utiliza-se um filtro de macro partículas, um filtro de carvão ativado e um sistema de esterilização ultravioleta, com um controlador de vazão. Os metais sanitários utilizados têm a característica de serem economizadores de água, pois contém sensores de acionamento por presença e válvulas de controle de vazão de água instaladas nos chuveiros e pias.

As águas do esgoto primário são tratadas através de um sistema que prevê todas as etapas listadas nas normas NBR 7229 e NBR 13969. São elas: 1) Tanque séptico; 2) Reator anaeróbico; 3) Reator aeróbico; 4) Tanque de decantação; 5) Reativação do lodo; 6) Esterilização; 7) Filtragem.

As águas do esgoto secundário são tratadas através de processos de retenção dos sólidos e diversas filtragens. O equipamento é capaz de tratar 1000 litros de águas servidas por dia.

Instalação externa para residência de 90m²:

Este sistema reduz o consumo de água da rede pública com a lavagem de pisos externos, carros e irrigação dos jardins, sem ocasionar grandes interferências com a construção já existente. Prevê a captação da água vinda do telhado diretamente na tubulação de descida, onde é instalado um filtro, pelo qual a água passa antes de chegar à cisterna. Da cisterna, a água é alimentada através de uma bomba pressurizadora para uma torneira externa. Normalmente, não há necessidade de quebra de paredes ou mudanças na

tubulação existente para implantar os equipamentos. Em teste realizado, ocorreu uma economia de aproximadamente 81% da água potável utilizada para lavagem de pisos externos, irrigação de jardim, carro e canil, substituída por água de chuva.

Os equipamentos utilizados foram um filtro de descida, 2 caixas d'água de 2000 litros cada, uma bomba pressurizadora com fluxostato, tubos, calhas e acessórios.

Residência com sistema completo:

É composto por um sistema mais completo, capaz de abastecer não somente pontos de água externos, mas também vasos sanitários e máquinas de lavar roupas. O sistema proposto inclui a captação da água precipitada no telhado, filtragem e armazenamento em cisterna subterrânea com capacidade de 10.000 litros, e bombeamento da água para um reservatório superior de 3.000 litros, de onde é alimentada para os diversos pontos de consumo, por gravidade. O sistema é interligado com a rede pública para garantir o abastecimento nos períodos de seca. Para uma população fixa de 4 pessoas - podendo chegar a 10, nos finais de semana - o consumo nos pontos previstos deverá chegar a 403,20 m³ anuais. Com o sistema proposto, a economia de água da rede pública poderá chegar a 50% do consumo total previsto.

Os equipamentos utilizados foram um filtro Vortex, um reservatório pré-fabricado em fibra de vidro com 10.000 litros, uma caixa d'água de 3.000 litros em polietileno, uma bomba submersível, tubos, calhas e acessórios.

Nos exemplos citados acima observa-se que o uso de equipamentos de bombeamento, que consomem energia, é indispensável. Portanto os impactos do aumento do consumo de energia devem ser considerados para uma avaliação precisa do cenário.

2.3. ECONOMIA E CUSTOS

2.3.1. TARIFAS DE ÁGUA E DE ESGOTO SANITÁRIO

Para viabilizar o abastecimento de água e a coleta dos esgotos das economias, as concessionárias dos serviços de saneamento utilizam algumas peças e equipamentos que serão explicados a seguir:

RAMAL INTERNO - Canalização compreendida entre a instalação predial de esgoto e a caixa de calçada.

RAMAL PREDIAL – Canalização compreendida entre a caixa de calçada e o coletor público.

HIDRÔMETRO - Aparelho destinado a medir e registrar, cumulativamente, o volume de água fornecido.

COLAR DE TOMADA OU PEÇA DE DERIVAÇÃO – Dispositivo aplicado a canalização distribuidora de água para derivação do ramal predial.

RAMAL PREDIAL - Canalização compreendida entre o colar de tomada ou peça de derivação até a última conexão do quadro do hidrômetro.

Os ramais prediais de água e ramais prediais de esgoto fazem parte integrante dos sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário.

A autarquia responsável pelo abastecimento de água e coleta e tratamento de esgoto sanitário em Porto Alegre é o Departamento Municipal de Água e Esgoto de Porto Alegre- DMAE. O DMAE utiliza os seguintes critérios para a aplicação das tarifas de água e esgoto:

A Tarifa Social é destinada a usuários que consomem até 10m³ (= 10.000 litros) de água por mês, residentes em prédios de até 40m². Têm direito à Tarifa Social: as economias prediais uni familiares, destinadas exclusivamente à moradia, quando sua área construída for igual ou inferior a 40 m² (quarenta metros quadrados); as habitações coletivas, construídas através da Companhia de Habitação do Estado do Rio Grande do Sul (Cohab) e do Departamento Municipal de Habitação (Demhab) e as instituições culturais, caritativas, assistenciais ou de educação extra-escolar que sejam consideradas de Utilidade Pública pela prefeitura de Porto Alegre.

Benefício social de esgoto: os valores de esgoto (pluvial) não incidem sobre residências uni familiares com área construída de até 55 m² (cinquenta e cinco metros quadrados).

As tarifas são classificadas pelo tipo de consumo em:

Consumo residencial, quando a água é utilizada para fins domésticos, em prédios de uso exclusivamente residencial (inclusive estabelecimentos públicos hospitalares e de ensino; templos; e prédios ocupados por associações desportivas, sociais e recreativas, sem fins lucrativos);

Consumo comercial, quando a água é utilizada em estabelecimentos comerciais, industriais ou de serviços e, em geral, em prédios onde seja exercida qualquer atividade de fim lucrativo;

Consumo industrial, quando a água é utilizada em estabelecimentos industriais e de serviços, como elemento essencial à natureza da atividade;

Órgãos públicos, quando a água é utilizada pela Administração Centralizada, Autárquica, empresas públicas, sociedades de economia mista e fundações do Município, do Estado e da União, em prédios de uso exclusivo das citadas entidades.

Os preços do m³ da água e da Tarifa Social são, desde abril de 2008:

Água - Categoria de usuário	R\$/m ³ (*)
• Residencial	R\$ 1,87
• Comércio/Indústria	R\$ 2,12
• Órgãos Públicos	R\$ 3,74

A tarifa de esgoto sanitário é igual a da água, contudo incide sobre 80% do valor consumido da água.

A TARIFA SOCIAL: para usuários que consomem até 10m³/mês em prédios de até 40m² é de:

• Fornecimento de Água	R\$ 7,48
• Remoção de Esgotos	R\$ 5,98
• Água + Esgotos	R\$ 13,46

A tarifa residencial do DMAE é baixa e a tarifa social é menor ainda. Não existe um mecanismo para desestimular o consumo residencial excessivo através de tarifa, existe, porém, uma curva exponencial aplicada à indústria.

A Companhia Riograndense de Saneamento - CORSAN, sociedade de economia mista, criada pela Lei n° 5167, de 21 de dezembro de 1965, com sede em Porto Alegre - Rio Grande do Sul, tem por finalidade implantar, ampliar, manter, conservar e explorar os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, através de concessão municipal.

As tarifas da CORSAN são estabelecidas segundo as categorias das economias abastecidas, a saber:

As economias enquadradas na categoria residencial "RS", com área construída inferior a 60 m² e até seis pontos de tomada de água, ocupada por família de baixa renda,

nos parâmetros da ordem de serviço 004/2003 - DFRI, são consideradas categorias sociais e têm tarifas 60% inferiores às demais economias residenciais ("RB"), nos primeiros 10 m³ de consumo.

SERVIÇOS BÁSICO - SB - valor equivalente aos custos fixos.

VALOR DO CONSUMO - valor equivalente aos custos variáveis, cobrado pelo consumo de água registrado pelo hidrômetro, ou pelo consumo presumido, quando não existir medidor - corresponde aos custos de produção da água potável.

As categorias comerciais, também apresentam diferenciação em suas tarifas, havendo redução de valor para as economias de categoria "C1", que apresentam área construída inferior a 100 m² e destinadas a pequenos comércios e profissionais liberais.

As tarifas da CORSAN são cobradas mediante faturas de serviços mensais correspondentes ao consumo de água e/ou esgotamento sanitário do período e compreendem:

- valor do serviço básico - SB;
- valor do consumo medido de água ou valor do consumo estimado para a categoria de uso;
- valor relativo ao serviço de esgotamento sanitário;
- valores de serviço diversos, sanções, parcelamentos e receitas recuperadas.

O titular ou usuário deverá remunerar os serviços prestados pela CORSAN, nas seguintes condições:

- quando a ligação de água for hidrometrada, pela soma das parcelas relativas ao valor do Serviço Básico - SB, e o valor do consumo medido, de água, sendo aplicado o exponencial definido para cada faixa de consumo (conforme tabela);
- quando a ligação de água não for hidrometrada, pela soma das parcelas relativas ao valor do Serviço Básico - SB, e do valor do consumo de água estimado para a categoria de uso.

Fonte: <http://www.corsan.com.br/informacoes/tarifas.htm>, acesso em 20/janeiro/09.

Tabela 2.18 - Valores da tarifa da CORSAN – RS em 2008.

Tarifa	Categoria	Preço Base (R\$/m³)	Serviço básico (R\$)	Tarifa composta mínima (R\$)	Consumo estimado (m³)
Social	BP - Bica Pública	1,42	5,63	19,83	
	Res A e A1 até 10m³	1,2	5,63	17,63	10
	m³ excedente	2,97			
Básica	Residencial B até 20m³	2,97	14,05	43,75	10
Empresarial	Comercial C1 até 20m³	2,97	14,05	43,75	10
	m³ excedente	3,38			
	Comercial - Grande Comércio	3,38	25,04	92,64	20
	PUB -Pública	3,38	50,04	117,64	20
	IND - Indústria até 1000m³	3,38	50,04	177,29	30
	acima de 1000m³	tabela especial			

<http://www.corsan.com.br/informacoes/tabelas.htm>

Observações:

- O Preço Base do m³ é variável aplicando-se a Tabela de Exponenciais disponível em http://www.corsan.com.br/informacoes/tab_exponencial.htm.
- Fórmula $PB \times C^n$ (esse n é exponencial de c) acrescido dos custos do Serviço Básico.
- Nas categorias Res A e A1 cujo consumo exceder a 10 m³, o Preço Base do excedente será calculado de acordo com o Preço Base da categoria Res. B.
- Na categoria C1 cujo consumo exceder a 20 m³, o Preço Base do excedente será calculado de acordo com o Preço Base da categoria Comercial.
- O Esgoto será cobrado à razão de 70% para ESGOTO TRATADO e 50% para ESGOTO COLETADO do valor do m³ de consumo ou do volume mínimo da categoria de uso.

Tarifa aplicada pelo CEDAE – Rio de Janeiro:

A tarifa de água em vigor no ano de 2008 no Rio de Janeiro, cujo valor é de R\$ 1,74/m³ de água. Para o serviço de esgotamento sanitário, utiliza-se o mesmo critério, ou seja, o valor igual a 100% da tarifa de água. A tarifa residencial da CEDAE para o consumo de até 15m³ é baixa, mas ela usa um fator de multiplicação mostrado na Tabela 2.19, aplicado quando o consumo aumenta, o que serve para inibir um consumo residencial alto e

também serve de incentivo para aplicar medidas de racionalização do consumo da água. Para o consumo de até 20m³ o valor para o consumidor comercial é de R\$ 5,91/m³ e para o industrial é de R\$ 9,04/m³. A tarifa social para o consumo de até 6m³ é de R\$ 15,48, para o serviço de água e esgoto.

Tabela 2.19 - Cobrança progressiva CEDAE – RJ.

Faixa Residencial	R\$ 1,74/m ³
Faixas de consumo	Fator de multiplicação
1ª. faixa: 0-15 m ³	1,00
2ª. faixa: 16-30 m ³	2,20
3ª. faixa: 31-45 m ³	3,00
4ª. faixa: 46-60 m ³	6,00
5ª. faixa: maior que 60 m ³	8,00

Fonte: CEDAE, 2006 apud HAFNER, 2007.

Em São Paulo a tarifa de água é alta, conforme a Tabela 2.20, que a compara com o custo da água no Japão, o que induz a adoção de medidas de racionalização e também de conservação e reuso da água. A água de reuso é ofertada pela SABESP com um valor inferior ao seu custo para estimular o seu consumo.

Tabela 2.20 - Preço do metro cúbico de água potável e de água de reuso.

Localidade	Água tratada (potável)		Água de reuso	
	Custo (US\$)	Tarifa (US\$)	Custo (US\$)	Tarifa (US\$)
Japão	1,88	3,73	2,01	2,99
São Paulo	0,36	5,17 (R\$ 10,00)	1,47	0,52

Fonte: PADULA FILHO, 2003 apud HAFNER, 2007.

Na Austrália, a Sydney Water, responsável pelo abastecimento de água e tratamento dos esgotos da região de Sydney adota as seguintes tarifas para os seus serviços e para o uso das águas, a Tabela 2.21 mostra o preço das águas ofertadas, a filtrada, a não filtrada e a reciclada, que é a proveniente do reuso e é usada principalmente na agricultura e na mineração. A Tabela 2.22 mostra os preços dos serviços, que são fixos. As tarifas são cobradas trimestralmente, mas para comparar com as tarifas praticadas no Brasil os preços foram adaptados para os valores mensais.

*As residências não pagam por volume de esgoto produzido, a não ser que esse volume ultrapasse 125m³ por trimestre.

A taxa de câmbio do dólar australiano para o real estava em R\$ 1,5342 para AusD\$ 1,00 em 24 de fevereiro de 2009. Fonte: www.gcitrading.com/currency.htm?gclid=CLaeyYHT9ZgCFQa-sgodyGib0g. Acesso em 24 de fevereiro de 2009.

Tabela 2.21 - Preço do metro cúbico de água potável e de água de reuso em Sydney.

Água filtrada (usual)	Volume (m ³)	AusD \$/m ³	Real R\$/m ³
Tipo 1	até 1,096m ³ /d	1,61	2,47
Tipo 2	acima de 1,096m ³ /d ou 100m ³ /trimestre	1,83	2,81
Água não filtrada		1,31	2,01
Água reciclada	(Hoxton Park Growth Area)	1,29	1,98
Água reciclada	(Homebush Bay)	1,46	2,24
Esgoto sanitário*	acima de 1,37m ³ /d ou 125m ³ /trimestre	1,37	2,10

Tabela 2.22 - Preço dos serviços de água e esgoto em Sydney.

Sydney Water	Água (R\$/mês)		Esgoto Sanitário (R\$/mês)	
	Jul-Set	Out-Jun	Jul-Set	Out-Jun
Taxas de serviço				
Residencial (hidrômetro de 20mm)	9,69	9,68	61,42	61,40
Lote sem conexão	isento	isento	isento	isento
Residencial sem medição	50,85	50,84		
Não residencial sem medição	34,39	34,38	61,42	52,20
Não residencial por diâmetro do medidor	15,12 a 8.710,42		61,42 a 55.266,87	

Fazendo-se uma comparação entre as tarifas pagas por uma residência que consome 15m³ por mês de água, e considerando-se que a concessionária dos serviços ofereça o tratamento dos esgotos, o preço mensal total pago pelo consumidor para a concessionária, entre a tarifa e os serviços, seria de R\$ 50,49 em Porto Alegre - DMAE, R\$ 52,18 no Rio de Janeiro -CEDAE, R\$ 89,79 em Canoas-RS, cidade atendida pela CORSAN, e R\$ 113,20 em Sydney – Water Sydney, Austrália. Considerando o grave problema de escassez de água na Austrália e comparando a renda per capita anual de 2008 do australiano, de US\$ 33.340,00 e a do brasileiro, de US\$ 9.370,00, verifica-se que essa relação entre a renda dos brasileiros, cerca de 3 vezes menor que a renda dos australianos,

não segue a mesma proporção quando o assunto é o preço das tarifas de água pagas pelos brasileiros, que seguindo esta relação, deveriam custar menos de R\$ 40,00.

2.3.2. CUSTOS DOS EQUIPAMENTOS PARA CAPTAÇÃO E TRATAMENTO DE ÁGUAS DE CHUVA E ÁGUA CINZA

Os equipamentos básicos usados na Figura 2.6 para coletar a água da chuva do telhado custam, segundo o orçamento apresentado nos anexos, R\$ 2.740,00. O preço dos reservatórios de fibra de vidro varia com o volume. Um reservatório com volume de 1000L custa cerca de R\$ 150,00. Já as cisternas são mais caras, sendo que o modelo para 4m³ apresentado na Figura 2.8 custa R\$ 3.200,00. Em uma residência com 4 pessoas equivaleria a um custo de implantação de R\$ 835,00 por pessoa.



Figura 2.8 – Cisterna para armazenamento de água da chuva, 4m³.

Para edificações condominiais verticais é apresentado a seguir o cálculo comparativo segundo os dados de TOMAZ *apud* GARCIA, 2008. Foram analisadas duas situações, a situação A, onde a água da chuva não necessita de bombeamento para um reservatório elevado porque seu uso será no nível térreo e a situação B, onde a água será elevada para uso nos apartamentos. O referido cálculo exemplifica um prédio com 25 pessoas e área de telhado de 170m².

Situação A: Irrigação de jardins e lavagem de calçadas, demanda de 5340L/mês.

Reservatório de 2000 L, tubulação de queda específica, filtro mecânico, bomba para irrigação e mão de obra para instalação. Custo: R\$ 4.000,00.

Situação B: Irrigação de jardins, lavagem de calçadas, vidros e roupas, demanda de 56.240 L/mês.

Reservatório 10.000litros – 2 unidades, reservatório 250 litros, tubulação de queda (tubos, conexões, calhas, etc), tubulação de recalque, tubulação de distribuição p/pontos, filtro mecânico, filtro de areia, grupo de bombas de recalque, chaves, bóias e contactoras , dosador de cloro, aumento de área construída, compra de Índice Construtivo. Custo estimado: R\$ 25.000,00.

Água da Chuva, sistema completo: Investimento de R\$25.000,00, economia de R\$ 100,00/mês, retorno em 20 anos.

Custo de ETEs Compactas para Tratamento de efluentes domésticos

Os custos de uma ETE compacta por habitante, mostrados na tabela 2.15. diminuem à medida que aumenta o volume de esgoto, ou o número de pessoas atendidas, ou seja, para escalas menores o custo do tratamento da água é caro e só começa a ter viabilidade, estabilizando em média a R\$ 140,00 por habitante, quando implantado em condomínios com mais de 1000 pessoas. Estes equipamentos necessitam de uma rotina periódica de retro lavagem do filtro e remoção do lodo nos tanques. As figuras 2.10 e 2.11 ilustram as ETEs para 1000 e 2000 habitantes respectivamente.



Figura 2.9 - Sistema de tratamento de água cinza – ETE 1.

Tabela 2.23 - Custos do sistema de tratamento de esgotos sanitários por unidade e por habitante.

ETE	ETE compacta para reuso	Habitantes	Dimensões (m/m)	Custo Unitário (R\$)	Custo Tot (R\$)	Custo/hab (R\$/hab)	Operação/manutenção (R\$/mês)	Custo op/hab (R\$/hab.mês)
1	PRFV	10	2,4 x 1,2	15.000,00				
					15.000,00	1.500,00	NF	NF
2	PRFV	20	2,4 x 2,4	15.000,00				
					15.000,00	750	NF	NF
3	PRFV	100	2,5 x 10,7	81.500,00				
	Desinfecção			4.500,00	86.000,00	860	1.800,00	18
4	PRFV	500	2,5 x 4	100.300,00				
	Desinfecção			24.200,00	124.500,00	249	1.800,00	3,6
5	PRFV	1000	2,5 x 6	122.640,00				
	Desinfecção			28.400,00	151.040,00	151,04	1.800,00	1,8
6	PRFV	1600	2,5 x 6	166.250,00				
	Desinfecção			32.700,00	198.950,00	124,34	1.800,00	1,13
7	Aço	2000	2 x 8	195.560,00				
	Desinfecção			36.900,00	232.460,00	116,23	2.500,00	1,25
8	Aço	2500	2 x 10	310.640,00				
	Desinfecção			40.300,00	350.940,00	140,38	2.500,00	1
9	Aço	3000	2 x 11	368.200,00				
	Desinfecção			43.700,00	411.900,00	137,3	2.500,00	0,83
10	Aço	3333	2 x 12	425.480,00				
	Desinfecção			43.700,00	469.180,00	140,77	2.500,00	0,75

As ETEs compactas tratam os efluentes domésticos em nível terciário, ou seja, com desinfecção. Os valores das ETEs mostrados na Tabela 2.23 são para fins de reuso, e atendem a resolução CONAMA 357, um exemplo é o da Figura 2.9 que é a ETE 1 da Tabela 2.23. O preço de uma unidade de ozonização para o caso de 10 a 20 pessoas é de cerca de R\$ 10.000,00 e o custo de operação e manutenção aumenta muito neste caso.



Figura 2.10 - ETE compacta – ETE 4.



Figura 2.11 - ETE compacta – ETE 7.

2.3.3. FINANÇAS E ANÁLISE DE INVESTIMENTOS

Para verificar a viabilidade econômica da aplicação das medidas de conservação e reuso de água foram usados alguns métodos de análise de investimentos normalmente usados no mercado e que são explicados a seguir.

O *Pay Back* simples calcula o número de períodos que a empresa leva para recuperar o seu investimento. O seu cálculo é fácil e rápido, embora não considere os Fluxos de Caixa após o período de *Payback* e o valor do dinheiro no tempo. O seu critério de aceitação está ligado ao número máximo de períodos definido no próprio projeto de Investimento. “Quanto menor, melhor”.

Tabela 2.24 – Fluxo de caixa do investimento.

Ano	Fluxo de Caixa
0	- 15.000,00
1	7.000,00
2	6.000,00
3	3.000,00
4	2.000,00
5	1.000,00

Assumindo que o projeto considerado para aprovação tem o fluxo de caixa mostrado na Tabela 2.24, no ano zero gasta-se \$15.000 no projeto. Daí, por 5 anos obtém-se o dinheiro de volta como mostrado abaixo:

O *payback* ocorre quando se obtém exatamente o dinheiro de volta, ou seja, quando o projeto equilibrou. Isto se faz dividindo o Saldo Negativo do Total em Giro pelo Fluxo de Caixa do Ano do Equilíbrio, conforme a Tabela 2.25.

Tabela 2.25 – Fluxo de caixa e giro do capital.

Ano	Fluxo de Caixa	Total em giro	
0	- 15.000,00	- 15.000,00	
1	7.000,00	- 8.000,00	(assim após o primeiro ano, o projeto ainda não equilibrou)
2	6.000,00	- 2.000,00	(assim após o segundo ano, o projeto ainda não equilibrou)
3	3.000,00	1.000,00	(assim o projeto equilibra em algum momento no terceiro ano)

Então o cálculo a ser feito é $-2.000,00/3.000,00= 0.666$. Assim o tempo total requerido para *payback* o dinheiro emprestado é de 2,66 anos.

O *Payback* Descontado - é quase o mesmo que o *payback*, mas antes de calculá-lo, se desconta o seu fluxo de caixa, ou seja, os pagamentos futuros são reduzidos pelo seu custo de capital, Tabela 2.26. Isso ocorre porque é dinheiro que se vai ganhar no futuro e terá menos valor que o dinheiro hoje. Para este exemplo, digamos que o custo de capital seja 10%.

Tabela 2.26 – Fluxo de caixa descontado e giro do capital.

Ano	Fluxo de Caixa	Fluxo de Caixa Descontado	Total Girando
0	- 15.000,00	- 15.000,00	-15.000,00
1	7.000,00	6.363,00	- 8.637,00
2	6.000,00	4.959,00	- 3.678,00
3	3.000,00	2.254,00	- 1.424,00
4	2.000,00	1.366,00	- 58,00
5	1.000,00	621,00	563,00

O equilíbrio se calcula fazendo 58 dividido por 621 que é igual a 0.093. Então usando o Método do *Payback* Descontado o equilíbrio ocorre após 4,093 anos.

O Valor Presente Líquido (VPL) - O VPL é o total final. No exemplo acima o VPL é 563. Basicamente o VPL e o *Payback* Descontado são a mesma idéia, com respostas ligeiramente diferentes. O *Payback* Descontado é um período de tempo, e o VPL é a quantia final de dinheiro obtido adicionando todos os fluxos de caixa descontados. Se o VPL é positivo, então se aprova o projeto. Ele mostra que se está fazendo mais dinheiro no investimento do que gastando no seu custo de capital. Se o VPL é negativo, então não se aprova o projeto porque se está pagando mais com juros sobre o dinheiro emprestado do que se está obtendo com o projeto.

Índice de Utilidade

No exemplo, o PI = 1,0375. Para cada dólar emprestado e investido obtemos de volta \$1,0375, ou um dólar e 3 e um terço de cents. Este lucro está acima e além do custo de capital.

Taxa Interna de Retorno - A TIR é o lucro que se obtém ao investir num certo projeto. É uma porcentagem. Uma TIR de 10% significa que se obteve 10% de lucro por ano sobre o dinheiro investido no projeto.

O Custo de Oportunidade seria a melhor remuneração que seria obtida em um uso alternativo.

Valor do dinheiro no tempo: Para que os valores monetários se tornem equivalentes em diferentes datas (períodos de tempo), é necessário adotar-se uma taxa de desconto (i) que pode ser entendida como um custo de oportunidade.

2.4. DINÂMICA DE SISTEMAS (DS)

2.4.1. CONCEITO

O conceito central desta metodologia são as relações de causa e efeito (ciclos causais). Ela pressupõe que as decisões são derivadas das informações sobre os sistemas. As ações decorrentes das decisões têm por objetivo mudar o sistema. Quando obtemos novas informações sobre as condições do sistema podemos verificar se o sistema mudou ou não, ou seja, se as ações foram eficazes ou não. Essa nova informação gera outras decisões/ações que podem produzir mais mudanças no sistema. A DS chama de feedback loop essa seqüência circular de causas e efeitos, ou seja, de relações causais. Os modelos da DS são formados por várias relações causais inter-relacionadas, as quais acontecem quando a variável X afeta a variável Y, e Y por sua vez, afeta a variável X. O comportamento dinâmico do sistema só pode ser entendido quando olhamos para todo o sistema de relações causais. Parte-se da premissa que o comportamento dinâmico é uma consequência da estrutura do sistema. As relações causais formam as estruturas que geram os comportamentos dinâmicos de sistemas complexos. Esse é o pressuposto central da DS

A estrutura do sistema de uso da água em uma economia residencial estudado neste trabalho será modelada segundo os princípios da DS, ou seja, será elaborado um diagrama de relações causais, representando os ciclos fechados de relações de causa e efeito que expressam a maneira como as variáveis do sistema se relacionam.

Na metodologia da DS a premissa básica é que a estrutura do sistema causa o seu observável e previsível comportamento (Forrester, 1968, 1987). O primeiro passo em

qualquer projeto de DS é determinar a estrutura do sistema, que consiste de relações de polaridade positivas e negativas entre variáveis, relações de dependência, arquétipos de sistemas e atrasos (Sterman, 2000 e Wolstenholme, 2004 *apud* Winz e Brierly, 2007).

Este entendimento da estrutura do sistema requer um foco no sistema como um todo e o entendimento holístico do sistema é a condição necessária para o aprendizado efetivo e a gestão de sistemas complexos, bem como um consenso construtivo, pois a construção de um sistema deve ser feita pela percepção de vários colaboradores, de modo a refletir as suas múltiplas características. Além disto, simulação e modelagem de sistemas suportam análises políticas e avaliações (Morecroft, 1992).

A estrutura de um modelo consiste de duas partes: pressupostos sobre o ambiente físico e pressupostos sobre o processo de tomada de decisão dos agentes que operam nas estruturas físicas.

Um dos objetivos da DS é a construção de um modelo que possa simular o comportamento do sistema real endógenamente, por isso a maioria das variáveis é endógena. Quando o modelo não gera o comportamento de interesse endogenamente, é preciso aumentar as fronteiras do mesmo para que as causas do comportamento sejam incluídas.

A DS nos permite observar o comportamento de um sistema modelado e sua resposta às intervenções no tempo. Modelos de DS consistem em equações que descrevem alterações dinâmicas. Se as condições estáveis do sistema são conhecidas em um ponto no tempo, o estado do sistema no próximo ponto no tempo pode ser computado. A repetição do processo através do tempo nos leva a qualquer intervalo desejado. A simulação auxilia nossa capacidade de fazer predições de estados futuros. Além de o modelo descrever a realidade com certa precisão, o processo de modelagem e suas saídas pode ser usado para melhorar nosso entendimento do problema. Conforme a Figura 2.12, a DS pode ser representada da seguinte maneira:

Estoque = variável de estado (quantidade de “qualquer coisa” armazenada no sistema).

Fluxo = Entrada e saída = taxa de modificação = equação diferencial.

Dinâmica: movimento de “qualquer coisa”.

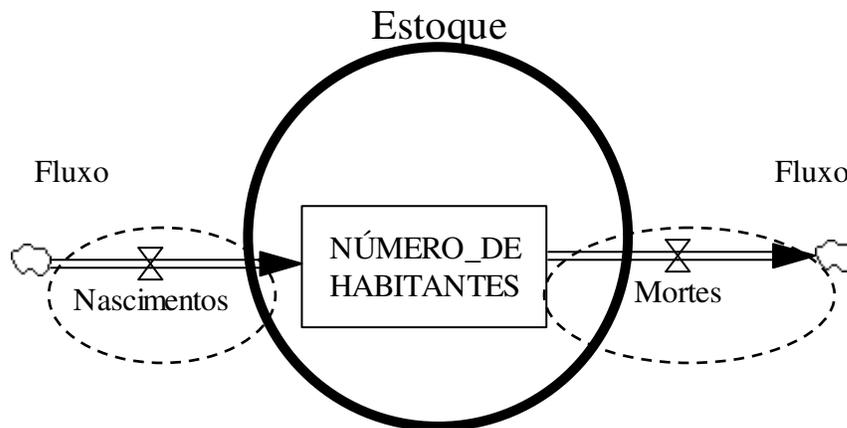


Figura 2.12 - Representação de um sistema dinâmico.

2.4.2. MODOS FUNDAMENTAIS DE COMPORTAMENTO DINÂMICO

Observamos uma variedade enorme de comportamentos dinâmicos, contudo as estruturas de seqüências circulares geradoras desses comportamentos são poucas. A DS indica três tipos fundamentais de relações de dependência e polaridade usadas para entendermos muitos dos comportamentos dinâmicos observados. O crescimento exponencial é gerado pela polaridade positiva, o *goal seeking* é gerado por polaridade negativa e a oscilação é gerada por polaridade negativa com atrasos na sua estrutura.

O crescimento exponencial é gerado por uma polaridade positiva, neste caso uma variável que aumenta a uma taxa percentual fixa. Portanto, quanto maior a quantidade, maior o crescimento. Isso faz com que a quantidade aumente, aumentando a taxa líquida de crescimento, e assim por diante. O crescimento nunca é perfeitamente exponencial, devido à perturbações na estrutura do ciclo. Mas é o crescimento dominante nessa estrutura. A DS acredita que nenhuma quantidade pode crescer para sempre. Isto é, em um determinado momento uma ou mais polaridades negativas dominarão o sistema, à medida que os limites de crescimento são alcançados.

A busca do objetivo - *Goal seeking* ocorre porque a polaridade negativa inclui um processo que compara o objetivo desejado com o atual e toma ações corretivas. Na maior parte dos casos, a taxa na qual o estado do sistema busca o objetivo diminui, à medida que diminui a discrepância. Isso ocorre porque grandes discrepâncias entre o estado desejado e

o atual geram grandes ações corretivas, enquanto discrepâncias menores geram respostas menores. Quando a discrepância cai, a taxa de ajuste também cai.

As oscilações, assim como os *goal seekings*, são causadas por polaridade negativa. O estado do sistema é comparado com suas metas e ações corretivas são tomadas para eliminar discrepâncias. Porém há atrasos envolvidos na inter-relação causal, conseqüentemente as ações corretivas demoram algum tempo para surtirem efeito. Quando os atrasos não são completamente entendidos ou são ignorados, a correção pode ser exagerada, isto é, as ações corretivas fazem com que o estado do sistema ultrapasse sua meta. Assim, forçamos o sistema a ajustar-se demasiadamente, gerando uma nova ação corretiva no sentido oposto. A repetição dessa dinâmica gera um comportamento no qual o estado do sistema oscila em torno do seu objetivo.

Oscilações são o comportamento mais comum dos sistemas dinâmicos. Toda a oscilação tem no seu âmago uma polaridade negativa com atrasos. Um sistema de aquecimento é um exemplo de sistema que oscila. Quando a temperatura está abaixo do desejado o termostato liga o aquecedor. Quando o termostato determina que a temperatura já chegou ao valor desejado ele desliga o aquecedor. Porém, o termostato não consegue medir instantaneamente a temperatura e, portanto, quando desliga o aquecedor a temperatura já está acima do desejado, o mesmo acontece quando a temperatura cai. Portanto, ao plotarmos a temperatura, veremos que ela oscila no tempo. As oscilações em sistemas complexos com muitas interações não são regulares. Eles são continuamente bombardeados por perturbações que tornam seu movimento um pouco irregular, uma combinação, (geralmente não linear) da sua dinâmica endógena e de fatores exógenos.

A DS usa esses três modos fundamentais de comportamentos para identificar as estruturas causais que estão por trás dos comportamentos observados na realidade. Esse entendimento de que estruturas geram os comportamentos é muito útil na busca inicial da estrutura causal do problema. É essencial considerar que existem outras relações no sistema analisado que ainda não tiveram um papel significativo no comportamento do mesmo.

2.4.3. SIMULAÇÃO DE SISTEMAS COMPLEXOS PELA DS

As práticas usuais de decisão em infra-estrutura urbana são baseadas no conceito da ação e retorno (*feedback loop*), em parte porque a complexidade das interações entre

infra-estrutura, sociedade e ambiente são pouco compreendidas (Rauch, 1998 apud Olson, 2003). As decisões para a construção de mais infra-estrutura são justificadas pela relação custo benefício. Os benefícios são medidos em termos de utilidades para atividades humanas e comerciais e os custos envolvendo possíveis danos ambientais são calculados. A suposição destas práticas de decisão é de que tanto os benefícios quanto os custos são calculados separadamente e que as interações entre ambos são ignoradas (Rauch, 1998 apud Winz & Brierley, 2007). Isto pode não ocorrer nos sistemas de escala maiores. Alguns autores usam a DS para modelar a sustentabilidade de sistemas complexos baseados no entendimento da dinâmica comportamental dos sistemas. Radzicki and Trees (1995) combinaram a modelagem da DS com os princípios do desenvolvimento sustentável. Choucri and Berry (1995) desenvolveram um modelo genérico de sustentabilidade e diversidade do desenvolvimento. Parayno (1996) enfatizou a importância da abordagem de sistemas para considerar devidamente fatores dinâmicos como o crescimento populacional, a produtividade marginal da terra, e a distribuição de lucros entre setores agropecuários e a economia rural.

A DS não foi designada para gerar soluções ótimas embora algumas tentativas para identificar soluções ótimas tenham sido vistas (Coyle, 1996). Simulações são capazes de descrever as conseqüências de decisões ou de políticas de decisões, baseadas em quais decisões ou políticas possam ser feitas. De certo modo, a simulação é similar ao processo iterativo de planejamento: decisão, retorno, e revisão (Bauer e Wegener, 1977 apud Olson, 2003).

Um projeto de DS consiste das seguintes fases: definição do problema, conceitualização do sistema, formulação do modelo, avaliação e testes, análise política e implementação. (Sternan, 2000 *et al apud Winz & Brierley, 2007*). Estas fases são buscadas de modo iterativo (Homer, 2000 *apud Winz & Brierley, 2007*). Os objetivos gerais listados para o desenvolvimento de um modelo DS aumentam o entendimento do sistema, o desenvolvimento de uma ferramenta para analisar e avaliar estratégias e políticas, e o teste de teorias. (Barlais e Carpenter, 1990; Sternan, 2000 *apud Winz e Brierley, 2007*).

