

UNIVERSIDADE CATÓLICA DE PERNABUCO
PRÓ-REITORIA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA EM EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS:
CONTROLE E REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL**

MARCOS ANTONIO ARRUDA GUERRA DE HOLANDA

Recife

2007

MARCOS ANTONIO ARRUDA GUERRA DE HOLANDA

**MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA EM EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS:
CONTROLE E REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL**

Dissertação apresentada à Universidade Católica de Pernambuco como requisito parcial, exigido pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Civil, na Área de Concentração em Engenharia das Construções, orientado pelos professores Antonio Oscar Cavalcanti da Fonte e Béda Barkokébas Júnior.

Recife

2007

H722m Holanda, Marcos Antonio Arruda Guerra de
Medição individualizada em edificios residenciais: controle
e redução do consumo de água potável / Marcos Antonio Arruda
Guerra de Holanda; orientadores Antonio Oscar Cavalcanti da
Fonte, Béda Barkokébas Júnior, 2007.
133f. : il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Católica de Pernambuco.
Pró-reitoria de Ensino, Pesquisa e Extensão, 2007.

1. Água - Consumo - Medição. 2. Abastecimento de Água. 3. Água -
Desperdício. 4. Telemetria. I. Fonte, Antonio Oscar Cavalcanti da. II.
Barkokébas Júnior, Béda. III. Título.

CDU 628.17

MARCOS ANTONIO ARRUDA GUERRA DE HOLANDA

**MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA EM EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS:
CONTROLE E REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL**

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Católica de Pernambuco, como parte dos requisitos necessários para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Civil, na Área de Concentração em Engenharia das Construções.

Avaliado por:

Prof. Antonio Oscar Cavalcanti da Fonte
(Orientador – Dr. – UNICAP)

Prof. Romilde Almeida de Oliveira
(Examinador interno – Dr. – UNICAP)

Prof.a Suzana Maria Gico Lima Montenegro
(Examinador externo – Dra. – UFPE)

Data: 25 / 04 / 2007

Recife

2007

*Dedico este trabalho
ao meu pai, João Guerra de Holanda (in memoriam),
pela alegria com a qual sempre viveu;
a minha mãe, Maria Anunciada,
por toda dedicação;
a Ir Úrsula, pela importância na minha formação;
a minha esposa, Verena,
pelo amor e disponibilidade;
aos meus filhos Lucas, Pedro, Rafael e Gabriela,
pela união na nossa caminhada.*

AGRADECIMENTOS

Aos meus orientadores, Prof. Dr. Antonio Oscar Cavalcanti da Fonte e Prof. Dr. Béda Barkokébas Júnior, que conduziram com os seus ensinamentos e experiência, de forma tranqüila e atenciosa, todos os passos desta dissertação.

À Pró-reitoria Acadêmica da UNICAP, ao Prof. Dr. Romilde Almeida de Oliveira, Coordenador do Mestrado em Engenharia Civil, a todos os professores e funcionários, pela disponibilidade e dedicação.

À Prof.^a Dra. Suzana Maria Gico Lima Montenegro da Universidade Federal de Pernambuco, pela disponibilidade em participar da Banca Examinadora e, também, por sua importante contribuição na versão final deste trabalho.

Aos professores da UNICAP que participaram do Seminário de Qualificação e das Bancas, Dr. Arnaldo Cardim C. Filho, Dra. Maria da Graça Xavier Ferreira e Dr. Romilde Almeida de Oliveira, pelas importantes observações e sugestões.

Aos amigos do Mestrado, Ariosto, Carlos Alberto, Elilde, Fred, Fuad, Genilson, Geovani, Gilberto, Guilherme, Jackeline, Luiz, Mauro e Mônica, pela grande amizade e apoio no dia a dia.

Ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco, ao seu diretor Prof. Sérgio Gaudêncio, pela importância dada a capacitação dos professores e pelo financiamento total do Curso de Mestrado.

Aos professores do CEFET – PE, Arnaldo Cardim, Mauro Melo e Mônica Pereira, pela iniciativa em convidar e motivar os professores do Curso de Edificações para o Mestrado em Engenharia Civil e, também, ter lutado dentro da instituição por sua aprovação.

Ao Prof. José de Melo do CEFET – PE, grande amigo de toda a turma, pela sua paciência, disponibilidade e ensinamentos da disciplina Estatística.

Ao Departamento de Ensino do CEFET – PESQUEIRA, Prof.^a Gláuria Simões, pela compreensão e apoio. Aos professores Cristina Dias, Fabiana Alves, Laécio Gonzaga, Marcos Viegas e Mário Ribeiro por iniciativas importantes que possibilitaram o bom andamento do meu Mestrado, sem prejuízo para o CEFET.

À COMPESA, aos Senhores Jorge Figueiredo, Paulo Fonseca, Jairo Santos e demais membros da Divisão de Micro-Medição, que me acolheram, forneceram todos os dados necessários e vibraram com a realização deste trabalho.

À PROCENGE, ao Eng. Fred Braga, técnicos André Adelino e Djaniro Livino, que me acolheram, forneceram todas as informações sobre o sistema de telemetria e muito me incentivaram.

À Becon Construções Ltda., ao Sr. Luiz Fernando, que colocou-se à disposição, selecionou os prédios e me deu toda a orientação durante as visitas aos edifícios reformados.

Ao Sr. Amaro Tavares, proprietário do edifício (Telemetria) e a Érica Cunha, administradora, pela atenção em permitir livre acesso ao prédio em todas as ocasiões.

Ao amigo Eng. Adalberto Cavalcanti Coelho pelas sugestões, incentivo e por ter me presenteado com quatro livros de sua autoria, importantes para a pesquisa.

Aos amigos, Prof. Joaquim Manzi, Prof.^a Neide, Prof. Renivaldo Amaral e Yuri Gomes, por se empenharem em ceder materiais didáticos utilizados no curso.

Aos amigos, Prof. José Miranda e Eng. Alberto Bittencourt, pela carta de recomendação, amizade e reconhecimento profissional.

À minha esposa Verena e meus filhos Lucas, Pedro, Rafael e Gabriela, que souberam me apoiar e colaborar diretamente (dados históricos, desenho no autocad, tabelas de distribuição de frequências, fotos, revisão do texto) para a realização deste trabalho.

A todos aqueles, aqui não citados, que contribuíram durante esta pesquisa.

A DEUS, por me permitir realizar este sonho e esta conquista!

RESUMO

HOLANDA, M. A. A. G. (2007). *Medição individualizada em edifícios residenciais: controle e redução do consumo de água potável*.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Católica de Pernambuco. Recife – PE.

Brasil, país das águas. Este é um pensamento que pode levar a uma despreocupação quanto à conservação da água. Sim, o Brasil possui grandes bacias hidrográficas, mas, por outro lado, possui também regiões que apresentam graves crises de abastecimento. A região amazônica, com apenas 5% da população brasileira, armazena 80% do volume de água de todo o território nacional, enquanto grande parte da população concentra-se nas grandes cidades, exigindo um volume de água cada vez maior. A medição individualizada em edifícios residenciais apresenta-se como um dos meios importantes para combater o desperdício, controlar e reduzir o consumo de água. Este trabalho procura mostrar a medição individualizada como um sistema justo que permite o controle e a redução de água. Numa primeira etapa, foram estudados três edifícios que sofreram reforma, passando do sistema com medição global para o sistema com medição individualizada. Através destes três estudos de casos, foi possível mostrar a distribuição dos apartamentos em classes de consumo, a redução percentual do consumo do edifício e a viabilidade econômica para a execução da reforma. A segunda etapa deste trabalho, compreendeu o acompanhamento da medição por telemetria, associada à medição individualizada, em um edifício residencial. A medição por telemetria permitiu o traçado do perfil de cada consumidor, individualmente, funcionando como uma ferramenta importante para o planejamento de ações que visem ao controle e a redução do consumo de água.

PALAVRAS-CHAVE: medição individualizada, medição por telemetria, controle do consumo de água.

ABSTRACT

HOLANDA, M. A. A. G. (2007). *Individual measurement in residential buildings: control and reduction of the drinking water consumption.*

Dissertação (Mestrado) – Universidade Católica de Pernambuco. Recife – PE.

Brazil: a water country. This thought could take the people to forget about water conservation. Although Brazil has big watersheds, it also has regions that present serious water supply crisis. The amazon region, with only 5% of brazilian population, stores 80% of water volume of all national territory, while greater part of the population is concentrated in the big cities, needing, at times, a higher volume of water. The individual measurement in residential buildings is one of the most important ways to prevent water lavishness, also to control and to reduce the water consumption. This work tries to show the individual measurement of water as a fair system of price, which permits the control and the reduction on the water consumption. In the first part, three buildings that had changed from global measurement system to individual measurement system were studied. By these cases, it was possible to show, in the buildings, the distribution of the apartments in classes of consumption, the percentage reduction and the economic feasibility to perform the modification in the measurement system. The second part of this work was to follow a telemetric measurement system in a residential building with individual water meters. The telemetric measurement allowed to know the profile of each consumer, individually, as an important way to plan actions to control and to reduce the water consumption.

KEY-WORDS: individual measurement, telemetric measurement, control on water consumption.

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 2.1.1 – Mapa do Egito Antigo.....	21
Figura 2.1.2 – Aqueduto.....	22
Figura 2.1.3 – Aqueduto de Segóvia na Espanha.....	22
Figura 2.1.4 – Distribuição da água na Terra.....	24
Figura 2.1.5 – Distribuição da água doce no Planeta Terra.....	24
Figura 2.1.6 – Distribuição da água doce superficial no Brasil, em relação à terra.....	25
Figura 2.1.7 – Distribuição da água doce superficial no Brasil.....	26
Figura 2.1.8 – Crescimento populacional da Terra.....	29
Figura 2.1.9 – População urbana (%) x população rural (%).....	31
Figura 2.1.10 – Consumo de água por atividade.....	32
Figura 2.1.11 – Distribuição do consumo de água em apartamento.....	38
Figura 2.2.1 – Medidor de velocidade monojato.....	42
Figura 2.2.2 – Medidor de velocidade multijato.....	43
Figura 2.2.3 – Hidrômetro multijato com relojoaria seca e transmissão magnética.....	43
Figura 2.2.4 – Partes do sistema de leitura automática de medição.....	49
Figura 2.2.5 – Transmissão por rádio frequência.....	50
Figura 2.2.6 – Partes do sistema de leitura automática de medição da PROCENGE.....	51
Figura 2.2.7 – Hidrômetro Aquarius.....	52
Figura 2.2.8 – Pulsar.....	52
Figura 2.2.9 – Diagrama das unidades internas.....	52
Figura 2.2.10 – Diagrama geral do sistema.....	53
Figura 2.2.11 – Esquema vertical com hidrômetros individualizados.....	55
Figura 2.2.12 – Detalhe de caixa protetora para dois hidrômetros.....	55
Figura 2.2.13 – Esquema vertical com as novas ligações, conservando os registros	56
Figura 2.2.14 – Esquema de um edifício com medição individualizada.....	58
Figura 2.2.15 – Ligação dos hidrômetros.....	59
Figura 2.2.16 – Registro geral e registro de corte.....	59
Figura 2.2.17 – Registro para corte.....	60
Figura 2.2.18 – Detalhe do lacre	60

Figura 3.1 – Consumo mensal / ano 2006 / apartamento 101.....	65
Figura 3.2 – Consumo por dia / mês de novembro de 2006 / apartamento 101.....	66
Figura 3.3 – Consumo por hora / dia 19 de novembro de 2006 /apartamento 101.....	66
Figura 4.1.1.1 – Vista do Edifício A.....	71
Figura 4.1.1.2 – Duas caixas de hidrômetros por pavimento.....	72
Figura 4.1.1.3 – Caixa para hidrômetro dos apt ^o s pares.....	73
Figura 4.1.1.4 – Caixa para hidrômetro dos apt ^o s ímpares.....	73
Figura 4.1.1.5 – % apartamentos X % consumo total após a medição individualizada....	78
Figura 4.1.2.1 – Vista do Edifício B.....	81
Figura 4.1.2.2 – % apartamentos X % consumo total após a medição individualizada....	86
Figura 4.1.3.1 – Vista do Edifício C.....	90
Figura 4.1.3.2 – Caixa dos hidrômetros do 7 ^o pavimento.....	91
Figura 4.1.3.3 – Caixa dos hidrômetros do 2 ^o ao 6 ^o pavimento.....	91
Figura 4.1.3.4 – Tubulação de alimentação embutida no rodapê.....	92
Figura 4.1.3.5 – Tubulação de alimentação embutida no rodapê.....	92
Figura 4.1.3.6 – Caixa dos hidrômetros do 1 ^o pavimento.....	92
Figura 4.1.3.7 – Tubulação do banheiro do zelador embutida no rodapê.....	92
Figura 4.1.3.8 – % apartamentos X % consumo total após a medição individualizada....	97
Figura 4.2.1 – Edifício com medição por telemetria.....	101
Figura 4.2.2 – Hidrômetro macro.....	102
Figura 4.2.3 – Pulsar acoplado ao macro.....	102
Figura 4.2.4 – Hidrômetros Individuais.....	102
Figura 4.2.5 – Medição 101 e 201.....	103
Figura 4.2.6 – Medição 102 e 202.....	103
Figura 4.2.7 – Planta baixa.....	103
Figura 4.2.8 – Smart OK (com registro embutido) / Pulsar.....	104
Figura 4.2.9 – Modem.....	104
Figura 4.2.10 – Consumo diário em m ³ /dia.....	107
Figura 4.2.11 – Curva do consumo do mês de outubro em m ³ /dia.....	111
Figura 4.2.12 – Curva do consumo do mês de novembro em m ³ /dia.....	112
Figura 4.2.13 – Curva do consumo do mês de dezembro em m ³ /dia.....	112
Figura 4.2.14 – Curva do consumo do mês de janeiro em m ³ /dia.....	113
Figura 4.2.15 – Curva do consumo diário do apt ^o 101.....	115