Para desenvolver um ciclo completo de modelagem e simulação, conforme a metodologia proposta, os seguintes passos devem ser seguidos:

1) Identificar o comportamento problemático: qual é o problema e por que é um problema? 2) Identificar variáveis críticas em um sistema e os relacionamentos entre elas; 3) Identificar e definir atrasos no sistema; 4) Identificar e definir estoques e fluxos; 5) Construir diagramas de causalidade e loops de feedback; 6) Analisar e implementar regras de decisão; 7) Construir modelos representativos do comportamento problemático do sistema atual; 8) Construir modelos representativos do comportamento a ser esperado do sistema proposto; 9) Testar modelos usando software de simulação em DS.

No estudo proposto as avaliações consideradas foram:

1) Identificar o problema: como avaliar se o uso de água da chuva ou o reuso de água cinza produzem impactos no balanço hídrico residencial e nos sistemas públicos. 2) As variáveis críticas são a precipitação, o volume do reservatório de acumulação da água da chuva e o consumo de água. 3) Existe um atraso entre a chuva seu tratamento para o uso efetivo. 4) A identificação inicial dos estoques e fluxos se baseou num modelo não testado idealizado na Universidade de Sorocaba. 5) O modelo de casualidade foi feito em um diagrama de fluxo e estoque.

Para o caso em estudo foi feita apenas a modelagem quantitativa do sistema de uso de água de fontes alternativas, conforme será explicado a seguir. A conceitualização do modelo e definição do sistema foi feita com base na pesquisa de um modelo existente e na experiência profissional das pessoas envolvidas no estudo, bem como a identificação das variáveis relevantes e suas inter-relações. A implementação em computador foi feita através de diagramas de estrutura. A validação da estrutura e do comportamento do modelo através do cálculo, no excel, dos valores totais das água consumidas e descartadas no lote. Por exemplo, a soma da água consumida da concessionária mais a água consumida da chuva devem ser iguais ao volume total consumido no lote. O volume da água da chuva descartado mais o volume consumido devem ser iguais ao volume total de chuva disponível. A análise dos cenários e proposta de soluções foi feita através da visualização de gráficos e montagem de tabelas.

2.4.4. MODELOS DE DS PARA BALANÇOS HÍDRICOS

Devido à natureza complexa dos problemas em gestão de águas, o uso de modelos de DS tem uma longa tradição, segundo Rogers e Fiering, 1986 *apud* Winz e Brierly, 2007.

Modelos são a representação de uma realidade complexa – uma teoria de como o mundo opera com algum nível de agregação. Modelos são usados para testar teorias, explorar suas implicações e contradições. Modelos matemáticos são as ações deliberadas para representar o problema de um modo científico. Sua utilidade reside no fato de que eles nos permitem testar o comportamento do mundo real em um ambiente artificial, sendo então fácil e barato executar repetições. Com o poder crescente dos computadores nos tornamos capazes de lidar com situações cada vez mais complexas e com maior quantidade de dados (Winz e Brierley, 2007).

A modelagem de DS consiste de métodos qualitativos/conceituais e quantitativos/numéricos. (Dolado, 1992, *apud* Winz e Brierly, 2007). A modelagem qualitativa, ou seja, usando diagramas de ciclos causais ou hexágonos melhora a nossa compreensão conceitual do sistema. A modelagem quantitativa, usada neste trabalho, através de modelos de fluxo e estoques nos permite investigar e visualizar os efeitos de diferentes estratégias de intervenção através da simulação. A modelagem quantitativa também requer apontamentos explícitos sobre premissas assumidas no modelo, a identificação das incertezas em relação à estrutura do sistema e a identificação dos lapsos na disponibilidade de dados. Isto promove transparência ao modelo.

Modelagem e simulação estão então aptas a investigar processos dinamicamente complexos que têm efeitos importantes de curtos e longos prazos. Algumas vantagens da metodologia da DS podem ser categorizadas em três amplas direções (flexibilidade, facilidade de acréscimo e adaptabilidade, aprendizado e teste durante o processo). Um modelo é útil quando ele serve aos objetivos para os quais foi desenvolvido: ele identifica o problema certo, na escala e no escopo apropriados e representa a resposta do sistema corretamente. A desvantagem é que ela depende do conhecimento que as pessoas têm da estrutura do sistema a ser conceitualizado e da capacidade destas pessoas em identificar as variáveis relevantes e as suas inter-relações.

A DS exige que cada elemento e cada relação do modelo tenha uma contrapartida na realidade. Por ter o objetivo de criar modelos realísticos a modelagem de DS possui muitas relações não-lineares. Uma relação não-linear faz com que a relação causal varie sua força de atuação no sistema com o tempo. Com isso uma parte do sistema será dominante em certas condições e outra parte do sistema dominará sob outras condições. Cada vez que

a predominância do sistema passar de uma relação causal para outra o sistema mudará de comportamento. Por isso um modelo composto de várias relações causais não-lineares pode produzir uma enorme variedade de comportamentos complexos.

O desafio é encontrar as medidas de qualidade mais apropriadas ao modelo. A inutilidade do modelo ou sua utilidade são conceitos subjetivos que não nos conduzem por si só a uma definição de medidas objetivas. Além do mais quanto maior o grau de incerteza e complexidade do problema, mais superficiais as medidas objetivas de qualidade se tornam. Como resultado, a validação do modelo torna-se um processo social onde a estrutura do modelo e suas conseqüências são negociadas até ser julgado válido e útil por todas as partes envolvidas no processo (Barlas e Carpenter, 1990 *apud* Winz & Brierley, 2007). Este conceito de utilidade do modelo requer transparência no seu desenvolvimento. Os usuários e desenvolvedores do modelo adquirem confiança no sistema dinâmico através de testes. Três classes de testes são sugeridos: testes de estrutura, de comportamento e de implicações políticas.

O teste de estrutura determina o quanto a estrutura do modelo se adapta à estrutura da realidade. Como a descrição da estrutura do sistema é geralmente indisponível, ela é extraída de modelos mentais das pessoas familiarizadas com o sistema. A modelagem participativa aumenta o grau de sobreposições, ou seja, um consenso construído. Ou seja, quanto mais as pessoas familiarizadas com o sistema participarem de construção do seu modelo, mais próximo da realidade e consensual ele se torna.

O teste de comportamento determina o quanto a consistência das respostas do modelo compatibiliza-se com o comportamento do mundo real. Isto pode igualmente ser baseado em uma série dados seqüenciais ou pela correlação de modelos mentais com modos de referência estabelecidos (Stermann, 2000 *apud* Winz & Brierley, 2007). A utilidade do primeiro depende claramente da qualidade dos dados históricos disponíveis, enquanto que o segundo necessita de uma sobreposição coerente e representativa em modelos mentais.

Testes de implicação de políticas determinam se as respostas observadas no sistema respondem a alterações políticas replicando predições do modelo. Estes testes raramente são guiados, já que eles acontecem depois das implementações, quando a equipe de desenvolvimento já se retirou. Isto sugere a necessidade de desenvolver um modelo

transparente em colaboração com o usuário final. Testes estatísticos não são condizentes com modelos de DS porque na DS o foco está no intervalo entre todos os componentes do modelo e de seu comportamento e não em apenas parte deles.

Existem 4 modelos de softwares desenvolvidos para usos em modelos de DS: o Dynamo, foi o primeiro, desenvolvido no MIT em Boston; o IThink/Stella, o PowerSim e o Vensim, cujo software será usado neste trabalho. Além destes existem softwares não desenvolvidos especificamente para a modelagem de DS, mas que a suportam, como o Any Logic (Russia), o Berkely Madona (EUA), o Exposé (EUA), o Simile (RU) e o MyStrategy (RU).

2.4.5. VENSIM

O software Vensim é uma ferramenta de modelagem visual que permite conceitualizar, documentar, simular, analisar e otimizar os modelos da DS. Foi desenvolvido na década de 80 para a consultoria de projetos. Constrói os modelos através de diagramas de ciclos causais ou diagramas de fluxo e estoque. Os diagramas representam os ciclos fechados de relações de causa e efeito (ciclos causais), que exprimem a maneira como as variáveis do sistema se relacionam. O software utiliza método de integração para a simulação para a alteração das variáveis de estado ao longo do tempo, o método padrão é o Euler e pode ser utilizado o método de Runge-Kutta de 4ª ordem. A equação básica é a seguinte:

$$\frac{dX}{dt} = \text{Entrada} - \text{Saída} \quad (2.1.)$$

$$X_{t+dt} - X_t = dt * (\text{Entrada} - \text{Saída}) \quad (2.2.)$$

$$X_{t+dt} = X_t + dt * (\text{Entrada} - \text{Saída}) \quad (2.3)$$



$$X(t+dt) = X(t) + (Entrada - Saída)$$

Figura 2.13 - Representação da equação básica de um diagrama de fluxo e estoque.

Através da conexão de palavras e setas, as relações entre as variáveis do sistema são inseridas e gravadas como conexões causais. O editor de equações usa essas informações para ajudar a completar a formação do modelo. Quando o modelo está apto a ser simulado ele permite explorar o comportamento do sistema real.

A equação central da DS é

$$X(t+dt) = X(t) + dt (RI(t-dt) - RO(t-dt)) \quad (2.4)$$

onde

dt = intervalo de integração

X = variável de nível

RI = taxa de entrada

RO = taxa de saída

2.4.5.1. Exemplo 1

No exemplo 1, figura 2.14, existe um fluxo_1 que é acumulado no Estoque_X num intervalo de tempo dt. O incremento no tempo é o valor da CONSTANTE_a.

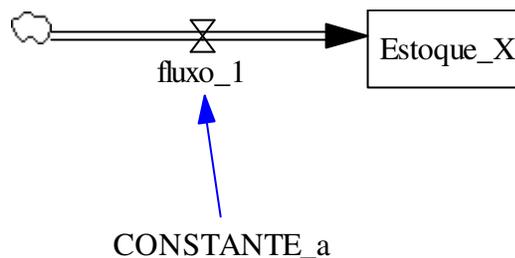


Figura 2.14 - Representação da equação de um diagrama com um fluxo e um estoque.

Neste caso a equação seria:

$$\text{Estoque_X}(t) = \text{Estoque_X}(t-dt) + (\text{fluxo_1}) * dt \quad (2.5)$$

INICIO Estoque_X=100

fluxo_1=CONSTANTE_a

CONSTANTE_a=10

O valor inicial do Estoque_X seria de 100 unidades e o fluxo é constante no tempo e vale 10 unidades.

Então o valor do Estoque_X aumenta ou diminui com o tempo já que existe um fluxo em sua direção cujo valor é determinado pela CONSTANTE_a. A solução gráfica do exemplo é mostrada na Figura 2.15, gerada pelo programa.

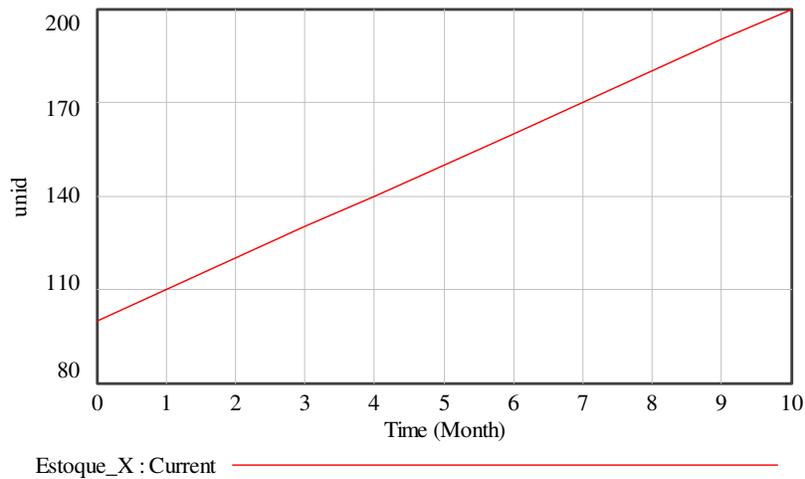


Figura 2.15 - Solução gráfica do exemplo 1.

A Equação Diferencial - ED 1 deste modelo é:

$$\text{Estoque_X}(t) = \text{Estoque_X}(t-dt) + (\text{fluxo_1}) * dt \quad (2.5)$$

$$\text{Estoque_X}(t) - \text{Estoque_X}(t-dt) = (\text{fluxo_1}) * dt \quad (2.6)$$

$$\text{fluxo_1} = \text{CONSTANTE_a}$$

$$Dt \rightarrow 0$$

$$dX/dt = a \text{ (uma equação diferencial - ED)} \quad (2.7)$$

Solução da ED:

$$X = at + X(0) \quad (2.8)$$

$$X = 10t + 100 \quad (2.9)$$

2.4.5.2. Exemplo 2

O exemplo 2, Figura 2.16, é similar ao exemplo 1, porém o fluxo é proporcional ao estoque. A solução gráfica gerada pelo Vensim está na Figura 2.17.

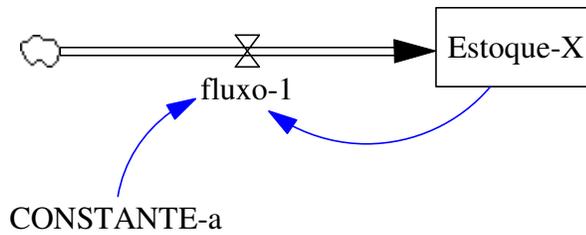


Figura 2.16 - Representação da equação de um diagrama com um fluxo proporcional ao estoque.

A Equação Diferencial 2 deste modelo é:

$$\text{Estoque_X}(t) = \text{Estoque_X}(t-dt) + (\text{fluxo_1}) * dt \quad (2.10)$$

$$(\text{Estoque_X}(t) - \text{Estoque_X}(t-dt)) / dt = (\text{fluxo_1}) * dt \quad (2.11)$$

$$\text{Fluxo_1} = \text{CONSTANTE_a} * \text{Estoque_X} \quad (2.12)$$

$$(X(t) - X(t-dt)) / dt = aX(t-dt) \quad (2.13)$$

$$dX/dt = aX \quad (\text{equação diferencial}) \quad (2.14)$$

Solução da ED:

$$dX/dt = aX(t) \quad (2.15)$$

$$dX/X(t) = a dt \quad (2.16)$$

Integração:

$$\text{Log}(X(t)) = at + C \quad (2.17)$$

$$X(t) = \exp(C) \exp(at) \quad (2.18)$$

$$X(t) = X(0) \exp(at) \quad (2.19)$$

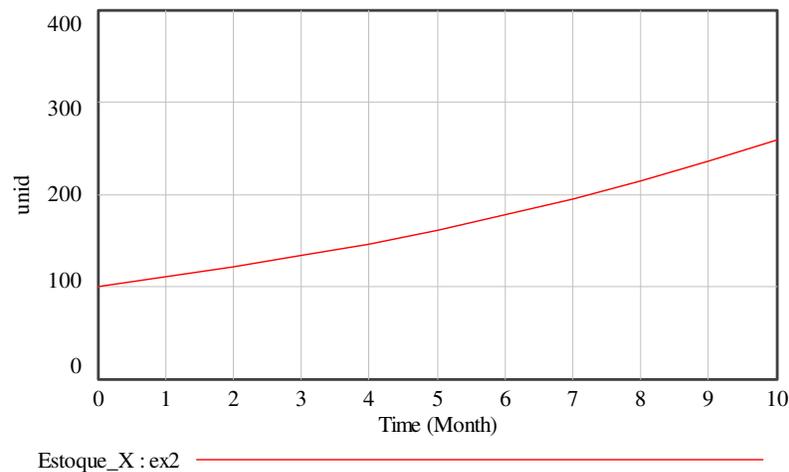


Figura 2.17 - Solução gráfica do exemplo 2.

2.4.5.3. Exemplo 3

Neste modelo tem-se dois fluxos, uma entrada, nascimentos e uma saída, mortes, e um estoque que é a população, conforme a Figura 2.18. O incremento do fluxo é proporcional à população.

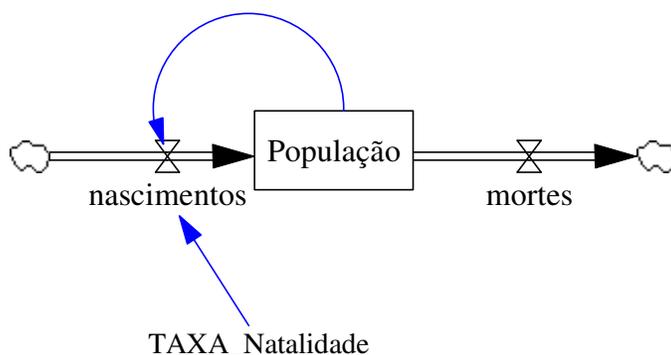


Figura 2.18 - Representação da equação de um diagrama com dois fluxos, uma entrada e uma saída.

A Equação 3 deste modelo é:

$$\text{Estoque}_X(t) = \text{Estoque}_X(t-dt) + (\text{fluxo}_1 - \text{fluxo}_2) * dt \quad (2.20)$$

Estoque Inicial = 1000

$$\text{Fluxo}_1 = \text{CONSTANTE}_a * \text{Estoque}_X(t-dt) \quad (2.21)$$

$$\text{Fluxo}_2 = \text{CONSTANTE}_b \quad (2.22)$$

CONSTANTE_a = 0.11

CONSTANTE_b = 100

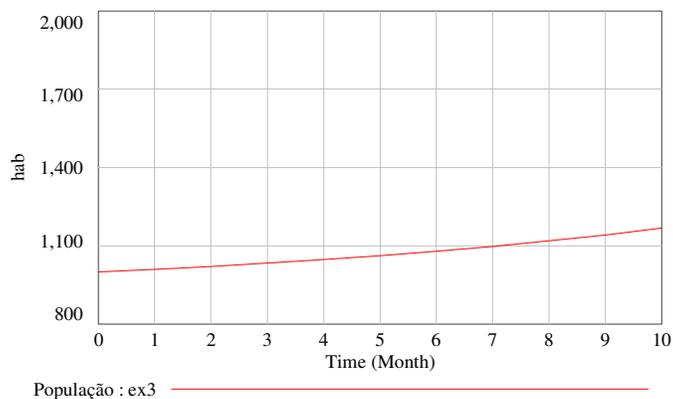


Figura 2.19 - Solução gráfica do exemplo 3.

A Equação Diferencial 3 deste modelo é:

$$\text{Estoque}_X(t) = \text{Estoque}_X(t-dt) + (\text{fluxo}_1 - \text{fluxo}_2)*dt \quad (2.23)$$

$$(\text{Estoque}_X(t) - \text{Estoque}_X(t-dt))/dt = \text{fluxo}_1 - \text{fluxo}_2 \quad (2.24)$$

$$\text{Fluxo}_1 = \text{CONSTANTE}_a * \text{Estoque}_X(t-dt) \quad (2.25)$$

$$\text{Fluxo}_2 = \text{CONSTANTE}_b \quad (2.26)$$

$$dX/dt = aX - b \quad (2.27)$$

A solução gráfica é mostrada na Figura 2.19, a solução da equação diferencial é complexa e não será descrita neste trabalho.

2.4.5.4. Exemplo 4

Neste exemplo tem-se dois fluxos, uma entrada, Nascimentos2, uma saída, Mortes2, conforme a Figura 2.20. O incremento é proporcional à população, mas neste caso é negativo.

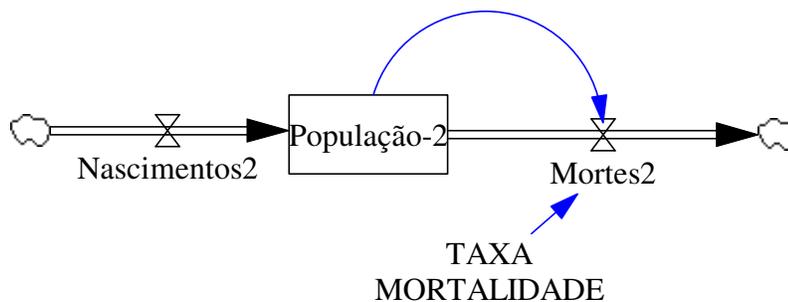


Figura 2.20 - Representação da equação de um diagrama com dois fluxos, uma entrada e uma saída.

A equação diferencial 4, para este modelo é:

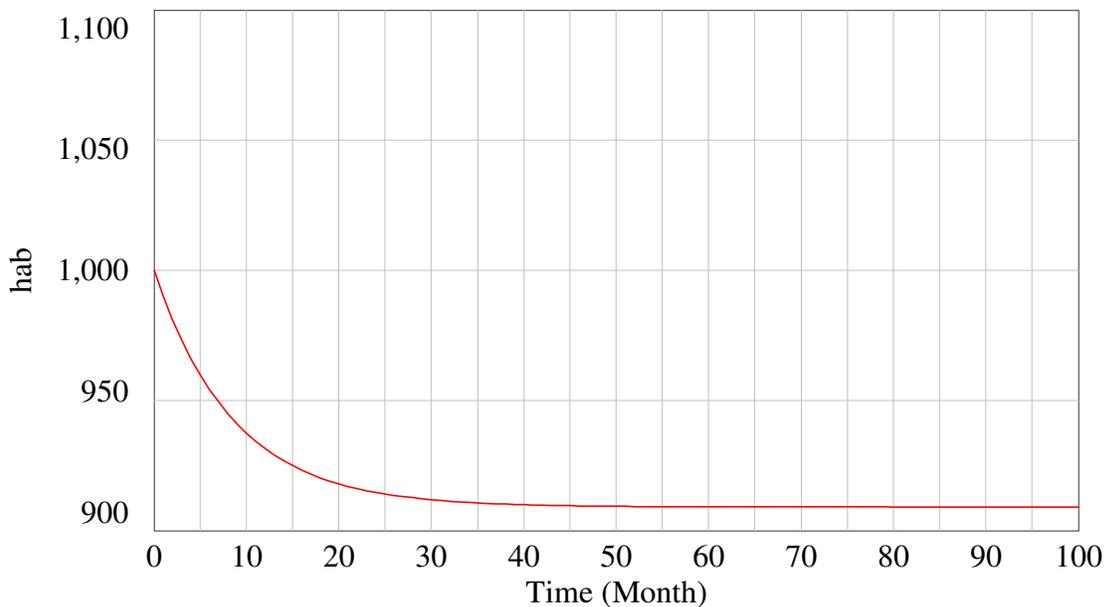
$$\text{Estoque}_X(t) = \text{Estoque}_X(t-dt) + (\text{fluxo}_1 - \text{fluxo}_2)*dt \quad (2.28)$$

$$(\text{Estoque}_X(t) - \text{Estoque}_X(t-dt))/dt = \text{fluxo}_1 - \text{fluxo}_2 \quad (2.29)$$

$$\text{Fluxo}_1 = \text{CONSTANTE}_a \quad (2.30)$$

$$\text{Fluxo}_2 = \text{CONSTANTE}_b * \text{Estoque}_X(t-dt) \quad (2.31)$$

$$dX/dt = a - bX \quad (2.32)$$



"População-2" : ex4

Figura 2.21 - Solução gráfica do exemplo 4.

A solução gráfica gerada pelo Vensim é mostrada na Figura 2.21.

2.4.5.5. Exemplo 5

O exemplo 5, Figura 2.22, possui dois estoques, X e Y, e três fluxos, a saída do Estoque_X é a entrada do Estoque_Y:

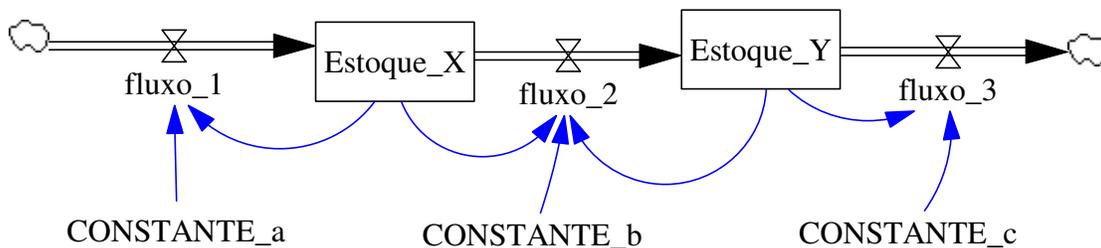


Figura 2.22 - Representação da equação de um diagrama com dois estoques e três fluxos.

As equações do modelo são as seguintes:

$$\text{Estoque_X}(t) = \text{Estoque_X}(t-dt) + (\text{fluxo_1} - \text{fluxo_2}) * dt \quad (2.33)$$

Início (Estoque_X= 100

$$\text{Fluxo_1} = \text{CONSTANTE_a} * \text{Etoque_X} \quad (2.34)$$

$$\text{Fluxo}_2 = \text{CONSTANTE}_b * \text{Estoque}_X * \text{Estoque}_Y \quad (2.35)$$

$$\text{Estoque}_Y(t) = \text{Estoque}_Y(t-dt) + (\text{fluxo}_2 - \text{fluxo}_3) * dt \quad (2.36)$$

Início Estoque_Y = 100

$$\text{Fluxo}_2 = \text{CONSTANTE}_b * \text{Estoque}_X * \text{Estoque}_Y \quad (2.37)$$

$$\text{Fluxo}_3 = \text{CONSTANTE}_c * \text{Estoque}_Y \quad (2.38)$$

CONSTANTE_a = 0.2

CONSTANTE_b = 0.001

CONSTANTE_c = 0.01

A solução gráfica gerada no Vensim está representada na Figura 2.23.

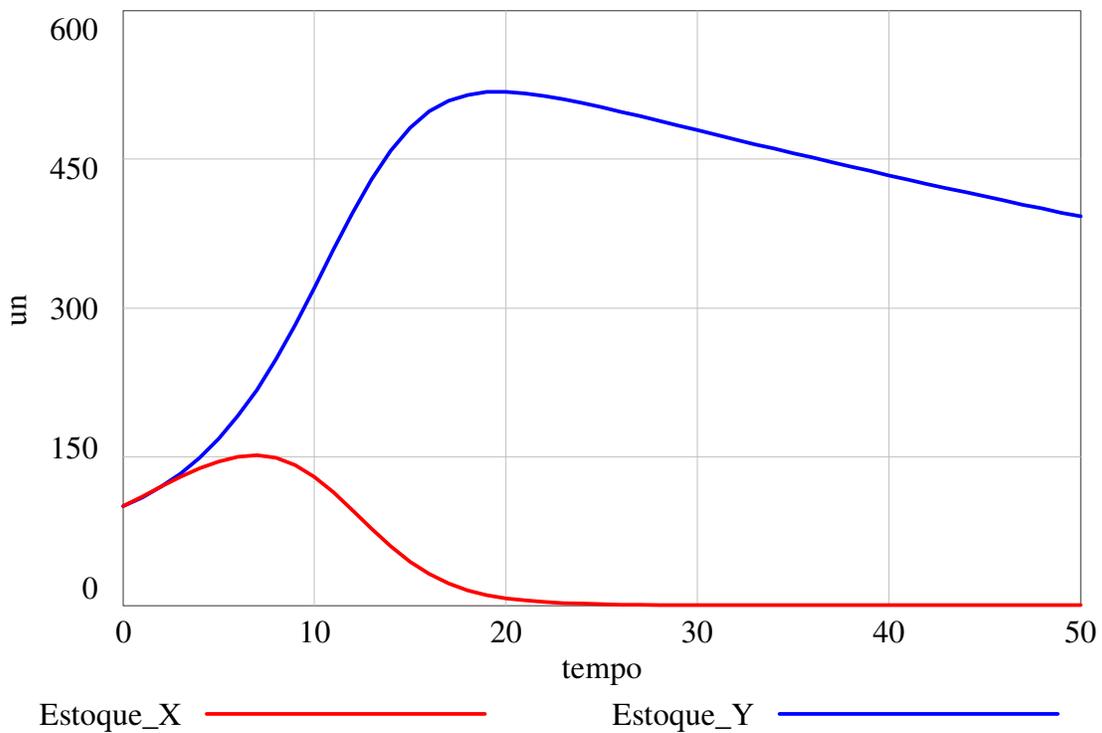


Figura 2.23 - Solução gráfica do exemplo 5.

A equação diferencial 5 fica assim:

$$(\text{Estoque}_X(t) - \text{Estoque}_X(t-dt))/dt = \text{fluxo}_1 - \text{fluxo}_2 \quad (2.39)$$

$$(\text{Estoque}_Y(t) - \text{Estoque}_Y(t-dt))/dt = \text{fluxo}_2 - \text{fluxo}_3 \quad (2.40)$$

$$dX/dt = aX - bXY \quad (2.41)$$

$$dY/dt = bXY - cY \quad (2.42)$$

2.4.5.6. Exemplo 6

No exemplo 6, conforme a Figura 2.24 existem 3 estoques e dois fluxos:

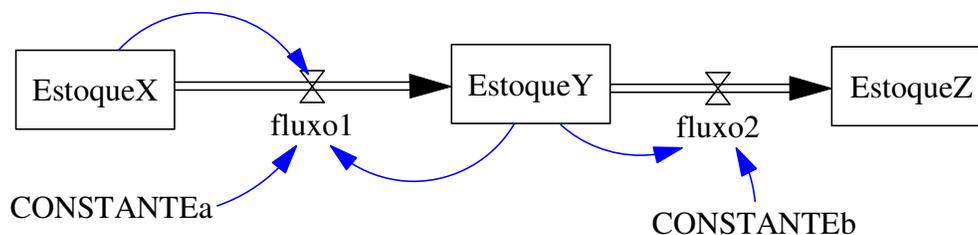


Figura 2.24 - Representação da equação de um diagrama com três estoques e dois fluxos.

$$\text{EstoqueX}(t) = \text{EstoqueX}(t-dt) + (-\text{fluxo1}) * dt \quad (2.43)$$

Início EstoqueX= 1000

$$\text{Fluxo1} = \text{CONSTANTEa} * \text{EstoqueX} * \text{EstoqueY} \quad (2.44)$$

$$\text{EstoqueY}(t) = \text{EstoqueY}(t-dt) + (\text{fluxo1} - \text{fluxo2}) * dt \quad (2.45)$$

Início EstoqueY= 1000

$$\text{Fluxo2} = \text{CONSTANTEb} * \text{EstoqueY} \quad (2.46)$$

$$\text{EstoqueZ}(t) = \text{EstoqueZ}(t-dt) + (\text{fluxo2}) * dt \quad (2.47)$$

Início EstoqueZ= 1000

$$\text{Fluxo}_2 = \text{CONSTANTE}_b * \text{Estoque}_X * \text{Estoque}_Y \quad (2.48)$$

$$\text{Fluxo}_3 = \text{CONSTANTE}_c * \text{Estoque}_Y \quad (2.49)$$

CONSTANTEa = 0.00005

CONSTANTEb = 0.001

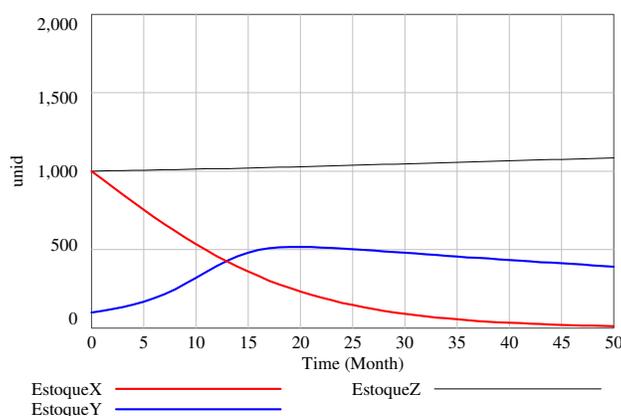


Figura 2.25 - Solução gráfica do exemplo 6.

A solução analítica se torna mais complexa neste caso. A Figura 2.25 mostra a solução gráfica gerada pelo Vensim.

Apesar de não ser usado neste trabalho, o Vensim também utiliza o diagrama de relações causais que simula a estrutura dos sistemas, suas relações e sua influência no comportamento dos sistemas, conforme mostra a Figura 2.26.

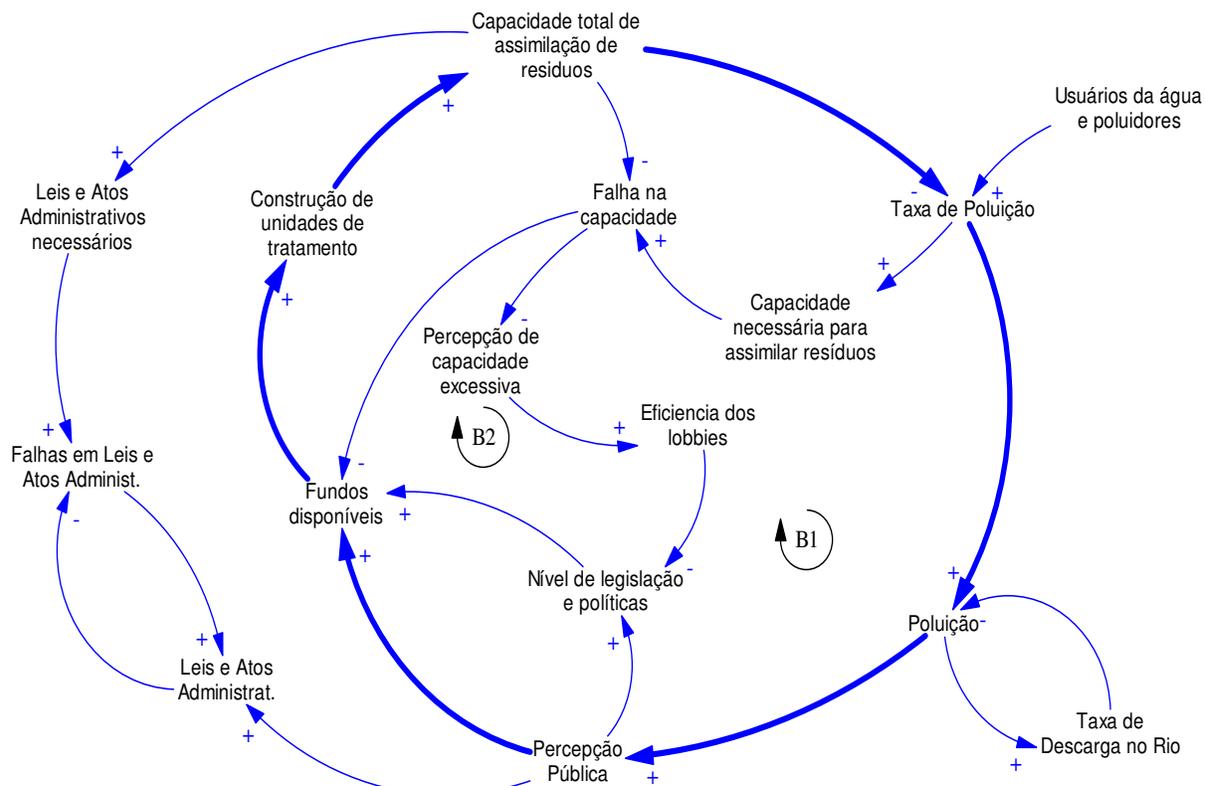


Fig 2.26 - Diagrama de Causal Loop descrevendo a dinâmica de qualidade da água.

Os arcos descrevem a direção da influência. Um arco positivo é visto como “um aumento na variável A conduz a um aumento na variável B”. Um arco negativo é lido como “um aumento na variável A leva a um decréscimo na variável B”. Dois feedback loops estão destacados : B1 explica como um aumento de poluição da água no tempo leva a um aumento no tratamento da água. Devido a atrasos no sistema (linha dupla), esta rodada tende a mostrar oscilações nos resultados dos níveis de poluição no tempo. B2 mostra como os lobistas (poluidores) utilizam a capacidade de assimilação de despejos existente para

afetar as mudanças das políticas públicas a seu favor. A interação entre B1 e B2 dá o tom do comportamento complexo do sistema.