Figura 4.2.16 – Curva do consumo diário do apt ^o 202.....	117
Figura 4.2.17 – Distribuição percentual do consumo diário do apt ^o 101	
Dias úteis / sábados	118
Figura 4.2.18 – Distribuição percentual do consumo diário do apt ^o 101	
Domingos / feriados.....	119
Figura 4.2.19 – Distribuição percentual do consumo diário do apt ^o 202	
Dias úteis / sábados.....	119
Figura 4.2.20 – Distribuição percentual do consumo diário do apt ^o 202	
Domingos / feriados.....	120
Figura 4.2.21 – Consumo mensal em m ³ dos apartamentos e consumo para rateio.....	121
Figura 4.2.22 – Consumo mensal em m ³ do hidrômetro macro, somatório hidrômetros micros e consumo para rateio.....	122
Figura 4.2.23 – Consumo por hora – apartamento 101 – 17 de novembro de 2006.....	123
Figura 4.2.24 – Consumo por hora – apartamento 102 – 12 de novembro de 2006.....	123
Figura 4.2.25 – Consumo por hora – apartamento 202 – 06 de novembro de 2006.....	124
Figura 4.2.26 – Consumo por hora – apartamento 101 – 11 de janeiro de 2007.....	124
Figura 4.2.27 – Consumo por hora – apartamento 102 – 15 de janeiro de 2007.....	125
Figura 4.2.28 – Consumo por hora – apartamento 202 – 06 de janeiro de 2007.....	125
Figura 4.2.29 – Curva de eficiência de utilização da água.....	127
Figura 4.2.30 – Comportamento do Apartamento 101.....	128

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
Tabela 2.1.1 – População servida de água tratada.....	26
Tabela 2.1.2 – Crescimento da população no Brasil.....	30
Tabela 2.1.3 – Disponibilidade hídrica.....	32
Tabela 2.1.4 – Perdas de faturamento das empresas estaduais de saneamento.....	35
Tabela 2.1.5 – Perdas no sistema de distribuição de água em algumas cidades do mundo.....	36
Tabela 2.1.6 – Defeitos/falhas dos aparelhos sanitários e intervenções necessárias.....	37
Tabela 2.2.1 – Características técnicas dos hidrômetros monojatos.....	44
Tabela 2.2.2 – Características técnicas dos hidrômetros multijatos.....	45
Tabela 2.2.3 – Vazões de projetos e pesos relativos nos pontos de utilização.....	57
Tabela 3.1 – Distribuição de frequência.....	64
Tabela 3.2 – Eficiência de utilização de água.....	70
Tabela 4.1.1.1 – Consumo (m ³) do edifício antes da medição individualizada.....	73
Tabela 4.1.1.2 – Consumo (m ³) do edifício depois da medição individualizada.....	74
Tabela 4.1.1.3 – Tarifa da COMPESA de novembro /2005.....	76
Tabela 4.1.1.4 – Distribuição dos apartamentos em classes de consumo.....	77
Tabela 4.1.1.5 – Custo do sistema por apartamento.....	78
Tabela 4.1.1.6 – Valor da conta antes da intervenção / apartamento.....	79
Tabela 4.1.1.7 – Valor da conta após a intervenção / apartamento.....	79
Tabela 4.1.1.8 – Fluxos atualizados e payback.....	80
Tabela 4.1.2.1 – Consumo (m ³) do edifício antes da medição individualizada.....	82
Tabela 4.1.2.2 – Consumo (m ³) do edifício depois da medição individualizada.....	83
Tabela 4.1.2.3 – Tarifa da COMPESA de abril /2004.....	84
Tabela 4.1.2.4 – Distribuição dos apartamentos em classes de consumo.....	85
Tabela 4.1.2.5 – Custo do sistema por apartamento.....	87
Tabela 4.1.2.6 – Valor da conta antes da intervenção / apartamento.....	87
Tabela 4.1.2.7 – Valor da conta após a intervenção / apartamento.....	87
Tabela 4.1.2.8 – Fluxos atualizados e payback.....	89
Tabela 4.1.3.1 – Consumo (m ³) do edifício antes da medição individualizada.....	93

Tabela 4.1.3.2 – Consumo (m ³) do edifício depois da medição individualizada.....	94
Tabela 4.1.3.3 – Tarifa da COMPESA de dezembro /2002	96
Tabela 4.1.3.4 – Distribuição dos apartamentos em classes de consumo.....	96
Tabela 4.1.3.5 – Custo do sistema por apartamento.....	97
Tabela 4.1.3.6 – Valor da conta antes da intervenção / apartamento.....	98
Tabela 4.1.3.7 – Valor da conta após a intervenção / apartamento.....	98
Tabela 4.1.3.8 – Fluxos atualizados e payback.....	99
Tabela 4.1.4.1 – Resumo dos resultados com a medição individualizada.....	100
Tabela 4.1.4.2 – Consumo mensal de projeto.....	100
Tabela 4.2.1 – Consumo diário estimado em m ³ /dia.....	105
Tabela 4.2.2 – Consumo diário médio real em m ³ /dia.....	106
Tabela 4.2.3 – Consumo diário real em m ³ /dia.....	109
Tabela 4.2.4 – Consumo diário real em m ³ /dia.....	110
Tabela 4.2.5 – Consumo horário em m ³ – apartamento 101.....	114
Tabela 4.2.6 – Consumo horário em m ³ – apartamento 101.....	115
Tabela 4.2.7 – Consumo horário em m ³ – apartamento 202.....	116
Tabela 4.2.8 – Consumo horário em m ³ – apartamento 202.....	117
Tabela 4.2.9 – Consumo mensal em m ³	121
Tabela 4.2.10 – Eficiência de utilização de água.....	126

LISTA DE ABREVIATURAS

ADEMI – Associação das Empresas do Mercado Imobiliário
ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
AMRA – Automatic Meter Reading Association
ANA – Agência Nacional de Águas
COMPESA – Companhia Pernambucana de Saneamento
DTA – Documentos Técnicos de Apoio
GSM – Global System Mobile (Sistema Móvel Global)
GPRS – General Packet Radio Service
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia
INPC – Índice Nacional de Preço ao Consumidor
PNCDA – Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água
PNUEA – Programa Nacional para Uso Eficiente da Água (Portugal)
PR – Prefeitura do Recife
PURA – Programa de Uso Racional da Água
PVC – Cloreto de Polivinila
SANEAGRO – Saneamento de Goiás S/A
SNIS - Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento
WHO–UNICEF – World Health Organization-United Nation Children’s Fund

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	
INTRODUÇÃO	17
1.1 Motivação e Justificativa.....	17
1.2 Objetivos.....	17
1.2.1 Objetivo Geral.....	17
1.2.2 Objetivos Específicos.....	18
1.3 Conteúdo da Dissertação.....	18
CAPÍTULO 2	
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
2.1 ÁGUA, DISTRIBUIÇÃO E CONSERVAÇÃO	20
2.1.1 A Água na Fixação das Civilizações da Antiguidade.....	20
2.1.2 Distribuição das Águas na Terra e no Brasil.....	23
2.1.3 Crescimento da População.....	28
2.1.4 Disponibilidade Hídrica.....	31
2.1.5 Perdas nos Sistemas de Abastecimento.....	34
2.2.6 Perdas e Desperdícios numa Instalação Hidráulica Predial.....	36
2.2.7 A medição Individualizada como Ação Tecnológica para a Conservação da Água	38
2.2 SISTEMA DE MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA DE ÁGUA	42
2.2.1 Hidrômetros Tipo Velocimétrico.....	42
2.2.1.1 Hidrômetros Monojatos e Hidrômetros Multijatos.....	42
2.2.1.2 Características Técnicas dos Hidrômetros Monojatos e dos Hidrômetros Multijatos.....	44
2.2.1.3 Hidrômetros Eletrônicos x Hidrômetros com Relojoaria Mecânica.....	45
2.2.1.4 Terminologia Aplicada aos Hidrômetros.....	46
2.2.2 Formas de Leitura.....	48
2.2.3 Telemetria.....	48
2.2.4 Medição Individualizada Associada à Medição por Telemetria na COMPESA.....	51
2.2.5 Formas de Emissão de Contas.....	53

2.2.6	Projetos de Reforma do Sistema de Medição Global para o Sistema de Medição Individualizada.....	54
2.2.7	Projetos de Medição Individualizada em Novos Edifícios.....	57
	CAPÍTULO 3	
	REFERENCIAL TEÓRICO E METODOLOGIA.....	61
	3.1 EDIFÍCIOS QUE SOFRERAM REFORMA DO SISTEMA DE MEDIÇÃO GLOBAL PARA O SISTEMA DE MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA.....	61
3.1.1	Adaptação do Projeto.....	61
3.1.2	Histórico do Consumo de Água do Edifício.....	62
3.1.3	Consumo dos Apartamentos com Hidrômetros Individualizados.....	62
3.1.4	Redução do Consumo de Água.....	63
3.1.5	Distribuição dos Apartamentos em Classes de Consumo.....	63
3.1.6	Cálculo do Payback.....	64
	3.2 ACOMPANHAMENTO DA MEDIÇÃO POR TELEMETRIA.....	65
3.2.1	Conhecimento do Projeto.....	66
3.2.2	Estudo do Consumo Diário do Edifício.....	67
3.2.3	Elaboração da Curva do Consumo Mensal.....	67
3.2.4	Elaboração da Curva do Consumo Diário.....	68
3.2.5	Distribuição Percentual do Consumo Diário.....	68
3.2.6	Consumo de Água do Condomínio – Rateio.....	68
3.2.7	Verificação da Ocorrência de Vazamento.....	69
3.2.8	Eficiência de Utilização da Água dos Apartamentos.....	69
	CAPÍTULO 4	
	PESQUISA E RESULTADOS.....	71
	4.1 EDIFÍCIOS QUE SOFRERAM REFORMA DO SISTEMA DE MEDIÇÃO GLOBAL PARA O SISTEMA DE MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA.....	71
4.1.1	Edifício A.....	71
4.1.1.1	Adaptação do Projeto.....	72
4.1.1.2	Histórico do Consumo de Água do Edifício.....	73
4.1.1.3	Consumo dos Apartamentos com Hidrômetros Individualizados.....	74
4.1.1.4	Redução do Consumo de Água.....	76

4.1.1.5 Distribuição dos Apartamentos em Classes de Consumo.....	76
4.1.1.6 Cálculo do Payback.....	78
4.1.2 Edifício B.....	81
4.1.2.1 Adaptação do Projeto	81
4.1.2.2 Histórico do Consumo de Água do Edifício.....	82
4.1.2.3 Consumo dos Apartamentos com Hidrômetros Individualizados.....	83
4.1.2.4 Redução do Consumo de Água.....	84
4.1.2.5 Distribuição dos Apartamentos em Classes de Consumo.....	84
4.1.2.6 Cálculo do Payback.....	86
4.1.3 Edifício C.....	90
4.1.3.1 Adaptação do Projeto.....	90
4.1.3.2 Histórico do Consumo de Água do Edifício.....	92
4.1.3.3 Consumo dos Apartamentos com Hidrômetros Individualizados.....	93
4.1.3.4 Redução do Consumo de Água.....	95
4.1.3.5 Distribuição dos Apartamentos em Classes de Consumo.....	95
4.1.3.6 Cálculo do Payback.....	97
4.1.4 Resumo dos Resultados dos Três Edifícios.....	100
4.2 ACOMPANHAMENTO DA MEDIÇÃO POR TELEMETRIA.....	101
4.2.1 Conhecimento do Projeto.....	102
4.2.2 Estudo do Consumo Diário do Edifício.....	105
4.2.2.1 Consumo Diário de Projeto.....	105
4.2.2.2 Consumo Diário Estimado.....	105
4.2.2.3 Consumo Diário Médio Real	106
4.2.2.4 Representação Gráfica do Consumo Diário.....	107
4.2.3 Curva do Consumo Mensal.....	108
4.2.4 Curva do Consumo Diário.....	113
4.2.5 Distribuição do Consumo Diário.....	118
4.2.6 Consumo de Água do Condomínio – Rateio.....	120
4.2.7 Verificação da Ocorrência de Vazamentos.....	122
4.2.8 Eficiência de Utilização da Água.....	126
4.2.9 Estudo do Consumo do Apartamento 101 nos Meses de Fevereiro e Março de 2007.....	128

CAPÍTULO 5	
CONCLUSÕES E SUGESTÕES	129
5.1 CONCLUÕEES	129
5.1.1 Edifícios que Sofreram Reforma do Sistema de Medição Global para o Sistema de Medição Individualizada.....	129
5.1.2 Acompanhamento da Medição por Telemetria.....	129
5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	130
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	131

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO

1.1 MOTIVAÇÃO E JUSTIFICATIVA

“A personalização do consumo, com o consumidor passando a controlar melhor os seus gastos e pagando somente o que consome, faz do processo um sucesso junto à população, por ser democrático e justo” (SUASSUNA, 1999).

O sistema de medição individualizada contribui para a utilização eficiente da água, reduzindo os desperdícios.

“O ganho com a redução do número de colunas, a facilidade de execução, a redução do diâmetro das tubulações e a facilidade de realizar a manutenção de uma unidade, sem interferir nas demais, deram ao programa a confiança dos incorporadores” (SUASSUNA, 1999).