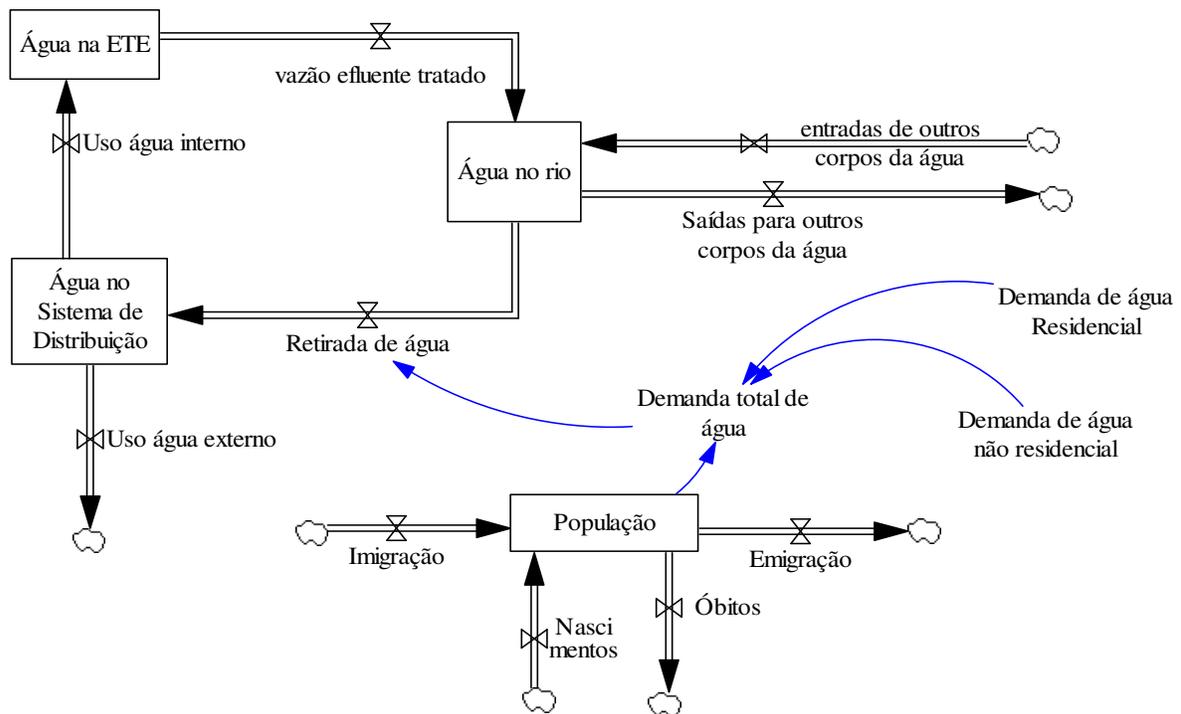


Figura 2.27 - Descrição do diagrama de fluxo e estoque num sistema urbano de água. Fonte: Winz e Brierley, 2007.

Na Figura 2.27, as variáveis em caixas representam os estoques, as flecha duplas representam os fluxos, que aumentam ou diminuem os níveis dos estoques. As variáveis auxiliares (itálico) podem influenciar qualquer outro componente. A simulação mostra, entre outras coisas, como o uso da água externamente ao domicílio tem um efeito adverso maior nos recursos hídricos do que a demanda domiciliar interna. Adaptado por Stave (2003).

3. METODOLOGIA

3.1. ESTUDO DE CASO

A primeira fase do estudo consiste na escolha da área a ser analisada. Em Porto Alegre, a região que se mostrou mais propícia a este estudo foi a de Belém Novo, na zona Sul, conforme a Figura 3.1. Caracteriza-se por ser uma área urbana pequena cercada por área rural, com abastecimento de água pela ETA Belém Novo, e que possui rede coletora de esgoto cloacal do tipo separador absoluto em toda a área urbana, sendo esse esgoto encaminhado para o tratamento na ETE Belém Novo, conforme a Figura 3.3.

Em Porto Alegre, a autarquia responsável pelo abastecimento e coleta e tratamento de esgotos é o Departamento Municipal de Água e Esgoto (DMAE). Conforme dados do DMAE (2005), a situação do saneamento é de 100% da população atendida com abastecimento de água através de rede de distribuição e carros pipa, e 84% com coleta de esgotos, sendo 55% ligadas à rede cloacal e 29% à rede mista.

O Plano Diretor de Águas – PDA, revisado em 2004, estabelece as diretrizes para o abastecimento da cidade. A produção média mensal de água no ano de 2003 foi 477.733m³/dia (5.530L/s) e o consumo médio medido foi de 291.427 m³/dia (3.374 L/s). As perdas representaram, portanto, 38,98% do volume em 2003. Os dados da demanda hídrica para uso humano do relatório dos Recursos Hídricos indicou a vazão de 3,62 m³/s na bacia do Lago Guaíba, contudo o DMAE capta 5,53 m³/s. Apesar de ser um valor bem acima do calculado pelo relatório dos Recursos Hídricos, baseado nos consumos per capita da população determinada pelo IBGE, isto não causa uma situação de estresse hídrico na bacia.

O elevado valor das perdas de água no processo de tratamento e distribuição demonstra que as ações de redução de perdas nestes casos, resultaria em benefícios muito grandes, tendo em vista os grandes volumes de água envolvidos.

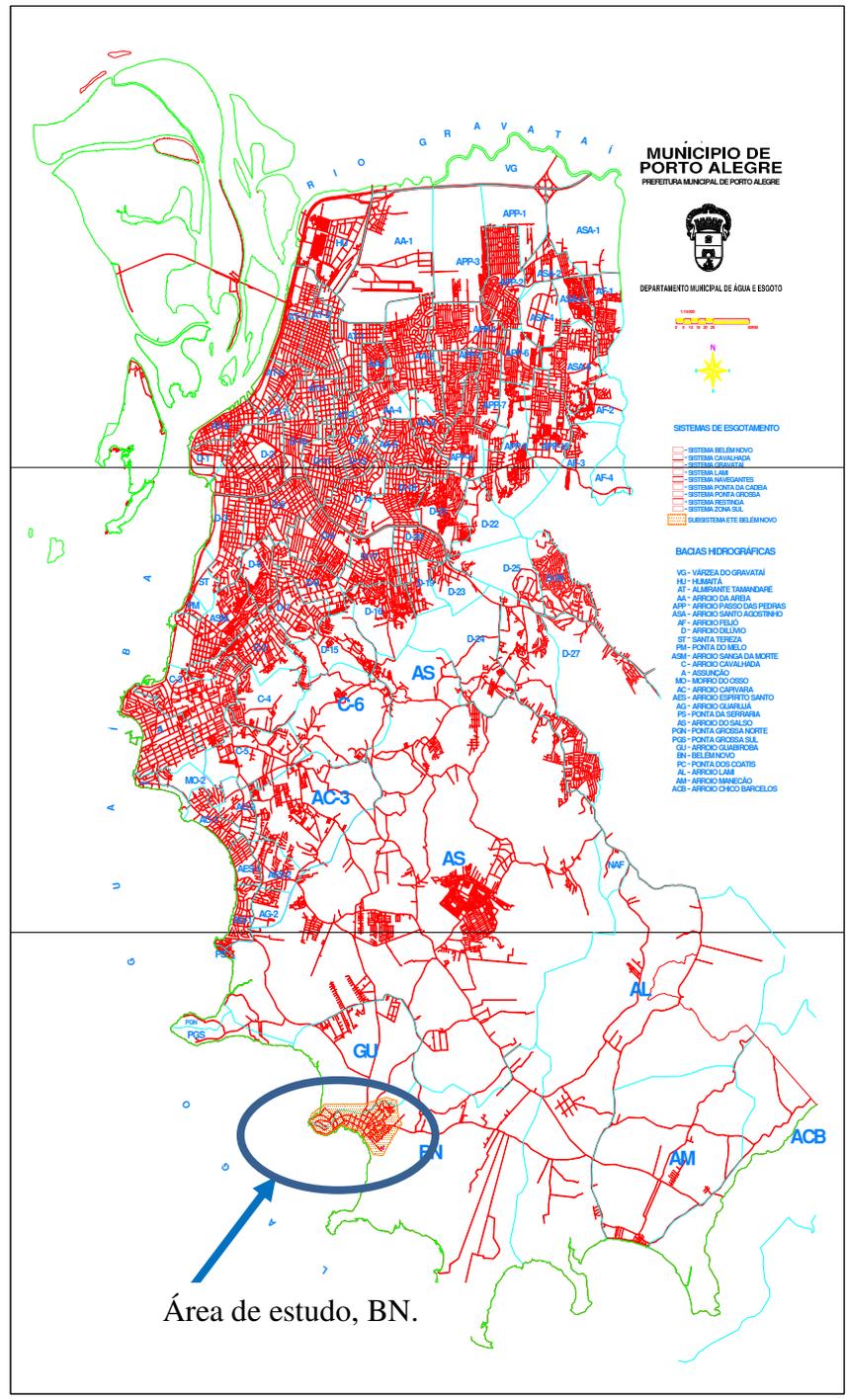


Figura 3.1 - Área de estudo, bairro Belém Novo, cidade de Porto Alegre, RS.

Existem 7 sistemas de tratamento de águas na cidade. O Sistema de Abastecimento Belém Novo, com área de 2.538 ha, atende a uma população de 103.379 hab, com densidade de 41 hab/ha, e dotação de 3,34 hab/dormitório, segundo dados do censo 2000. O sistema BN produziu 956.189 m³/mês (369 L/s) em 2003 consumiu 436.075 m³/mês (168 L/s), deste total o consumo residencial foi de 397.549 m³/mês, as perdas chegaram a 54,39%. O consumo residencial per capita líquido sem perdas é 117 L/hab.dia e o consumo per capita bruto com perdas é 257 L/hab.dia.. O sistema de abastecimento de Belém Novo é dividido em 16 subsistemas e 4 setores de abastecimento, 20, 21, 24 e 25, a ETA Belém Novo tem capacidade nominal de 1000 L/s. O setor do Bairro Belém Novo é o 24, o consumo do bairro representa apenas 16% do volume produzido pela ETA BN. A população desta setor estimado pelo PDA é de 7327 hab em 2003, ocupando uma área em torno de 178ha, segundo dados do Censo 2000. A Figura 3.4 mostra as casas típicas da área.

O Plano Diretor de Esgotos (DMAE,1999), atualmente em revisão, estabeleceu diretrizes para implementar a coleta e o tratamento de esgotos no município. Neste plano foram propostos dez Sistemas de Esgotamento Sanitário (SES), priorizando-se as unidades de tratamento centralizadas e considerando-se as peculiaridades das bacias hidrográficas ou topográficas de cada sistema. A coleta dos esgotos se dá através de redes do tipo separador absoluto.

O Sistema de Esgotamento Sanitário Belém Novo foi planejado e implantado com base nessas diretrizes abrangendo parte da região extremo-sul de Porto Alegre. O SES BN foi projetado para atender a população residente na área urbana do bairro Belém Novo, estimada em 23.000 habitantes para o ano de 2023, cerca de 2% da população do município. As redes coletoras implantadas perfazem 32 km de redes em manilha cerâmica e concreto, e mais 7,6 km de ligações domiciliares. Essa região havia perdido a condição de balneabilidade devido a problemas de qualidade da água do Lago Guaíba, o que orientou o projeto da estação de tratamento de esgotos a recuperar este uso, a fim de viabilizar as condições de banho no local. O processo adotado foi o de lagoas de estabilização tipo australiano, com dois módulos de lagoas operando em paralelo devido à disponibilidade de terreno em local centralizado e próximo a área de expansão urbana do bairro. A implantação do sistema de esgotamento sanitário foi concluída em 2002, sendo constituída

por rede coletora de esgotos tipo separador absoluto, uma estação elevatória de esgotos (ELE), duas estações de bombeamento de esgotos (EBEs), uma estação de tratamento de esgoto (ETE) e uma estação de bombeamento de esgoto tratado (EBET), que lança o efluente tratado no corpo receptor, o Lago Guaíba, conforme as Figuras 3.2 e 3.3.

Para este sistema, com implantação recente e atendendo a uma região com características residenciais, foi proposto um estudo de indicadores de desempenho para a aplicação em sistemas de esgoto. (BENDATI, 2005).

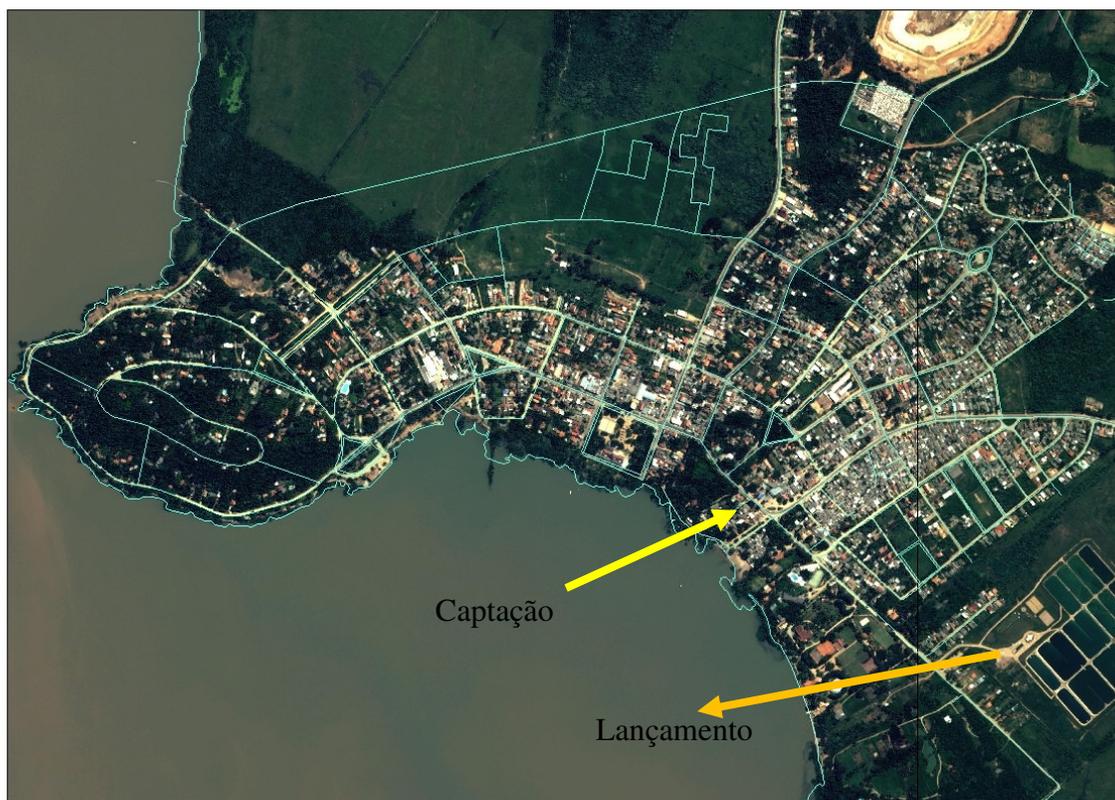


Figura 3.2 - Imagem do bairro Belém Novo com o traçado das vias.

O Sistema Belém Novo compreende as bacias do Arroio Guabiroba, Belém Novo e Ponta dos Coatis. A ETE BN atende a uma população de 8.060 habitantes e ocupa uma área de 25 hectares. Seu custo foi de 8,9 milhões, incluindo as redes coletoras e as ligações. A área objeto deste estudo foi determinada pela abrangência da rede coletora do esgoto cloacal, que é encaminhado para a estação de tratamento (ETE BN).

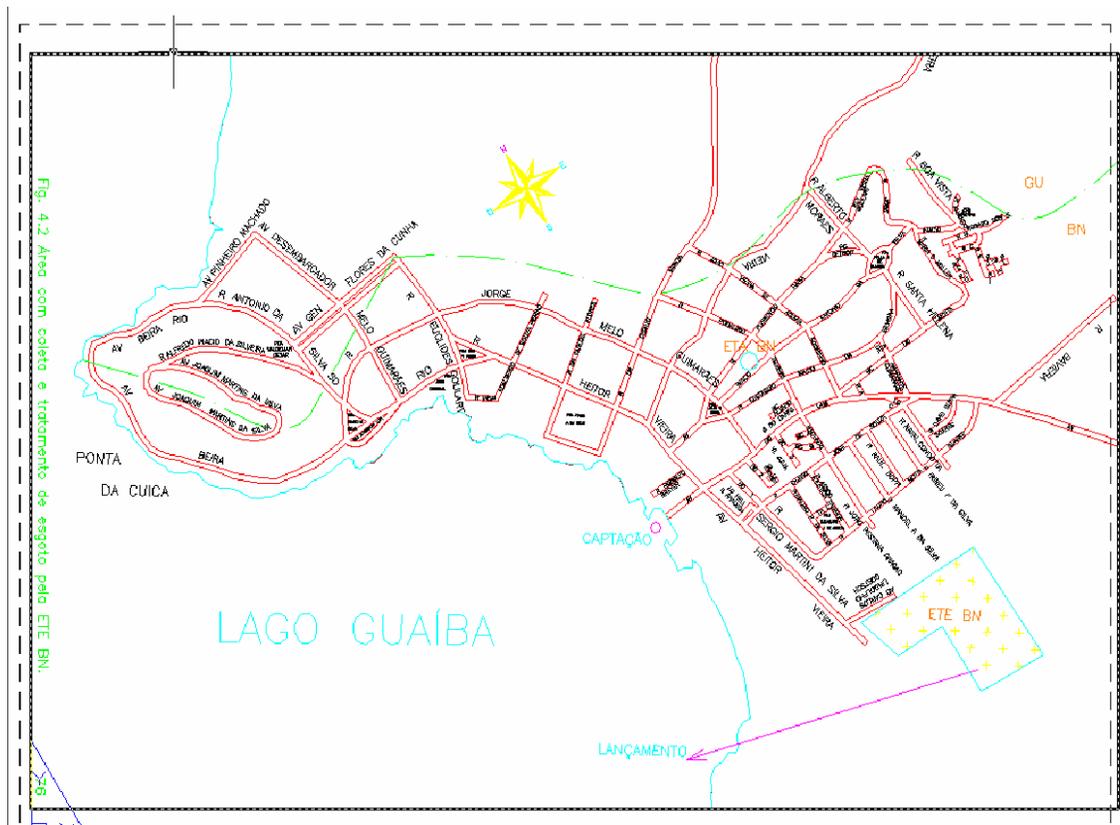


Figura 3.3 - Bairro Belém Novo, área de estudo.



Figura 3.4 - Residências típicas do Bairro Belém Novo, área de estudo.

A avaliação do sistema de coleta e da sua vazão de contribuição fazem parte de um estudo complementar a este realizado por BENDATTI, 2003.

Definiram-se os critérios e parâmetros de projeto adotados para o cálculo das vazões contribuintes, a fim de se obter o valor teórico de vazão afluyente à ETE e confrontá-lo com o valor real. Estes valores utilizados tiveram como base a revisão de literatura e os critérios e parâmetros utilizados pelo DMAE, citados a seguir:

Para o dimensionamento da ETE foram consideradas as seguintes vazões e cargas afluentes STE (1996), descritas na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 - Vazões e cargas de projeto afluentes à ETE BN previstos pelo DMAE em 1996.

População	Extensão da rede coletora (m)	Vazão de infiltração (L/s)	Vazão máx.	Vazão média	Vazão mín. (L/s)	Carga DBO (kgDBO/dia)
13019	28900	14,45	57,85	38,56	26,5	703,03
14586	28900	14,45	63,07	41,46	27,96	787,64
14922	28900	14,45	64,19	42,08	28,27	805,79

3.2. ETAPAS E CENÁRIOS

3.2.1. FLUXOGRAMA E ETAPAS

O fluxograma da Figura 3.4 ilustra o modo como o trabalho foi feito. A partir dos dados do consumo mensal de água das economias e da precipitação da área de estudo, será feito o Balanço Hídrico residencial através da simulação dinâmica, utilizando o software Vensim Pro, do uso de 3 tipos de fontes de água: coletada da chuva, fornecida pela concessionária e água cinza obtida do chuveiro, lavatório e lavagem de roupas. Com os volumes de água da concessionária e da chuva consumidos e dos esgotos pluvial e cloacal produzidos serão avaliados os impactos gerados nas tarifas e nos sistema de produção e distribuição de água, no sistema de coleta e tratamento de esgoto sanitário e no sistema de drenagem pluvial. A economia oriunda da redução da tarifa de água será comparada com os custos dos sistemas alternativos de água da chuva e reuso de água cinza para verificar a sua viabilidade de implantação nesta escala.

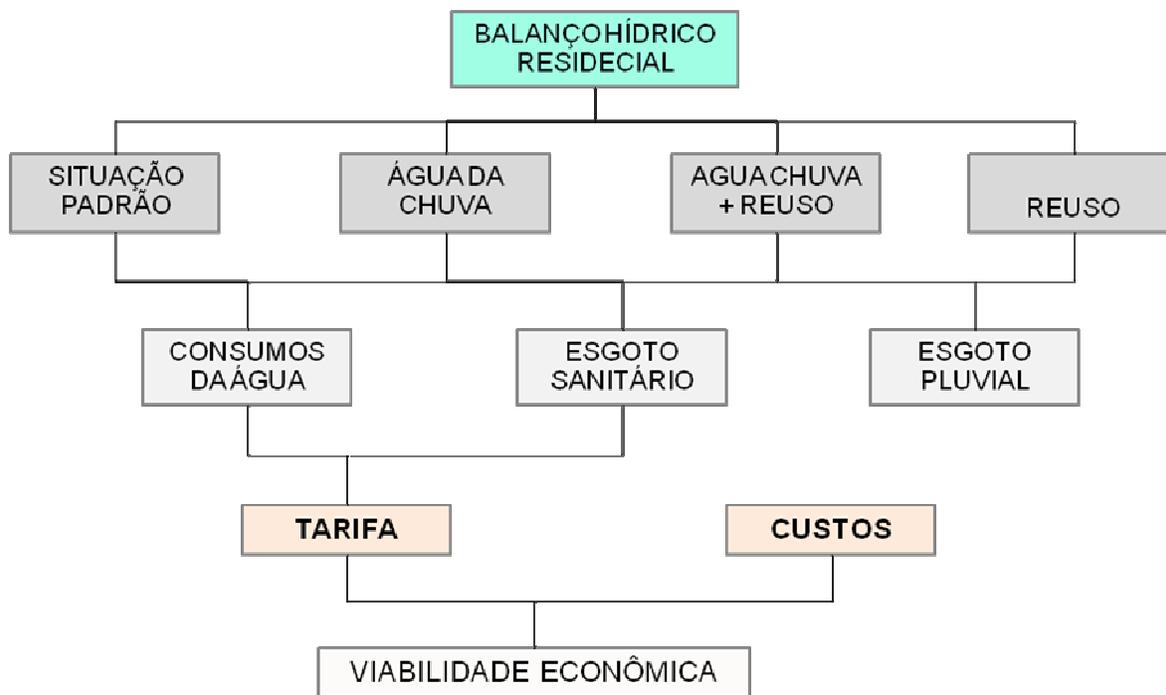


Figura 3.4 - Fluxograma do trabalho.

As etapas seguiram a seguinte ordem:

1. Escolha da área de estudo;
2. Levantamento dos dados de consumo de água, número de lotes e tipos de tarifa;
3. Levantamento dos dados de chuva da região;
4. Organização e agrupamento dos dados por tipo de consumidor e de tarifa;
5. Adaptação de um modelo de consumo de água para as necessidades da pesquisa;
6. Teste do modelo;
7. Simulação dos cenários do modelo no software Vensim/Stella;
8. Análise dos resultados;
9. Conclusões das vantagens e desvantagens dos cenários de conservação de água para as áreas analisadas.

Inicialmente foi previsto o estudo apenas na área do bairro Belém Novo e nos anos de 2003 e 2004 para confrontar os dados das vazões dos esgotos sanitários estimados pela micromedição com os valores medidos na estação. Em 2005 a operação da estação adotou o procedimento de *bypass* das vazões maiores que 90L/s para o sistema pluvial e por isso os valores da vazão medidos em eventos de chuva não poderiam mais ser avaliados. No

decorrer do trabalho foi proposto realizar uma simulação para a cidade, que foi feita usando os dados médios das chuvas de 30 anos e o consumo médio residencial de Porto Alegre de 2007, que foram os dados disponíveis no momento.

3.2.2. CENÁRIOS DE CONSUMO

O cenário padrão será o do consumo somente de água da concessionária gerando esgoto cloacal com água cinza e negra combinados e a chuva coletada no telhado gerará o esgoto pluvial correspondente. A água da chuva será utilizada para o consumo como água potável e não potável e com e sem o reuso de água cinza. A figura 3.5, mostra o volume de chuva que está disponível em um telhado com área de 100m², mas devido às perdas com o descarte de 1mm e com a eficiência do sistema de 80%, a linha da chuva reservável é o volume possível de ser reservado descontadas as perdas. Será feita uma simulação do reuso de água cinza para consumo secundário.

Com isto serão simulados 4 cenários com consumo de água da chuva e os volumes de esgotos produzidos, cada lote gera 3 saídas (descargas de esgotos) com características diferentes: água negra, água cinza e esgoto pluvial.

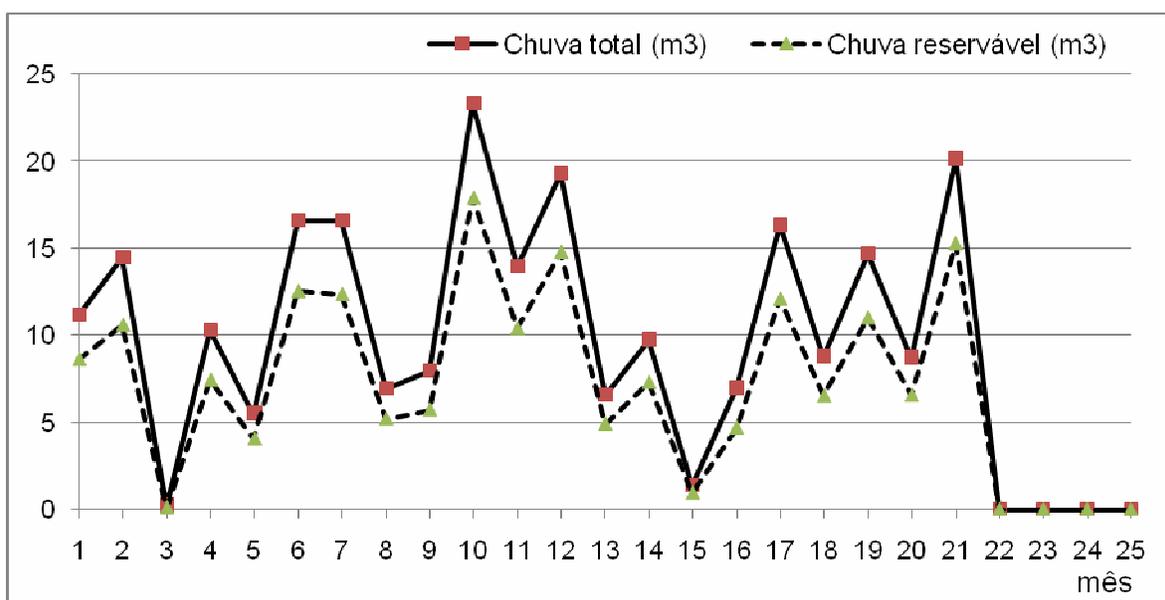


Figura 3.5 - Volume de chuva captado por um telhado com área de 100m² e volume reservável.

Dependendo do tipo da ligação dos esgotos obtêm-se os valores das vazões geradas nos diferentes cenários da simulação, o balanço do uso da água residencial e de suas descargas no sistema da bacia.

3.2.3. CONSUMO DE ÁGUA NA ÁREA DE ESTUDO

A fim de se obter o consumo médio mensal de água de uma residência serão usados os dados da micro-medição do DMAE, ou seja, o volume de água consumido registrado pelo hidrômetro para a cobrança da tarifa. Obtêm-se os consumos mensais dos ramais micro-medidos da área pela justaposição entre a área da bacia selecionada e os ramais de água, usando um software de geoprocessamento. As informações obtidas dos ramais são: a sua situação, se ativo, inativo, medido ou não medido, o tipo de consumidor e o tipo de tarifa. A partir da média do consumo residencial medido, por tipo de consumidor e de tarifa, estima-se o consumo das residências não medidas, para obter o valor total consumido na área. Os dados de consumo de água são agrupados, no Excel, por tipo de consumidor (residencial, comercial e repartição pública) e por tipo de tarifa (sem rede de esgoto - T1, com rede cloacal - T2 e com rede pluvial- T3). Temos então o consumo médio mensal de água e o volume de esgoto gerado por tipo de consumidor e por tipo de coleta.

A área em estudo consumiu em 2003 um volume medido total de 155.340 m³ de água, (12.945 m³/mês), sendo que a estimativa de água usada para o consumo primário foi de 107.098 m³ e 48.242 m³ para usos secundários. Em 2004 consumiu um volume medido total de 143.098 m³ de água, (11.925 m³/mês), sendo 98.687 m³ usados para o consumo primário e 44.411 m³ para usos secundários.

As economias enquadradas na Tarifa 1, ou seja, que possuem apenas abastecimento de água sem contar com rede de esgotos pluvial ou cloacal, correspondem a 11,6% do total de economias. O volume médio mensal de água consumido por estas economias é de 12,56 m³. Como esta área tem características rurais e urbanas presume-se que o esgoto cloacal seja enviado a uma fossa séptica e após a um sumidouro.

As economias enquadradas na Tarifa 2 têm abastecimento regular de água e estão ligadas ao sistema de coleta de esgoto cloacal com tratamento na ETE Belém Novo, correspondem a 85,8% das ligações. O volume médio mensal de água consumido por estas economias é de 12,94 m³ em 2003 e 11,92 m³ em 2004.

A Tarifa 3 corresponde aos lotes que são servidos apenas por rede de esgoto pluvial, 2,6% das ligações com consumo médio mensal de 11,22m³.

Alguns logradouros possuem redes de drenagem pluvial, mas o sistema não abrange toda a área em estudo. A água da chuva é lançada em valas escoando até o lago Guaíba.

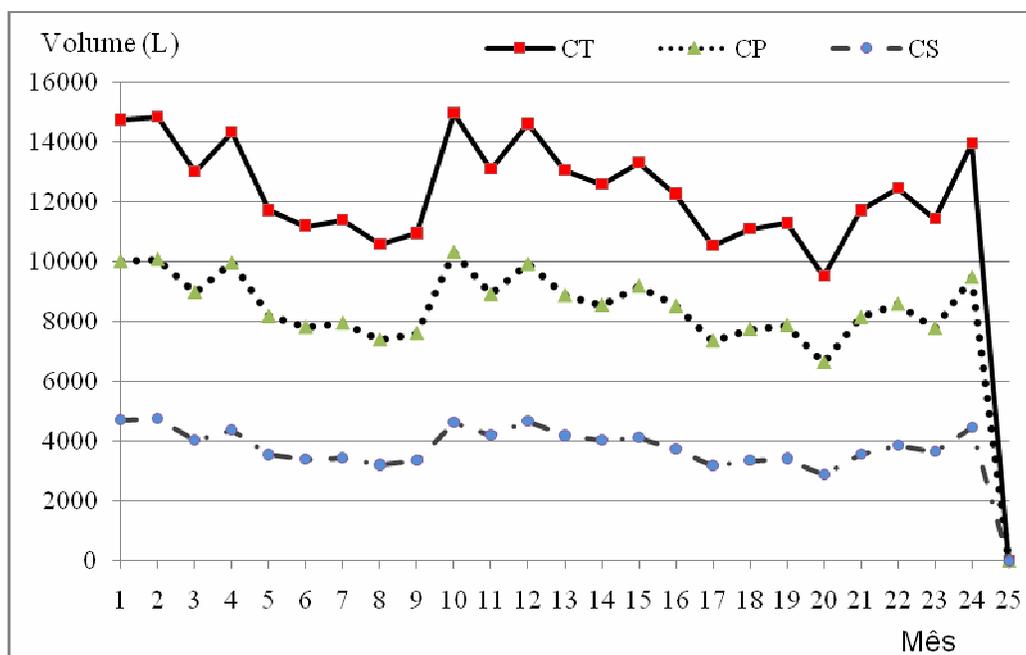


Figura 3.6 - Variação do consumo mensal da água em uma residência.

A Figura 3.6 mostra a variação mensal do consumo de água total – CT da residência, a parcela correspondente ao consumo primário - CP, relativo ao consumo de água para pia, chuveiro, lavatórios e lavagem de roupas, e a parcela correspondente ao consumo secundário - CS, usado para a lavagem de pisos e carros, rega de jardim e descarga de vasos sanitários.

Para simular a situação de toda a cidade foi usado o consumo residencial mensal médio de Porto Alegre no ano de 2007 para a Tarifa 2, conforme a Tabela 3.2. Em 2007 havia 280.978 economias residenciais medidas em 97.457 ramais ativos, representando um consumo anual de 155m³ por economia com Tarifa 2. Deve-se salientar que nesta situação o consumo residencial abrange tanto as residências uni familiares como os prédios de apartamentos.

Tabela 3.2 - Dados do consumo residencial médio de Porto Alegre em 2007.

2007	Consumo médio mensal (m³)
Jan	12,6
Fev	12,0
Mar	12,5
Abr	13,1
Mai	12,9
Jun	12,1
Jul	11,8
Ago	11,7
Set	11,9
Out	12,2
Nov	12,5
Dez	13,4
Média	12,4

3.2.4. PRECIPITAÇÃO

Em Porto Alegre, a precipitação média anual é de 1.347 (112 mm/mês), pela normal de 1961 a 1990, fornecidos pelo INMET, conforme a Tabela 3.2 e o número médio de dias com chuva é de 10 por mês.

Tabela 3.3 - Dados de precipitação e temperatura, normal de 1961 a 1990.

Mês	T (oC)	P (mm)	Dias com chuva
jan	24,6	100	10
fev	24,7	109	10
mar	23,1	104	10
abr	20,1	86	10
mai	16,8	95	10
jun	14,3	133	11
jul	14,5	122	10
ago	15,3	140	10
set	16,8	139	11
out	19,2	114	11
nov	21,3	104	8
dez	23,2	101	9
Totais	1.347	233,9	120
Média	112	19,5	10

A precipitação média mensal no posto Cavalhada no ano de 2003 foi de 122 mm/mês e a precipitação anual 1462,8 mm. Em 2004, ano em que ocorreu uma grande seca, a precipitação média mensal foi de 77,74 mm/mês e o total anual 932,90 mm. A Tabela 3.4 mostra os dados de precipitação de 2003 e 2004 usados na simulação do bairro Belém Novo e o número de dias em que ocorram chuvas na região, onde se observa que nos três últimos meses do ano de 2004 não houve a ocorrência de chuvas na região.

Tabela 3.4 - Dados de precipitação usados para o estudo local.

Mês	Precipitação (mm)		Dias com chuva	
	2003	2004	2003	2004
jan	112	66	4	4
fev	145	97	12	6
mar	2	14	1	2
abr	103	70	10	11
mai	55	163	4	12
jun	166	88	9	6
jul	166	147	11	9
ago	69	87	4	5
set	80	201	8	10
out	233	0	9	0
nov	139	0	9	0
dez	193	0	8	0
média	122	78	7	5

Para fazer uma simulação para toda a cidade de Porto Alegre foram calculadas as chuvas que ocorrem em 20% dos casos, as chuvas médias e as chuvas que ocorrem em 80% dos casos. Os dados da precipitação pluviométrica total mensal de Porto Alegre foram obtidos do 8º Distrito de Meteorologia fazendo-se as médias mensais, mínimas (20%) e máximas (80%), entre os anos de 1979 a 2008, a Tabela 3.5 mostra estes valores. Para calcular o volume relativo a 1 mm de chuva descartada para a lavagem do telhado foram usados os números de dias com chuva da normal de 1961 a 1990, devido à falta dos dados relativos ao período de 1979 a 2008.

Tabela 3.5 - Dados médios de precipitação usados para Porto Alegre de 1979 a 2008.