O sistema hidráulico com hidrômetros individuais apresenta uma grande flexibilidade, adaptando-se facilmente às mudanças do projeto de arquitetura. Uma coluna de água fria desce no hall do edifício para alimentar os hidrômetros dos apartamentos. A partir daí, por cima do forro ou embutida em rodapés, a tubulação pode ter um caminho bastante flexível, podendo atender diferentes plantas de arquitetura para um mesmo prédio.

A medição por telemetria, associada à medição individualizada, possibilita um acompanhamento do consumo, separadamente, para cada unidade habitacional. O perfil de consumo de cada apartamento é traçado de acordo com os hábitos de cada família. A criatividade pode ser desenvolvida em busca de tabelas e gráficos que retratem rapidamente a realidade. O usuário e a empresa concessionária de água podem adotar ações conjuntas para o controle do consumo de água.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Mostrar o sistema de medição individualizada como uma ação tecnológica capaz de contribuir com o controle e redução do consumo de água em edifícios residenciais, dentro de um tratamento justo para os seus moradores.

1.2.2 Objetivos Específicos

1. Analisar os benefícios obtidos pelos edifícios reformados, em função da mudança do sistema de medição global para o sistema de medição individualizada quanto a:

- redução do consumo de água do prédio;
- distribuição dos valores das contas de água de forma justa, correspondendo à faixa de consumo de cada apartamento;
- viabilidade econômica da execução da reforma.

2. Mostrar a medição por telemetria, associada à medição individualizada, como uma ferramenta útil que possibilita:

- acompanhamento do consumo diário de cada apartamento individualmente;
- traçado do perfil de consumo de cada unidade dentro de determinado período (dia, mês, ano);
- identificação dos picos diários de consumo;
- visão clara das diferenças entre os consumidores;
- identificação de vazamentos;
- ações de conscientização para o controle do consumo de água.

1.3 CONTEÚDO DA DISSERTAÇÃO

O presente trabalho está apresentado em cinco capítulos, conforme descrição a seguir:

Capítulo 1

Através da justificativa, são apresentadas as razões que motivaram a realização desta pesquisa. Também, neste capítulo, são identificados o objetivo geral e os objetivos específicos.

Capítulo 2

Trata da revisão bibliográfica, a qual está fundamentada em dois tópicos principais, que são: conservação da água e a medição individualizada em edifícios residenciais.

Capítulo 3

Apresenta a metodologia utilizada para o desenvolvimento da pesquisa, dividida em duas partes. A primeira, estabelece os passos para a pesquisa em edifícios reformados, enquanto que a segunda está voltada para o acompanhamento do sistema de medição individualizada por telemetria.

Capítulo 4

Descreve os resultados obtidos na pesquisa, também, em duas etapas. A primeira, referente às mudanças em edifícios residenciais, passando do sistema de medição global para o sistema de medição individualizada. A segunda etapa trata dos resultados colhidos, através do acompanhamento do sistema de medição por telemetria, em um edifício residencial.

Capítulo 5

Apresenta uma síntese do trabalho realizado, suas principais conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ÁGUA, DISTRIBUIÇÃO E CONSERVAÇÃO

2.1.1 A Água na Fixação das Civilizações da Antiguidade

Por volta do ano 5000 a.C., grandes civilizações começaram a se formar. Duas características comuns, entre a maioria delas, é sua proximidade a grandes rios e o aproveitamento do regime fluvial, que favorecia a fertilidade da terra e a prática da agricultura. Assim os vales dos rios Nilo, Eufrates, Tigre e Ganges, entre outros, foram fundamentais para a formação das civilizações egípcia, suméria, babilônica e hindu. Por isso, estas civilizações são chamadas de sociedades agrárias ou férteis; existem ainda outras denominações como Impérios Teocráticos de Regadio (ARRUDA e PILETTI, 2006).

A beleza histórica de muitas civilizações da antiguidade poderia ser pesquisada e narrada neste trabalho, de forma incansável, mas fugiria o seu objetivo principal. No entanto, vale a pena ver a tão grande ligação entre uma das mais belas civilizações e as águas do seu grande rio.

A civilização egípcia, por conta da própria geografia do local, imprimiu um estilo original a suas criações. O Vale do Nilo estava protegido e isolado devido a sua localização: cercado pelo deserto, ao oeste do Mar Vermelho e ao sul do Mediterrâneo. Esta condição permitiu que o Egito, durante muitos anos, não conhecesse perigo proveniente de povos estrangeiros. Daí sua longevidade, sem que grandes rupturas ocorressem na forma de governo, na religião, na estrutura social e na economia, durante quase cinco milênios de história. O Antigo Egito, como mostra o mapa da Figura 2.1.1, era a estreita faixa de terra cultivada que seguia por ambos os lados do rio Nilo, desde o seu delta até as Cataratas de Assuã, no nordeste da África, onde começava a Núbia. Geográfica e culturalmente o Antigo Egito era uma civilização fluvial, o rio Nilo era o centro de grande parte de sua religiosidade, de sua organização social, que dependia desta cultura de regadio. A afirmação de Heródoto, historiador grego, evidencia: “O Egito é uma dádiva do Nilo” (CÁCERES, 1996).

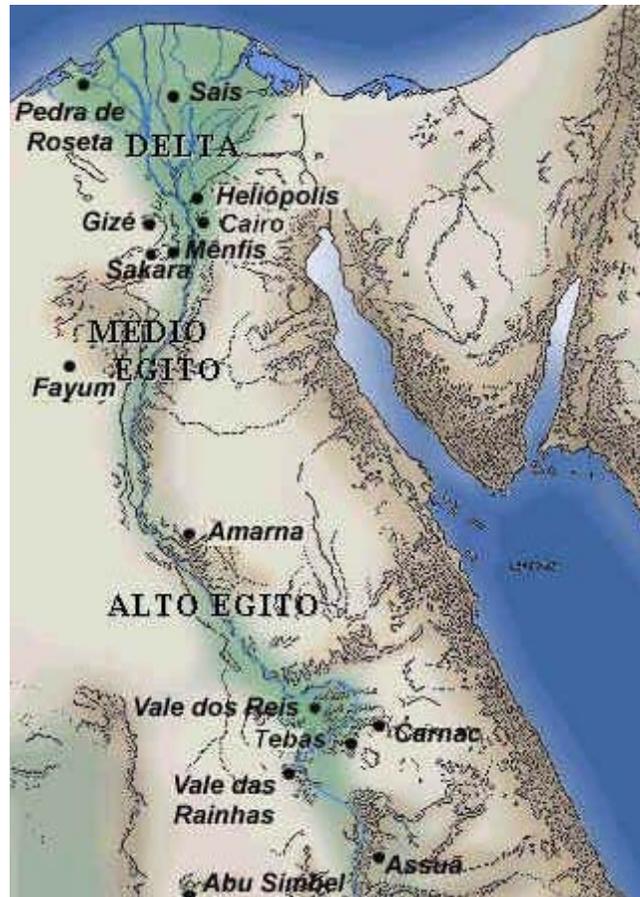


Figura 2.1.1 – Mapa do Egito Antigo

Fonte: www.geocities.com. Acesso em 07/04/2007.

As civilizações antigas partiram para a construção de canais de irrigação com o objetivo de transportar a água dos rios para as áreas cultiváveis. Também, a preocupação com o abastecimento de água para fins do consumo humano exigiu projetos de canais artificiais subterrâneos ou a céu aberto, unindo o caráter funcional à belíssima arquitetura clássica.

Desde a mais remota antiguidade, se tem notícia de edificações destinadas à condução de águas, suportadas por estruturas de pilares ou arcos (Figura 2.1.2). É o caso do aqueduto de Senaquerib, construído pelos assírios por volta do século VII a.C., que abastecia a cidade de Nínive. Senaquerib foi um rei assírio que reergueu a cidade de Nínive, construindo palácios, avenidas, jardins, muralha em torno da cidade, implantou sistemas de irrigação, construiu canais e aquedutos.

No entanto, as obras de água que alcançaram maior importância foram as realizadas pelos romanos. A capital do império dispunha de um sistema de canalizações de que faziam

parte onze aquedutos, que permitiam o transporte de água a distâncias superiores a noventa quilômetros. Também na França, na Espanha (Figura 2.1.3), no Norte da África e na Anatólia, os romanos mostraram sua habilidade na construção desse tipo de edificação (BARSA, 1999).

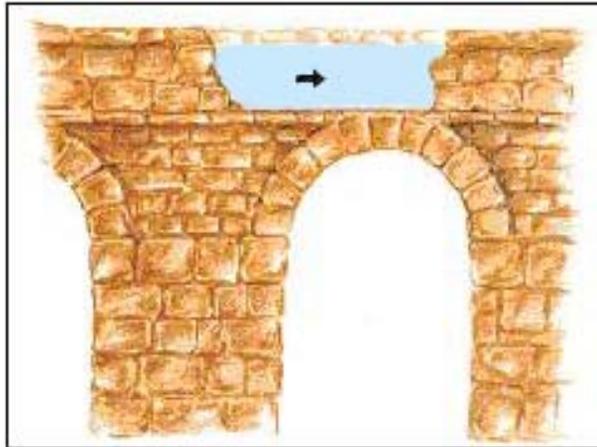


Figura 2.1.2 – Aqueduto

Fonte: Barsa (1999)



Figura 2.1.3 – Aqueduto de Segóvia na Espanha

Fonte: Barsa (1999)

Segundo Cavalcanti Coelho (1996), "a mais antiga documentação que trata do controle da água é de autoria de Sextus Julius Frontinus que viveu em Roma no período de 35 a 104 d.C.." Frontinus, após ter sido governador da Britânia, foi convidado no ano de 97 para ser o superintendente dos aquedutos de Roma. Este era um cargo da mais alta importância no Império Romano. O Imperador Nerva queria entender o motivo da falta d'água, uma vez que a cidade era abastecida por grandes aquedutos. Então, convidou Frontinus para resolver um problema que, ainda hoje, aflige as diretorias das empresas de saneamento: o controle de perdas no sistema de distribuição.

“O hidrômetro daquela época era a ‘pena d’água’. As penas d’água da época eram feitas de bronze e à semelhança dos hidrômetros tinham vazão nominal (Quinaria, Centenária, etc), bem como o equivalente selo oficial do Aqueduto Romano” (CAVALCANTI COELHO, 1996).

Cavalcanti Coelho (1996) relata, ainda, que foram descritos no livro de Frontinus dados sobre o estado dos aquedutos, a legislação da época, seu corpo técnico e administrativo, problemas de manutenção e, também, os artificios dos usuários para fraudar o Aqueduto Romano que, na prática, não diferem muito dos atuais:

- ligações descontroladas, efetuadas sem pena d’água, realizadas com o consentimento dos homens do próprio aqueduto;
- ligações novas, sem o desligamento das ligações antigas que ficavam sendo usadas para venda clandestina de água;
- substituição de penas d’água de diâmetro menor por maior, sem autorização.

2.1.2 Distribuição das Águas na Terra e no Brasil

Do espaço, a Terra foi admirada pelo primeiro astronauta, na década de 60, quando foi denominada de “**Planeta Azul**” ou “**Planeta Água**”. “A cor azul deriva, certamente, das grandes massas de água que compõe a sua hidrosfera, em particular a água salgada líquida dos oceanos, que cobre cerca de 2/3 da superfície do planeta e representa 97,5% da sua quantidade total de água” (REBOUÇAS, 2004). A Figura 2.1.4 mostra, claramente, a distribuição da água no nosso planeta.

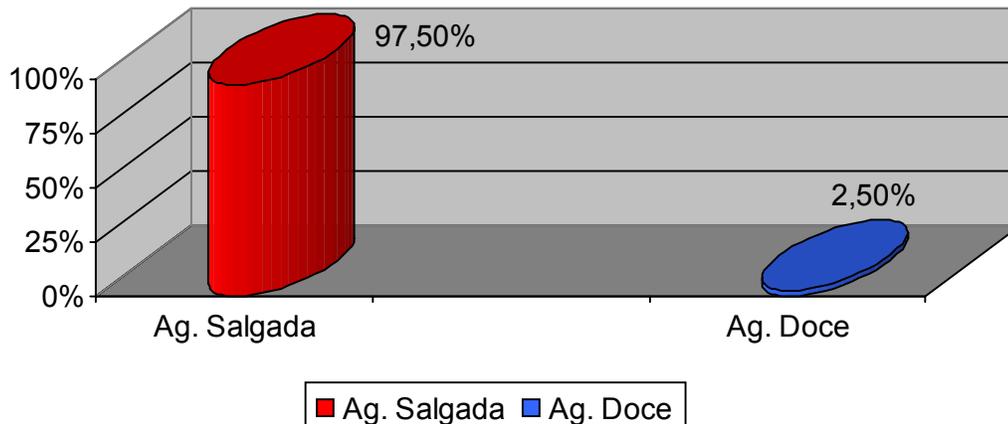


Figura 2.1.4 – Distribuição da água na Terra

Fonte: Ferreira (2005)

“Dos 2,5% restantes ($35.000.000 \text{ Km}^3$), 0,3% estão nos lagos e rios, 30,8% são subterrânea, incluindo a umidade do solo, os alagados e a camada permanentemente gelada dos solos e 68,9% estão nas geleiras e neves perenes” (FERREIRA, 2005). A Figura 2.1.5 mostra a distribuição da água doce na Terra.

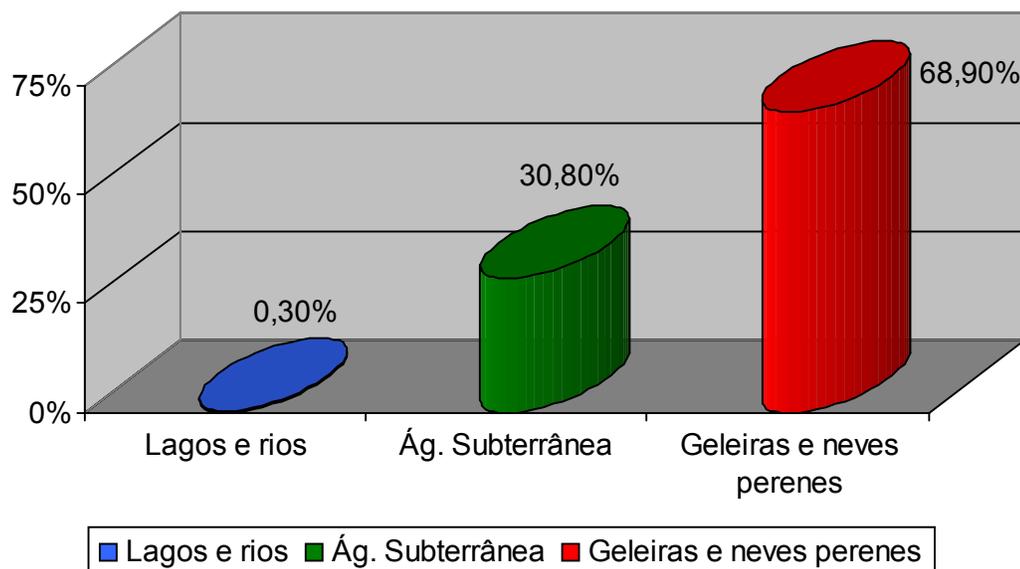


Figura 2.1.5 – Distribuição da água doce no planeta Terra

Fonte: Ferreira (2005)

De acordo com a ANA, o Brasil possui cerca de 13,7% da água doce superficial do planeta e 34,9% da América do Sul, como ilustra a Figura 2.1.6.

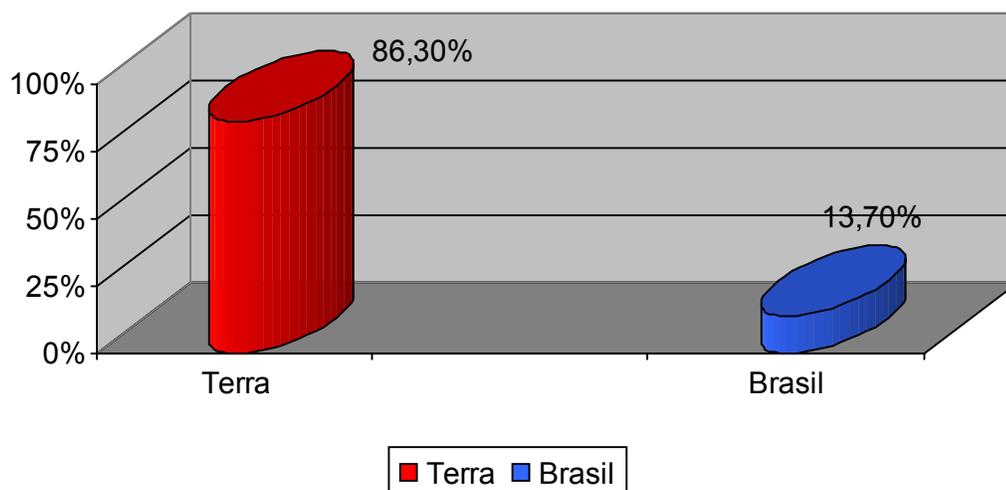


Figura 2.1.6 – Distribuição da água doce superficial no Brasil, em relação à Terra

Fonte: Ferreira (2005)

Em nosso país, a água doce está distribuída de forma irregular. Conforme Cavalcanti Coelho (2001), 68,5% dessa água está na Região Norte, 15,7% no Centro-Oeste, 3,3% no Nordeste, 6,0% na Região Sudeste e 6,5% na Região Sul (Figura 2.1.7). A região amazônica, com apenas 5% da população brasileira, é responsável por 80% do volume de água de todo o território nacional.

Além da distribuição irregular da água na Terra, uma questão importante é a sua qualidade. Soares e Maia (1999) fazem uma reflexão sobre este assunto. “Poder-se-ia contestar nos tempos atuais a validade da afirmação que a água para consumo humano é um produto industrial?” A água potável, aquela com qualidade adequada ao consumo humano, deixou de ser um elemento essencialmente natural. A grande concentração da população em áreas urbanas e a intensa atividade industrial fizeram com que o homem fosse obrigado a utilizar a água, somente após um tratamento artificial, capaz de restaurar a sua constituição, tornando-a própria para o consumo humano (SOARES e MAIA, 1999).

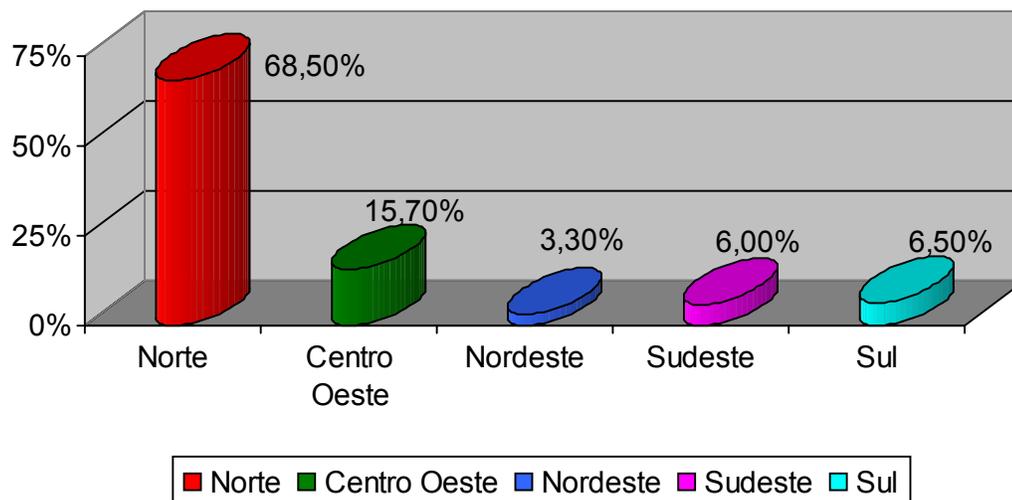


Figura 2.1.7 – Distribuição da água doce superficial no Brasil

Fonte: Cavalcanti Coelho (2001)

Dados da WHO-UNICEF (2007) mostram que, nos países subdesenvolvidos, 40% da população ainda não tem acesso à água tratada, enquanto que nos países desenvolvidos este percentual decresce para aproximadamente 1%. Estes dados podem ser verificados na Tabela 2.1.1.

Tabela 2.1.1 – População servida de água tratada

Região	População no ano de 2004 (em milhões)			
	Servida	%	Não servida	%
América Latina e Caribe	503	91	50	9
Países subdesenvolvidos	434	58	308	42
Países em desenvolvimento	4074	80	1034	20
Países desenvolvidos	990	99	13	1

Fonte: Adaptado de WHO – UNICEF (2007)

<http://www.wssinfo.org/showTable>, acessado em 09/03/07

A água é um recurso ambiental e corre o risco de sofrer degradação. A água disponível para o consumo humano representa menos de 1% dos recursos hídricos do planeta e mais de 1,2 bilhões de pessoas não têm acesso à água potável (DQA, 2002).

A Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (IBGE, 2000) mostra que 97,9% dos municípios brasileiros têm serviço de abastecimento d'água. Por outro lado, a mesma pesquisa indica que, apenas 52,2% dos municípios têm esgotamento sanitário. A falta da rede pública obriga a construção de sistemas particulares de destino final de esgoto. No entanto, verifica-se em muitas localidades, como por exemplo em áreas carentes da Região Metropolitana do Recife, esgotos correndo a céu aberto, contaminando o solo, os canais e os rios.

A taxa média de mortalidade infantil do Brasil, apesar de ter diminuído nas últimas décadas, está entre as mais altas da América Latina. A média do país, no ano de 2001, foi de 28,7 mortes de menores de 1 ano por mil nascidos vivos. São diversas as causas: desigualdade no acesso aos serviços de saúde, **saneamento básico** e infra-estrutura domiciliar (IBGE, 2002).

Rebouças (2004) afirma que “na faixa úmida leste do Nordeste brasileiro ou Zona da Mata Atlântica, se caracterizou como região muito pobre de água, bacias hidrográficas de rios perenes, onde o problema principal é a esquistossomose ser uma doença endêmica.”

A preocupação com a água deve partir de toda a humanidade.

De acordo com a Diretiva-quadro da água (2002):

- 20% das águas superficiais da União Européia correm sério risco de poluição;
- as águas subterrâneas fornecem cerca de 65% da água destinada ao consumo na Europa;
- 60% das cidades européias exploram de forma excessiva suas águas subterrâneas;
- 50% das “zonas úmidas” estão em perigo de extinção, devido à exploração excessiva das águas subterrâneas.

A água não é um produto comercial como outro qualquer, mas um patrimônio que deve ser protegido, defendido e tratado como tal (DIRETIVA 2000/60/CE, 2000). Até 2010, os Estados-Membros da União Européia deverão estabelecer preços para que o consumidor utilize a água de forma eficaz, contribuindo com objetivos ambientais. Os diversos setores (urbano, industrial e agrícola) serão cobrados de forma a recuperar os custos dos serviços públicos de água, levando-se em consideração o princípio do “**poluidor-pagador**”.

Os preços cobrados na França pelos serviços de fornecimento de água e o tratamento de esgoto variam e chegam até 3,15 euros por metro cúbico (DQA, 2002).

No Brasil, a água é um bem de domínio público e um recurso natural limitado, dotado de valor econômico, conforme Lei 9.433 de 8 de junho de 1997, a qual instituiu a Política Nacional dos Recursos Hídricos. Na maioria dos estados brasileiros, o valor cobrado pela água compreende a prestação dos serviços de captação e tratamento. A cobrança pelo valor real da água poderia resultar em problemas mais sérios, decorrentes da falta de abastecimento de áreas carentes (FREITAS, 2002).

A Lei Federal Nº 11445 (Lei Nacional do Saneamento Básico), de 05 de janeiro de 2007, estabelece o seguinte:

Art. 29 – Os serviços públicos de saneamento básico terão a sustentabilidade econômico-financeira assegurada, sempre que possível, mediante remuneração pela cobrança dos serviços:

I – de abastecimento de água e esgotamento sanitário: preferencialmente na forma de tarifas e outros preços públicos, que poderão ser estabelecidos para cada um dos serviços ou para ambos conjuntamente.

Parágrafo 2º – Poderão ser adotados subsídios tarifários e não tarifários para os usuários e localidades que não tenham capacidade de pagamento ou escala econômica suficiente para cobrir o custo integral dos serviços.

2.1.3 Crescimento da População

O gráfico da Figura 2.1.8 representa o crescimento populacional da Terra, desde o ano de 1500 (500 milhões de habitantes) até o ano de 2050, por estimativa. Em 1950 a população mundial atingiu 2 bilhões e 250 milhões de habitantes. Impressionante é imaginar uma população de 9 bilhões, no ano de 2050, ou seja, um acréscimo correspondente a 6 bilhões e 750 milhões de habitantes (igual a três vezes a população que havia no ano de 1950) em apenas 100 anos.

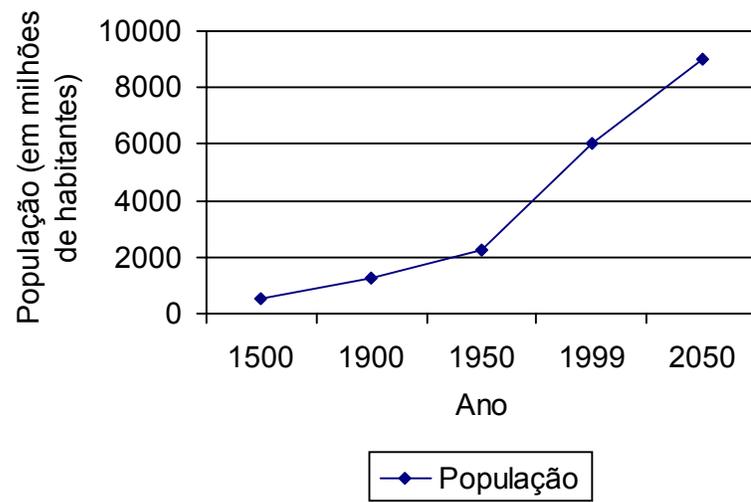


Figura 2.1.8 – Crescimento Populacional da Terra

Fonte: Cavalcanti Coelho (2001)

“Acredita-se que muitos conflitos que ocorrerão neste século não serão por outros valores, senão pela água. As nações que não tiverem a preocupação em utilizar com eficiência seus recursos naturais vivenciarão crises profundas com resultados devastadores” (CAVALCANTI COELHO, 2001).

No passado, esta disputa era realidade. Voltando a questão histórica relacionada com as civilizações da antiguidade que se fixaram às margens de rios, Arruda e Piletti (2006) denominam “Mesopotâmia: um caldeirão de povos”. Explicam que, em grego, Mesopotâmia significa região entre rios e, lá, viveram muitos povos. “A região, localizada entre os rios Tigre e Eufrates, era fértil e menos protegida que a do Vale do Rio Nilo, o que facilitava a fixação de populações, a formação de cidades e uma intensa disputa pelas melhores terras.”

No Brasil, dados do IBGE (2005) projetam praticamente o dobro de habitantes para um período de apenas 40 anos. A Tabela 2.1.2 apresenta o crescimento da população brasileira, desde o ano de 1980 até uma projeção para o ano de 2020.