Mês	Precipitação (mm)		
	20%	média	80%
Jan	58	105	166
Fev	83	112	145
Mar	58	100	140
Abr	75	124	163
Mai	50	117	173
Jun	85	138	173
Jul	95	145	195
Ago	56	119	159
Set	70	138	193
Out	70	129	187
Nov	73	121	171
Dez	56	106	140
Total	1223	1453	1652

3.2.5. COLETA DE ÁGUA DA CHUVA

Os dados de precipitação do pluviômetro do posto Cavalhada foram usados para prever o volume mensal de água da chuva coletada.

Segundo a NBR 15527, água de chuva é a água resultante de precipitações atmosféricas coletada em coberturas, telhados, onde não haja circulação de pessoas, veículos ou animais. Neste trabalho será considerada apenas a captação da água do telhado. A área de captação adotada no telhado será de 100 m²/lote, por ser uma área com baixa densidade ocupacional e população predominante de classe média, com características rururbanas..

Para evitar a entrada de folhas, gravetos ou outros materiais grosseiros no reservatório de armazenamento final serão considerados a instalação de telas e grades. Um filtro de boa qualidade e em bom estado de conservação, normalmente, não deixa seguir com a sujeira mais do que 10% da água, ou seja, cerca de 90% de água "limpa" filtrada, segue para o reservatório.

O material de que é feito o telhado (ou outra superfície de captação), a porosidade, a inclinação, e mesmo o estado de conservação afetam a eficiência da drenagem do telhado.

Segundo TOMAZ, 2003 e UFES *apud* PROSAB, 2007 desprezando-se 1mm de chuva por metro quadrado na região de SP, reduz-se consideravelmente os teores de SST, SDT, e ST. Alguns autores recomendam que seja desprezada a chuva dos primeiros 5 minutos e a NBR 15527/07 recomenda o descarte de 2mm em regiões onde não existam dados específicos. Será considerado 1mm de chuva para o descarte, neste trabalho.

As perdas como a evaporação e a limpeza do telhado são justificadas utilizando-se o coeficiente de escoamento superficial, C igual a 0,80, que é o quociente entre a água que escoou superficialmente e o total de água precipitada. Segundo TOMAZ, 2003 *apud* PROSAB, 2007 o melhor valor a ser adotado como coeficiente de escoamento superficial para o Brasil é C=0,80.

3.2.6. VOLUME DO RESERVATÓRIO

O volume do reservatório de armazenamento é o que define a eficiência do sistema. Contudo por ser a cisterna o componente mais caro do sistema, seu dimensionamento deve ser criterioso para não inviabilizar a implantação do sistema.

Tabela 3.6 - Volume da demanda de água para uso secundário consumida por um lote por períodos sem a ocorrência de chuvas.

Tipo de Tarifa	Consumo primário médio (L/d)	Consumo secundário médio (L/d)	Volume demandado para o consumo secundário (m ³)			
			10 dias	20 dias	30 dias	40 dias
T1	289	130	1,3	2,6	3,9	5,2
T2	286	129	1,3	2,6	3,9	5,1
T3	258	116	1,2	2,3	3,5	4,6

Pelos valores da demanda de água para o consumo secundário mostrados na tabela 3.6, vemos que para um período de 20 dias sem chuva a demanda de consumo secundário é de 2,6m³, então para uma autonomia de 20 dias sem a ocorrência de chuvas que é a média em Porto Alegre, o volume do reservatório de água da chuva calculado pela demanda precisaria ser pelo menos de 2,6m³. Contudo o período máximo sem a ocorrência de chuvas acontece quando as chuvas ocorrem no início de um mês e no final do outro, o que resultaria em 40 dias sem chuvas. Para termos um suprimento de água da chuva de acordo com a demanda de água o volume do reservatório teria que ser em torno de 5m³.

Não dispomos dos dados de dias sem chuva médios para Porto Alegre, houve em 2004 a ocorrência de 90 dias sem chuva na região, utilizar esse valor para calcular o reservatório resulta num volume de aproximadamente 12m³. Sendo a média de dias com chuva de 10 dias por mês, a pior situação seria a de 20 dias sem chuva no mês, ou seja, 40 dias seguidos sem chuva.

Segundo PROSAB 2007, o volume do reservatório deve ser calculado a partir dos valores estimados das demandas não potáveis, adotando um volume de retorno que represente o maior número dias sem chuva na região, neste caso 40 dias..

Para isso utiliza a seguinte equação:

$$VRES = QNP \times DS \quad (3.1)$$

Onde:

VRES = volume do reservatório (L)

QNP = somatório das demandas não potáveis

Ds = maior número de dias sem chuva na região (dias)

O volume resultante do reservatório baseado na demanda do consumo secundário é de 5.240L por este método.

A NBR 15527/07 propõe o seguinte método para o cálculo do volume do reservatório, mas diz que se deve considerar os critérios técnicos, econômicos e ambientais e a critério do projetista, usar um dos métodos propostos no seu anexo A ou outro método. A seguir foi feito o dimensionamento do reservatório usando os métodos propostos pela norma.

Reservatório de Armazenamento (NBR 15527/07):

$$V \text{ (m}^3\text{/mês)} = P \text{ (mm/mês)} \times A \text{ (m}^2\text{)} \times C_{es} \times 10^{-3} \text{ m/mm} \times \eta \quad (3.2)$$

C_{es}=0,80

η = fator de captação (é a eficiência do sistema de captação, levando em conta o dispositivo de descarte de sólidos e desvio de escoamento inicial, caso seja utilizado), será adotado o valor de 0,80.

V = 7,17 m³/mês

3.2.7. MÉTODOS DE CÁLCULO PARA DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIOS PROPOSTOS PELO ANEXO A, DA NBR 15527/07

A1. Método de Rippl (podem ser usadas as series históricas mensais ou diárias)

$$S(t) = D(t) - Q(t) \quad (3.3)$$

$$V = \sum S(t), \text{ somente para valores } S(t) > 0 \quad (3.4)$$

Sendo que: $\sum D(t) < \sum Q(t)$

O cálculo, usando a série histórica mensal normal de 1961 a 1990, aparece na Tabela 3.7.

Tabela 3.7 - Cálculo do reservatório pelo método de Rippl.

Mês	Volume chuva mensal Q(t)	Demanda mensal D(t)	Diferenças S(t) = D(t) - Q(t)
1	7200	4710	2490
2	7920	4742	3178
3	7520	4033	3487
4	6080	4371	1709
5	6800	3536	3264
6	9760	3379	6381
7	8960	3437	5523
8	10400	3198	7202
9	10240	3337	6903
10	8240	4635	3606
11	7680	4192	3488
12	7360	4672	2688
Vol Res (L)	(V = $\sum S(t)$, para S(t) > 0)		49917,51

Então o volume do reservatório calculado pelo Método de Rippl seria de 49.918 Litros. Este método é usado para o dimensionamento de reservatórios de sistemas públicos de abastecimento de água que prevêm o armazenamento em períodos de chuva para garantir o abastecimento em períodos de seca, o que produz valores muito elevados de reservação.

A2. Método da simulação

$$S(t) = Q(t) + S(t-1) - D(t) \quad (3.5)$$

Sendo que: $0 \leq S(t) \leq V$

Tabela 3.8 - Dimensionamento do reservatório pelo método da simulação.

Mês	Volume chuva mensal Q(t)	Demanda mensal D(t)	Diferenças S(t-1)	Diferenças S(t) = Q(t) + S(t-1) - D(t)	Volume Res Início
0	0	0	5000	5000	5000
1	7200	4710	5000	7490	
2	7920	4742	7490	10667	
3	7520	4033	10667	14154	
4	6080	4371	14154	15863	
5	6800	3536	15863	19127	
6	9760	3379	19127	25508	
7	8960	3437	25508	31031	
8	10400	3198	31031	38233	
9	10240	3337	38233	45136	
10	8240	4635	45136	48742	
11	7680	4192	48742	52230	
12	7360	4672	52230	54918	???

O volume do reservatório calculado pelo Método da Simulação conforme a tabela 3.8, seria de 54.918 Litros. O método é similar ao anterior considerando a mais um volume inicial de reservação.

A3. Método Azevedo Neto

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (3.6)$$

P é o valor da precipitação media anual, expresso em milímetros (mm);

T é o valor numérico do numero de meses de pouca chuva ou seca;

A é o valor numérico da área de coleta em projeção , expresso em metros quadrados (m²)

$$V = 1347 * 0,042 * 100 * 2 = 11315L$$

$$V = 1347 * 0,042 * 100 * 3 = 16.972 \text{ Litros}$$

O volume calculado pelo Método Azevedo neto seria de 16.972 Litros.

A.4. Método prático alemão

$$V_{\text{adotado}} = \min (V;D) \times 0,06 \quad (3.7)$$

V é o valor numérico do volume aproveitável de água da chuva anual, expresso em litros (L);

D é o valor numérico da demanda anual da água não potável, expresso em litros (L);

V adotado, é o valor numérico do volume de água do reservatório, expresso em litros (L);

$$V = 4441 * 0,06 = 2685L$$

O volume calculado pelo método prático alemão seria de 2.685 Litros.

A.5. Método prático inglês

$$V = 0,05 \times P \times A \quad (3.8)$$

$$V = 0,05 * 1347 * 100 = 6735L$$

O volume calculado pelo método prático inglês seria de 6.735 Litros.

A.6. Método prático australiano

$$Q = A \times C \times (P-I) \quad (3.9)$$

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

$$Pr = N_r / N$$

$$\text{Confiança} = (1 - Pr)$$

O volume calculado pelo método prático australiano, tabela 3.9, não foi possível de calcular, quando o volume de chuva é maior que a demanda ele funciona para qualquer volume de reservatório e quando o volume de chuva é menor que a demanda ele não funciona para nenhum volume de reservatório.

A falta de informações sobre o uso da água da chuva e os tipos de uso das águas é percebida pela diversidade dos métodos propostos para a determinação do volume do reservatório de acumulação da água da chuva e pelas diversas origens dos mesmos. A Tabela 3.10 mostra a grande variação dos valores obtidos para os volumes dos reservatórios de água da chuva calculados através dos diferentes métodos propostos. Esta situação irá

melhorar com o avanço das pesquisas sobre o assunto no país e provavelmente os métodos propostos irão se adaptar às características de cada região.

Tabela 3.9 - Dimensionamento do reservatório pelo método australiano.

Mês	Volume chuva mensal Q(t)	Demanda mensal D(t)	Diferenças V (t-1)	Diferenças V(t) = Q(t) + V(t-1) - D(t)	Volume Res Início
0	0	0	0	0	0
1	7200	4710	0	2490	500
2	7920	4742	500	3678	500
3	7520	4033	500	3987	500
4	6080	4371	500	2209	500
5	6800	3536	500	3764	500
6	9760	3379	500	6881	500
7	8960	3437	500	6023	500
8	10400	3198	500	7702	500
9	10240	3337	500	7403	500
10	8240	4635	500	4106	500
11	7680	4192	500	3988	500
12	7360	4672	500	3188	500
Volume Res (L)	Pr= Nr/N	1		conf	100

Tabela 3.10 – Comparação dos volumes de reservatórios obtidos por alguns métodos propostos na literatura.

Métodos usados	Volume do reservatorio (m³)
Prosab	12
Método de Rippl	49,92
Método da simulação	54,92
Método Azevedo Neto	16,97
Método prático alemão	2,68
Método prático inglês	6,74
Método prático australiano	?

Hespanhol propõe que um método baseado em valores diários de consumo e de precipitação e com dados locais seja a melhor alternativa. O Método do Balanço de Vazões, proposto por Hespanhol, (2008), considera:

- Simulações diárias, com dados de precipitação diários;
- Demandas variáveis, características de usuários específicos;
- Dimensões variáveis do reservatório (níveis de investimento);
- Uso Máximo de águas pluviais nos períodos de chuva.

$$dV/dt = V_p * C_{es} - \text{Demanda} \quad (3.10)$$

onde,

dV/dt = variação do volume do reservatório

V_p = volume de precipitação;

C_{es} = coeficiente de escoamento superficial

Hespanhol usou este método para calcular o volume de grandes reservatórios e para faixas específicas de demanda. Os resultados obtidos para cinco fixas de demandas distintas são mostrados na Figura 3.4. Observa-se que para as demandas entre 20m³/dia a 60m³/dia a demanda maior é o volume da água coletado por um mesmo volume de reservatório, para demandas maiores de 60m³/dia o volume coletado não sofre grandes alterações se ocorre o aumento do volume do reservatório. Potanto, para grandes demandas de água, não é vantajoso aumentar o volume do reservatório além de um valor limite.

3.2.8. VAZÃO DE ESGOTO AFLUENTE A ETE BN

Para fazer o estudo de correlação entre as chuvas e vazão afluente a ETE BN, mostrados no Figura 3.2, os dados teóricos da vazão de esgoto gerada pelo consumo de água da Tarifa 2, que é a coletada pela rede de esgoto cloacal, foram comparados com os dados de vazão medidos na calha Parschall da ETE, nos anos de 2003 e 2004. Foram usados os dados de 2003 e 2004 porque, nessa época, em períodos de chuva, os operadores da ETE Belém Novo desviavam a vazão afluente a ETE para a rede pluvial quando a vazão era extremamente alta, mais de 200L/s. Estas vazões altas causavam a lavagem dos microorganismos dos reatores anaeróbios prejudicando o tratamento dos esgotos. A partir de 2005 é feito o bypass quando a vazão ultrapassa o valor de 90 L/s, o que dificulta a verificação de correlação entre a chuva e o aumento da vazão afluente a ETE.

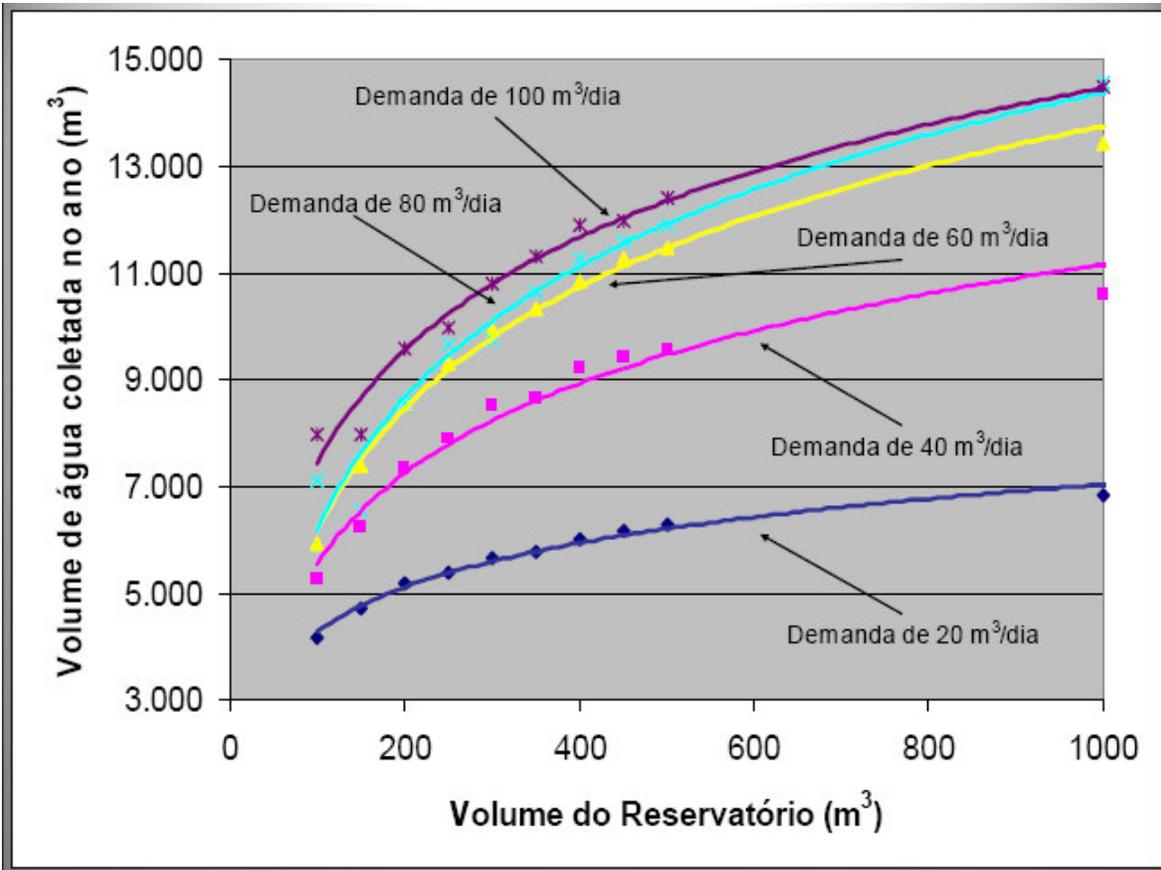


Figura 3.7 - Volume de água da chuva captada em função da demanda e do volume do reservatório. Hespagnol, 2008.

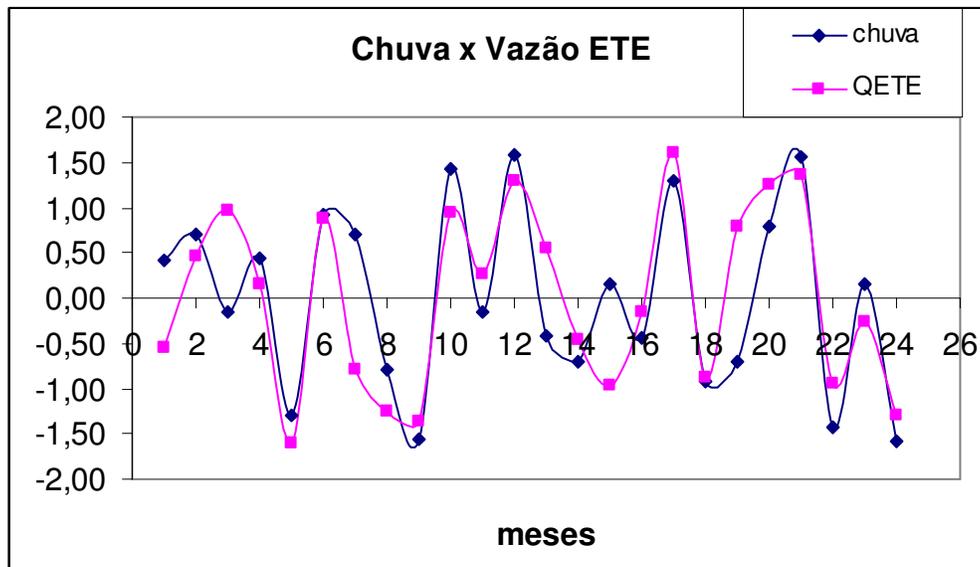


Figura 3.8 - Dados padronizados de chuva x vazão medidos na ETE BN em 2003 e 2004.

A questão que surge ao se observar a Figura 3.8 é de como a precipitação influencia as vazões de esgoto sanitário de modo tão perceptível? A Tabela 3.11 compara os valores de vazão de esgoto sanitário obtido através da micromedição de água com os valores do esgoto sanitário afluente à estação medido na calha Parschall. Como a vazão afluente é, em média, o dobro de valor da vazão estimada pelo consumo, podemos dizer que o aporte de água da chuva é muito elevado neste sistema, contudo esta relação mais direta não é observada nos meses de outubro e novembro de 2004, quando não houve a ocorrência de chuvas. A infiltração de água rede de esgoto sanitária estimada em 14,45L/s pela Tabela 3.11, é significativa e pode explicar esse aumento, no entanto as vazões medidas não atingem os valores mínimos previstos nesta tabela. Apenas no mês de dezembro de 2004, quando também não ocorreram chuvas, é que as vazões estimada e medida foram parecidas.

Tabela 3.11 - Comparação entre as vazões geradas pelo consumo de água e medidas na calha Parschall da ETE BN.

Mês	Q gerada T2 (L/s)		Q ETE medida (L/s)	
	2003	2004	2003	2004
Jan	11,63	10,58	12,76	18,01
Fev	11,87	10,2	19,49	14,97
Mar	10,23	10,65	19,47	10,07
Abr	11,41	10,33	13,17	11,76
Mai	9,36	8,8	13,22	28,76
Jun	8,87	8,98	30,93	22,46
Jul	9,09	9,25	25,2	32,76
Ago	8,55	7,83	19,27	31,29
Set	8,79	9,71	16,04	29,32
Out	11,88	10,21	28,6	19,36
Nov	10,4	9,35	24,11	21,48
Dez	11,48	11,04	24,06	11,61
Qmédia mensal	10,3	9,74	20,76	20,87

3.3. MODELAGEM NO VENSIM PRO

3.3.1. CONSTRUÇÃO DO MODELO

O modelo de consumo da água baseou-se num modelo não testado do guia do usuário do Vensim desenvolvido pela Universidade de Sorocaba. O modelo foi bastante alterado a fim de se adequar ao propósito da pesquisa e as condições da região. A primeira parte da simulação considerou o uso da água da chuva para os consumos primário e secundário. Salientamos que a análise restringiu-se ao balanço hídrico sem levar em consideração os aspectos qualitativos da água. Na segunda etapa da simulação foi considerado o uso da água da chuva para o consumo não potável (uso secundário) variando os volumes de reservação da água da chuva de 0 a 10m³ e associado ao reuso de água cinza. A ultima etapa analisou apenas o consumo de água cinza que deve ser feito considerando os consumos diários uma vez que a água cinza não pode ser armazenada por um período superior a 24 horas para isso um volume de 200L de reservação atende à demanda de água não potável diário de uma residência.

3.3.2. USO DA ÁGUA DA CHUVA PARA CONSUMO PRIMÁRIO E SECUNDÁRIO

Apesar de não se recomendar o uso da água da chuva para uso potável, ele ocorre em áreas remotas onde não existe um sistema de distribuição de água e onde existe escassez de fontes de água. Devido à ocorrência dessas condições, foram feitas simulações com estes cenários. Salientamos, porém que o aspectos qualitativo das águas não foi considerado neste estudo.

A Figura 3.9 mostra o diagrama de fluxos e estoques dos dados de entrada de chuva CHUVA-24, são os volumes de chuva coletados por um telhado com área projetada de 100m², descontado 1mm de chuva para o reservatório de descarte e considerando a eficiência do sistema em 80%. A chuva descartada pelo Esgoto-3 é o volume que não pode ser retido no reservatório e o E_pluvial é o volume total de chuva lançado no sistema pluvial considerando o volume descartado pela ineficiência do sistema de coleta e armazenamento, o Chuva_Tot. O volume do reservatório R-2_CHUVA varia atribuindo-se valores em Capacidade R-2. O Uso_Potável considera o uso da chuva para os consumos primário e secundário, então o uso da Agua_Conces acontece quando o Uso_A_CHUVA não é suficiente para atender ao consumo. Em função dos diferentes volumes do reservatório de acumulação da água da chuva e da precipitação, os consumos da água da concessionária variam.

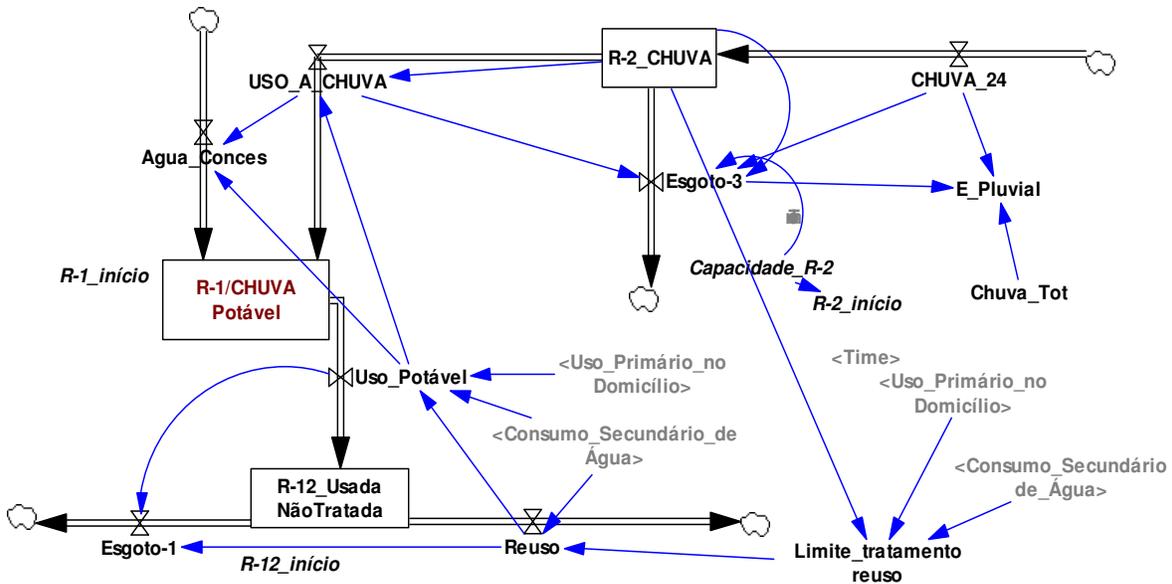


Figura 3.9 - Modelo de uso da água da chuva para consumo potável criado no Vensim Pro – parte 1.

A Figura 3.10. mostra os fluxos de uso de água em função do percentual de uso da água mostrados na Tabela 2.11, para os diversos fins domésticos considerados como de consumo primário e também o percentual considerado para a descarga da bacia sanitária, conforme os dados mostrados na Tabela 1.

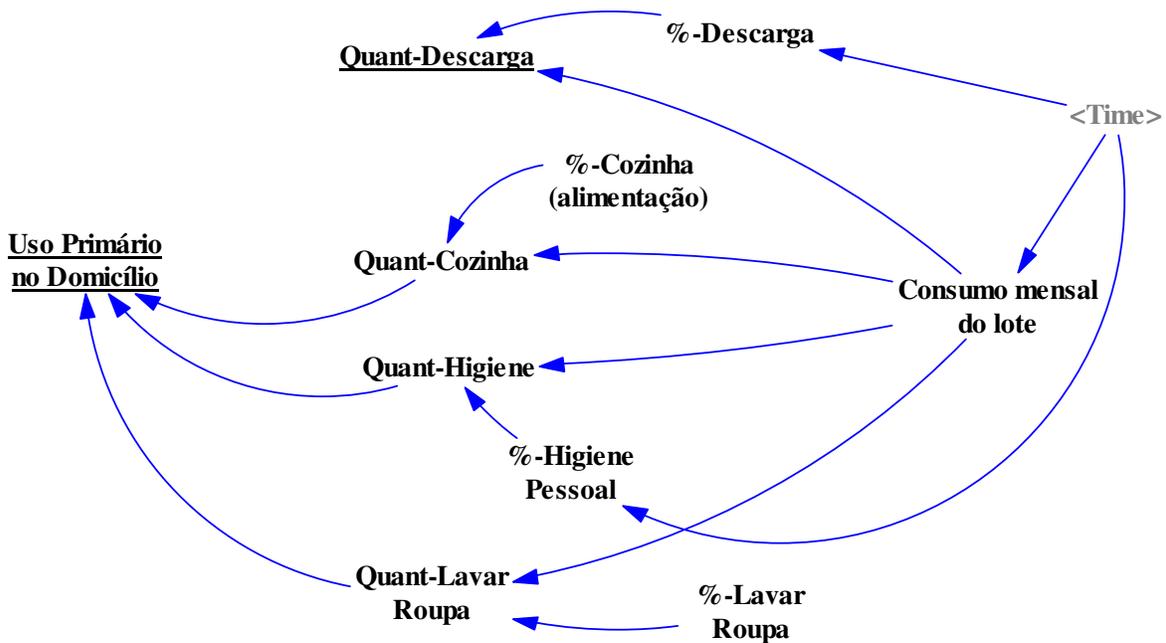


Figura 3.10 - Modelo criado no Vensim Pro para consumo primário de água – parte 2.

A Figura 3.11 mostra os fluxos de uso de água em função do percentual de uso para os diversos fins domésticos considerados como de consumo secundário adicionando o percentual considerado para a descarga da bacia sanitária, conforme os dados mostrados na Tabela 2.5.

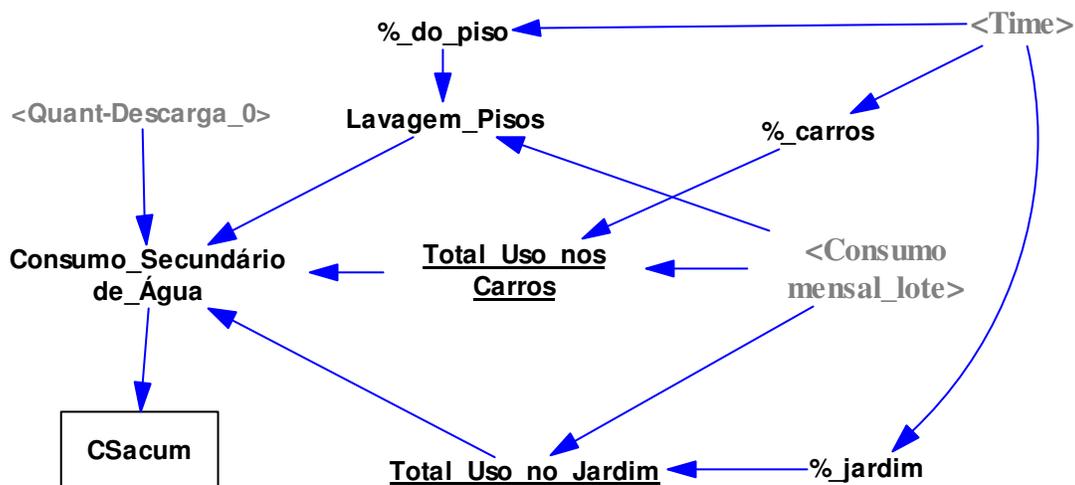


Figura 3.11 - Modelo para simular o consumo secundário de água – parte 3.

A Figura 3.12 exibe o diagrama de fluxos e estoques dos volumes de água das entradas e saídas mensais e acumulados e os valores econômicos obtidos. O Esgoto_Sanitário_T2 mostra os volumes de esgoto sanitário liberado descontados os volumes da água usada para a lavagem de veículos e de pisos, que é adicionada ao esgoto pluvial, e a água para a rega de jardim, que é considerada como absorvida pelo solo. A Tarifa_Esg_Cobrada é o valor que a concessionária cobra pelo volume de esgoto tratado, neste caso é considerado o valor de 80% do volume faturado de água. A Tarifa_Esgoto_Real seria a tarifa que deveria ser cobrada pelo tratamento do volume realmente produzido de esgoto sanitário, já que uma parcela da água da chuva será convertida em esgoto sanitário e este volume não será medido pela concessionária. Devido a isto a concessionária internalizará uma perda de receita relativa ao tratamento dos esgotos sanitário que é calculada por Perda_Receita_EsgSan.

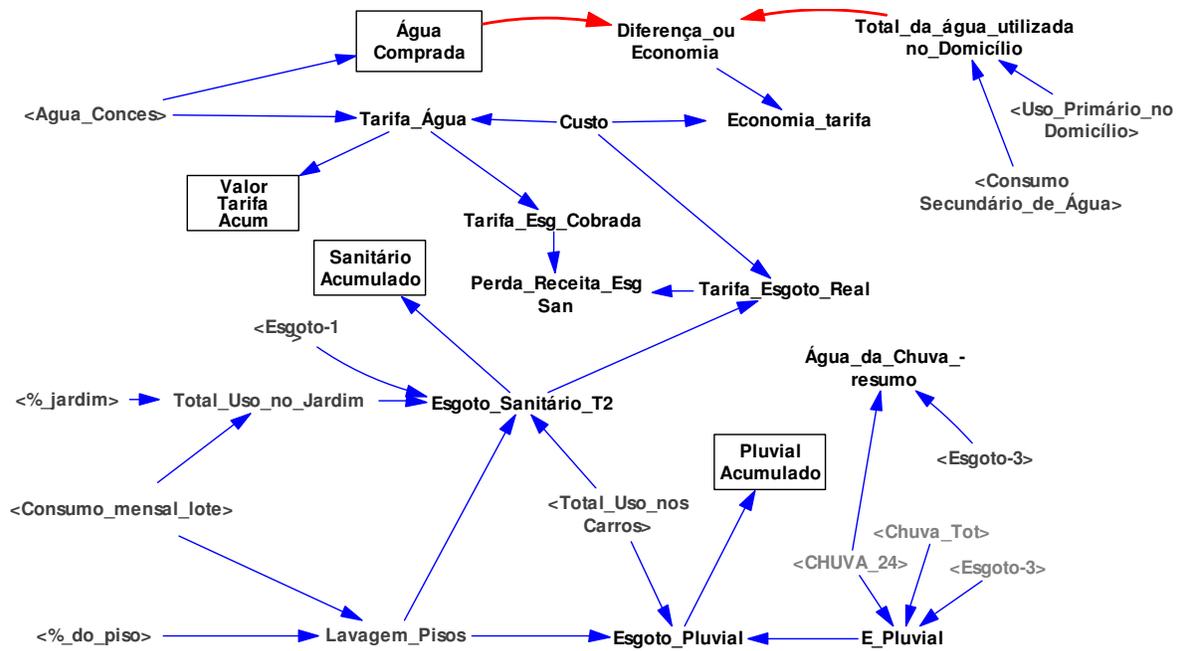


Figura 3.12 - Modelo para obter os valores finais da simulação – parte 4.

A listagem do programa feito no Vensim, para o caso do consumo primário da água da chuva que pode ser simulado com ou sem reuso de água cinza encontra-se no Anexo 8.5.

3.3.3. CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA PARA CONSUMO POTÁVEL E REUSO DE ÁGUA CINZA

O mesmo modelo apresentado para simular o uso da água da chuva para uso potável foi usado para associar o reuso de água cinza ao sistema.

3.3.4. CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA PARA CONSUMO NÃO POTÁVEL.

A Figura 3.13 mostra o diagrama de fluxos e estoques dos dados de entrada de chuva CHUVA, são os volumes de chuva coletados por um telhado com área projetada de 100m², descontado 1mm de chuva para o reservatório de descarte e considerando a eficiência do sistema em 80%. A chuva descartada pelo Esg-3 é o volume que não pode ser retido no reservatório e o E_pluvial é o volume total de chuva, Chuva_T, lançado no sistema pluvial, considerando o volume descartado pela ineficiência do sistema de coleta e

armazenamento. O volume do reservatório R-2_CHUVA varia atribuindo-se valores em Capacidade R-2. O Uso_Potável não considera o uso da chuva para o consumo potavel, o Uso_Chuva é alocado para o Consumo_Secundário_de_Água, então o Uso DMAE acontece quando o Uso_Chuva não é suficiente para atender ao consumo Secundário. Em função dos diferentes volumes do reservatório de acumulação da água da chuva e da precipitação, os consumos da água da concessionária variam.

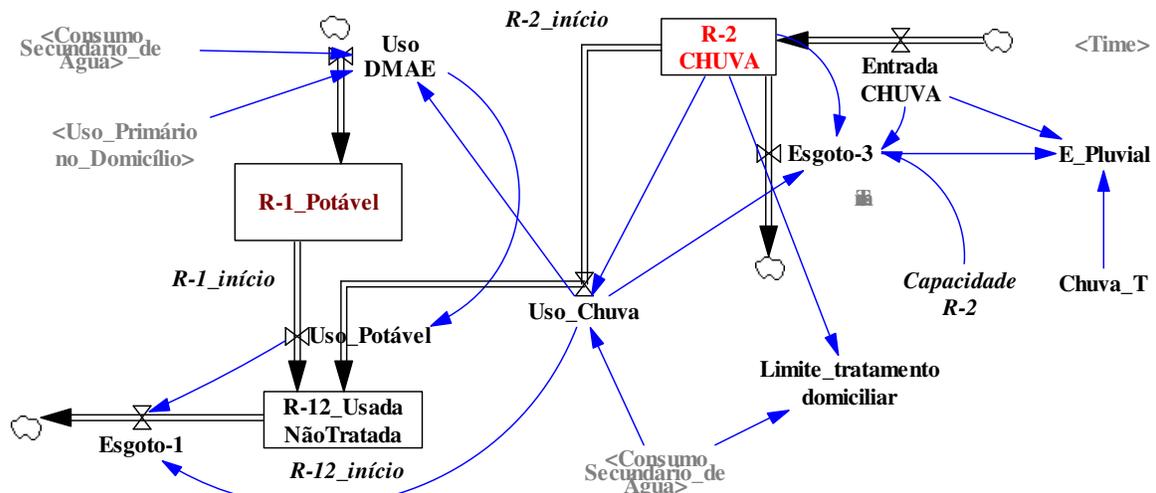


Figura 3.13. Diagrama de fluxo e estoque para o uso secundário da água da chuva – Parte 1.