**Tabela 2.1.2 – Crescimento da População do Brasil
(em milhões de habitantes)**

Ano	Brasil
1980	118,562
1985	132,999
1990	146,592
1995	158,874
2000	171,279
2005	184,184
2010	196,834
2015	208,468
2020	219,077

Fonte: IBGE (2005)

<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao>, acessado em 03/03/2007

Shubo (2003) diz que a parcela da população urbana no Brasil, em 1970, representava 55,9% da população brasileira, enquanto a população rural 44,1%. A WHO-UNICEF (2007) mostra que a população urbana do Brasil continua crescendo. Em 1990, a população do Brasil era aproximadamente 149 milhões de habitantes, sendo 75% a parcela da população urbana e 25% a parcela da população rural. A parcela da população urbana cresceu para 78% em 1995, subindo para 81% em 2000 e chegando a 84% em 2004. A evolução deste crescimento pode ser vista na Figura 2.1.9.

Na Itália, conforme dados da WHO-UNICEF (2007), a população, em 1990, era 56,7 milhões de habitantes, sendo 67% a parcela da população urbana e 33% a parcela da população rural. A população, em 2004, cresceu para 58 milhões de habitantes, mas as distribuições percentuais permaneceram as mesmas, 67% para a população urbana e 33% para a população rural.

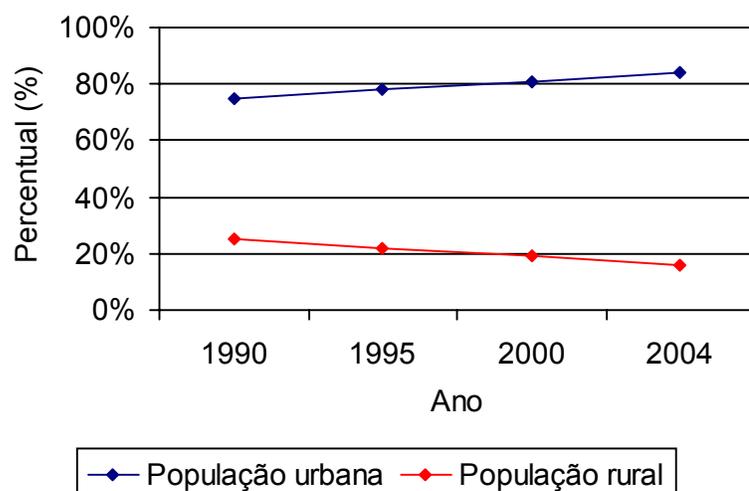


Figura 2.1.9 – População urbana (%) X população rural (%) no Brasil

Fonte: WHO-UNICEF (2007)

<http://www.wssinfo.org/showTable>, acessado em 09/03/07

Shubo (2003) explica que “dispor de uma boa oferta, captar e armazenar água são condições necessárias, porém não suficientes, pois a ineficiência na distribuição e no uso da água tende a gerar desequilíbrios na quantidade e na qualidade dos recursos hídricos.” O crescimento demográfico, com grande concentração da população nas áreas urbanas, pode tornar os sistemas de abastecimento de água insustentáveis.

2.1.4 Disponibilidade Hídrica

A disponibilidade hídrica é o potencial dos recursos de água, de determinada região, que pode ser disponibilizado, em média, por habitante e por ano. A disponibilidade hídrica é dada por $m^3/\text{habitante/ano}$.

Antes de ser mostrado o quadro relativo à disponibilidade hídrica, pode-se lembrar que os usos da água, a nível mundial, são múltiplos, como explica FERREIRA (2005). Então, a água é utilizada para três atividades básicas: abastecimento público, indústria e agricultura. A Figura 2.1.10 ilustra este fato. O maior consumo da água no mundo é na agricultura (67%), seguido pela indústria (23%) e, finalmente, abastecimento público (10%).

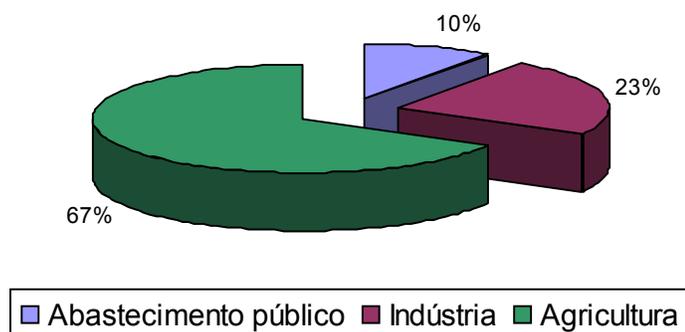


Figura 2.1.10 – Consumo de Água por atividade

Fonte: Ferreira (2005)

A Tabela 2.1.3 apresenta a disponibilidade hídrica em diversos locais, inclusive nos estados do Brasil. Pode-se ver situações de disponibilidade hídrica considerada abundante, com volumes superiores a $20.000\text{m}^3/\text{hab./ano}$, até os casos considerados pobres e críticos, cujos volumes disponíveis são inferiores a $2.500\text{m}^3/\text{hab./ano}$ e $1.500\text{m}^3/\text{hab./ano}$, respectivamente, como praticamente em todos os estados do nordeste brasileiro.

Tabela 2.1.3 – Disponibilidade hídrica

Disponibilidade hídrica per capita ($\text{m}^3/\text{hab./ano}$)	País	Disponibilidade hídrica per capita ($\text{m}^3/\text{hab./ano}$)	Estado brasileiro	Disponibilidade hídrica per capita ($\text{m}^3/\text{hab./ano}$)	
Abundante > 20.000			Roraima	1.747.010	
			Amazonas	878.929	
			Amapá	678.929	
			Acre	369.305	
			Mato Grosso	258.242	
			Pará	217.058	
			Tocantins	137.666	
			Rondônia	132.818	
		Finlândia	22.600	M. G. do Sul	Não disponível
		Suécia	21.800	Goiás	Não disponível
				Rio G. do Sul	20.798

Muito rico > 10.000			Maranhão	17.184
	Irlanda	14.000		
			Santa Catarina	13.662
			Paraná	13.431
	Luxemburgo	12.500		
			Minas Gerais	12.325
Rico > 5.000			Piauí	9.608
			Espírito Santo	7.235
	Portugal	6.100		
	Grécia	5.900		
Situação limite > 2.500	França	3.600		
	Itália	3.300		
			Bahia	3.028
			São Paulo	2.913
	Espanha	2.900		
Pobre < 2.500			Ceará	2.436
			Rio de Janeiro	2.315
	Reino Unido	2.200		
	Alemanha	2.000		
	Bélgica	1.900		
			Rio G.do Norte	1.781
			Alagoas	1.752
			Distrito Federal	1.751
Situação crítica < 1.500			Sergipe	1.743
			Paraíba	1.437
			Pernambuco	1.320

Fonte: Secretaria de Recursos Hídricos de São Paulo (2000, apud SUASSUNA, 2005)

O conceito de “estresse hídrico” tem sido utilizado para ressaltar a má distribuição das águas no mundo. “Foi considerado que todos os países de clima árido e moderadamente desenvolvidos, cujas descargas médias de longo período nos respectivos cursos d’água são insuficientes para proporcionar um mínimo de 1.000m³/ano per capita, apresentam-se em condições de estresse hídrico” (REBOUÇAS, 2004).

Como pode ser visto na Tabela 2.1.3, os estados da Paraíba e de Pernambuco são aqueles que apresentam uma disponibilidade hídrica classificada como crítica. No entanto, não se enquadram numa situação de “estresse hídrico”.

2.1.5 Perdas nos Sistemas de Abastecimento

Cavalcanti Coelho (2001) define “**Perdas nos sistemas de abastecimento de água**” como sendo “a quantidade de água existente em qualquer parte do sistema de abastecimento de água que não está contabilizada e faturada pela empresa de abastecimento de água. Em outras palavras, aquela água que não está chegando legalmente ao usuário final.”

No Brasil, em 2000, houve uma distribuição média diária de água igual a 260 litros/pessoa. Na região Sudeste, o volume distribuído alcançou 360 litros/pessoa por dia e, na região Nordeste 170 litros/pessoa por dia (IBGE, 2002).

Rebouças (2004) expressa a sua preocupação com as perdas de água em São Paulo, relatando que “a quantidade de água tratada e injetada na rede de distribuição da RMSP seria mais do que suficiente para atender as demandas, caso o fornecimento fosse mais eficiente e menores fossem os desperdícios.” A quantidade de água tratada e injetada na rede de distribuição ($63\text{m}^3/\text{s}$), considerando a população de 17 milhões de habitantes, corresponde a um consumo per capita de 320 litros/dia, enquanto a vazão de projeto é da ordem de 250 litros/dia.

Conforme o Programa Nacional da Água de Portugal (2000), no ano de 1998, a distribuição média diária foi de 190litros/pessoa. As perdas no sistema de abastecimento chegaram a 33%.

As perdas podem ocorrer no manancial (barragem), na adução, na estação de tratamento d’água, na reservação, na rede de distribuição e no usuário final. Algumas perdas são de características técnicas, como rompimentos e vazamentos, e são resolvidas com ações de operação e manutenção otimizada. Outras perdas são ocorridas no usuário final, como ligações clandestinas e ligações cortadas ligadas à revelia, e sua redução depende de ações tipicamente de otimização comercial e de conscientização da população (CAVALCANTI COELHO, 2001). A Tabela 2.1.4 mostra o grande problema das perdas no Brasil.

Tabela 2.1.4 – Perdas de faturamento das empresas estaduais de saneamento

Empresa	Índice de perdas (%)
CAESB – Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal	17,31
COPASA - Companhia de Saneamento de Minas Gerais	25,25
CESAN – Companhia Espírito Santense de Saneamento	27,87
SANEPAR – Companhia de Saneamento do Paraná	29,02
SABESP- Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo	29,89
CASAN – Companhia Catarinense de Águas e Saneamento	32,39
CAGECE – Companhia de Água e Esgoto do Ceará	33,16
SANEAGRO – Saneamento de Goiás	33,92
SANESUL – Empresa de Saneamento de Mato Grosso do Sul	37,03
DESO – Companhia de Saneamento de Sergipe	38,39
CORSAN – Companhia Riograndense de Saneamento	42,30
CAGEPA – Companhia de Águas e Esgotos da Paraíba	42,64
SANEATINS – Companhia de Saneamento do Tocantins	43,44
EMBASA – Empresa Baiana de Águas e Saneamento	43,53
CAERN – Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte	44,60
COSANPA – Companhia de Saneamento do Pará	47,40
COMPESA – Companhia Pernambucana de Saneamento	48,99
SANEMAT – Companhia de Saneamento Básico do Mato Grosso	54,36
CASAL – Companhia de Abastecimento D’água e de Esgotos de Alagoas	54,71
CAER – Companhia de Águas e Esgotos de Roraima	55,53
CEDAE – Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro	55,55
COSAMA – Companhia de Saneamento do Amazonas	61,31
CAERD – Companhia de Águas e Esgotos de Rondônia	69,63
CAEMA – Companhia de Águas e Esgotos do Maranhão	70,92

Fonte: Cavalcanti Coelho (2001)

Segundo o SNIS (2005), o valor médio das perdas de água no faturamento no Brasil foi de 39,4% em 2003. Este percentual indicou uma pequena melhora em relação ao ano de 2002, cujo índice médio de perdas foi da ordem de 40,4%.

Para efeito comparativo, a Tabela 2.1.5 mostra as perdas registradas em algumas cidades do mundo. A Alemanha desponta como exemplo com índice de perdas muito baixo para as cidades de Frankfurt e Hamburgo.

Tabela 2.1.5 – Perdas no sistema de distribuição de água em algumas cidades do mundo

Cidade	Índice de perdas (%)
Barcelona	22,09
Sevilha	24,29
Munique	13,60
Frankfurt	4,81
Hamburgo	5,67
Paris	12,80
Bordeaux	21,48
Roma	25,03
Napoli	11,90
Bruxelas	15,17
Atlanta	11,92
Londres	42,35

Fonte: Cavalcanti Coelho (2001)

2.1.6 – Perdas e Desperdícios numa instalação Hidráulica Predial

A ANA (2005) apresenta a diferença entre perda e desperdício:

- **Perda** – toda água que escapa do sistema antes de ser utilizada para uma atividade-fim;
- **Desperdício** – utilização da água em quantidade superior a necessária para o desenvolvimento adequado da atividade consumidora.

Perdas podem ocorrer em função, por exemplo, de vazamentos em reservatórios, decorrentes de fissuras nas paredes, falta de impermeabilização adequada ou problemas na bóia. Vazamentos em torneiras, válvulas de descarga e caixas de descarga também são comuns.

Um problema de vazamento que acontece com frequência em prédios mais antigos que trocam tubulações de ferro galvanizado para PVC, deixando as válvulas de descarga antigas, está relacionado com a sobrepressão provocada pelo fechamento rápido das válvulas. A variação de pressão constante provoca a fadiga do PVC, causando o rompimento de conexões.

A Tabela 2.1.6 apresenta alguns defeitos/falhas frequentes dos aparelhos sanitários que podem ser sanados com intervenção de manutenção, segundo as recomendações dos fabricantes, conforme dados da ANA (2005).

Tabela 2.1.6 – Defeitos/falhas dos aparelhos sanitários e intervenções necessárias

Aparelho sanitário	Defeito/falha	Intervenção
Bacia sanitária com válvula	Vazamento na bacia	Troca de reparo
	Vazamento externo na válvula de descarga	
Bacia sanitária com caixa acoplada	Vazamento na bacia	Regulagem da bóia ou troca de reparos
		Troca ou limpeza da comporta e sede
		Troca ou regulagem do cordão
Torneira convencional (lavatório, pia, tanque, uso geral)	Vazamento pela bica	Troca do vedante ou do reparo
	Vazamento pela haste	Troca do anel de vedação da haste ou do reparo
Torneira hidromecânica (lavatório, mictório)	Tempo de abertura inadequado (fora da faixa compreendida entre 6 e 12 segundos)	Troca do pistão ou êmbolo da torneira
	Vazão excessiva	Ajuste da vazão, através do registro regulador
	Vazamento na haste do botão acionador	Troca do anel de vedação da haste ou do reparo
Registro de pressão para chuveiro	Vazamento pelo chuveiro	Troca do vedante ou do reparo
	Vazamento pela haste do registro	Troca do anel de vedação da haste ou do reparo

Fonte: ANA (2005)

Como comenta Cavalcanti Coelho (2001), “os desperdícios são os volumes de água provenientes do esbanjamento nas instalações prediais. É a quantidade de água gasta, mas não utilizada de forma racional.” Este comportamento do consumidor, na verdade, está relacionado com a falta de conscientização.