Os diagramas de fluxos de uso de água em função do percentual de uso para os diversos fins domésticos serão os mesmos utilizados para a simulação anterior, conforme as Figuras 3.10 e 3.11.

A Figura 3.14 exibe o diagrama de fluxos e estoques dos volumes de água das entradas e saídas mensais e acumulados e os valores econômicos obtidos. O Água_Direto_Esgoto mostra os volumes de esgoto sanitário liberado descontados os volumes da água usada para a lavagem de veículos e de pisos, que é adicionada ao esgoto pluvial, e a água para a rega de jardim, que é considerada como absorvida pelo solo. A Tarifa_San_Cobrada é o valor que a concessionária cobra pelo volume de esgoto tratado, neste caso é considerado o valor de 80% do volume faturado de água. A Tarifa_San_Real seria a tarifa que deveria ser cobrada pelo tratamento do volume realmente produzido de esgoto sanitário, já que uma parcela da água da chuva será convertida em esgoto sanitário e este volume não será medido pela concessionária. Devido a isto a concessionária

internalizará uma perda de receita relativa ao tratamento dos esgotos sanitário que é calculada por Perda_Receita_San.

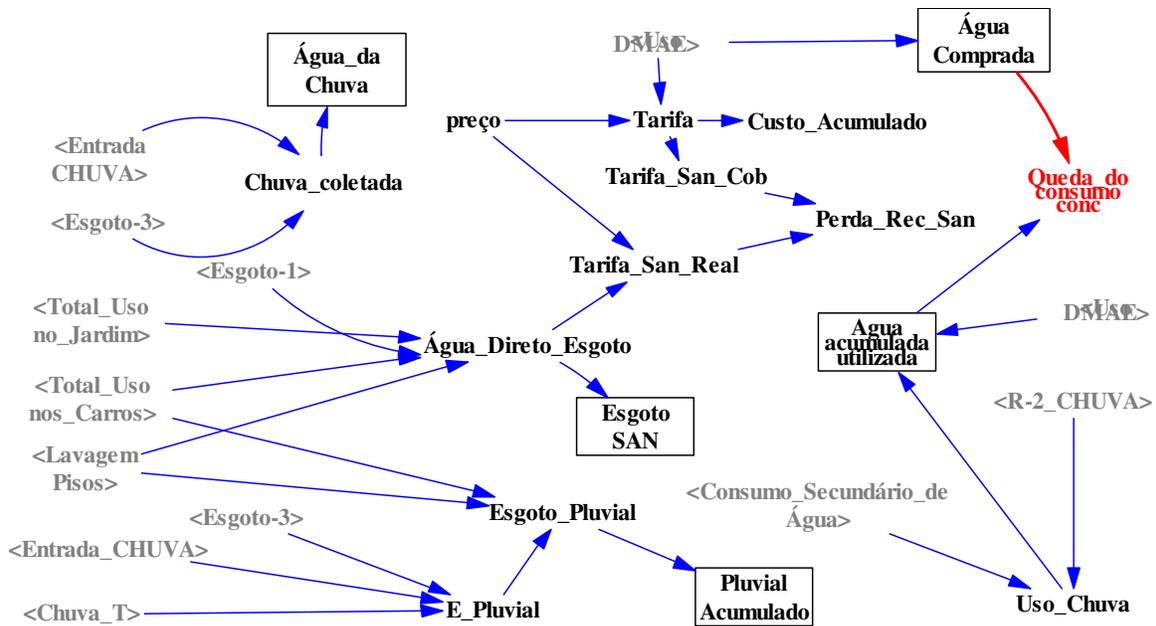


Figura 3.14 - Diagrama de fluxo e estoque para o uso secundário da água da chuva – Parte 4.

3.3.5. CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA PARA CONSUMO NÃO POTÁVEL E REUSO DE ÁGUA CINZA.

Neste cenário, o reuso da água cinza proveniente do uso do chuveiro, lavatórios e lavagem de roupas é acrescido ao modelo de captação da água da chuva, Figura 3.15, contudo é dado prioridade ao uso da água da chuva quando ele esta disponível. Esta priorização foi feita porque o tratamento da água da chuva é menos complexo e mais econômico que o tratamento da água cinza para consumo não potável.

Os diagramas de fluxos de uso de água em função do percentual de uso para os diversos fins domésticos serão os mesmos utilizados para a primeira simulação, conforme as Figuras 3.10 e 3.11.

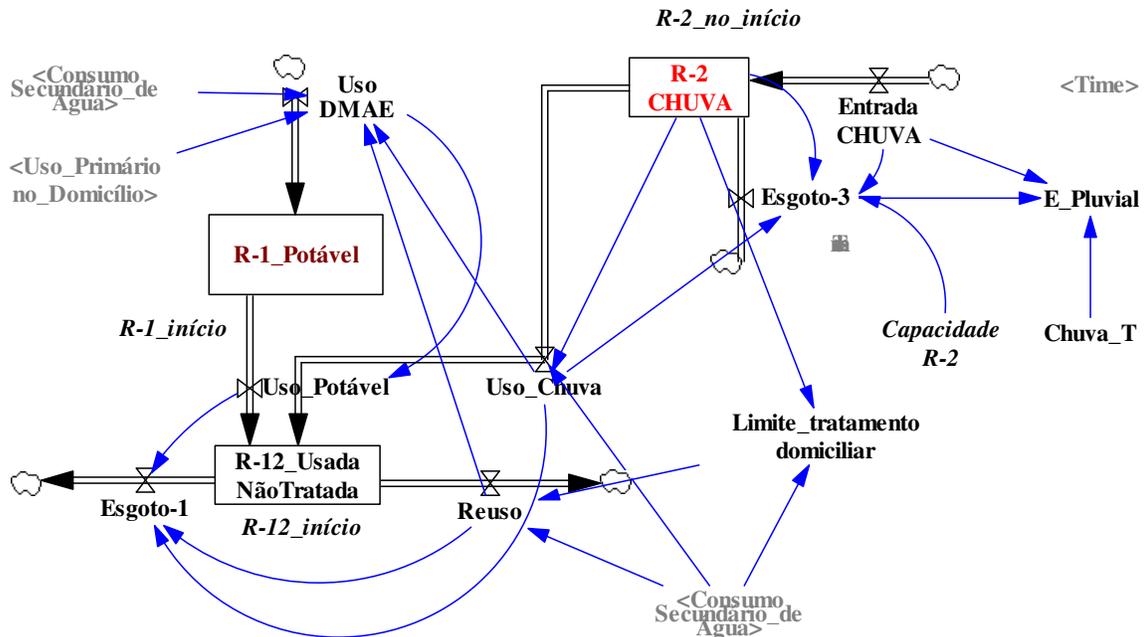


Figura 3.15 - Diagrama de fluxo e estoque para o uso secundário da água da chuva e reuso de água cinza- Parte 1.

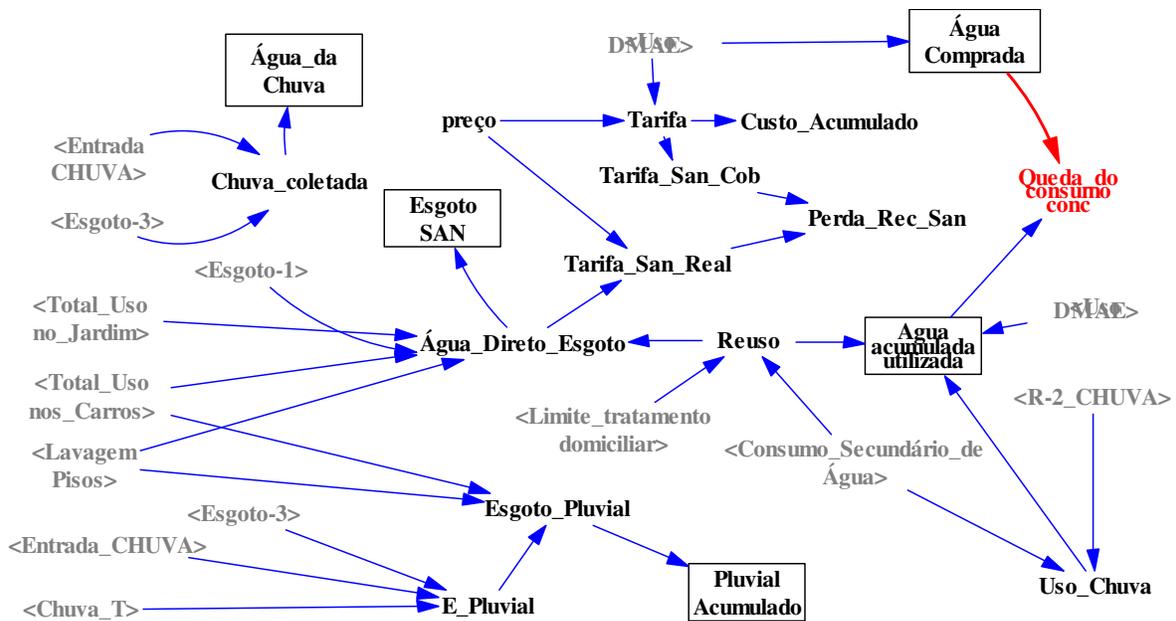


Figura 3.16 - Diagrama de fluxo e estoque para o uso secundário da água da chuva e reuso de água cinza - Parte 4.

A Figura 3.16 mostra o diagrama de fluxos e estoques dos volumes de água das entradas e saídas mensais e acumulados e os valores econômicos obtidos. O

Água_Direto_Esgoto mostra os volumes de esgoto sanitário liberado descontados os volumes da água usada para a lavagem de veículos e de pisos, que é adicionada ao esgoto pluvial, a água para a rega de jardim, que é considerada como absorvida pelo solo e adiciona o reuso. .A Tarifa_San_Cobrada é o valor que a concessionária cobra pelo volume de esgoto tratado, neste caso é considerado o valor de 80% do volume faturado de água. A Tarifa_San_Real seria a tarifa que deveria ser cobrada pelo tratamento do volume realmente produzido de esgoto sanitário, como no modelo anterior. A perda de receita relativa ao tratamento dos esgotos sanitário que é calculada por Perda_Receita_San.

Após, seriam simulados os casos de Tarifa 1 e Tarifa 3 cujas entradas (água da concessionária e da chuva) e saídas (vazões pluvial e cloacal) formariam primeiramente o balanço hídrico residencial, para então, combinadas a Tarifa 2, dar origem ao cenário completo do balanço hídricos da área em estudo.

A listagem do programa para o caso do consumo secundário da água da chuva que também pode ser simulado com ou sem reuso de água cinza está no Anexo 8.6.

4. RESULTADOS

Os resultados obtidos na simulação para o bairro Belém Novo foram as variações dos volumes de água consumidos para uso primário e secundário em função do regime de chuvas e do volume de reservatório de captação da água da chuva, as variações dos consumos das águas da chuva, DMAE e reuso de água cinza e as variações dos volumes dos esgotos sanitários e pluviais liberados nos sistemas de coleta. A partir daí, pode-se escolher o volume apropriado de reservação para suprir a demanda doméstica, que é o item mais oneroso do sistema. A seguir serão mostrados os resultados das simulações dentro dos cenários propostos para a adoção das medidas de conservação e reuso. A simulação para a cidade de Porto Alegre foi feita para o consumo não potável de água da chuva, a situação de uso potável da água da chuva não foi realizada já que seria remota a sua aplicabilidade e a adoção do reuso de água cinza teria o mesmo impacto no uso que o provocado na situação local.

4.1. SEM A ADOÇÃO DE MEDIDAS DE CONSERVAÇÃO - USO DA ÁGUA POTÁVEL PARA TODO O CONSUMO

Feitas as simulações, o balanço hídrico de um lote para a situação usual, que é a de não adotar medidas de captação de água de chuva e reuso de água cinza, mostra na Tabela 4.1, as entradas e as saídas médias mensais da água e as tarifas de água médias.

Tabela 4.1 - Caracterização do consumo residencial da área de estudo e da tarifa.

Tipo de Tarifa	Número de economias	Consumo primário médio (m3/mês)	Consumo primário %	Consumo secundário médio (m3/mês)	Consumo secundário %	Consumo médio mensal (m3/mês)	Tarifa média (R\$/mês)
T1	255	8,66	68,96	3,9	31,04	12,57	23
T2	2058	8,57	68,95	3,86	31,05	12,43	23,25
T3	55	7,74	68,96	3,48	31,04	11,22	20,98

Como os consumos para as tarifas são praticamente os mesmos e o número de economias das tarifas 1 e 3 é pequeno, conforme a Tabela 4.1, não foram feitas as

simulações para as tarifas T1 e T3, então serão considerados os mesmos valores de variação dos volumes de água e esgotos que os dos lotes da Tarifa 2.

Tabela 4.2 -Balanço hídrico do lote sem a adoção de medidas de conservação.

Tipo de Tarifa	Água DMAE (m ³ /mês)	Água Chuva (m ³ /mês)	Água Reuso (m ³ /mês)	Esgoto Pluvial (m ³ /mês)	Esgoto Sanitário (m ³ /mês)	Tarifa média água (R\$/mês)	Tarifa média esgoto (R\$/mês)
T1	12,6	0	0	9,6	12,2	23	0
T2	12,4	0	0	9,6	12,1	23,25	18,6
T3	11,2	0	0	9,6	10,9	20,98	16,78

Um lote que não utiliza medidas de conservação da água, Tabela 4.2, utiliza apenas a água da concessionária para o seu consumo. O esgoto pluvial gerado pela captação do telhado é imediatamente lançado na rede pluvial nos casos das Tarifas 2 e 3 e no solo ou em cursos da água no caso da Tarifa 1. O volume de esgoto sanitário gerado é menor do que a água consumida porque a água usada para o jardim infiltra no solo e a água de lavagem dos pisos e dos carros vai para o esgoto pluvial. O esgoto sanitário gerado pela Tarifa 1 pode ser disposto no solo após tratamento por fossa e filtro, mas em periferias urbanas ele é lançado em valas junto com o pluvial, ficando a céu aberto. O esgoto sanitário gerado pela Tarifa 2 vai para a Estação de Tratamento de Esgotos e o gerado na Tarifa 3 poderá, após um tratamento primário, ser lançado na rede de esgoto pluvial.

4.2. CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA PARA CONSUMO POTÁVEL - CONSUMO PRIMÁRIO E SECUNDÁRIO

Para esta região, a coleta e o uso para consumo potável de 80% da água da chuva coletada, que é o valor máximo coletável devido a eficiência do sistema, poderia suprir até no máximo 60,09% do consumo total da água de um lote usando um reservatório de 24m³. Observa-se no Figura 4.1, que reservatórios com volumes superiores a 16m³ não aumentam o uso da água da chuva. Usando um reservatório com volume menor, como 8m³ poderia se reduzir o consumo de água da concessionária para 55,23%, este mesmo volume reduziria o lançamento de esgoto pluvial para 40,41% do valor original, estes dados são mostrados na tabela 4.3. A variação do volume de esgoto pluvial liberado no sistema urbano de drenagem em função dos volumes de captação da água da chuva estão relacionados no Figura 4.3.

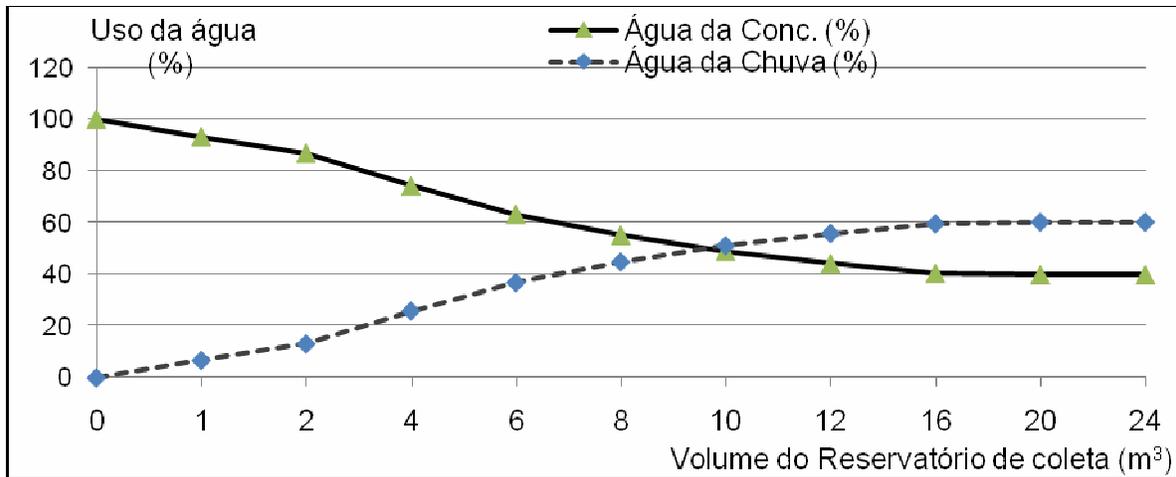


Figura 4.1 - Percentual do consumo de água da concessionária e da chuva para uso potável em função do volume do reservatório de captação.

A liberação do esgoto pluvial coletado em uma área de 100m², em função do volume do reservatório de armazenamento da água da chuva pode ser vista na Figura 4.2. Daí pode-se dizer que a adoção de práticas de captação da água da chuva dos telhados podem ser efetivas em casos de alagamentos localizados em áreas urbanas.

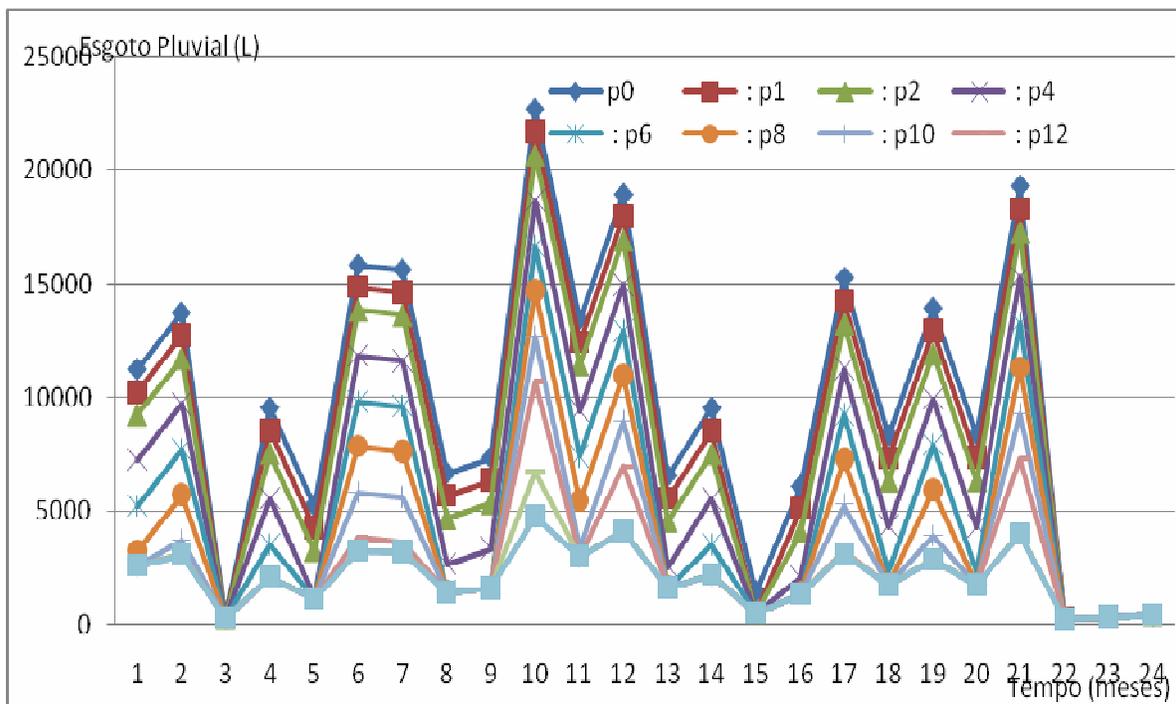


Figura 4.2 - Volumes de esgoto pluvial liberado em função de diferentes volumes de reservatórios de armazenamento da água da chuva.

Usando um reservatório de 4m³, Figura 4.3, o consumo do DMAE é reduzido em média a 74% do padrão, Tabela 4.3, contudo ele varia bastante. Os volumes de esgoto pluvial liberado ficam próximos aos volumes de esgoto sanitário, Figura 4.6, sofrendo uma redução média de 35% conforme a tabela 4.3.

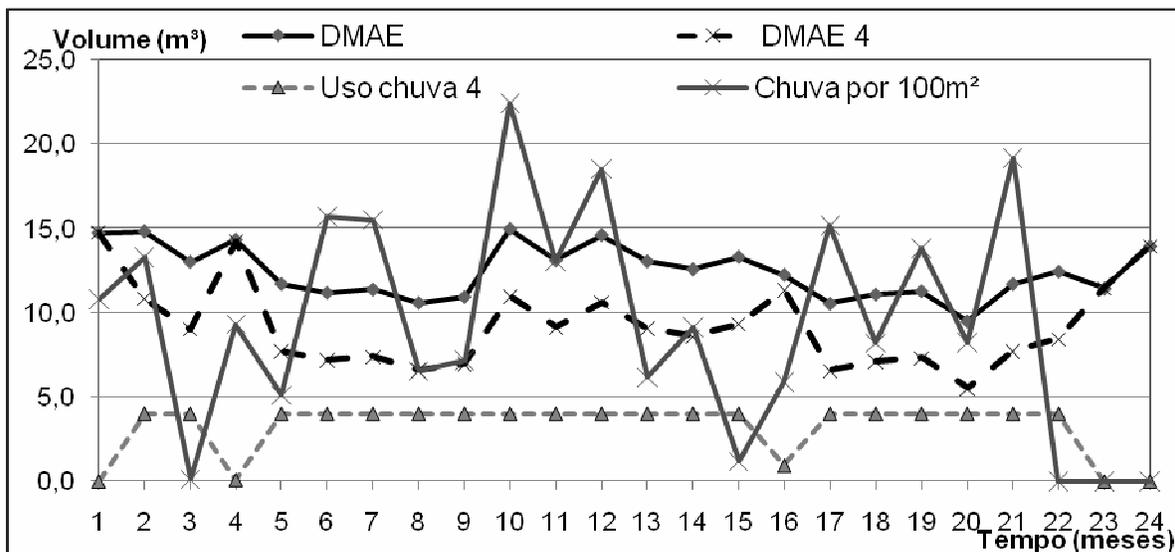


Figura 4.3 - Volumes de chuva disponível, chuva usada e uso da água do DMAE em um lote residencial usando um reservatório de 4m³.

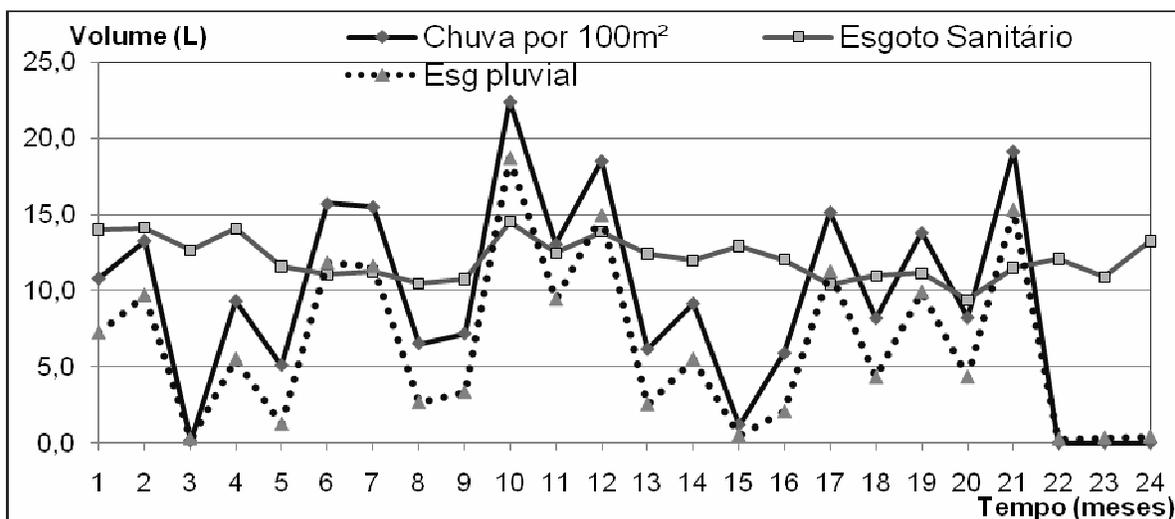


Figura 4.4 - Volumes de chuva disponível, esgoto pluvial e esgoto sanitário gerados em um lote residencial usando um reservatório de 4m³.

Quando um reservatório de 8m³ é usado, Figura 4.5, o consumo do DMAE é reduzido em media a 55% do padrão, Tabela 4.4, contudo a sua variação é muito grande. Os volumes de esgoto pluvial liberado ficam menores que os volumes de esgoto sanitário, Figura 4.6, sofrendo uma redução media de 60% conforme a tabela 4.3.

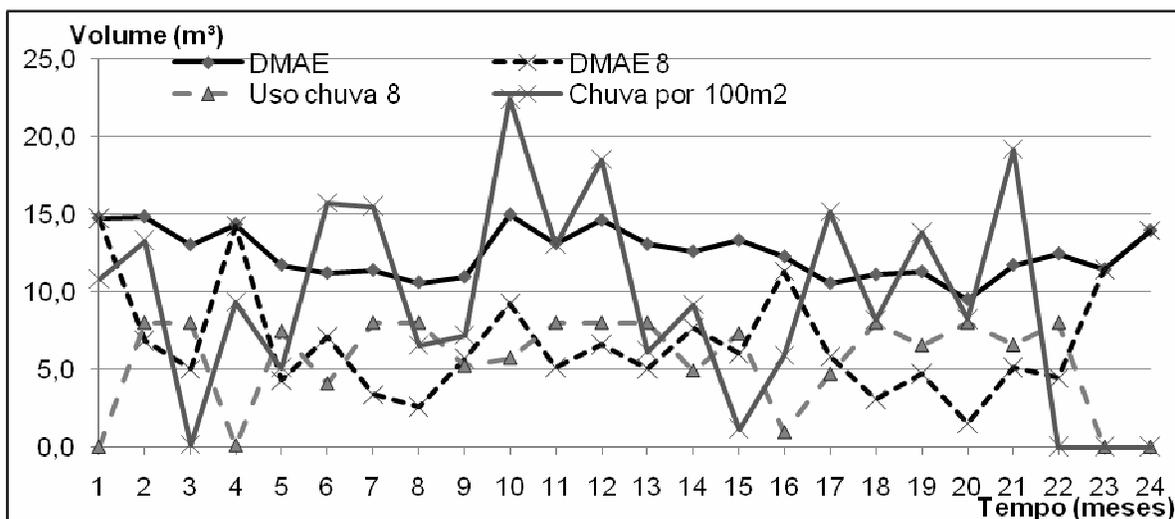


Figura 4.5 - Volumes de chuva disponível, usada e uso da água do DMAE em um lote usando um reservatório de 8m³.

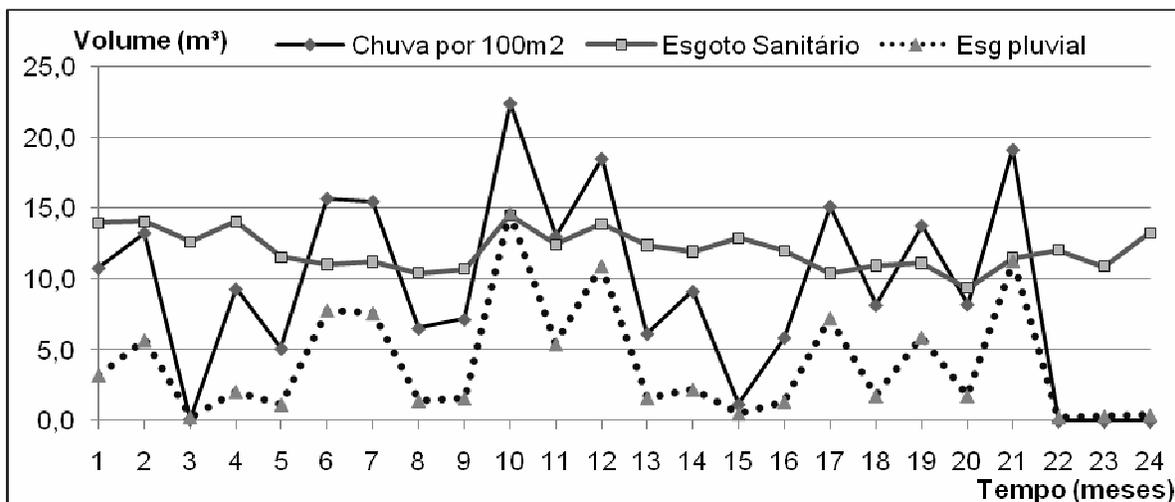


Figura 4.6 - Volumes de chuva disponível, esgoto pluvial e esgoto sanitário gerados em um lote usando um reservatório de 8m³.

Tabela 4.3 - Usos da água em uma residência e reflexos na tarifa de água.

Vol Res (m3)	Água da Conc. (%)	Água da Chuva (%)	Uso da chuva disponível (%)	Pluvial liberado (%)	Economia água p/o usuário (R\$/ano)	Tarifa de água (R\$/m)
0	100	0	0	100	0	23,25
1	93,28	6,72	8,94	91,29	18,75	21,69
2	86,92	13,08	17,42	83,04	36,51	20,21
4	74,18	25,82	34,37	66,54	72,04	17,24
6	63,24	36,76	48,94	52,36	102,57	14,7
8	55,23	44,77	59,59	41,98	124,89	12,84
10	48,99	51,01	67,91	33,89	142,3	11,39
12	44,28	55,72	74,18	28,06	155,45	10,29
16	40,55	59,45	79,15	22,95	165,86	9,43
20	39,91	60,09	80	22,12	167,65	9,28
24	39,91	60,09	80	22,12	167,65	9,28

Vê-se pelos resultados da Tabela 4.3 que a economia anual em tarifa de água é muito pouca em comparação com os custos da implantação e operação de um sistema de coleta e tratamento de água da chuva para consumo potável para se chegar a uma utilização máxima de 60% da água da chuva em relação ao consumo total. Além disto ainda haverá um aumento no custo da energia elétrica que não foi avaliado neste estudo.

Tabela 4.4 - Volumes das águas consumidas e esgotos gerados em uma residência e reflexos na tarifa de esgoto em função do volume de reservação da água da chuva.

Vol Res (m ³)	Água da Conc. (m ³ /mês)	Água da Chuva (m ³ /mês)	Esgoto Pluvial (m ³ /mês)	Esgoto Sanitário (m ³ /mês)	Tarifa de esgoto sanit. cobrada (R\$/m)	Tarifa de esgoto sanit. real (R\$/m)	Perda de receita esg. san. (R\$/m)
0	12,43	0,00	9,59	12,05	18,60	22,53	3,93
1	11,60	0,84	8,76	12,05	17,35	22,53	5,18
2	10,81	1,63	7,97	12,05	16,16	22,53	6,37
4	9,22	3,21	6,38	12,05	13,80	22,53	8,74
6	7,86	4,57	5,02	12,05	11,76	22,53	10,77
8	6,87	5,57	4,03	12,05	10,27	22,53	12,26
10	6,09	6,34	3,25	12,05	9,11	22,53	13,42
12	5,53	6,90	2,69	12,05	8,24	22,53	14,30
16	5,04	7,39	2,20	12,05	7,54	22,53	14,99
20	4,96	7,47	2,12	12,05	7,42	22,53	15,11
24	4,96	7,47	2,12	12,05	7,42	22,53	15,11

4.3. CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA PARA CONSUMO POTÁVEL E REUSO DE ÁGUA CINZA.

A simulação do uso potável da água da chuva complementado pelo reuso de água cinza para o uso não potável considerando volumes de reservação de água da chuva variando de 0 a 24m³

A Figura 4.7 mostra a variação dos usos da água do DMAE e do reuso de água cinza em função do aumento do uso da água da chuva, devido ao aumento do seu volume de reservação.

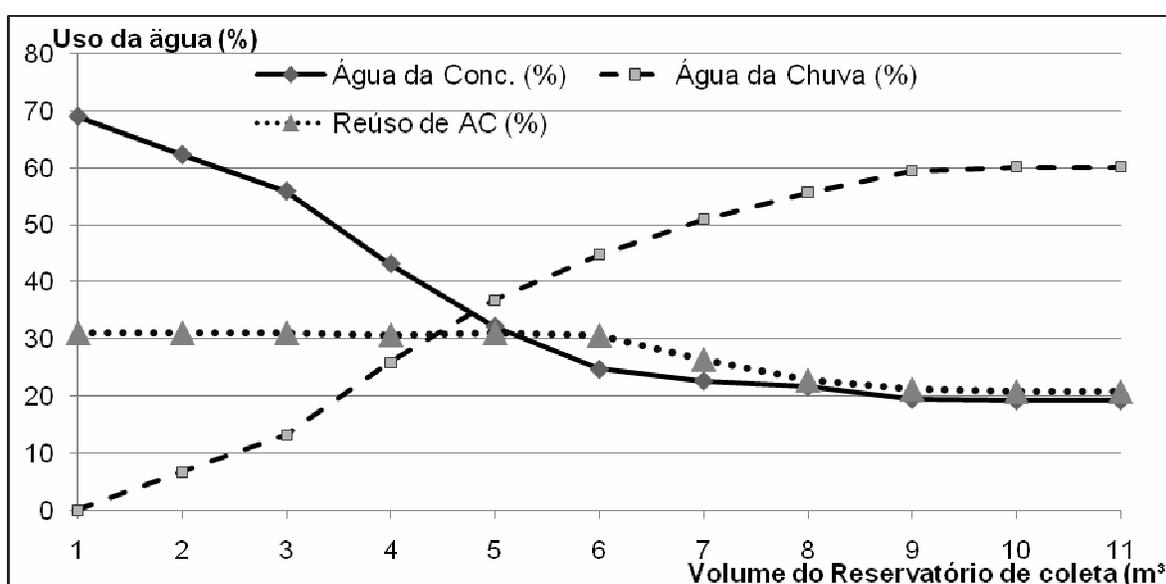


Figura 4.7. Percentual do consumo de água da concessionária, da chuva e da água de reuso em função do volume do reservatório de captação.

As Figuras 4.8 e 4.9 mostram o balanço hídrico mensal do lote considerando o volume de reservatório para a água da chuva de 4m³, associado ao reuso da água cinza. Assim consegue-se reduzir o uso da água do DMAE a 36%, conforme a Tabela 4.5, reduzindo em R\$ 225, 52 por ano o custo com a tarifa de água.

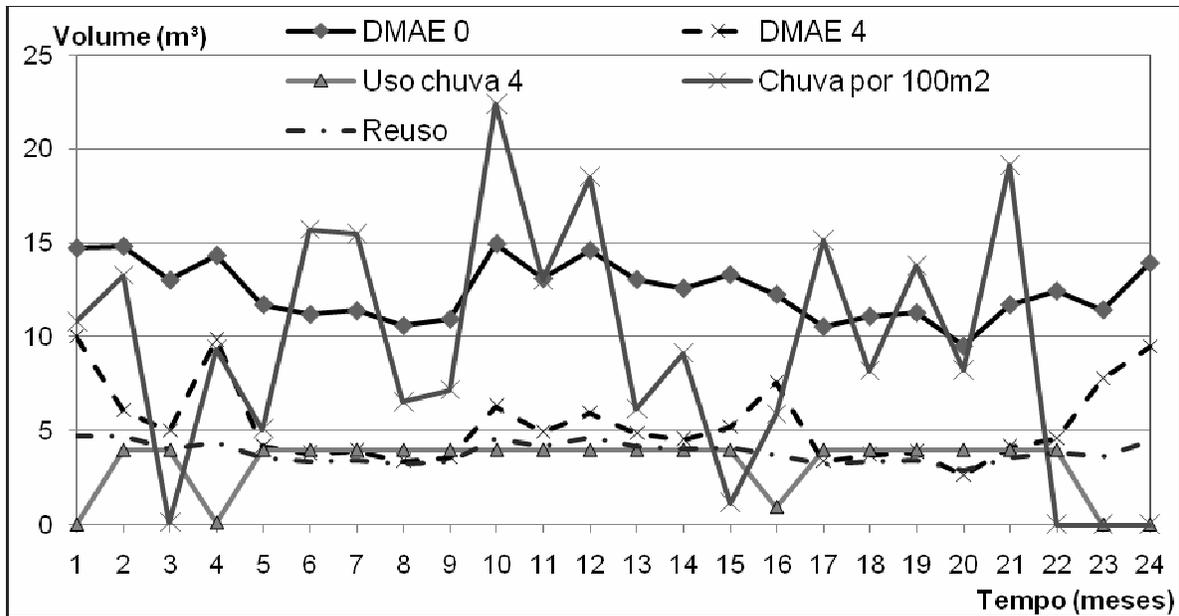


Figura 4.8 - Volumes de chuva disponível, uso de água do DMAE, da chuva e reuso de AC usando um reservatório de 4m³.

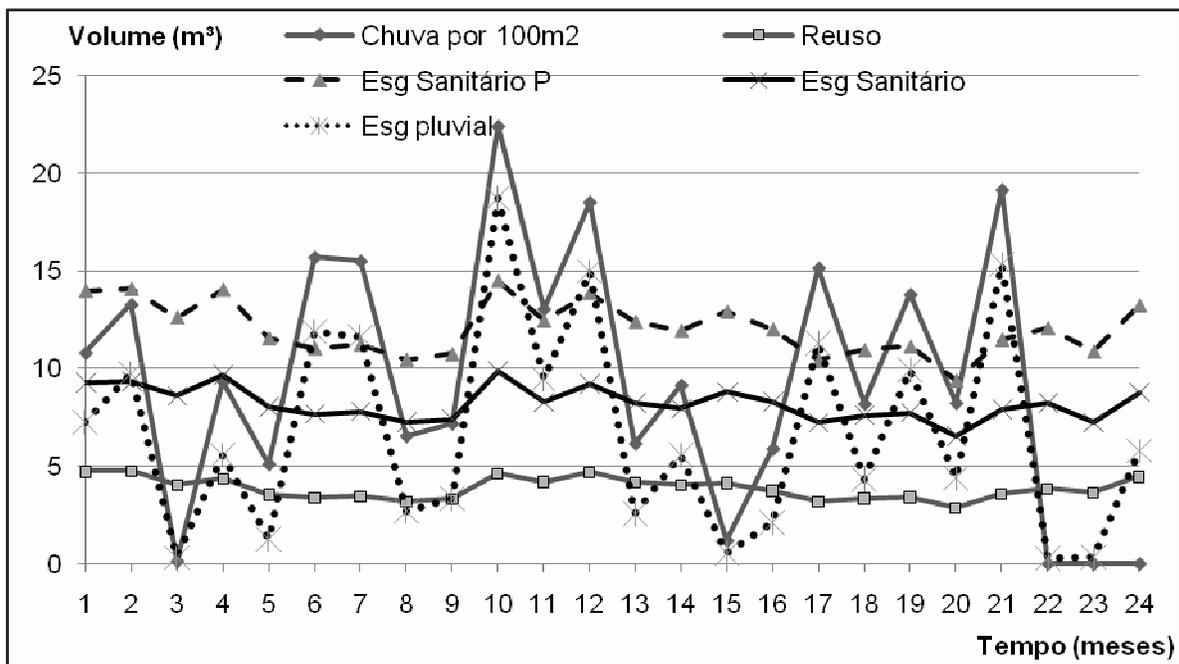


Figura 4.9 - Volumes de chuva disponível, reuso de AC, esgoto pluvial e esgoto sanitário usando um reservatório de 4m³.

As Figuras 4.10 e 4.11 mostram o balanço hídrico mensal do lote considerando o volume de reservatório para a água da chuva de 8m³ associado ao reuso da água cinza. Assim consegue-se reduzir o uso da água do DMAE a menos de 20%, conforme a Tabela 4.5, reduzindo em R\$ 158, 67 por ano o custo em tarifa de água.

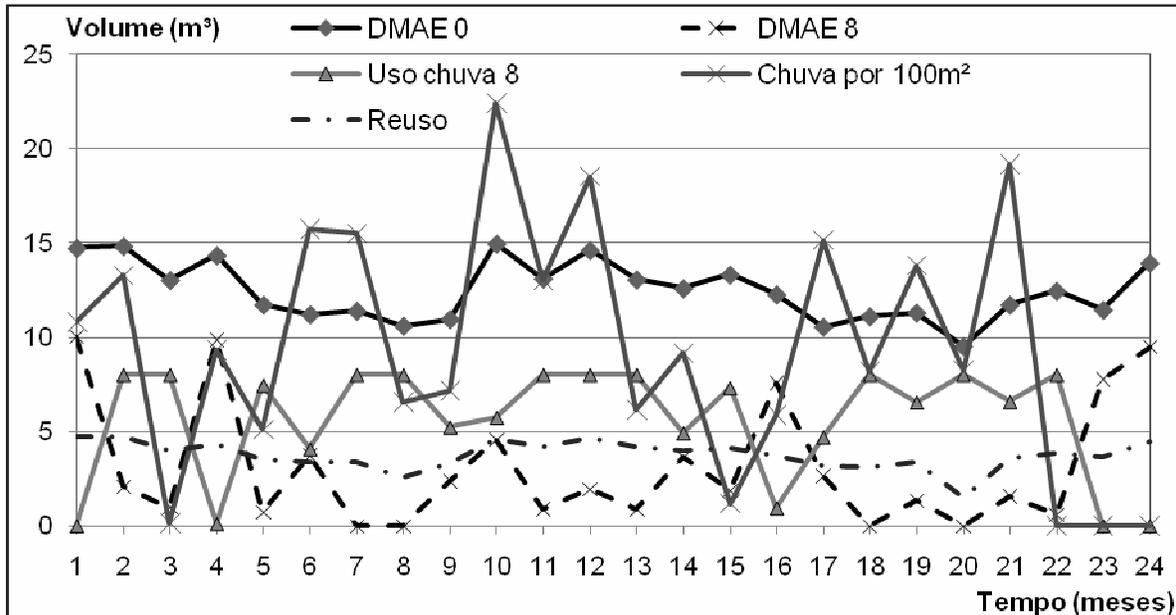


Figura 4.10 - Volumes de chuva disponível, uso de água do DMAE, da chuva e reuso de AC usando um reservatório de 8m³.

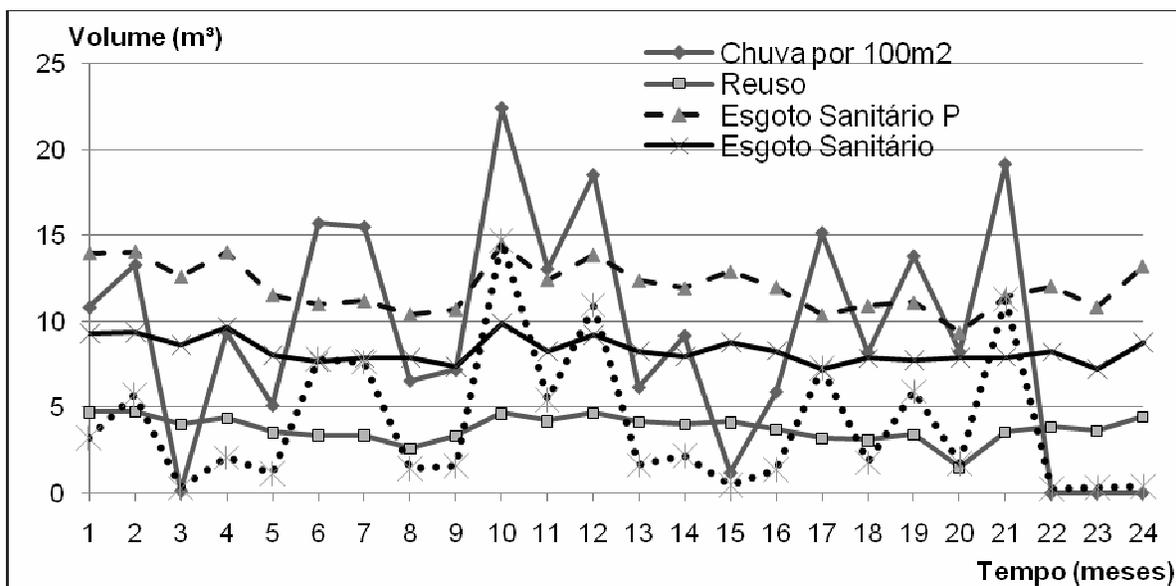


Figura 4.11 - Volumes de chuva disponível, reuso de AC, esgoto pluvial e esgoto sanitário usando um reservatório de 8m³.

A Tabela 4.5 mostra na primeira linha a situação padrão e depois as alterações nos volumes das águas utilizadas no lote em função dos volumes de reservação e reuso da água cinza e depois com a coleta e uso da água da chuva com diferentes volumes de reservatório.

Tabela 4.5 - Usos da água em uma residência e reflexos na tarifa de água e esgoto sanitário.

Vol Res (m ³)	Água da Conc. (%)	Água da Chuva (%)	Reúso de AC (%)	Uso da chuva disponível (%)	Pluvial liberado (%)	Economia água p/o usuário (R\$/ano)	Tarifa de água (R\$/mês)
0	100	0	0	0	100	0	23,25
0	68,95	0	31,04	0	100	86,66	16,03
1	62,23	6,72	31,04	8,94	91,29	105,41	14,47
2	55,87	13,08	31,04	17,42	83,04	123,17	12,99
4	43,13	25,82	31,04	34,37	68,86	158,67	10,03
6	32,19	36,76	31,04	48,94	52,36	189,2	7,48
8	24,95	44,76	30,28	59,59	41,98	209,38	5,73
10	22,81	51,01	26,17	67,91	33,89	215,36	5,26
12	21,69	55,51	22,79	73,9	28,06	218,49	5,01
16	19,78	59,45	20,76	79,15	22,95	223,81	4,51
20	19,57	60,09	20,33	80	22,12	224,4	4,45
24	19,57	60,09	20,33	80	22,12	224,4	4,45

Neste caso, os volumes de água fornecidos pelo DMAE e os volumes de esgoto pluvial lançados na rede de drenagem durante os eventos de chuva teriam as maiores reduções. O custo com energia elétrica aumentaria, devido ao bombeamento das águas, pois estas precisam retornar ao sistema de tratamento e de distribuição da moradia. Como a tarifa de esgoto sanitário é cobrada sobre 80% do valor da água faturada, haveria uma defasagem entre o valor cobrado e o efetivamente coletado e tratado, o que, no sistema tarifário atual, resultaria em perda de receita para a concessionária, conforme mostrado na Tabela 4.6.

Tabela 4.6 - Volumes médios da água da concessionária, da chuva e da água cinza usadas em uma residência e reflexos na tarifa de esgoto sanitário.

Vol Res (m ³)	Água da Conc. (m ³ /mês)	Água da Chuva (m ³ /mês)	Reúso de AC (m ³ /mês)	Esgoto Pluvial (m ³ /mês)	Esgoto Sanitário (m ³ /mês)	Tarifa de esgoto sanit. cobrada (R\$/mês)	Tarifa de esgoto sanit. real (R\$/mês)	Perda de receita esg. san. (R\$/mês)
0	12,43	0	0	9,59	12,05	18,6	22,53	3,93
0	8,57	0	3,86	9,59	8,19	12,82	15,31	2,49
1	7,74	0,84	3,86	8,76	8,19	11,57	15,31	3,74
2	6,95	1,63	3,86	7,97	8,19	10,39	15,31	4,92
4	5,36	3,21	3,86	6,61	8,19	8,02	15,31	7,29
6	4	4,57	3,86	5,02	8,19	5,99	15,31	9,32
8	3,1	5,57	3,76	4,03	8,28	4,64	15,49	10,85
10	2,84	6,34	3,25	3,25	8,79	4,24	16,44	12,2
12	2,7	6,9	2,83	2,69	9,21	4,03	17,23	13,19
16	2,46	7,39	2,58	2,2	9,47	3,68	17,7	14,02
20	2,43	7,47	2,53	2,12	9,52	3,64	17,8	14,16
24	2,43	7,47	2,53	2,12	9,52	3,64	17,8	14,16

4.4. CAPTAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA PARA O CONSUMO NÃO POTÁVEL.

Para simular o uso da água da chuva para o consumo não potável foram utilizados volumes de reservatórios de acumulação da água da chuva variando de 0 a 10m³. Pela Figura 4.12 vemos que para volumes maiores que 5m³ o percentual de uso de água da chuva aumenta muito pouco, então para uma residência uni familiar volumes de reservatórios maiores que 5m³ não alterariam a captação da água da chuva.

A captação de água de chuva apenas para uso secundário resultou, no máximo, em uma redução de 28% no uso da água da concessionária e de uma redução de 37,34% no volume de esgoto pluvial gerado pelo telhado.

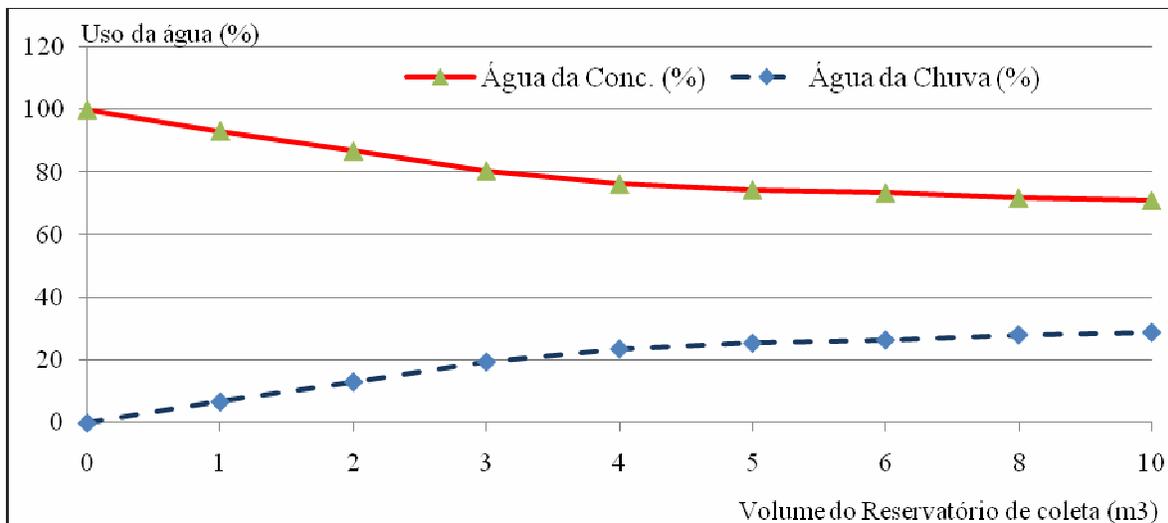


Figura 4.12 - Usos da água do DMAE e da chuva para uso não potável em função dos volumes de reservatório de armazenamento de água da chuva.

O balanço hídrico para um reservatório de 2m³ é mostrado nas Figuras 4.14 e 4.15.

A Figura 4.13 mostra a variação mensal dos consumos de água do DMAE 0, que seria o consumo padrão, sem o uso da água da chuva e o DMAE 2 que seria o consumo da água do DMAE reduzido, e o consumo da chuva usando um reservatório de água da chuva de 2m³, vê-se que há meses onde não ocorre chuva, então a concessionária teria que manter o nível de atendimento para a demanda padrão.

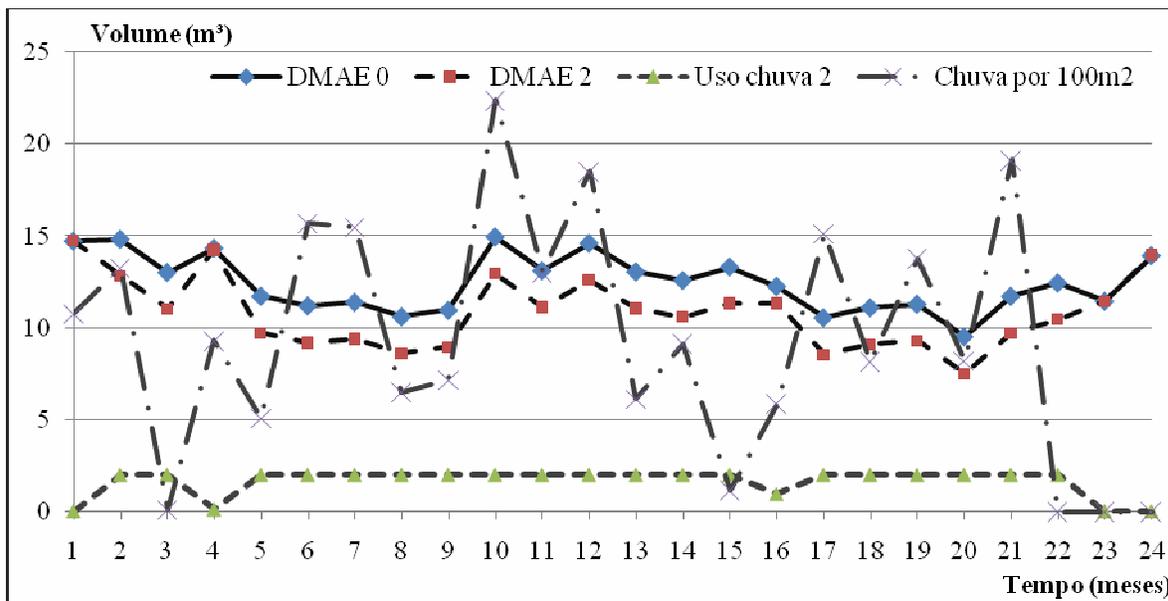


Figura 4.13 - Volumes de chuva disponível, água do DMAE padrão e DMAE reduzida e da chuva utilizada usando um reservatório de 2m³.

A Figura 4.14 mostra a variação mensal dos esgotos sanitário e pluvial, usando um reservatório de água da chuva de 2m³. A vazão do esgoto sanitário varia pouco em relação a do esgoto pluvial, daí pode-se supor que as variações de vazão maiores que ocorrem nas redes de esgoto sanitário devem-se a inclusão de águas do telhado nas redes.

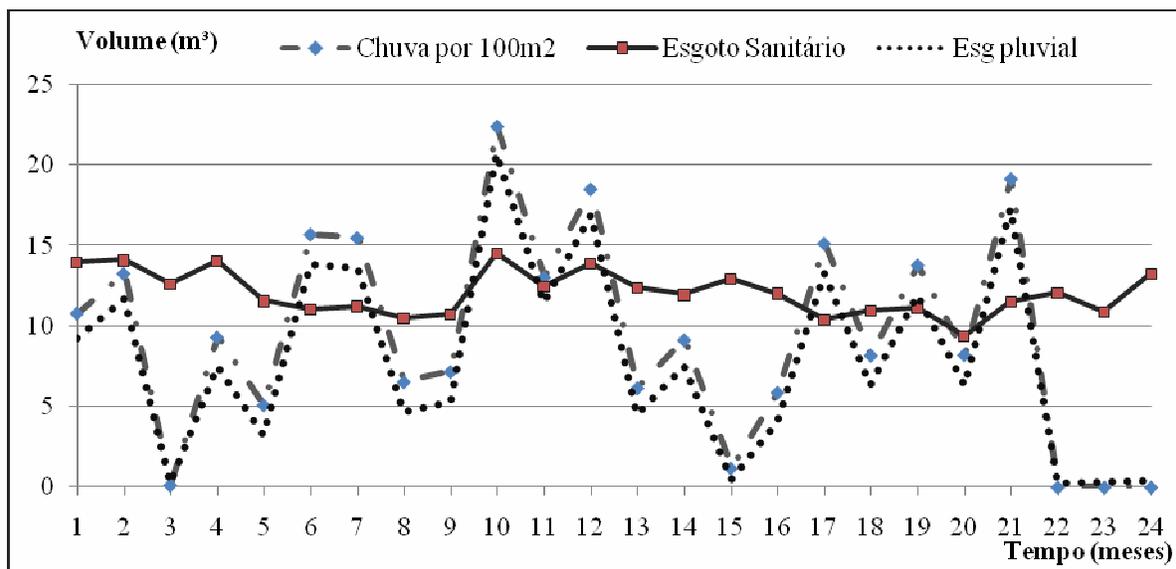


Figura 4.14 - Volumes de chuva disponível, esgoto pluvial e esgoto sanitário usando um reservatório de 2m³.

Tabela 4.7 - Usos da água do DMAE e da chuva para consumo não potável em uma residência em função dos volumes de reservatório de água da chuva e reflexos na tarifa de água.

Volume Res. (m ³)	Água DMAE (%)	Uso Água da Chuva (%)	Esgoto Pluvial (%)	Economia em água (R\$/ano)	Tarifa média (R\$/mês)
0	100	0	100	0	23,25
1	93,28	6,72	91,29	18,74	21,69
2	86,92	13,08	83,04	36,51	20,21
3	80,59	19,41	74,85	54,15	18,74
4	76,44	23,56	69,46	65,74	17,77
5	74,61	25,38	67,1	70,83	17,35
6	73,61	26,39	65,8	73,64	17,11
8	71,96	28,03	63,66	78,24	16,73
10	71,19	28,8	62,66	80,39	16,55

Tabela 4.8 - Volumes da água do DMAE e da chuva para consumo não potável em função dos volumes de reservatório de água da chuva.

Volume Res. (m ³)	Água DMAE (m ³ /mês)	Uso Água da Chuva (m ³ /mês)	Esgoto Pluvial (m ³ /mês)	Esgoto Sanitário (m ³ /mês)	Tarifa média (R\$/mês)
0	12,43	0,00	9,59	12,05	23,25
1	11,60	0,84	8,76	12,05	21,69
2	10,81	1,63	7,97	12,05	20,21
3	10,02	2,41	7,18	12,05	18,74
4	9,50	2,93	6,66	12,05	17,77
5	9,28	3,16	6,44	12,05	17,35
6	9,15	3,28	6,31	12,05	17,11
8	8,95	3,49	6,11	12,05	16,73
10	8,85	3,58	6,01	12,05	16,55

As Tabelas 4.7 e 4.8 mostram as relações entre os usos das águas da chuva e DMAE, o esgoto pluvial liberado e a redução na tarifa mensal de água e na economia anual. Vê-se que usando um reservatório de 2m³ a redução da tarifa traria uma redução anual de R\$ 36,51.

4.5. CAPTAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA PARA O CONSUMO NÃO POTÁVEL E REUSO DE ÁGUA CINZA.

A situação de usar as duas medidas de conservação e reuso de água foi adotada para se observar se haveria alguma vantagem nessa associação. Como a oferta de água cinza é maior que a sua demanda, a sua vantagem seria a disponibilidade, já que o uso da água da chuva depende do regime de chuvas da região. Nesta região a distribuição das chuvas é geralmente regular e sua vantagem seria um tratamento menos complexo e, portanto, mais econômico.

Pela Tabela 4.9 nota-se que ao adotar as duas medidas de conservação para um lote seria mantido o mesmo resultado de se adotar apenas o reuso de água cinza, mostrado na linha 1, tendo uma redução de tarifa de apenas R\$ 86,64 ao ano.

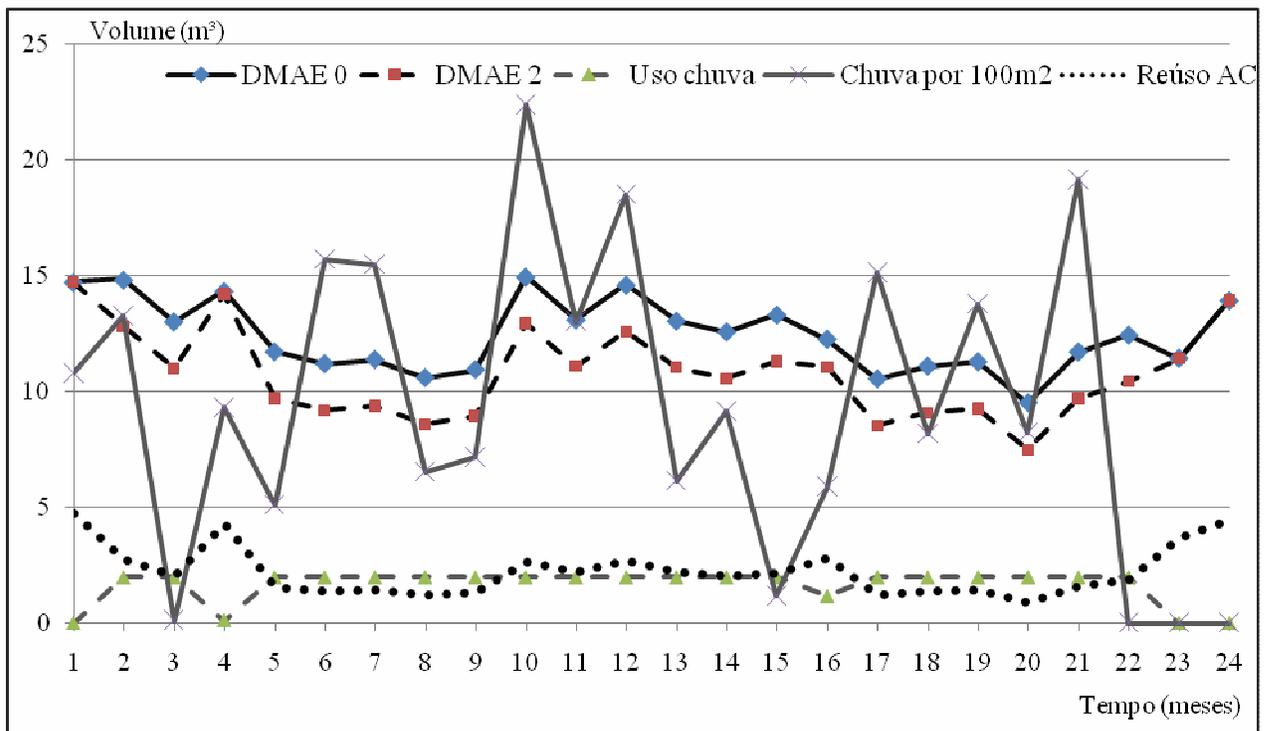


Figura 4.15 - Volumes de chuva disponível, reuso de AC, esgoto pluvial e esgoto sanitário usando um reservatório de 2m³.

Tabela 4.9 - Usos de água e esgoto pluvial decorrentes do uso da água da chuva e reuso de água cinza.

Vol Res (m³)	Água da Conc. (%)	Água da Chuva (%)	Água de reuso (%)	Uso da chuva disponível (%)	Pluvial liberado (%)	Economia para o usuário (R\$/ano)	Tarifa água (R\$)
0	68,95	0	31,04	0	100	86,64	16,03
1	68,95	6,72	24,32	8,94	91,29	86,64	16,03
2	68,95	13,08	17,96	17,42	83,04	86,64	16,03
3	68,95	19,41	11,64	25,84	74,85	86,64	16,03
4	68,95	23,56	7,48	31,36	69,46	86,64	16,03
5	68,95	25,38	5,66	33,79	67,1	86,64	16,03
6	68,95	26,39	4,66	35,13	65,8	86,64	16,03
8	68,95	28,03	3,01	37,32	63,66	86,64	16,03
10	68,95	28,8	2,24	38,35	62,66	86,64	16,03

Tabela 4.10 - Valores das tarifas de água e esgoto decorrentes do uso da água da chuva e reuso de água cinza.

Vol Res (m ³)	Tarifa água (R\$)	Tarifa Esg San Cob (R\$/mês)	Tarifa Esg San Real (R\$/mês)	Perda Receita Esg San (R\$/mês)
0	16,03	12,82	15,31	2,49
1	16,03	12,82	16,87	4,05
2	16,03	12,82	18,35	5,53
3	16,03	12,82	19,82	7
4	16,03	12,82	20,79	7,97
5	16,03	12,82	21,21	8,39
6	16,03	12,82	21,45	8,62
8	16,03	12,82	21,83	9,01
10	16,03	12,82	22,01	9,19

Caso se adote as medidas de conservação e reuso, o valor da tarifa de esgoto teria que ser cobrado de outra forma para se evitar a perda de receita para a concessionária, conforme a Tabela 4.10.

4.6. REUSO DE ÁGUA CINZA

Ao se utilizar a água cinza para atividades de uso secundário, neste caso o uso em bacia sanitária, lavagem de pisos, veículos e rega de jardins observa-se uma redução de 31% no consumo da água da concessionária e uma redução de 32% no esgoto sanitário gerado. Pela Figura 4.17 observa-se que para o padrão de usos adotado neste caso, a oferta de água cinza atende a demanda do consumo secundário com folga.

Na Figura 4.18 observa-se a redução do volume de esgoto sanitário produzido, em relação à situação padrão.

Este é o caso clássico em que o valor da tarifa de esgoto sanitário teria que ser cobrado de outra forma para se evitar a perda de receita para a concessionária, conforme mostra a Figura 4.18.

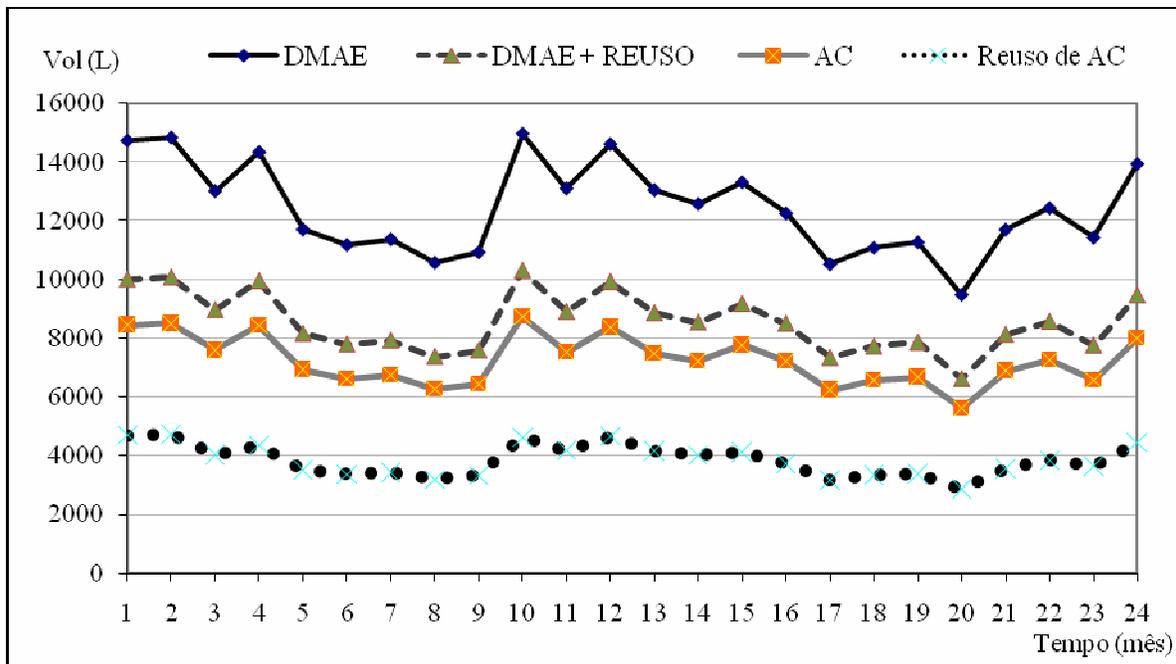


Figura 4.17 - Volumes de água consumida do DMAE padrão, DMAE com o reuso, a água cinza gerada e o reuso de água cinza.

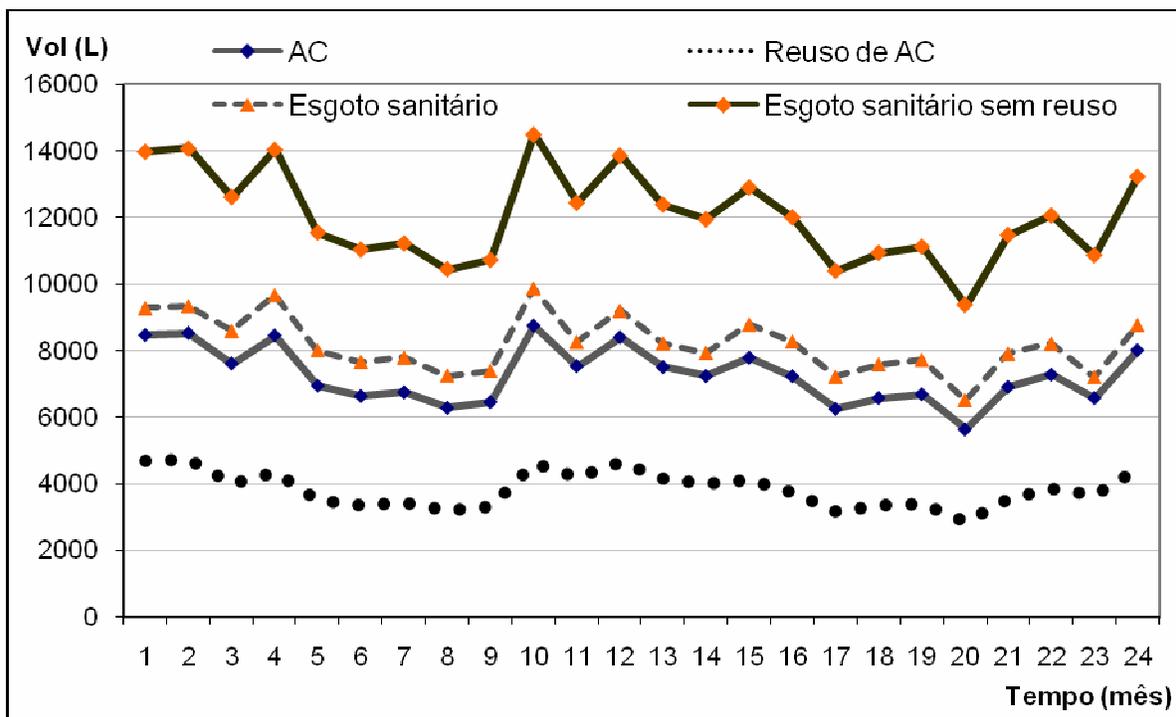


Figura 4.18 - Volumes de esgoto sanitário normal, esgoto sanitário usando o reuso de água cinza.

4.7. IMPACTOS NO SISTEMA PÚBLICO DE SANEAMENTO

4.7.1. SISTEMA DE ABASTECIMENTO

O uso de medidas de conservação e reuso de água podem impactar significativamente a produção da ETA, o que em áreas de escassez de água é positivo, mas onde não existe escassez podem gerar sérios impactos negativos.

O sistema público de saneamento possui custos fixos que não variam com a redução do consumo e, no caso de uma eventual redução de demanda, precisam ser repassados ao usuário através de ônus na tarifação. Um exemplo disso ocorreu na Alemanha, logo após a reunificação, quando os muitos investimentos feitos para a proteção do ambiente e a redução do consumo de água potável inflacionaram as tarifas de saneamento na antiga Alemanha Oriental. O consumo na região passou de 400 litros para 70 litros per capita em um período muito rápido, exigindo a redução de diâmetros e outras adaptações nas tubulações para garantir o escoamento, o que gerou custos extras repassados para população através da tarifa de água/esgoto. Assim, nem sempre a economia de água representa uma economia financeira, podendo até, ao contrário, aumentar os custos. Também as estações de tratamento possuem um volume mínimo para funcionarem e, abaixo desse, começam a enfrentar problemas técnicos e dificuldades de operação (RUDOLPH e BLOCK, 2001 *apud* HAFNER, 2007).

A Figura 4.19 mostra a redução do consumo da água para os consumos primário e secundário em função dos volumes do reservatório da água da chuva. A captação de água da chuva para uso secundário na área de estudo, Tabela 4.11, pode reduzir o consumo da água da concessionária em até 71% e de 69% caso seja adotado o reuso de água cinza.