A título de ilustração, a Figura 2.1.11 apresenta a distribuição do consumo de água em um apartamento de um conjunto habitacional, localizado em São Paulo, segundo pesquisa da ANA (2005). Como pode ser observado, o consumo do chuveiro (55%) é muito alto, normalmente em função dos banhos prolongados. A pia de cozinha (18%) vem em segundo lugar. O desperdício, neste caso, pode ocorrer pelo costume de se lavar pratos com a torneira

aberta todo o tempo. A lavadora de roupas (11%) deveria ser usada sempre com a carga máxima recomendada, evitando desperdícios. No lavatório (8%), há o costume de escovar dentes e barbear-se, também, com a torneira aberta direto. A bacia sanitária (5%) não é lixeira e tantas vezes é usada como tal, exigindo descargas desnecessárias. Há, por parte das pessoas, o hábito de se fazer a limpeza do vaso sanitário mediante descargas sucessivas .

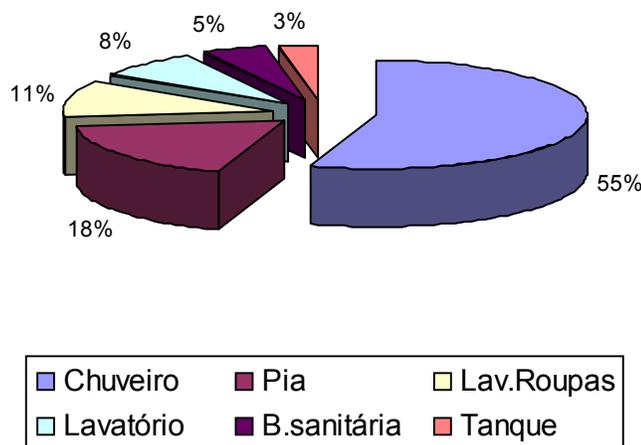


Figura 2.1.11 – Distribuição do consumo de água em apartamento

Fonte: ANA (2005)

O “esbanjamento” de água fica difícil de ser identificado em edifícios com medição global, onde o consumo total do prédio é dividido igualmente para todos os apartamentos. As pessoas conscientes terminam pagando pelo consumo daqueles desleixados.

2.1.7 – A Medição Individualizada como Ação Tecnológica para a Conservação da Água

Para otimização do uso da água em seu conceito mais amplo é importante destacar a evolução do conceito de uso racional da água para o de conservação desse recurso (ANA, 2005).

De acordo com a ANA (2005), a conservação da água pode ser definida como qualquer ação que:

- reduza a quantidade de água extraída em fontes de suprimentos;
- 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 da água.

Segundo Oliveira e Gonçalves (1999), para a redução de volumes e de desperdícios de água em edifícios pode-se implementar as seguintes ações:

- **ações econômicas** – subsídios para tornar os sistemas mais eficientes, ou tarifas que possibilitem o controle do consumo;
- **ações sociais** – campanhas educativas e de conscientização sobre o uso da água;
- **ações tecnológicas** – substituição de sistemas e componentes convencionais por economizadores de água, medição individualizada, medição setorizada, aproveitamento de águas pluviais e reciclagem de águas servidas.

Conceituação da medição individualizada de água – “consiste na instalação de hidrômetro no ramal de cada unidade habitacional, de modo que seja medido todo o seu consumo, com finalidade de racionalizar o uso da água e fazer a cobrança proporcional ao consumo” (CAVALCANTI COELHO, 2004). A concessionária dos serviços estabelece a conta de água/esgoto com base no consumo de cada apartamento, individualmente, acrescido do consumo do condomínio rateado. Este último é dado pela diferença entre o consumo do medidor principal e o somatório dos consumos registrados nos medidores individualizados. Não há emissão de conta de água para o condomínio.

A medição individualizada, como ação tecnológica, aumenta a eficiência do uso da água como pode ser notado na pesquisa de Yamada (2001), denominada “Os Impactos da Medição Individualizada do Consumo de Água em Edifícios Residenciais Multi-familiares”. Em um conjunto habitacional da CECAP (Companhia Estadual de Casas Populares), no município de Guarulhos – SP, que apresenta blocos de edifícios com as duas configurações, sistema de medição coletiva (30 blocos com 60 apartamentos) e sistema de medição individualizada (48 blocos com 60 apartamentos), foi estudada a diferença do consumo.

Yamada (2001) chegou à conclusão que a média obtida de consumo mensal por habitação, em blocos com medição coletiva, foi de 21,2 m³/mês/apartamento, ou 706,7 litros/dia/apartamento, enquanto que, em blocos com medição individualizada, a média ficou em 17,6 m³/mês/apartamento, ou 586,7 litros/dia/apartamento. Estes valores mostram uma economia média mensal de 17% do consumo em edifícios com medição individualizada, em relação aos edifícios com medição coletiva.

Campos (2004), referindo-se às ações públicas voltadas para a conservação da água, comenta que a cidade de Curitiba sancionou a Lei Nº 10785 em 18 de setembro de 2003, a qual estabelece a criação do Programa de Uso Racional da Água nas edificações. Nesta lei contempla-se o uso de medição individualizada em condomínio, o aproveitamento de água pluvial, o reuso da água e a utilização de aparelhos economizadores.

A Lei Municipal Nº 16759, de 17 de abril de 2002, da Cidade do Recife e a Lei Estadual Nº 12609, de 22 de junho de 2004, do Estado de Pernambuco estabelecem a obrigatoriedade do uso da medição individualizada, conforme regulamentam o Artigo 1º e o Artigo 4º das referidas leis:

Art. 1º – Os edifícios e condomínios com mais de uma unidade de consumo, independentemente da categoria de usuário a que pertençam, residenciais, comerciais, públicos, mistos e da área das unidades, deverão ser dotados de sistema de medição individual de consumo de água, cujos projetos de construção não tenham sido protocolados no órgão competente do município até a data de vigência desta lei.

Art. 4º – A partir da vigência desta lei, qualquer projeto de reforma das instalações hidráulicas dos edifícios referenciados nesta lei deverão obedecer às determinações nela contida.

O Artigo 5º da Lei Municipal Nº 16759 da Cidade do Recife diz, ainda:

Art. 5º – O não cumprimento do disposto na presente lei, implicará na não concessão do Habite-se por parte do órgão competente da Prefeitura Municipal do Recife.

Conforme a ANA (2005), em diversas localidades do Brasil, já existem leis exigindo a utilização do sistema de medição individualizada, como por exemplo:

- Goiânia – GO
Projeto de Lei Nº 86, de 03 de junho de 2003;
- Piracicaba – SP
Lei Complementar Nº 169, de 17 de novembro de 2004;
- Brasília – DF
Lei Distrital 3.557, de 18 de janeiro de 2005.

Cavalcanti Coelho (2004) expressa satisfação em dizer que “a medição individualizada no Brasil tem sido apoiada por muitas entidades e órgãos de defesa do consumidor,” destacando a crescente adoção de muitas prefeituras como é o caso de Vitória, Belém, São Paulo e Palmas, além das citadas anteriormente.

A medição individualizada vem sendo utilizada em grande escala nos países desenvolvidos. Nos Estados Unidos, este sistema, amplamente difundido, é uma das principais “ferramentas” na implantação de metodologias direcionadas para a conservação da água (YAMADA,2001).

“Na França, em sistemas mais modernos com central eletrônica, além da possibilidade de monitoração do consumo de água num dado período, pode-se, também, ter disponibilizado o pagamento desse insumo na própria central, através de cartões inteligentes - smart cards.” (YAMADA, 2001). Assim, o usuário pode armazenar créditos para pagamentos das contas de água, luz e gás, em determinado período.

Conforme Cavalcanti Coelho (2004), na Alemanha a Norma DIN – 1988 – Parte II – Item 9.3 – Hidrômetros de Apartamento, estabelece o seguinte:

- Em edificações com mais de uma família (prédios de apartamentos), deve-se prever a instalação de hidrômetro em cada unidade habitacional.

Segundo, ainda, o mesmo autor, a Norma Portuguesa NP 4001 – Contadores de Água Potável Fria diz em seu Artigo 106:

1. Os contadores – devem ser instalados obrigatoriamente um por cada consumidor – podem ser colocados isoladamente ou em conjunto, constituindo-se, neste último caso, numa bateria de contadores;
2. Na bateria de contadores pode ser estabelecido um circuito fechado no qual têm origem os ramais de alimentação individual.
3. O espaço destinado aos contadores e seus acessórios deve ser definido pela concessionária, através de adequadas especificações técnicas.

Na América Latina, a Colômbia vem utilizando a medição individualizada, há várias décadas, nas cidades de Cali, Bogotá e Medellin (CAVALCANTI COELHO, 2004).

A medição individualizada de água em edifícios motiva o usuário a evitar desperdícios de água, possibilitando o controle do seu próprio consumo. Facilita, também, a identificação de perdas de água, como rompimentos e vazamentos, uma vez que existe um sistema hidráulico predial atendendo separadamente cada unidade habitacional. Vantagens para o edifício, como redução do consumo de energia elétrica (em função do menor volume de água bombeado diariamente) e redução do volume de esgotos, também são evidentes. A inadimplência de determinado apartamento resulta no corte de fornecimento de água, apenas, daquela unidade habitacional, sem prejuízo para as demais.

2.2 SISTEMA DE MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA DE ÁGUA

2.2.1 Hidrômetros Tipo Velocimétrico

De acordo com Cavalcanti Coelho e Maynard (1999), “o funcionamento dos medidores tipo velocimétrico baseia-se na obtenção do volume de água que atravessa um aparelho e a contagem do número de revoluções da turbina.” A medição é obtida de forma indireta, em função do número de revoluções “N” da turbina.

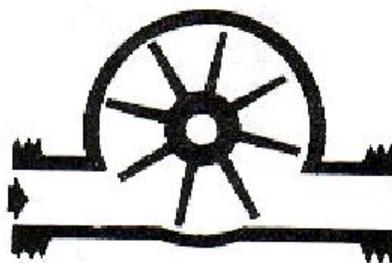
Dessa maneira, o volume de água que atravessa o hidrômetro é dado por:

$$V = KxN \quad (\text{Eq 1})$$

Onde K é uma constante que depende da forma e superfície do orifício e do diâmetro da turbina.

2.2.1.1 Hidrômetros Monojatos e Hidrômetros Multijatos

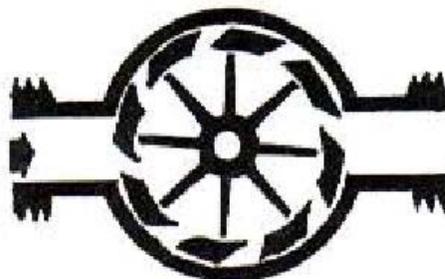
Os hidrômetros utilizados em medição individualizada são do tipo monojato (unijato) ou do tipo multijato. “Os hidrômetros do tipo monojato caracterizam-se pela incidência de um único jato de água sobre a turbina,” como mostra a Figura 2.2.1. “Os hidrômetros monojatos têm menor tamanho do que os hidrômetros multijato de mesma capacidade, pois nesses medidores a câmara de medida é a própria carcaça” (CAVALCANTI COELHO e MAYNARD, 1999).



**Figura 2.2.1 - Medidor de Velocidade Monojato
Detalhe da câmara de medida**

Fonte: Cavalcanti Coelho (1996)

Nos hidrômetros do tipo multijato, a ação do jato da água sobre a turbina é distribuída em várias direções, conforme Figura 2.2.2. “A ação, ao longo de todo o perímetro da câmara de medição, permite o funcionamento mais balanceado da turbina” (CAVALCANTI COELHO e MAYNARD, 1999).



**Figura 2.2.2 - Medidor de Velocidade Multijato
Detalhe da câmara de medição**

Fonte: Cavalcanti Coelho (1996)

Os hidrômetros monojetos e os hidrômetros multijatos podem ser fabricados de duas formas: com relojoaria seca e com relojoaria molhada (úmida). “Os primeiros, caracterizam-se porque a sua relojoaria trabalha livre de água. Os hidrômetros de relojoaria molhada caracterizam-se por terem as partes internas, inclusive a relojoaria, mergulhada em água” (CAVALCANTI COELHO e MAYNARD, 1999). A Figura 2.2.3 mostra, a título de ilustração, um hidrômetro multijato com a relojoaria seca e transmissão magnética.