É importante salientar que o custo do tratamento para que o reuso de água cinza atenda aos padrões mínimos exigidos, inviabiliza o seu uso em escala residencial.

4.7.2. SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

O volume médio de esgoto sanitário gerado foi de 12,05m³/mês e a captação e uso da água da chuva não alterou esse valor, como era previsto. Já com a adoção do reuso de água cinza ocorreu uma redução de 32% no volume de esgoto cloacal gerado.

Tabela 4.11 – Impactos da captação de água de chuva no sistema público de água.

Volume Res. (m ³)	Redução Consumo DMAE no bairro (%)	Redução consumo DMAE no sistema (%)	Redução consumo DMAE (m ³ /ano)
0	0	0	-
1	6,72	1,21	23.710
2	13,08	2,36	46.180
3	19,41	3,49	68.497
4	23,56	4,24	83.163
5	25,39	4,57	89.600
6	26,39	4,75	93.148
8	28,04	5,05	98.963
10	28,81	5,19	101.683

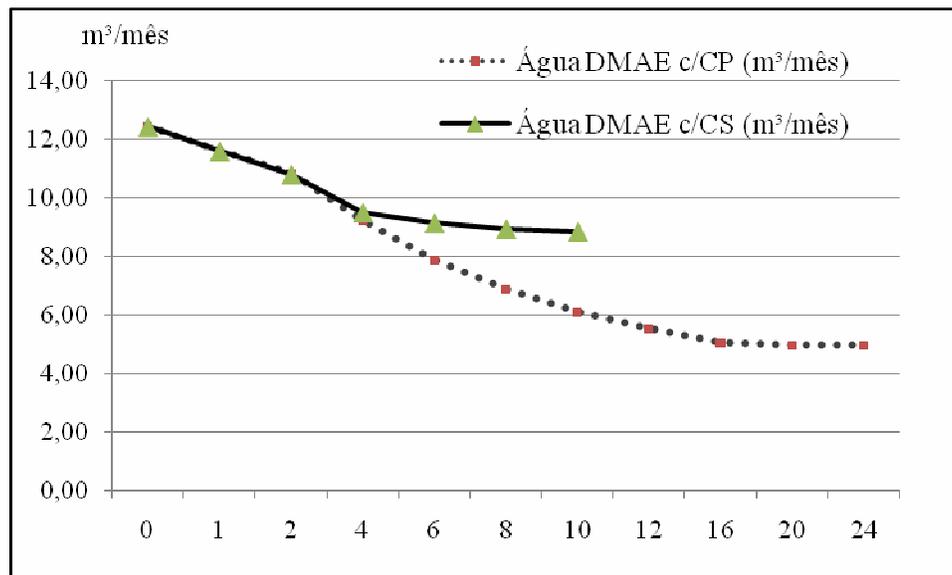


Figura 4.19 - Redução do consumo de água pelo armazenamento da água da chuva oriunda do telhado.

A alteração das vazões de esgoto cloacal geradas em função do reuso de água cinza podem impactar os sistemas de esgotamento e de tratamento de esgoto cloacal, conforme mostra a Tabela 4.12. A diminuição das vazões de esgoto cloacal geradas pode causar impactos positivos na rede coletora quando ela evita a necessidade de ampliação da capacidade de uma rede em operação, devido ao aumento da densidade populacional da área. Isto ocorre geralmente em áreas urbanas consolidadas, em processo de verticalização (construção de edifícios). Contudo, a diminuição da vazão pode também comprometer a

capacidade de escoamento na rede cloacal devido à diminuição da tensão trativa, o que pode ocorrer em áreas menos urbanizadas. Para ocorrer a vazão mínima de 1,5 L/s na rede, o número mínimo de economias aumentaria de 135 para 193 economias.

Tabela 4.12 – Impactos do reuso nos sistemas de esgoto sanitário.

Tarifa	Economias	Esgoto sanit. lote (m ³ /mês)	Esgoto sanit. bairro (m ³ /mês)	Destino esgoto sanit. bairro (m ³ /mês)	Esgoto sanit. com Reúso (m ³ /mês)
T1	255	12,2	3103	solo, valos	2110
T2	2058	12,1	24799	ETE	16863
T3	55	10,9	598	pluvial	407
soma	2368	12,1	28653		19484

Na estação de tratamento, as medidas de reuso de água podem aumentar os valores de DBO e DQO do esgoto afluente, que é positivo, já que no Brasil os esgotos domésticos são, geralmente, muito diluídos. Com a diminuição da vazão afluente à estação pode-se aumentar o período de alcance do projeto sem a necessidade de ampliação estrutural da estação ou então aumentar a área de abrangência da coleta e tratamento.

Em Porto Alegre, o problema seria como cobrar pelo esgoto efetivamente gerado na residência quando ela reduz o consumo de água do DMAE, que é a base do cálculo da tarifa de esgoto, para consumir água da chuva ou água cinza.

4.7.3. SISTEMA DE ESGOTAMENTO PLUVIAL

A área de estudo não possui um sistema de drenagem bem estruturado. Existem alguns trechos isolados com coletores pluviais próximos à margem do Lago Guaíba, mas a maior parte do escoamento pluvial ocorre nas calhas das ruas e arroios ou valos abertos.

A estimativa da contribuição pluvial externa de um lote, ou seja, da área total do lote excluída a área do telhado foi feita segundo o método indicado pelo DEP no seu caderno de encargos. A intensidade máxima da chuva foi calculada pela equação 4.1, do posto IPH, considerando um período de retorno de 5 anos para a microdrenagem e um tempo de concentração de 5min.

$$\text{Posto IPH: } i_{\text{máx}} = (509,859 \times T_r^{0,196}) / (t_d + 10)^{0,72} \quad (4.1)$$

$$i_{\text{máx}} = 133,18 \text{ mm/h}$$

Onde: $i_{\text{máx}}$: intensidade máxima de chuva (mm/h)

Tr: período de retorno (anos)

td: tempo de duração da chuva, que deve ser igual ao tempo de concentração da bacia contribuinte (minutos). Para área contribuinte menor que 1ha adotar o valor de 5min.

A vazão de contribuição, de acordo com a formulação proposta pelo Método Racional, é:

$$Q_p = 2,78 \times c \times i_{\text{máx}} \times A \text{ (quando } A \leq 30\text{ha)} \quad (4.2.)$$

Onde:

Qp: vazão contribuinte (L/s)

c: coeficiente de escoamento superficial (estipulado pelo DEP)

$i_{\text{máx}}$: intensidade máxima de chuva (mm/h)

A: área contribuinte (ha)

Para um lote padrão da área de estudo adotou-se um c de 0,4, para áreas urbanas o DEP considera 0,6, mas como a área é pouco urbanizada utilizou-se um valor menor. A área média do lote foi considerada de 360m², descontando-se 100m² da área do telhado ficaria 260m², 0,026ha.

Tabela 4.13 - Valores de chuva disponíveis para o telhado e terreno do lote

Tr (anos)	td (min)	Imáx (mm/h)	P _{5min} (mm)	Telhado (L/m ²)	Terreno (L/m ²)
2	5	83,11	6,93	6,93	7,00
5	5	99,46	8,29	8,29	8,3
10	5	113,94	9,49	9,49	9,5

Foram calculados na Tabela 4.13 os volumes de chuva incidentes no terreno e no telhado considerando chuvas com 2, 5 e 10 anos de período de retorno, Então, a vazão de contribuição de um lote padrão com uma chuva de intensidade 99,46 mm/h e duração de 5 minutos seria de 4,14 L/s, a precipitação em 5 minutos seria de 8,29 mm de chuva. No telhado com área de 100m², conforme a Tabela 4.14, a chuva de 99,46 mm/h em 5min. geraria um volume de 829 L no telhado, para o cálculo de aproveitamento deve-se desprezar 2mm de chuva inicial, na falta de dados da região, já o terreno geraria um volume

de 1243 litros, também foram calculados os valores para as chuvas de tempo de retorno de 2 e 10 anos. Considerando que a média mensal de chuva para Porto Alegre é de 112mm/mês e que a média de dias com a ocorrência de chuva é de 10 dias no mês, isto equivale a uma chuva de 11,2mm/d. Disto conclui-se que se um lote padrão na área de estudo produz em um dia de ocorrência de chuva 1,4m³ de água da chuva via terreno e 0,92m³ de água da chuva pelo telhado, a contribuição do telhado corresponde a 40% da contribuição total de esgoto pluvial gerado no lote. Em um mês o lote geraria 14m³ de águas pluviais pelo terreno e 9,2m³ de águas pluviais através do telhado.

Tabela 4.14 - Volumes totais de chuva para o telhado e lote padrão

Imáx (mm/h)	Tr (anos)	Telhado (L/100m ²)	Terreno (L/260m ²)	Lote (L/lote)
83,11	2	693	1038	1731
99,46	5	829	1243	2072
113,94	10	949	1424	2373
112,1	media mês	920	1401	2321

Usando um c de 0,4, usado em áreas menos urbanizadas, a chuva captada pelo telhado corresponde a 40% do volume do esgoto pluvial gerado pelo lote. Pela simulação, a vazão média de esgoto pluvial gerada pela captação da água da chuva na área de estudo foi de 9,59m³/mês. A reservação de diferentes volumes de água de chuva permitiu visualizar a atenuação dessas descargas na rede de drenagem urbana. A partir destes dados pode-se verificar qual a economia advinda da não ampliação da capacidade do sistema de drenagem urbano resultante da adoção de estruturas domiciliares de retenção de água de chuva.

Pela Tabela 4.15 observa-se que aumentando o volume do reservatório de água da chuva reduz-se o esgoto pluvial gerado pelo telhado e a última coluna mostra o quanto esta redução representa na geração do esgoto pluvial do lote, ou seja, um reservatório de 4m³ pode reduzir em 12,21% o esgoto pluvial de um lote na área de estudo e que representa 69,46% do volume disponível através do telhado.

Conforme a Figura 4.20 o volume de esgoto pluvial liberado por um lote para um telhado com área projetada de 100m² pode ser reduzido de 9,59 m³/mês para valores de até 6,01m³/mês ao se utilizar um reservatório de 10m³, considerando o uso da água para o

consumo secundário e para até 2,12 m³/mês para um reservatório de 24m³ considerando o consumo primário.

Tabela 4.15 – Redução do esgoto pluvial em relação ao volume de reservatório

Volume Res. (m ³)	Água DMAE (%)	Uso Água da Chuva (%)	Esgoto Pluvial Telhado(%)	Redução Esgoto Pluvial Lote (%)
0	100	0	100	0
1	93,28	6,72	91,29	3,48
2	86,92	13,08	83,04	6,78
3	80,59	19,41	74,85	10,06
4	76,44	23,56	69,46	12,21
5	74,61	25,38	67,1	13,16
6	73,61	26,39	65,8	13,68
8	71,96	28,03	63,66	14,53
10	71,19	28,8	62,66	14,93

Como o volume de esgoto pluvial gerado pelo telhado corresponde a 40% do esgoto pluvial total do lote, pode-se reduzir 17% deste volume ao se utilizar um reservatório de 2m³, ou 30%, com um reservatório de 4m³.

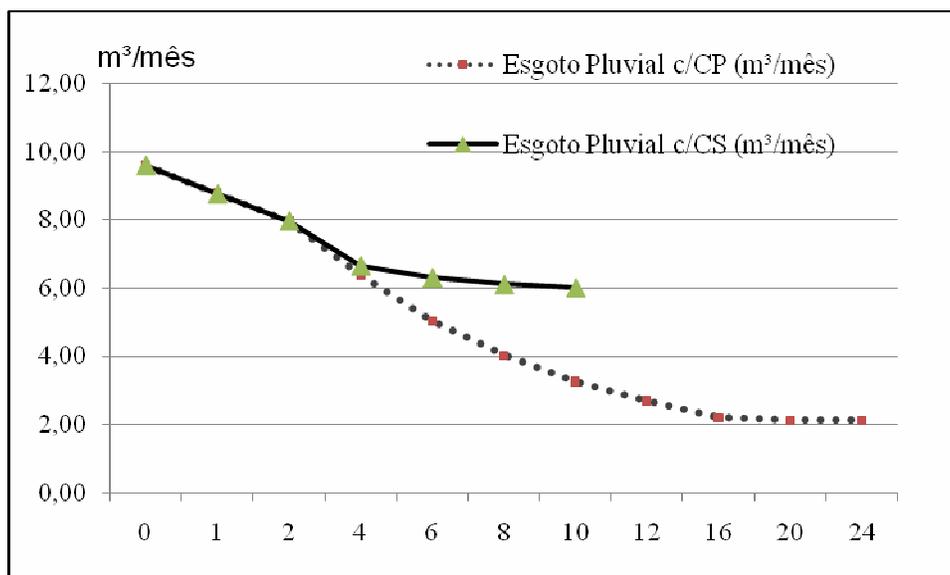


Figura 4.20 - Redução esgoto pluvial pelo armazenamento da água da chuva oriunda do telhado.

4.8. RESULTADOS DA SIMULAÇÃO PARA PORTO ALEGRE

A simulação realizada com os dados médios de Porto Alegre foi feita usando os dados de chuvas médios mensais de 1979 a 2008 com probabilidade de ocorrência de 20%, 50% e 80%, conforme a Tabela 4.16. Foram usados os consumos residenciais médios mensais de 2007 em função da sua disponibilidade. Considerou-se o uso de reservatórios de 4 e 6m³ e duas áreas de captação, 50 e 100m² para se avaliar qual a melhor situação de captação de água da chuva.

Tabela 4.16 – Percentuais de uso da água do DMAE em relação a área de captação, intensidade das chuvas e volume do reservatório em Porto Alegre.

Precipitação média (mm)	Frequência de ocorrência Precipitação	Vol reserv (m ³)	Área captação telhado (m ²)	
			50m ²	100m ²
		0	100,0	100,0
69	≤20%	4	82,2	72,2
121	50%	4	72,1	71,9
167	≥80%	4	71,9	71,9
69	≤20%	6	82,2	71,7
121	50%	6	71,9	71,7
167	≥80%	6	71,7	71,7

Pelos resultados da Tabela 4.16 vê-se que a pior situação seria a de usar uma área de captação de 50m² para a chuva que ocorre em 20% dos eventos para os dois volumes de reservatório. Nos demais casos, para chuvas com intensidade maior que a média, o uso de um reservatório maior, 6m³, e de uma área maior, 100m², não alteram o volume de água da chuva captado.

Sendo o foco do problema a escassez de água, as opções de solução podem ser significativamente aumentadas pelo aumento das fontes de suprimento de água, seja de água da chuva ou águas servidas. Se o problema for a mitigação de inundações, a captação da água da chuva para uso secundário pode ser um aliado importante para a atenuação das vazões de pico.

Se os serviços públicos tiverem baixos custos de transações para financiar atividades na bacia, a gestão bacia/reuso/captação, em parte custeada pelos fundos das

tarifas de água, podem ser vistas como alternativas parciais na oferta de soluções acordadas em cenários de escassez de recursos hídricos ou de eventos de cheias.

4.9. PANORAMA GERAL E ANÁLISE ECONÔMICA

Em Curitiba, Aguiar, (2008), elaborou um estudo onde avaliou a aceitabilidade das ações de conservação e reuso de água em um edifício residencial.

As ações preferidas pelos usuários foram classificadas pela seguinte ordem decrescente:

- Aproveitamento de água de chuva;
- Medidores individuais;
- Economizadores de água;
- Reuso de água cinza;
- Substituição de bacias.

A ação aproveitamento de água de chuva, a preferida dos agentes consumidores, foi descartada por não atender a viabilidade econômica. A ação adoção de medidores individuais também foi descartada face à inviabilidade técnica de exequibilidade na edificação em estudo.

A avaliação econômica, utilizando o método Analytic Hierarchy Process - AHP, apresentou a seguinte escala hierárquica: reuso de água cinza, substituição de bacias, aparelhos economizadores de água.

A preferência maior dos agentes consumidores foi pela utilização da ação fonte alternativa. Ela pode ser questionada por duas vertentes: primeiro por desinformação técnica e econômica dos agentes consumidores; e segundo por admitir-se que os agentes consumidores não estejam dispostos a reduzir o consumo de água além do conforto, mas, sim, compensar com outras fontes alternativas.

Em relação à avaliação técnica pode-se afirmar ser mais recomendado a implementação de ações menos invasivas a edificação, fato não comprovado na pesquisa. Quanto aos custos há uma grande distorção dos preços atribuídos para a implementação das ações. Há ainda que se considerar, que seja mais sensato implementar ações de menor custo e que sejam a mais exequível e tenham a mobilidade de ser aplicadas por partes. É

justificável também, que seja considerado como condicionante ao escolher de uma ação de conservação de água, que a mesma apresente resultados imediatos, propiciando receitas à medida que seja implementada. A metodologia apontou também como importante fator, à necessidade de uso de planejamento para implementação de ações de conservação de água nas edificações. A utilização de um método para aplicação de programa de conservação de água em edifícios residenciais apresentou-se satisfatória, permitindo avaliações por vários ângulos. Essa flexibilidade possibilita estabelecer critérios de escolha, propiciando a implementação das ações em escala de prioridade de modo a proporcionar o máximo benefício.

A avaliação final da aceitabilidade foi classificada em percentual da seguinte forma: reuso de água cinza 42%, substituição de bacias 34% e adoção de economizadores de água 24%. As ações selecionadas foram hierarquizadas em função de critérios referentes ao custo de implantação, período de retorno do investimento, percentual de redução de consumo, benefícios, aceitabilidade e risco sanitário.

Um outro estudo abordando a hierarquização das ações relacionadas à conservação da água foi proposta por HAFNER, (2008). Ao analisar os custos e viabilidade econômica das ações de racionalização do uso da água no Rio de Janeiro a hierarquização proposta foi a seguinte:

- 1) conscientização e informação;
- 2) correção de vazamentos;
- 3) troca de equipamentos hidro-sanitários;
- 4) aproveitamento de água de chuva;
- 5) medição individualizada; e
- 6) reuso de águas servidas.

Além da hierarquia de ações apresentada, é importante destacar que cada usuário, de acordo com as suas características, o uso que faz da água, a tecnologia empregada, a eficiência de seu sistema, o local em que está instalado, entre outras, demanda uma determinada quantidade do recurso natural água.

Assim, em um cenário de escassez, cada usuário deve buscar a minimização de seu consumo, através da implantação de programas de racionalização. E, depois de esgotadas as possibilidades de minimização do consumo, pode, havendo necessidade, buscar novas

fontes do recurso água, a fim de se dar continuidade ao seu uso, principalmente para atender aos usos menos nobres.

Tabela 4.17 - Valores economizados em tarifa e viabilidade econômica do investimento.

Volume Res. (m ³)	Água DMAE (%)	Economia em água (R\$/ano)	Tarifa média (R\$/mês)	Economia tarifa (R\$/mês)	Economia tarifa total (R\$/mês)	Custo Implant. Sist. Uso Chuva (R\$)	Retorno do investimento (meses)	Valor mín econ para ter retorno em 10 anos	Rend. ao aplicar o inv. na poup/ano
0	100	0	23,25						
2	86,92	36,51	20,21	3,04	5,48	3170	Não viáv	19,01	63,56
4	76,44	65,74	17,77	5,48	9,86	3600	Não viáv	21,58	114,56

O estudo de viabilidade econômica concluiu que o custo dos equipamentos para implantar um sistema de uso de água da chuva residencial não é recuperado pela diminuição do preço da tarifa de água e esgoto, tanto para um reservatório de 2m³ como para o de 4m³, ou maiores. O valor mínimo economizado em tarifa mensal para que houvesse uma recuperação apenas do investimento em implantação, sem considerar os custos de operação e de energia elétrica, necessária para retornar a água ao sistema, seria de R\$ 19,01, Tabela 4.17. Na realidade a opção de colocar o valor equivalente ao custo do equipamento na poupança renderia muito mais, R\$ 63,56 ao ano.

No caso do reuso de água cinza a economia na tarifa de água e esgoto seria de R\$ 12,60, o custo de operação de uma ETE compacta já excede este valor. Portanto, no caso de Porto Alegre, devido à situação dos recursos hídricos, dos preços da água e do custo dos equipamentos e instalação dos sistemas de tratamento, o reuso não pode ser considerado como uma alternativa economicamente viável para o usuário.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O trabalho enfocou o consumo residencial e uma distribuição do consumo de água residencial arbitrada para a região. A situação analisada baseou-se numa situação hipotética, através da adoção de medidas de conservação em 100% das economias da região.

Este trabalho avaliou os cenários usando valores mensais, o que pode conduzir a superdimensionamentos. Conforme a proposta metodológica sugerida por Hespanhol, recomenda-se a adoção dos valores diários da precipitação e do consumo de água para futuras simulações, bem como a caracterização dos consumos e dos usos para cada usuário.

Considerando as condições citadas, surge a seguinte questão: Quais as vantagens de adotar tais práticas em um cenário onde não existe escassez de água e cujo preço é baixo? A resposta poderia ser a de reduzir os transtornos com alagamentos localizados, o potencial existe e fica como proposta para futuros estudos. Existe a questão do aumento do uso da energia elétrica para efetuar o transporte e o tratamento das águas. Em Porto Alegre, onde não há problemas relacionados à escassez de água, o aumento do uso de energia elétrica, que é um recurso escasso, deve ser levado em consideração, pois os impactos negativos do aumento do uso deste recurso poderiam ser maiores que os impactos positivos produzidos pela adoção de medidas de conservação dos recursos hídricos. Outra questão é que, como a maior parcela da água disponível é utilizada na agricultura, a prioridade de implantação de ações de conservação de água deveria ser neste setor, principalmente com o incentivo de uso de águas de reuso provenientes das estações de tratamento de esgoto doméstico para a agricultura e para o reflorestamento.

Segundo HAFNER, (2007), o setor doméstico brasileiro, finalmente, começa a enfocar sua atenção no estímulo ao uso racional da água, que compreende: correção de vazamentos; mudança de hábitos; troca de equipamentos obsoletos; utilização de dispositivos economizadores nos metais e peças hidro-sanitárias; desenvolvimento de máquinas de lavar com maior eficiência hídrica; estímulo ao uso parcimonioso de água através da medição e cobrança individualizados; e a promoção de programas de conscientização e educação ambiental. O mercado nacional já apresenta inúmeras opções

de dispositivos economizadores e equipamentos de alta eficiência hídrica. E já é expressivo o número de edificações comerciais e industriais nas quais houve investimento em correção de perdas, troca de equipamentos e conscientização dos usuários, obtendo respostas rápidas e retorno financeiro em intervalos pequenos de tempo. Convém salientar que a simples troca da bacia sanitária por uma bacia de duplo acionamento reduz o consumo de água em 65% obtendo um retorno do investimento em 2,4 anos segundo HAFNER, 2008.

Potencialmente, o reuso domiciliar é um grande aliado na conservação, caso haja condições de ser implantado, quando visa à redução do consumo ou como um modo de trazer recursos alternativos para os usos que exigem qualidade menos restritiva. Na prática, proporcionalmente aos benefícios e à abrangência de utilização, crescem os custos e os riscos à saúde pública. O projeto precisa ser detalhadamente elaborado e sua viabilidade cuidadosamente analisada para atestar a validade de sua aplicação e garantir a segurança do usuário.

O setor residencial necessita de maior apoio governamental, como acontece em muitos países, e recomenda-se a implantação das seguintes medidas: melhor divulgação e promoção das tecnologias economizadoras disponíveis e programas contínuos de conscientização e educação ambiental. Por exemplo, é inaceitável que não haja um programa oficial do governo para a troca das bacias sanitárias antigas, que exigem até 18 litros por descarga, quando já existem no mercado modelos que necessitam apenas de 6 litros HAFNER, (2007).

Em relação ao uso de fontes alternativas, recomenda-se que essas só sejam consideradas após a minimização do consumo.

Caso seja necessário incentivar a adoção de medidas de conservação deve-se considerar o uso de incentivos fiscais. E o mais importante é que, investir na oferta alternativa sem um prévio investimento na demanda não conduz a resultados satisfatórios.

Conclui-se então que a adoção de medidas de conservação de água está condicionada à situação dos recursos hídricos, à tarifa cobrada e ao custo da aplicação destas medidas.

A hierarquização das ações relacionadas à conservação da água proposta por HAFNER, (2008) orienta a tomada de decisões, facilitando a sua aplicação, no sentido de

começar com o mais simples e mais econômico, a conscientização e a informação e terminar com o mais complexo e oneroso, o reuso de águas servidas.

O reuso de água cinza na escala residencial em Porto Alegre nas condições atuais é pouco recomendado, uma vez que a economia em tarifa de R\$ 12,60 ao mês é muito inferior ao custo de operação e manutenção do sistema de tratamento e distribuição.

O custo da água tratada no DMAE, R\$ 1,87/m³, o mais baixo em relação aos preços levantados no estudo, não estimula a adoção de medidas de conservação de água. Além disso, a disponibilidade de chuva da região não é relevante porque o manancial que a abastece não apresenta problemas de disponibilidade hídrica.

O uso de instrumentos de comando e controle, como as leis, não são a melhor solução para implementar políticas de conservação e reuso da água. As experiências não têm sido bem sucedidas na maioria das cidades que as adotaram. Neste caso, onde a viabilidade econômica é preponderante, a melhor alternativa seria o uso de instrumentos econômicos, como a adoção de incentivos fiscais.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, C. A. **Aplicação de programa de conservação de água em edifícios residenciais.** – Curitiba, 2008. 255 f.; il., tab., graf. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, 2008. Disponível em <http://dspace.c3sl.ufpr.br>.
- BENDATI, M. M. A. **Estudo de indicadores para a avaliação de desempenho de sistemas de coleta e tratamento de esgotos: caso do Sistema de Esgotamento Sanitário Belém Novo (Porto Alegre, RS).** Monografia submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Sistemas de Esgotos Sanitários. Março/2005.
- BOM JUNIOR, V. **Planejamento de urbanização de favelas: caracterização sócio-econômica-ambiental de favelas a partir de dados censitários do IBGE.** Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Mestre em Engenharia. Ed. Revisda – São Paulo, 2005. 118p.
- BORSOI, Z. M., CAMISÃO, M. L., LANARI, N. L. **Informe infra-estrutura** – área de projetos de infra-estrutura - dezembro/96, N°5. Equipe responsável: GESET 4/AI G7405.DOC 29/01/2002; julho/97, N° 12 e N° 16, novembro/97.
- COELHO, L. R. E FORNASARI, N. **Aspectos ambientais do comércio internacional** – FIESP/CIESP, 2002.
- COOMBES, P. J. and KUCZERA, G (2003). **Integrated Urban Water Cycle Management: moving towards systems understanding** - Civil, Surveying and Environmental Engineering, School of Engineering, University of Newcastle. Pdf
- COSTA, H. L. **Dinâmica de Sistemas – Vensim - PLE.** Disponível em <http://modelacao.programas.googlepages.com/>, acessado em 10 de junho de 2006.
- DIÁRIO OFICIAL DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO - Ano 50 - Número 120 - São Paulo, quarta-feira, 29 de junho de 2005 -LEI N° 14.018, DE 28 DE JUNHO DE 2005 - Institui o Programa Municipal de Conservação e Uso Racional da Água em Edificações e dá outras providências.

- DILLON, P. J. **Water reuse in Austrália: Current Status, Projections and Research.** CSIRO Land and Water, and Centre for Grounwater Studies, PMB e Glen Osmond, SA 5064.
- FERREIRA, J. S.W. e MOREIRA, T.A. – **Governança Urbana no Contexto das Cidades Subdesenvolvidas. Laboratório de Habitação e Assentamentos Humanos - LabHab/FAU USP.** IX Congresso Ibero-americano de Urbanismo, Recife, 27 a 30 de novembro de 2000.
- FORNASARI Fº, N. e COELHO, L. R. - **Aspectos Ambientais do Comércio Internacional** – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo – Fiesp. Centro das Indústrias do Estado de São Paulo - Ciesp- Dez 2002. Departamento de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – DMA. Diretoria Executiva. Área Técnica Infraestrutura, Meio Ambiente e Design. 129p.
- FREY, K. Anpad “**Governança Urbana e Participação Pública**”- RAC-Eletrônica, v. 1, n. 1, art. 9, p. 136-150, Jan./Abr. 2007 Disponível em <http://www.anpad.org.br/rac-e>.
- GARCIA, P. Palestra “**Uso da água da chuva em prédios residenciais**” ministrada no Seminário de Medidas de Conservação e Reuso de Água – DMAE – 13 de Novembro de 2008.
- GOLDENFUM, J. A. Proposta de projeto de pesquisa: **Tecnologias sustentáveis para manejo das águas pluviais em edificações residenciais** – IPH – UFRGS. 2007.
- GOLDENSTEIN, S. *SECRETARIA MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE DE SÃO PAULO – QUALIDADE AMBIENTAL* – 2003.
- GONÇALVES, O. M., IOSHIMOTO, E., OLIVEIRA, L. H. **Tecnologias poupadoras de água nos sistemas prediais.** Documento Técnico de Apoio no. F1, PNCDA, Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano, Brasília, DF, 1999.
- HAFNER, A. V. **Conservação e Reúso de Água em Edificações – experiências nacionais e internacionais.** Rio de Janeiro, 2007. XVI, 161 p. Dissertação – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ.
- HESPANHOL, I. CIRRA/IRCWR. Palestra “**Conservação e Reúso de Água como instrumentos de Gestão**” ministrada no Seminário de Medidas de Conservação e Reuso de Água – DMAE – 06 de Novembro de 2008.

- HUANG, D. Discrete event simulation for exploring strategies: an urban water management case – Environ. **Science technologie**, 2007, 41, 915-921.
- ILHA, M. S. O. LEPSIS- FEC/UNICAMP. Palestra “**Conservação da Água em Edifícios**” ministrada no **Seminário de Medidas de Conservação e Reuso de Água** – DMAE – 06 de Novembro de 2008.
- KRONKA, R. C. Arquitetura de baixo impacto energético e ambiental – Nova Arquitetura. In: **Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído**, 5. Fortaleza, 1999. Anais.
- KUCZERA G., and COOMBES P.J. **Towards continuous simulation: a comparative assessment of the performance of volume-sensitive systems**. Stormwater Industry Association Regional Conference. Orange. NSW. 2002.
- LEMES, D. R. **Disponibilidade Hídrica para uma Refinaria de Petróleo sob a Ótica da Gestão dos Recursos Hídricos**. Estudo de Caso: Refinaria Duque de Caxias – REDUC Rio de Janeiro, 2007. XV. 151 p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ, M.Sc. Engenharia Civil, 2007) Dissertação – Universidade do Rio de Janeiro, COPPE.
- LLOYD, S. D., WONG, T. H.F. 1 and CHESTERFIELD, C. J. (2002). **Water sensitive urban design - a stormwater management perspective** - Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology -Industry Report -Report 02/10 -September 2002 ISBN 1 876006 91 9.-Centre Office: Department of Civil Engineering,PO Box 60, Monash University, Victoria 3800 - Australia. Disponível em: www.catchment.crc.org.au
- MARTINS, A. C. **Produção e Tratamento Alternativo da Água Cinza: Estudo de Caso**- Monografia submetida ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Sistemas de Esgotos Sanitários. Maio/2004.
- MIERZWA, J.C. **O uso racional e o reuso como ferramentas para o gerenciamento de água e efluentes na indústria – o caso da Kodak brasileira**. São Paulo. 367p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2002.
- MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Agenda 21 Brasileira: Ações Prioritárias**. Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional.

- Brasília, 2002. 167p. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/se/agen21/doc/acoes.zip>>. Acessado em 09/08/2008.
- NÓBILE, A. A. – **Diretrizes para a Sustentabilidade Ambiental em Empreendimentos Habitacionais** – Dissertação de Mestrado pela Universidade Estadual de Campinas – SP. 2003.
- NUNES, D. C. L. **Conservação de água em máquina de fabricação de papel - o caso da Bahia Sul Papel e Celulose S.A.** Universidade Federal De Itajubá Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Energia , 2007.
- OLSON, David L, .CHAE, B. e VO, H.V. (2003). **Dynamic MCDM: The Case of Urban Infrastructure Decision Making.** Department of Management University of Nebraska Lincoln, NE 68588-0491 dolson3@unl.edu
- PETERSON, Gary. The Human Actor in Ecological-economic Models – Political ecology and ecological resilience: An integration of human and ecological dynamics. **Elsevier – Ecological Economics** - 2000.
- PAHL-WOSTL, Claudia. **Towards sustainability in the water sector – The importance of human actors and processes of social learning.** University of Osnabrück – Germany, 2002.
- PHILIPPI JR., Arlindo, et al. **Municípios e Meio Ambiente: Perspectivas para a Municipalização da Gestão Ambiental no Brasil.** São Paulo: Associação Nacional de Municípios e Meio Ambiente - ANAMMA, 1999.
- PINHEIRO, Manoel Duarte . Apresentação Power point **A construção sustentável-IPA-** Inovação e Projetos em Meio Ambiente Lda. Eng. Manuel.pinheiro@ipa.pt
- PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE- **Plano Diretor de Esgotos Sanitários de Porto Alegre** – Departamento Municipal de Água e Esgotos – DMAE – Porto Alegre, dezembro de 1999.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE- **Plano Diretor de Água de Porto Alegre** – Departamento Municipal de Água e Esgotos – DMAE – Porto Alegre, dezembro de 2003.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE- **Caderno de Encargos** - Departamento de Esgotos Pluviais– DEP – Porto Alegre, março de 2005. Disponível em: www2.portoalegre.rs.gov.br.

- REES, J. A. (2006) **Urban Water and Sanitation Service an IWRM Approach – GWP** Technical Committee. Tec background papers no 11.ISSN: 1652-5396 -ISBN: 91-85321-64-8
- ROMEIRO, Ademar Ribeiro. **Economia ou economia política da sustentabilidade?** Disponível em <<http://www.eco.unicamp.br/publicacoes/textos/download/texto102.pdf>>. Texto para Discussão. IE/UNICAMP n. 102, set. 2001. Acessado em 16/06/2003.
- SATTLER, Miguel Aloysio; SPERB, Márcia Roig. **Centro experimental de tecnologias habitacionais sustentáveis: histórico, estágio atual e perspectivas futuras.** In: II Encontro Nacional e I Encontro Latino Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis.
- SAUTCHUK, C., FARINA, H., HESPANHOL, I., OLIVEIRA, L. H., COSTI, L. O. *ILHA, M. S. de O., GONÇALVES, O. M., MAY, S., BONI, S. S. N., SCHMIDT, W.* (2005) **Conservação e reuso das águas em edificações** - Ministério do Meio Ambiente, Agência Nacional de Águas, Sinduscon-SP, FIESP, São Paulo, SP. Prol Editora Gráfica. São Paulo, junho de 2005. 152p.
- SCHUMACHER, E.F. **O Negócio é ser Pequeno (Small is Beautiful): Um estudo de economia que leva em conta as pessoas.** 2 edição. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1979. Traduzido da sexta reimpressão, por Octávio Alves Velho, publicada em 1976 por Blond & Briggs Ltd., de Londres, Inglaterra. 1ª edição em 1973.
- SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (SEMA) - Departamento de Recursos Hídricos (DRH) **Relatório Anual Sobre a Situação dos Recursos Hídricos no Estado do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre - Fevereiro/2007. Disponível em: www.sema.rs.gov.br. Acesso em 10 de dezembro de 2008.
- SICKERMANN, Jack M..Apresentação em palestra. **O Gerenciamento das águas de chuva: imprescindível para o futuro das grandes cidades do Brasil – 3P** Technik. (2005)
- SOUZA, A.M.N.; SERPA, C.B. In: **Habitação e Meio Ambiente: abordagem integrada em empreendimentos de interesse social.** São Paulo: IPT, 2002.
- TUCCI, C. E. M. e CAMPANA, N. A. **Previsão da vazão em macrobacias urbanas: Arroio Dilúvio em Porto Alegre.**

VENTANA SYSTEMS INC. **Vensim User`s Guide Version 5**. E.U.A. 2002.

VON SPERLING, M. **Principios do tratamento biológico de águas residuárias**. Vol. 2 – UFMG, 1996.

WINZ, I. & BRIERLEY, G., (2007) **The Use of System Dynamics Simulation in Integrated Water Resources Management** – School of Geography, Geology and Environmental Science - University of Auckland , New Zeland.
i.winz@auckland.ac.nz, g.brierley@auckland.ac.nz

7. REFERÊNCIAS NA INTERNET

<http://www.agua-de-chuva.com>

<http://www.bertolo.pro.br/adminfin/pbf/capitalbudgeting.html>

<http://www.clw.csiro.au/awcrrp/documents/dillon-final-wra2000-oct00.pdf>

<http://www.corsan.com.br/informacoes/tarifas.htm>

<http://www.gcitradng.com/currency.htm>

<http://www.enviro-friendly.com/greywater-systems-australia.shtml> - 56k

<http://intranetdmae/>

<http://www.pub.gov.sg> - Asano, 2006; IWMI, 2006; Law, 2003;

<http://www.senado.gov.br/conleg/artigos/direito/Condominios.pdf>

[\[pr.com.br/downloads/Manual%20proprietário%20Prof%20Aristides.do\]\(http://www.sinduscon-pr.com.br/downloads/Manual%20proprietário%20Prof%20Aristides.do\)](http://www.sinduscon-</p></div><div data-bbox=)

http://www.sindusconsp.com.br/PUBLICACOES/revista_noticias_construcao/edicao_38/suplemento_capa.htm

<http://www.thinkwater.act.gov.au/> .

http://www.usp.br/fau/docentes/deprojeto/j_whitaker/govern.html

<http://www.vensim.com/>

<http://www.webcalc.com.br>

<http://www.webcalc.com.br/matematica>

8. ANEXOS

8.1.	LEI Nº 10.506, DE 5 DE AGOSTO DE 2008.....	I
8.2.	LEI Nº 10.785, DE 18 DE SETEMBRO DE 2003.....	V
8.3.	LEI Nº 14.018, DE 28 DE JUNHO DE 2005.....	VIII
8.4.	ORÇAMENTO PARA COLETA DE ÁGUA DA CHUVA.....	X
8.5.	PROGRAMA VENSIM PARA USO POTÁVEL.....	XI
8.6.	PROGAMA VENSIM PRA USO NÃO POTÁVEL.....	XV

8.1. LEI Nº 10.506, DE 5 DE AGOSTO DE 2008.

Institui o Programa de Conservação, Uso Racional e Reaproveitamento das Águas.
O PREFEITO MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE.

Faço saber que a Câmara Municipal aprovou e eu sanciono a seguinte Lei:

Capítulo I DAS DISPOSIÇÕES PRELIMINARES

Art. 1º Fica instituído o Programa de *Conservação, Uso Racional e Reaproveitamento das Águas. Parágrafo único.* O Programa de Conservação, Uso Racional e Reaproveitamento das Águas objetiva a promoção de medidas necessárias à conservação, à redução do desperdício e à utilização de fontes alternativas para a captação e o aproveitamento da água nas edificações, bem como à conscientização dos usuários sobre a sua importância para a vida.

Art. 2º Para os fins desta Lei, considera-se: I – conservação o conjunto de ações que propiciam a redução da poluição e dos prejuízos por ela causados; II – uso racional das águas o conjunto de ações destinadas a evitar o desperdício de água; III – água potável aquela destinada ao consumo humano, cujos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendam ao padrão de potabilidade, não oferecendo riscos à saúde; IV – desperdício de água o volume de água potável dispensado, sem aproveitamento ou pelo uso abusivo; V – reaproveitamento das águas o processo pelo qual a água, potável ou não, é reutilizada para o mesmo ou outro fim; VI – Serviço de Abastecimento Público de Água o conjunto de atividades, instalações e equipamentos destinados a fornecer água potável para uma comunidade; VII – fonte alternativa o local distinto do sistema de abastecimento público onde é possível captar a água para o consumo humano; e VIII – águas servidas as águas que foram utilizadas em tanques, pias, máquinas de lavar, bidês, chuveiros, banheiras e outros equipamentos

. Capítulo II DA CONSERVAÇÃO E DO USO RACIONAL DA ÁGUA

Art. 3º A conservação dos mananciais exige, dentre outras, as seguintes medidas: I – a coleta e o tratamento de esgotos; II – o controle da ocupação urbana; III – o controle da poluição de córregos, rios e lagos; e

IV – a educação ambiental para evitar a poluição e o desperdício.

Art. 4º O uso racional das águas implica combate ao comprometimento dos mananciais e ao desperdício e compreende, principalmente:

I – o desenvolvimento e a disseminação de ações educacionais sobre a importância do uso racional da água para o ser humano e para o meio ambiente;

II – a progressiva substituição dos hidrômetros convencionais e a implantação de medição computadorizada, com telemetria, para o acompanhamento do consumo;

III – a correção sistemática de falhas no sistema de medição, bem como a detecção de eventuais vazamentos como resultado da maior eficiência no sistema de medição e leitura à distância;

e IV – a intensificação da fiscalização relativa a ligações irregulares ou clandestinas na rede de água e em ramais, assim como a fraudes nos hidrômetros.

Art. 5º Para combater o desperdício de água nas edificações, serão utilizados, dentre outros, os seguintes equipamentos:

I – bacias sanitárias de volume reduzido de descarga;

II – chuveiros e lavatórios de volumes fixos de descarga;

e III – torneiras com arejadores. Parágrafo único. Nos condomínios, além dos equipamentos para o combate ao desperdício de água, serão instalados hidrômetros para medição individualizada do volume de água consumido.

Art. 6º Os sistemas hidráulico e sanitário das novas edificações serão projetados de modo a propiciar a economia e o combate ao desperdício de água, privilegiando a sustentabilidade dos recursos hídricos, sem prejuízo do conforto e da segurança dos habitantes.

Capítulo III DO REAPROVEITAMENTO DAS ÁGUAS Art. 7º O reaproveitamento das águas destina-se a diminuir a demanda de água, aumentando as condições de atendimento e reduzindo a possibilidade de inundações.

Art. 8º As ações de reaproveitamento das águas compreendem basicamente:

I – a captação, o armazenamento e a utilização de água proveniente das chuvas;

e II – a captação, o armazenamento e a utilização de águas servidas.

Art. 9º A água das chuvas será captada na cobertura das edificações e encaminhada a uma cisterna ou tanque para ser utilizada em atividades que não requeiram o uso de água potável proveniente do Serviço de Abastecimento Público de Água, tais como a lavagem de roupas, vidros, calçadas, pisos, veículos e a irrigação de hortas e jardins.

Art. 10. As águas servidas serão captadas, direcionadas por meio de encanamento próprio e conduzidas a reservatórios destinados a abastecer as descargas de vasos sanitários ou mictórios. § 1º VETADO.

§ 2º O regulamento desta Lei definirá parâmetros e procedimentos visando à economicidade das edificações e à viabilidade técnica para atender ao disposto no “caput” deste artigo.

Art. 11. As águas dos lagos artificiais e chafarizes de parques, praças e jardins serão provenientes de ações de reaproveitamento. Parágrafo único. O disposto no “caput” deste artigo refere-se apenas ao inc. I do art. 8º desta Lei ou às águas do sistema público de abastecimento. Capítulo IV DAS DISPOSIÇÕES GERAIS

Art. 12. No caso de construções e reformas cujos projetos já tenham sido aprovados, o interessado em participar do Programa de Conservação, Uso Racional e Reaproveitamento das Águas poderá solicitar especificações técnicas ou apresentar novo projeto que contemple a instalação dos equipamentos destinados ao reaproveitamento das águas.

Art. 13. O Poder Público poderá cadastrar as edificações que aderirem ao Programa de Conservação, Uso Racional e Reaproveitamento das Águas para fins de estudos referentes a incentivos.

Art. 14. Na regulamentação do Programa de Conservação, Uso Racional e Reaproveitamento das Águas, serão ouvidos, em audiências públicas, técnicos vinculados a atividades de preservação e conservação do meio ambiente. Parágrafo único. A regulamentação estabelecerá os requisitos necessários à instalação e ao dimensionamento dos equipamentos destinados à conservação, ao uso racional e ao reaproveitamento das águas, com vista à aprovação dos projetos, visando à viabilidade técnica nos termos do § 2º do art. 10 desta Lei.

Art. 15. O não-cumprimento do disposto nesta Lei implica negativa de licenciamento para as edificações a serem executadas a partir da sua vigência.

Art. 16. Esta Lei entra em vigor 180 (cento e oitenta) dias a contar da data de sua publicação.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE, 5 de agosto de 2008.

José Fogaça, Prefeito

. Miguel Tedesco Wedy, Secretário Municipal do Meio Ambiente.

Ricardo Gothe, Secretário do Planejamento Municipal. Cassio Trogildo, Secretário Municipal de Obras e Viação.

Registre-se e publique-se.

Virgílio Costa, Secretário Municipal de Gestão e Acompanhamento Estratégico, em exercício.

8.2. LEI Nº 10.785, DE 18 DE SETEMBRO DE 2003.

"Cria no Município de Curitiba, o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações - PURAE."

A CÂMARA MUNICIPAL DE CURITIBA, CAPITAL DO ESTADO DO PARANÁ, aprovou e eu, Prefeito Municipal, sanciono a seguinte lei:

Art. 1º. O Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações - PURAE, tem como objetivo instituir medidas que induzam à conservação, uso racional e utilização de fontes alternativas para captação de água nas novas edificações, bem como a conscientização dos usuários sobre a importância da conservação da água.

Art. 2º. Para os efeitos desta lei e sua adequada aplicação, são adotadas as seguintes definições:

I - Conservação e Uso Racional da Água - conjunto de ações que propiciam a economia de água e o combate ao desperdício quantitativo nas edificações;

II - Desperdício Quantitativo de Água - volume de água potável desperdiçado pelo uso abusivo;

III - Utilização de Fontes Alternativas - conjunto de ações que possibilitam o uso de outras fontes para captação de água que não o Sistema Público de Abastecimento.

IV - Águas Servidas - águas utilizadas no tanque ou máquina de lavar e no chuveiro ou banheira.

Art. 3º. As disposições desta lei serão observadas na elaboração e aprovação dos projetos de construção de novas edificações destinadas aos usos a que se refere a Lei nº 9.800/2000, inclusive quando se tratar de habitações de interesse social, definidas pela Lei 9802/2000.

Art. 4º. Os sistemas hidráulico-sanitários das novas edificações, serão projetados visando o conforto e segurança dos usuários, bem como a sustentabilidade dos recursos hídricos.

Art. 5º. Nas ações de Conservação, Uso Racional e de Conservação da Água nas Edificações, serão utilizados aparelhos e dispositivos economizadores de água, tais como:

bacias sanitárias de volume reduzido de descarga;
chuveiros e lavatórios de volumes fixos de descarga;
torneiras dotadas de arejadores.

Parágrafo único. Nas edificações em condomínio, além dos dispositivos previstos nas alíneas "a", "b" e "c" deste artigo, serão também instalados hidrômetros para medição individualizada do volume de água gasto por unidade.

Art. 6º. As ações de Utilização de Fontes Alternativas compreendem:

I - a captação, armazenamento e utilização de água proveniente das chuvas e,
II - a captação e armazenamento e utilização de águas servidas.

Art. 7º. A água das chuvas será captada na cobertura das edificações e encaminhada a uma cisterna ou tanque, para ser utilizada em atividades que não requeiram o uso de água tratada, proveniente da Rede Pública de Abastecimento, tais como:

rega de jardins e hortas,
lavagem de roupa;
lavagem de veículos;
lavagem de vidros, calçadas e pisos.

Art. 8º. As Águas Servidas serão direcionadas, através de encanamento próprio, a reservatório destinado a abastecer as descargas dos vasos sanitários e, apenas após tal utilização, será descarregada na rede pública de esgotos.

Art. 9º. O combate ao Desperdício Quantitativo de Água, compreende ações voltadas à conscientização da população através de campanhas educativas, abordagem do tema nas aulas ministradas nas escolas integrantes da Rede Pública Municipal e palestras, entre outras, versando sobre o uso abusivo da água, métodos de conservação e uso racional da mesma.

Art. 10. O não cumprimento das disposições da presente lei implica na negativa de concessão do alvará de construção, para as nova edificações.

Art. 11. O Poder Executivo regulamentará a presente lei, estabelecendo os requisitos necessários à elaboração e aprovação dos projetos de construção, instalação e

dimensionamento dos aparelhos e dispositivos destinados à conservação e uso racional da água a que a mesma se refere.

Art. 12. Esta lei entra em vigor em 180 (cento e oitenta dias) contados da sua publicação.

PALÁCIO 29 DE MARÇO, em 18 de setembro de 2003.

Cassio Taniguchi

PREFEITO MUNICIPAL

8.3. LEI Nº 14.018, DE 28 DE JUNHO DE 2005.

Institui o Programa Municipal de Conservação e Uso Racional da Água em Edificações e dá outras providências.

JOSÉ SERRA, Prefeito do Município de São Paulo, no uso das atribuições que lhe são conferidas por lei, faz saber que a Câmara Municipal, em sessão de 17 de maio de 2005, decretou e eu promulgo a seguinte lei:

Art. 1º Fica instituído o Programa Municipal de Conservação e Uso Racional da Água e Reuso em Edificações, que tem por objetivo instituir medidas que induzam à conservação, uso racional e utilização de fontes alternativas para a captação de água e reuso nas novas edificações, bem como a conscientização dos usuários sobre a importância da conservação da água.

§ 1º O Programa abrangerá também os projetos de construção de novas edificações de interesse social.

§ 2º Os bens imóveis do Município de São Paulo, bem como os locados, deverão ser adaptados no prazo de 10 (dez) anos.

Art. 2º O Programa desenvolverá as seguintes ações:

I - conservação e uso racional da água, entendido como o conjunto de ações que propiciam a economia de água e o combate ao desperdício quantitativo nas edificações (volume de água potável desperdiçado pelo uso abusivo);

II - utilização de fontes alternativas, entendido como o conjunto de ações que possibilitam o uso de outras fontes para captação de água que não o sistema público de abastecimento;

III - utilização de águas servidas, entendidas como aquelas utilizadas no tanque, máquina de lavar, chuveiro e banheira.

Art. 3º Deverão ser estudadas soluções técnicas a serem aplicadas nos projetos de novas edificações, especialmente:

I - sistemas hidráulicos: bacias sanitárias de volume reduzido de descarga, chuveiros e lavatórios de volumes fixos de descarga, torneiras dotadas de arejadores e

instalação de hidrômetro para medição individualizada do volume d'água gasto por unidade habitacional;

II - captação, armazenamento e utilização de água proveniente da chuva;

III - captação, armazenamento e utilização de águas servidas.

Art. 4º (VETADO)

Art. 5º Serão estudadas soluções técnicas e um programa de estímulo à adaptação das edificações já existentes.

Art. 6º A participação no Programa será aberta às instituições públicas e privadas e à comunidade científica, que serão convidadas a participar das discussões e a apresentar sugestões.

Art. 7º O Executivo regulamentará a presente lei no prazo de 120 (cento e vinte) dias.

Art. 8º As despesas correrão por conta das disposições orçamentárias próprias, suplementadas se necessário.

Art. 9º Esta lei entra em vigor na data de sua publicação, revogadas as disposições em contrário.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, aos 28 de junho de 2005, 452º da fundação de São Paulo.

JOSÉ SERRA, PREFEITO

Publicada na Secretaria do Governo Municipal, em 28 de junho de 2005.

ALOYSIO NUNES FERREIRA FILHO, Secretário do Governo Municipal

8.4. ORÇAMENTO PARA COLETA DE ÁGUA DA CHUVA.

Porto Alegre, 07 de outubro de 2008. AC 0052-08

PROPOSTA DE FORNECIMENTO DE EQUIPAMENTOS PARA COLETA DE ÁGUA DA CHUVA

Atendendo sua solicitação, estamos enviando-lhes proposta para os seguintes equipamentos:

O Filtro Residencial modelo VF1 que atende uma área de telhado de até 200m² cada.

VALORES

Quantidade	Unidade	Material	Valor unitário	Valor Total
1	Peça	Filtro VF1 vazão 9 L/s	1.542,00	1.542,00
1	Peça	Freios d'água	108,00	108,00
1	Peça	Sifão-ladrão	236,00	236,00
1	Cj	Conjunto bóia-mangueira	472,00	472,00
1	Cj	Kit realimentação	382,00	382,00
		TOTAL		R\$ 2.740,00

Faturamento:

ACMASUL Sistemas de Ventilação e Controle Ambiental
Av. Assis Brasil, 6203 – Sala 411 - CEP 91110-001 – Porto Alegre - RS
Fone: (51) 3013-4290 – Fax: (51) 3013-4289
E-mail: AguaDaChuva@Acmasul.com.br Acmasul@Acmasul.com.br
CNPJ: 02.481.988/0001-83 - IE: 096/268750-2

Pagamento:	21 ddl
Prazo de fornecimento:	até 15 dias úteis
GARANTIA:	01 ano
Orçamento válido:	30 dias
Transportadora:	a critério do cliente - Frete FOB Porto Alegre

Saudações,

ACMASUL Sistemas de Ventilação e Controle Ambiental Av. Assis Brasil, 6203 – Sala 411 – Bairro Sarandi – Porto Alegre – RS – BRASIL CEP 91110-001 Fone: 51 3013-4290 Fax 51 3013-4289 – Cel: 51 9971-2649/8126-4289 E-mail AguaDaChuva@Acmasul.com.br

8.5. PROGRAMA VENSIM PARA USO POTÁVEL.

"%_carros"= WITH LOOKUP (Time,([(1,0)-(25,10)],(1,0.02),(2,0.02),(3,0.01),(4,0.005),(5,0.002),(6,0.002),(7,0.002),(8,0.002),(9,0.005),(10,0.01),(11,0.02),(12,0.02),(13,0.02),(14,0.02),(15,0.01),(16,0.005),(17,0.002),(18,0.002),(19,0.002),(20,0.002),(21,0.005),(22,0.01),(23,0.02),(24,0.02),(25,0)))

"%_do_piso"= WITH LOOKUP (Time,([(1,0)-(25,10)],(1,0.01),(2,0.01),(3,0.01),(4,0.01),(5,0.01),(6,0.01),(7,0.01),(8,0.01),(9,0.01),(10,0.01),(11,0.01),(12,0.01),(13,0.01),(14,0.01),(15,0.01),(16,0.01),(17,0.01),(18,0.01),(19,0.01),(20,0.01),(21,0.01),(22,0.01),(23,0.01),(24,0.01),(25,0)))

"%_jardim"= WITH LOOKUP (Time,([(1,0)-(25,1)],(1,0.02),(2,0.02),(3,0.01),(4,0.005),(5,0.002),(6,0.002),(7,0.002),(8,0.002),(9,0.005),(10,0.01),(11,0.02),(12,0.02),(13,0.02),(14,0.02),(15,0.01),(16,0.005),(17,0.002),(18,0.002),(19,0.002),(20,0.002),(21,0.005),(22,0.01),(23,0.02),(24,0.02),(25,0)))

"%-Cozinha_(alimentação)"= WITH LOOKUP (Time,([(0,0)-(25,1)],(1,0.105),(2,0.105),(3,0.105),(4,0.105),(5,0.105),(6,0.105),(7,0.105),(8,0.105),(9,0.105),(10,0.105),(11,0.105),(12,0.105),(13,0.105),(14,0.105),(15,0.105),(16,0.105),(17,0.105),(18,0.105),(19,0.105),(20,0.105),(21,0.105),(22,0.105),(23,0.105),(24,0.105),(25,0)))

"%-Descarga"= WITH LOOKUP (Time,([(0,0)-(25,10)],(1,0.27),(2,0.27),(3,0.28),(4,0.285),(5,0.288),(6,0.288),(7,0.288),(8,0.288),(9,0.285),(10,0.28),(11,0.27),(12,0.27),(13,0.27),(14,0.27),(15,0.28),(16,0.285),(17,0.288),(18,0.288),(19,0.288),(20,0.288),(21,0.285),(22,0.28),(23,0.27),(24,0.27),(25,0)))

"%-Higiene_Pessoal"= WITH LOOKUP (Time,([(0,0)-(25,10)],(1,0.36),(2,0.36),(3,0.37),(4,0.375),(5,0.378),(6,0.378),(7,0.378),(8,0.378),(9,0.375),(10,0.37),(11,0.36),(12,0.36),(13,0.36),(14,0.36),(15,0.37),(16,0.375),(17,0.375),(18,0.375),(19,0.375),(20,0.375),(21,0.375),(22,0.375),(23,0.375),(24,0.375),(25,0)))

7,0.378),(18,0.378),(19,0.378),(20,0.378),(21,0.375),(22,0.37),(23,0.36),(24,0.36),
(25,0)))

"%-Lavar_Roupa"=WITH LOOKUP (Time,[(0,0)-
(25,10)],(1,0.215),(2,0.215),(3,0.215),(4,0.215),(5,0.215),(6,0.215),(7,0.215),(8,0.
215),(9,0.215),(10,0.215),(11,0.215),(12,0.215),(13,0.215),(14,0.215),(15,0.215),(
16,0.215),(17,0.215),(18,0.215),(19,0.215),(20,0.215),(21,0.215),(22,0.215),(23,0.
215),(24,0.215),(25,0)))

Água_Conces= Uso_Potável-Uso_CHUVA

Água_Comprada= INTEG (Água_Conces, 0)

Água_Comprada_SAAE= 1

Água_da_Chuva= INTEG ("Água_da_Chuva_-_resumo",0)

"Água_da_Chuva_-_resumo"= CHUVA_24- "Esgoto-3"

Água_jogada_no_Esgoto= Uso_Potável

"Capacidade_R-2"= 10000

"Capacidade_R-21"= 24000

CHUVA_24:= GET_XLS_DATA('simular.xls', 'dados', '170', 'c171')

"Consumo_Água_Potável=_Chuva+_SAAE"= "Reservatório_R-
11_Água_Potável=_Chuva+_SAAE"

Consumo_mensal_lote:= GET_XLS_DATA('simular.xls', 'dados', '158', 'c159')

Consumo_Secundário_de_Água= Lavagem_Pisos+"Quant-
Descarga_0"+Total_Uso_no_Jardim+Total_Uso_nos_Carros

CPacum= INTEG (Consumo_Secundário_de_Água, 0)

CSacum= INTEG (Consumo_Secundário_de_Água, 0)

Custo= 0.00187

Diferença_ou_Economia=Total_da_água_utilizada_no_Domicílio-

Água_Comprada

Esgoto_Pluvial= "Esgoto-3"+Total_Uso_nos_Carros+Lavagem_Pisos

Esgoto_Sanitário_T2= "Esgoto-1"-

(Lavagem_Pisos+Total_Uso_no_Jardim+Total_Uso_nos_Carros-Reuso)

"Esgoto-1"= IF_THEN_ELSE(Uso_Potável-Reuso>0, Uso_Potável-Reuso, 0)

```

"Esgoto-2"= IF_THEN_ELSE("R-21_CHUVA_Tratada"+Tratamento_CHUVA-
Uso_CHUVA>="Capacidade_R-21", ("R-
21_CHUVA_Tratada"+Tratamento_CHUVA-Uso_CHUVA)-"Capacidade_R-21",
0)
"Esgoto-3"=IF_THEN_ELSE((CHUVA_24+"R-2_CHUVA"-
Tratamento_CHUVA)>="Capacidade_R-2",(CHUVA_24+"R-2_CHUVA"-
Tratamento_CHUVA) - "Capacidade_R-2", 0 )
FINAL_TIME = 25
INITIAL_TIME = 1
Lavagem_Pisos= "%_do_piso"*Consumo_mensal_lote
Limite_tratamento_reuso= 0
Limite_tratamento_chuva= 15000
Pluvial_Acumulado= INTEG (Esgoto_Pluvial, 0)
"Quant-Cozinha"= "%-Cozinha_(alimentação)" * Consumo_mensal_lote
"Quant-Descarga_0"= "%-Descarga" *Consumo_mensal_lote
"Quant-Higiene"= "%-Higiene_Pessoal" * Consumo_mensal_lote
"Quant-Lavar_Roupa"= "%-Lavar_Roupa" * Consumo_mensal_lote
"R-1_início"= 0
"R-1/CHUVA_Potável"= INTEG ( Agua_Conces+Uso_CHUVA-Uso_Potável, 0)
"R-12_início"= 0
"R-12_Usada_NãoTratada"= INTEG (Uso_Potável-"Esgoto-1"-Reuso, "R-
12_início")
"R-2_CHUVA"= INTEG (CHUVA_24-"Esgoto-3"-Tratamento_CHUVA, 0)
"R-2_início"=IF_THEN_ELSE("Capacidade_R-
2">=10790,10790,"Capacidade_R-2")
"R-21_CHUVA_Tratada"= INTEG(Tratamento_CHUVA-"Esgoto-2"-
Uso_CHUVA,Tratamento_CHUVA)
"Reservatório_R-1_Água_SAAE"=Água_Comprada_SAAE
"Reservatório_R-11_Água_Potável=_Chuva+_SAAE"=
"Reservatório_R-21_Chuva_Tratada" + "Reservatório_R-1_Água_SAAE"
"Reservatório_R-2_Chuva"= 6000

```

"Reservatório_R-21_Chuva_Tratada"= Tratamento_Água_Chuva
 Reuso=IF_THEN_ELSE(Consumo_Secundário_de_Água>=Limite_tratamento_re
 uso, Limite_tratamento_reuso, Consumo_Secundário_de_Água)
 Sanitário_Acumulado= INTEG (Esgoto_Sanitário_T2,0)
 SAVEPER = TIME_STEP
 Tarifa_Água= Agua_Conces*Custo
 TIME_STEP = 1
 Total_da_água_utilizada_no_Domicílio=INTEG(Consumo_Secundário_de_Água
 +Uso_Primário_no_Domicílio, 0)
 Total_Uso_no_Jardim= "%_jardim"*Consumo_mensal_lote
 Total_Uso_nos_Carros= "%_carros"*Consumo_mensal_lote
 Tratamento_Água_Chuva="Reservatório_R-2_Chuva"
 Tratamento_CHUVA=IF_THEN_ELSE("R-
 2_CHUVA">=Limite_tratmento_chuva, Limite_tratmento_chuva , "R-
 2_CHUVA")
 Uso_CHUVA=IF_THEN_ELSE(Uso_Potável>="R-21_CHUVA_Tratada", "R-
 21_CHUVA_Tratada", Uso_Potável)
 Uso_Potável=Uso_Primário_no_Domicílio+Consumo_Secundário_de_Água-
 Reuso
 Uso_Primário_no_Domicílio= "Quant-Cozinha" + "Quant-Higiene" +"Quant-
 Lavar_Roupa"
 Valor_Economizado=Diferença_ou_Economia*Custo
 Valor_Tarifa_Acum= INTEG (Tarifa_Água, 0)

8.6. PROGAMA VENSIM PRA USO NÃO POTÁVEL.

```
"%_carros"=          WITH          LOOKUP          (Time,([(1,0)-  
(25,10)],(1,0.02),(2,0.02),(3,0.01),(4,0.005),(5,0.002),(6,0.002),(7,0.002),(8,0.002)  
,(9,0.005),(10,0.01),(11,0.02),(12,0.02),(13,0.02),(14,0.02),(15,0.01),(16,0.005),(1  
7,0.002),(18,0.002),(19,0.002),(20,0.002),(21,0.005),(22,0.01),(23,0.02),(24,0.02),  
(25,0) ))
```

```
"%_do_piso"= WITH LOOKUP ( Time,([(0,0)-  
(25,10)],(1,0.01),(2,0.01),(3,0.01),(4,0.01),(5,0.01),(6,0.01),(7,0.01),(8,0.01),(9,0.  
01),(10,0.01),(11,0.01),(12,0.01),(13,0.01),(14,0.01),(15,0.01),(16,0.01),(17,0.01),  
(18,0.01),(19,0.01),(20,0.01),(21,0.01),(22,0.01),(23,0.01),(24,0.01),(25,0) ))
```

```
"%_jardim"=          WITH          LOOKUP          (Time,([(1,0)-  
(25,10)],(1,0.02),(2,0.02),(3,0.01),(4,0.005),(5,0.002),(6,0.002),(7,0.002),(8,0.002)  
,(9,0.005),(10,0.01),(11,0.02),(12,0.02),(13,0.02),(14,0.02),(15,0.01),(16,0.005),(1  
7,0.002),(18,0.002),(19,0.002),(20,0.002),(21,0.005),(22,0.01),(23,0.02),(24,0.02),  
(25,0) ))
```

```
"%-Cozinha_(alimentação)"=          WITH          LOOKUP          (Time,([(0,0)-  
(25,10)],(1,0.105),(2,0.105),(3,0.105),(4,0.105),(5,0.105),(6,0.105),(7,0.105),(8,0.  
105),(9,0.105),(10,0.105),(11,0.105),(12,0.105),(13,0.105),(14,0.105),(15,0.105),(  
16,0.105),(17,0.105),(18,0.105),(19,0.105),(20,0.105),(21,0.105),(22,0.105),(23,0.  
105),(24,0.105),(25,0) ))
```

```
"%-Descarga"= WITH LOOKUP (Time,([(0,0)-  
(25,10)],(1,0.27),(2,0.27),(3,0.28),(4,0.285),(5,0.288),(6,0.288),(7,0.288),(8,0.288)  
,(9,0.285),(10,0.28),(11,0.27),(12,0.27),(13,0.27),(14,0.27),(15,0.28),(16,0.285),(1  
7,0.288),(18,0.288),(19,0.288),(20,0.288),(21,0.285),(22,0.28),(23,0.27),(24,0.27),  
(25,0) ))
```

```
"%-Higiene_Pessoal"=          WITH          LOOKUP          (Time,([(0,0)-  
(25,10)],(1,0.36),(2,0.36),(3,0.37),(4,0.375),(5,0.378),(6,0.378),(7,0.378),(8,0.378)  
,(9,0.375),(10,0.37),(11,0.36),(12,0.36),(13,0.36),(14,0.36),(15,0.37),(16,0.375),(1
```

7,0.378),(18,0.378),(19,0.378),(20,0.378),(21,0.375),(22,0.37),(23,0.36),(24,0.36),
(25,0)))

"%-Lavar_Roupa"= WITH LOOKUP (Time,[(0,0)-
(25,10)],(1,0.215),(2,0.215),(3,0.215),(4,0.215),(5,0.215),(6,0.215),(7,0.215),(8,0.
215),(9,0.215),(10,0.215),(11,0.215),(12,0.215),(13,0.215),(14,0.215),(15,0.215),(
16,0.215),(17,0.215),(18,0.215),(19,0.215),(20,0.215),(21,0.215),(22,0.215),(23,0.
215),(24,0.215),(25,0)))

Agua_acumulada_utilizada= INTEG (Reuso+Uso_Chuva+Uso_DMAE,0)

agua_para_reuso=Uso_Primário_no_Domicílio-"Quant-Cozinha"

Água_Comprada= INTEG (Uso_DMAE,0)

Água_Comprada_SAAE= 1

Água_da_Chuva= INTEG (Chuva_coletada,0)

Água_Direto_Esgoto= "Esgoto-1"-Total_Uso_no_Jardim-
Total_Uso_nos_Carros-Lavagem_Pisos+Reuso

Água_jogada_no_Esgoto=Consumo_Água_Secundária_no_Domicílio +
"Consumo_Água_Potável_=SAAE"

"Capacidade_R-2"=5000

Chuva_coletada=Entrada_CHUVA - "Esgoto-3"

Chuva_T:=GET_XLS_DATA('similar.xls', 'dados', '170', 'c194')

"Consumo_Água_Potável_=SAAE"="Reservatório_R-1_Água_SAAE"

Consumo_Água_Secundária_no_Domicílio="Reservatório_R-
21_Chuva_Tratada"+"Consumo_Água_Potável_=SAAE"

Consumo_mensal_T2:=GET_XLS_DATA('similar.xls', 'dados', '158', 'c159')

Consumo_Secundário_de_Água= Lavagem_Pisos+"Quant-
Descarga_T1"+Total_Uso_no_Jardim+Total_Uso_nos_Carros

Custo_Acumulado= INTEG (Tarifa,0)

E_Pluvial=Chuva_T-Entrada_CHUVA+"Esgoto-3"

Entrada_CHUVA:=GET_XLS_DATA('similar.xls', 'dados', '170', 'c195')

Esgoto_Pluvial= E_Pluvial+Total_Uso_nos_Carros+Lavagem_Pisos

Esgoto_SAN= INTEG (Água_Direto_Esgoto,0)

```

"Esgoto-1"=IF_THEN_ELSE(Usos_Potável+Usos_Chuva-Reuso>0,
Usos_Potável+Usos_Chuva-Reuso, 0)
"Esgoto-3"=IF_THEN_ELSE ( (Entrada_CHUVA+"R-2_CHUVA" - Usos_Chuva)
>= "Capacidade_R-2", (Entrada_CHUVA+"R-2_CHUVA" - Usos_Chuva)-
"Capacidade_R-2",0 )
FINAL_TIME = 25
INITIAL_TIME = 1
Lavagem_Pisos= "%_do_piso"*Consumo_mensal_T2
Limite_tratamento_domiciliar=IF_THEN_ELSE("R-
2_CHUVA">=(Consumo_Secundário_de_Água),
Consumo_Secundário_de_Água-"R-2_CHUVA")
Perda_Rec_San= Tarifa_San_Real-Tarifa_San_Cob
Pluvial_Acumulado= INTEG (Esgoto_Pluvial,0)
preço= 0.00187
"Quant-Cozinha"="%-Cozinha_(alimentação)" * Consumo_mensal_T2
"Quant-Descarga_T1"="%-Descarga" *Consumo_mensal_T2
"Quant-Higiene"="%-Higiene_Pessoal" * Consumo_mensal_T2
"Quant-Lavar_Roupa"="%-Lavar_Roupa" * Consumo_mensal_T2
Queda_do_consumo_conc=Água_acumulada_utilizada - Água_Comprada
"R-1_início"=0
"R-1_Potável"= INTEG ( Usos_DMAE-Usos_Potável,"R-1_início")
"R-12_início"=
"R-12_Usada_NãoTratada"= INTEG (Usos_Chuva+Usos_Potável-"Esgoto-1"-
Reuso,0)
"R-2_CHUVA"= INTEG (Entrada_CHUVA-"Esgoto-3"-Usos_Chuva,
"R-2_no_início")
"R-2_no_início"=0
"Reservatório_R-1_Água_SAAE"=Água_Comprada_SAAE
"Reservatório_R-2_Chuva"=5000
"Reservatório_R-21_Chuva_Tratada"=Tratamento_Água_Chuva

```

Reuso= IF_THEN_ELSE(Consumo_Secundário_de_Água>=
 Limite_tratamento_domiciliar, Limite_tratamento_domiciliar
 ,
 Consumo_Secundário_de_Água)
 SAVEPER = TIME_STEP
 Tarifa= Uso_DMAE*preço
 Tarifa_San_Cob=Tarifa*0.8
 Tarifa_San_Real=Água_Direto_Esgoto*preço
 TIME_STEP = 1
 total_cp= INTEG (Uso_Primário_no_Domicílio,0)
 Total_CS= INTEG (Consumo_Secundário_de_Água,0)
 Total_Uso_no_Jardim="%_jardim"*Consumo_mensal_T2
 Total_Uso_nos_Carros="%_carros"*Consumo_mensal_T2
 Tratamento_Água_Chuva="Reservatório_R-2_Chuva"
 Uso_Chuva=IF_THEN_ELSE("R-
 2_CHUVA">=Consumo_Secundário_de_Água,Consumo_Secundário_de_Água,"
 R-2_CHUVA")
 Uso_DMAE=Uso_Primário_no_Domicílio+Consumo_Secundário_de_Água-
 Uso_Chuva-Reuso
 Uso_Potável=Uso_DMAE
 Uso_Primário_no_Domicílio="Quant-Cozinha" + "Quant-Higiene" +"Quant-
 Lavar_Roupa"