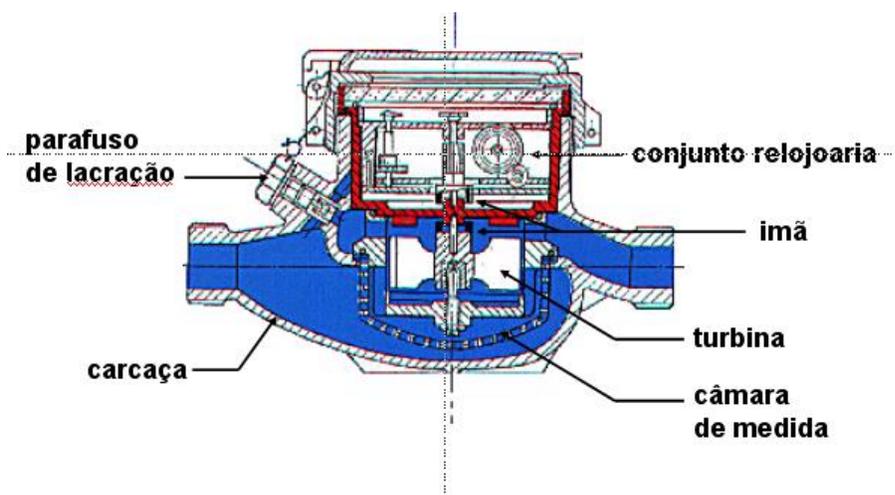


Figura 2.2.3 - Hidrômetro multijato com relojoaria seca e transmissão magnética

Fonte: Adaptado de www.geocities.com/hidrometro, acessado em 07/03/07

2.2.1.2 Características Técnicas dos Hidrômetros Monojatos e dos Hidrômetros Multijatos

Cavalcanti Coelho e Maynard (1999) resumem as características dos hidrômetros monojatos e dos hidrômetros multijatos em duas tabelas, aqui denominadas de Tabela 2.2.1 e Tabela 2.2.2, respectivamente.

Tabela 2.2.1 – Características técnicas dos hidrômetros monojatos

Tabela de utilização									
Classe metrológica		A				B			
Diâmetro nominal	Pol	1/2"		3/4"		1/2"		3/4"	
	mm	15		20		15		20	
Vazão máxima - $Q_{m\acute{a}x}$	m ³ /h	1,5	3	1,5	3	1,5	3	1,5	3
Vazão nominal - Q_n	m ³ /h	0,75	1,5	0,75	1,5	-	1,5	-	1,5
Vazão de transição - Q_t	l/h	75	150	75	150	-	120	-	120
Vazão mínima - $Q_{m\acute{i}n}$	l/h	30	40	30	40	-	30	-	30
Vazão máxima admissível	m ³ /dia	3	6	3	6	-	6	-	6
	m ³ /mês	45	90	45	90	-	90	-	90
Início de funcionamento	l/h	12				12			
Volume máx. registrável	m ³	9.999							
Volume mín.registrável	l	0,05							
Pressão máxima de serviço	MPa	1,0							
Temperatura máx. da água	°C	40							
Perda de carga	MPa	menor que 0,10							

Fonte: Cavalcanti Coelho e Maynard (1999)

Tabela 2.2.2 – Características técnicas dos hidrômetros multijatos de 3 a 5 m³/h

Vazão máxima - $Q_{m\acute{a}x}$	m ³ /h	3	5
Vazão nominal - Q_n	m ³ /h	1,5	2,5
Vazão de transição - Q_t (classe A)	l/h	150	250
Vazão de transição - Q_t (classe B)	l/h	120	200
Vazão mínima – $Q_{m\acute{i}n}$ (classe A)	l/h	40	100
Vazão mínima – $Q_{m\acute{i}n}$ (classe B)	l/h	30	50
Início de funcionamento típico	l/h	12	15
Volume admissível de água	m ³ /dia	6	10
	m ³ /mês	90	150
Erro máximo de leitura	$Q_{m\acute{a}x} \geq Q \geq Q_t$	± 2%	
	$Q_t > Q \geq Q_{m\acute{i}n}$	± 5%	
Leitura máxima do mostrador	m ³	9.999	
Leitura mínima	l	0,05	
Pressão máxima de serviço	MPa	1,0	
Temperatura máxima da água	°C	40	
Perda de carga na $Q_{m\acute{a}x}$	MPa	menor que 0,10	

Fonte: Cavalcanti Coelho e Maynard (1999)

2.2.1.3 Hidrômetros Eletrônicos x Hidrômetros com Relojoaria Mecânica

Os hidrômetros eletrônicos possuem um circuito eletrônico para efetuar a contagem e a totalização do fluxo de água. Este circuito é montado independentemente da câmara hidráulica (compartimento por onde se dá o fluxo de água), tal como nos hidrômetros com relojoaria seca.

Nos hidrômetros eletrônicos é possível ler, através de um display em cristal líquido, o consumo acumulado de água, a vazão instantânea, além de outras facilidades aplicadas a cada caso, como por exemplo data, hora e condições de integridade do medidor.

O hidrômetro mecânico com saída de sinal pulsado tem um sistema de contagem de pulsos elétricos, acoplado ao seu mecanismo mecânico convencional. Desta forma, este hidrômetro pode ser utilizado para a medição à distância (ROZAS, 2002).

2.2.1.4 Terminologia aplicada aos hidrômetros

Apresentam-se, em seguida, alguns termos usualmente empregados com relação a hidrômetros, conforme Cavalcanti Coelho e Maynard (1999).

Abrigo de proteção – correspondente à caixa ou casa de proteção construída para proteger o hidrômetro contra agentes externos.

Campo inferior de medição – intervalo compreendido entre a vazão mínima (inclusive) e a vazão de transição (exclusive).

Campo de medição – intervalo compreendido entre as vazões mínima e máxima, dentro das quais os erros de indicação devem obedecer às tolerâncias estabelecidas.

Campo prático de medição – é o trecho de vazões compreendido entre a vazão mínima (limite inferior de exatidão) e a vazão nominal.

Campo superior de medição – é o intervalo compreendido entre a vazão de transição (inclusive) e a vazão máxima.

Campo teórico de medição – é o trecho de vazões compreendido entre a vazão mínima (limite inferior de exatidão) e a vazão máxima do hidrômetro.

Capacidade do totalizador – para os hidrômetros domiciliares é a característica da relojoaria do medidor que deve registrar, sem retornar a zero, um volume correspondente a pelo menos 9.999m^3 para hidrômetro com Q_n até $5\text{m}^3/\text{h}$.

Carcaça – peça oca concebida para comportar as partes internas do hidrômetro e que cumpre, também, a função de confinar o fluido.

Classe metrológica – são as classes que classificam os hidrômetros de acordo com a vazão mínima e a vazão de transição. Para os medidores domiciliares, o INMETRO apresenta três classes: A, B e C.

Cavalete – é o trecho de canalização construída de tal maneira que o hidrômetro fica assente, elevado do solo.

Diâmetro nominal – representa o diâmetro interno do medidor em sua parte de entrada.

Erro absoluto – é a diferença entre o volume indicado no hidrômetro e o volume de água efetivamente escoado pelo mesmo.

Erro máximo tolerado – são os erros máximos tolerados na indicação do volume escoado, sendo de $\pm 5\%$ entre a vazão mínima e a vazão de transição (exclusive) e de $\pm 2\%$ entre a vazão de transição e a vazão máxima.

Hidrômetro – aparelho destinado a medir e indicar, continuamente, o volume de água que o atravessa.

Hidrômetro domiciliar – hidrômetros velocimétricos, tipo monojato ou multijato, de vazão máxima entre 1,2 e 30m³/h.

Hidrômetro monojato – são medidores de princípio velocimétrico, cuja turbina é acionada por um único jato, caracterizando-se por sua câmara de medida ser a própria carcaça.

Hidrômetro multijato – são medidores de princípio velocimétrico, cuja turbina é acionada de forma equilibrada em diversos pontos, caracterizando-se por ter câmara de medida.

Hidrômetro de relojoaria seca – medidor cuja relojoaria, propriamente dita, trabalha sem contato com a água.

Hidrômetro de relojoaria úmida – medidor no qual todas as peças internas trabalham em contato com a água.

Lacre – dispositivo que assegura a inviolabilidade do hidrômetro.

Limite de sensibilidade – vazão pré-fixada sob a qual o medidor deve estar funcionando, sem, no entanto, obedecer plenamente aos limites de erros tolerados.

Mecanismo totalizador – constitui-se de dispositivo totalizador do hidrômetro, que deve permitir, por simples justaposição das indicações dos diferentes elementos que o constituem, uma leitura segura e fácil do volume de água escoado.

Mostrador – componente do mecanismo totalizador onde está impresso o sistema de escala, a unidade que se está medindo e demais inscrições pertinentes.

Relojoaria – parte mecânica do hidrômetro que contabiliza e acumula o volume de água consumido.

Tolerância de erros – limites estabelecidos para os erros dentro do campo de medição, sendo de + 5% dentro do campo inferior e de + 2% dentro do superior.

Turbina ou hélice – é a peça móvel localizada na câmara de medida que recebe a ação direta do fluido.

Transmissão – conjunto utilizado para transferir o movimento do mecanismo medidor ao mecanismo totalizador.

Vazão – volume de água que atravessa uma determinada seção por unidade de tempo.

Vazão máxima – vazão mais alta, à qual o medidor é solicitado a trabalhar de modo satisfatório por curto período de tempo sem se danificar. Para os hidrômetros domiciliares, esta vazão corresponde à que provoca uma perda de carga máxima de 0,1MPa.

Vazão mínima – vazão em escoamento uniforme, expressa em L/h, a partir da qual o hidrômetro começa a dar indicações de consumo dentro dos limites pré-fixados para erros.

Vazão nominal – vazão em escoamento uniforme, expressa em m^3/h , correspondente a 50% da vazão máxima, para a qual a perda de carga de pressão no aparelho é de, no máximo, 0,025MPa.

Vazão de transição – vazão em escoamento uniforme, expressa em L/h, que define a separação dos campos superior e inferior de medição e cujo valor é equivalente a 5% da vazão máxima.

2.2.2 Formas de Leitura

Segundo ROZAS (2002), os sistemas de leitura podem ser classificados de acordo com os critérios abaixo:

Quanto à forma de leitura

- Leitura tradicional – “efetuada através de um leiturista credenciado que lê o valor do consumo no medidor e o anota em uma planilha. Posteriormente, estes dados são digitados, um a um, em um sistema computacional conectado ao sistema de cobrança;”
- Leitura automática – “há diversas formas ou níveis de automação na leitura de medidores. Em todas elas é necessário um medidor diferente do tradicional, em que exista alguma forma de saída de sinal de leitura à distância.”

Quanto à posição relativa dos equipamentos de leitura

- Leitura local – “neste caso, a leitura é efetuada no próprio equipamento de medição, seja ele tradicional ou automático;”
- Leitura concentrada – “neste sistema de leitura, onde estejam os medidores, se concentrados ou não, a leitura é concentrada em um único local, fazendo-se uso de telemetria, quando necessário.”

2.2.3 Telemetria

Tele (do grego = longe, ao longe) + metron (do grego = que mede, medição).

“A telemedição é entendida como a tecnologia da automatização da medição e da transmissão de dados de fontes remotas para estações de recebimento, onde os dados sofrem

processamento, análise, arquivamento e podem ser aplicados” (TAMAKI, 2003). A Automatic Meter Reading Association – AMRA indica as tecnologias de comunicação para transmissão de dados como sendo telefonia, radiofrequência, rede de energia elétrica (power line carrier) e satélite.

Tamaki (2003) cita alguns benefícios alcançados pelos usuários do sistema de medição remota:

- uma concessionária pública pode utilizar a telemetria para conhecer o perfil de consumo do usuário, sendo útil em períodos de racionamento da água;
- os administradores dos sistemas prediais, inclusive os próprios condomínios, através da telemetria, podem conhecer o perfil de consumo do edifício e identificar vazamentos ou consumos excessivos;
- os usuários finais podem utilizar a telemedição para conhecer o seu próprio consumo e fazer o controle, além de adquirir confiança no sistema de leitura.

Os sistemas de leitura automática de medição de insumos prediais estão divididos em quatro partes (ROZAS, 2002):

- Unidade de Medição e Leitura;
- Unidade de Interface de Medidores (MIU);
- Rede de Comunicação;
- Central de Gerenciamento.

“Todos os elementos do sistema são obrigatórios, podendo ou não estar integrados em um mesmo equipamento ou invólucro. Esta seqüência deve ser rigorosamente obedecida, não havendo troca de informações entre elementos não consecutivos” (ROZAS, 2002) .

A Figura 2.2.4 apresenta as partes integrantes do sistema de leitura automática de medição.

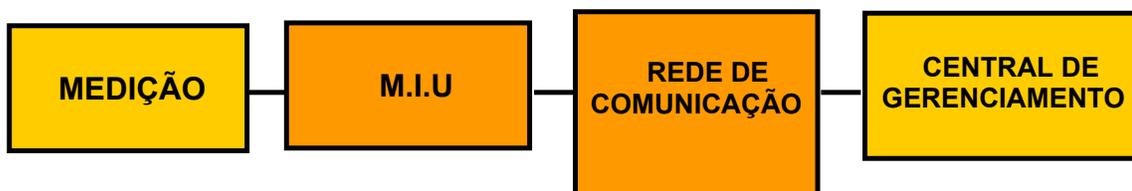


Figura 2.2.4 – Partes do sistema de leitura automática de medição

Fonte: Rozas (2002)

Unidade de Medição e Leitura

Segundo TAMAKI (2003), a Unidade de Medição e Leitura é o próprio medidor que transforma a grandeza física consumida (volume, fluxo, etc) em valores contabilizáveis (m^3 , KWh, etc).

Unidade de Interface de Medidores

A Unidade de Interface de Medidores (MIU - Meter Interface Unit) armazena os dados fornecidos pelo medidor e converte-os de forma adequada à transmissão, através da rede de comunicação, até a central de gerenciamento. A MIU é a responsável pela comunicação entre a unidade de medição e a rede de comunicação. A conversão dos dados é feita por circuitos eletrônicos (TAMAKI, 2003).

Rede de Comunicação

A função da rede de comunicação é transmitir os dados registrados na unidade de medição, convertidos de forma adequada pela MIU, para a central de gerenciamento (ROZAS, 2002). Os meios de transmissão utilizados são barramento de campo, rede pública de telefonia fixa e móvel, rádio frequência, satélite, power line carrier, TV a cabo e sistemas híbridos (duas ou mais tecnologias de comunicação). A Figura 2.2.5 mostra o sistema de leitura utilizando a rádio frequência como meio de transmissão.

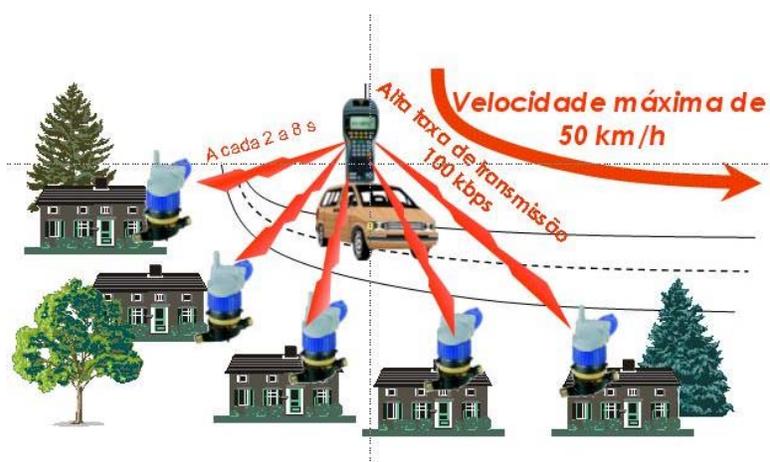


Figura 2.2.5 – Transmissão por rádio frequência

Fonte: Cavalcanti Coelho (2006)

Central de Gerenciamento

A Central de Gerenciamento recebe os dados dos diversos medidores. Faz o processamento, armazenamento e a sua aplicação. Esta central pode ser no próprio local para fins particulares, ou remota, gerenciada pela concessionária de serviços públicos (TAMAKI, 2003).

2.2.4 Medição Individualizada Associada à Medição por Telemetria na COMPESA

A COMPESA, através de um Projeto Piloto, iniciou a utilização da medição por telemetria em um edifício residencial com medição individualizada. A empresa PROCENGE desenvolveu o sistema denominado **SmartOK!** para medição remota, o qual foi aplicado neste prédio.

De acordo com a PROCENGE (2006), o sistema **SmartOk!**, com aplicações tanto para consumidores prediais quanto para grandes consumidores, permite a leitura eletrônica do consumo, e o corte/estabelecimento do fornecimento de água de forma remota. É possível acompanhar, em tempo real, o consumo de água, a leitura do hidrômetro e fazer a análise de vazamento. A Figura 2.2.6 apresenta as unidades do referido sistema.

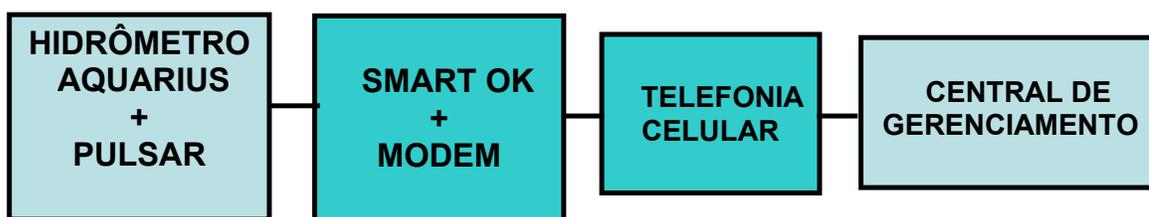


Figura 2.2.6 – Partes do sistema de leitura automática de medição da PROCENGE

Fonte: Adaptado de Rozas (2002)

A **Unidade de Medição e Leitura** é composta pelo hidrômetro unijato magnético para água fria, **Aquarius** (Figura 2.2.7) e o emissor de pulsos de baixa frequência, **Pulsar** (Figura 2.2.8) ambos fabricados pela Sappel do Brasil. O Aquarius é pré-equipado para saída pulsada, permitindo a leitura à distância. Quando um Pulsar é acoplado ao mesmo passa a existir a saída pulsada. O Pulsar é constituído por um sensor magnético, através de lâminas flexíveis, capaz de detectar um campo magnético rotativo no hidrômetro. Logo, cada litro registrado no hidrômetro é transformado em um pulso eletromagnético que faz o contato das lâminas flexíveis do Pulsar.

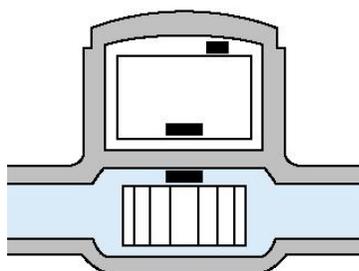


Figura 2.2.7 – Hidrômetro Aquarius

Fonte: Saapel do Brasil (2007)

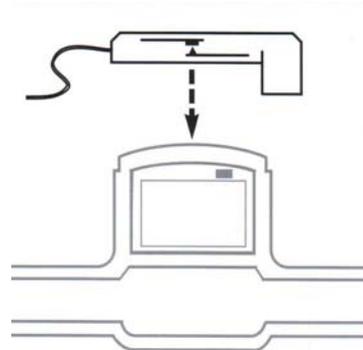


Figura 2.2.8 – Pulsar

Fonte: Saapel do Brasil (2007)

Então, o pulso eletromagnético, gerado pelo hidrômetro, ativa o Pulsar que envia estes pulsos para um circuito eletrônico na **Unidade de Interface**, no caso, chamado de **SmartOK!**, que conta e armazena o consumo digitalmente, paralelamente a relojoaria mecânica do hidrômetro. O ModemOK! faz uma varredura em todos os hidrômetros, pelo barramento RS485, a cada 4 minutos, lendo os contadores digitais de cada SmartOK!, concentrando as informações de todos os hidrômetros individualizados do edifício, como pode ser visto na Figura 2.2.9, a fim de transmiti-las para a Central de Gerenciamento.

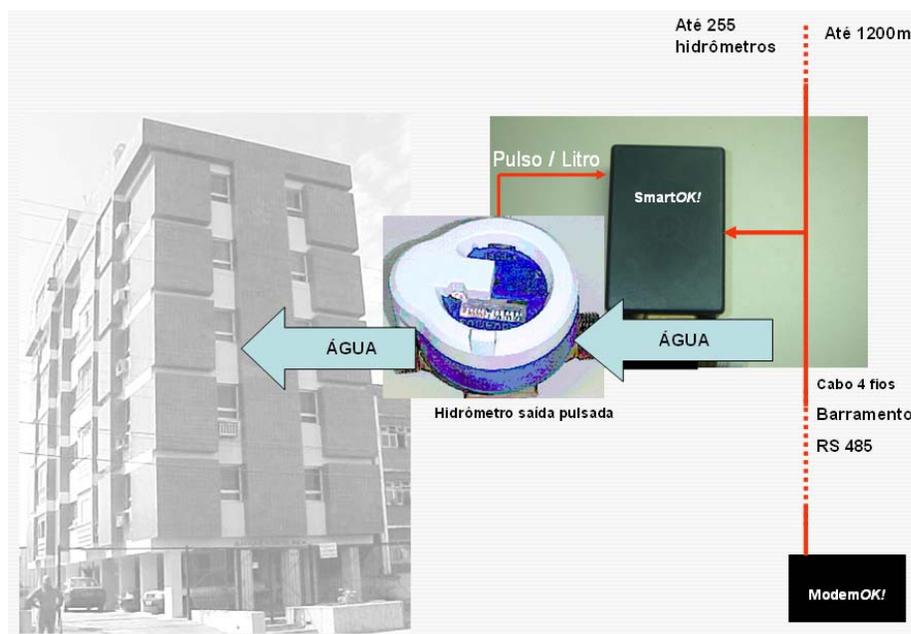


Figura 2.2.9 – Diagrama das unidades internas

Fonte: PROCENGE (2007)

A **Rede de Comunicação** utilizada para a transmissão de dados entre este edifício com medição individualizada e a Central de Gerenciamento é a **telefonia celular GSM/GPRS**. A Figura 2.2.10 mostra o diagrama geral do sistema. A **Central de Gerenciamento**, que é um servidor com banco de dados na Internet, recebe, a cada 4 minutos, o consumo de cada hidrômetro. A partir, daí, são gerados os seguintes **gráficos e planilhas**:

- Consumo por hora;
- Consumo por dia;
- Consumo por mês.

Esses dados podem ser acessados de qualquer computador, pela Internet, mediante controle de acesso por senhas.

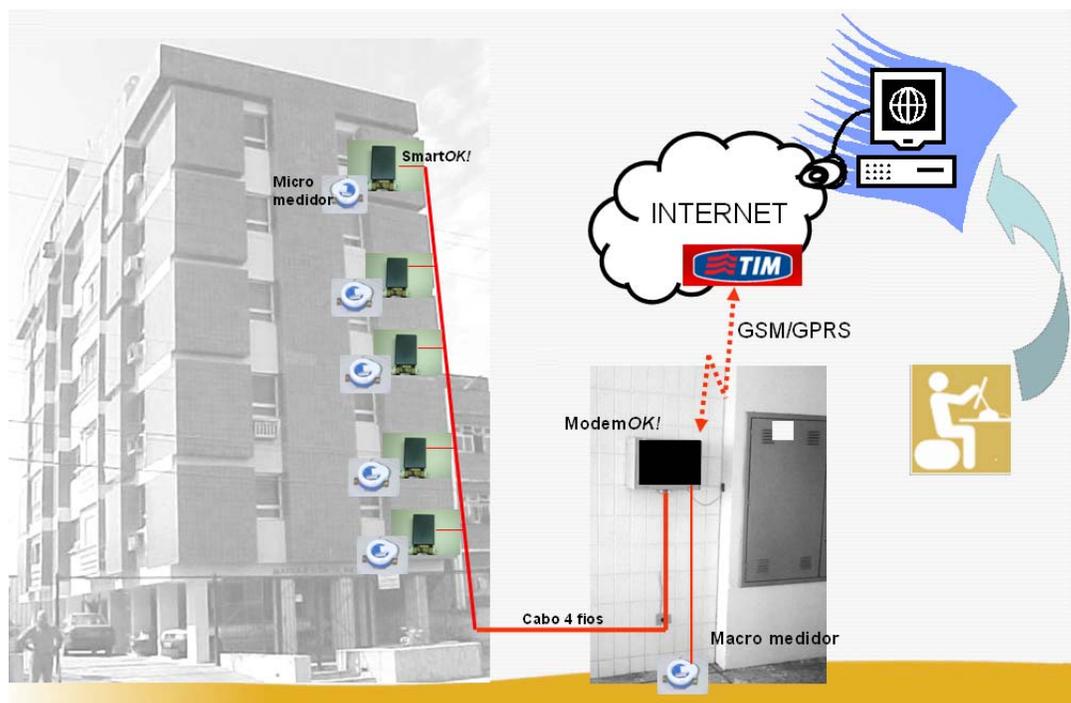


Figura 2.2.10 – Diagrama geral do sistema

Fonte: PROCENGE (2007)

2.2.5 Formas de Emissão de Contas

Cavalcanti Coelho (2004) apresenta as principais formas de se fazer o processamento da leitura e emissão de contas no sistema de medição individualizada:

- Leitura e emissão das contas individuais por empresa concessionária de água/esgotos – os hidrômetros são instalados e cadastrados pela concessionária que passa a emitir as contas individuais. A COMPESA adota este sistema com sucesso na Região Metropolitana do Recife. Em outubro de 2004, existiam aproximadamente 44.000 apartamentos individualizados, num total de 2.200 edifícios;
- Leitura e emissão de contas individuais por empresa prestadora de serviço – os hidrômetros são instalados pela empresa prestadora de serviço que recebe a conta global de água e esgotos da concessionária e emite as contas individuais, fazendo ações de cobrança. A empresa concessionária de água não interfere no processo e a repartição da conta é feita acrescida de um percentual para cobrir a prestação de serviço da empresa. Este sistema é normalmente utilizado na Europa e, particularmente, na Alemanha.
- Leitura e emissão de contas individuais de água/esgotos pela administração do condomínio – o administrador do condomínio instala os hidrômetros individuais, lê e faz a repartição da conta do medidor principal com base nos consumos dos hidrômetros individuais. A empresa concessionária emite, apenas, a conta global.

2.2.6 Projeto de Reforma do Sistema de Medição Global para o Sistema de Medição Individualizada

A implantação do sistema de medição individualizada tem despertado o interesse de muitos condomínios na Região Metropolitana do Recife. Para a execução da obra de reforma, o condomínio contrata uma empresa especializada, a qual faz um levantamento do sistema hidráulico predial existente e, em seguida, elabora o orçamento, cujo preço do serviço é, normalmente, fornecido por apartamento. Cada unidade habitacional é responsável, individualmente, pelo pagamento do serviço.

Uma prática simples e usual para adaptação ao novo sistema tem sido o aproveitamento do barrilete (conjunto de tubulações que se origina no reservatório e do qual se derivam as colunas de distribuição) para alimentar a nova coluna de distribuição (tubulação derivada do barrilete e destinada a alimentar ramais), a qual desce normalmente em algum canto da caixa de escada do edifício e vai alimentando os hidrômetros nos diversos andares. As colunas do sistema antigo são desprezadas, quase sempre, mediante o corte e fechamento das extremidades. A Figura 2.2.11 retrata esta instalação, através do esquema vertical de água fria.

A caixa protetora para os hidrômetros (Figura 2.2.12) fica situada a uma altura que possibilita a leitura dos medidores. Desta caixa, saem as tubulações de PVC que alimentam os apartamentos. Na maioria dos casos, estas tubulações são instaladas embutidas no forro de gesso, já existente no hall do pavimento, ou em rodapé de gesso, feito para esconder a nova instalação.

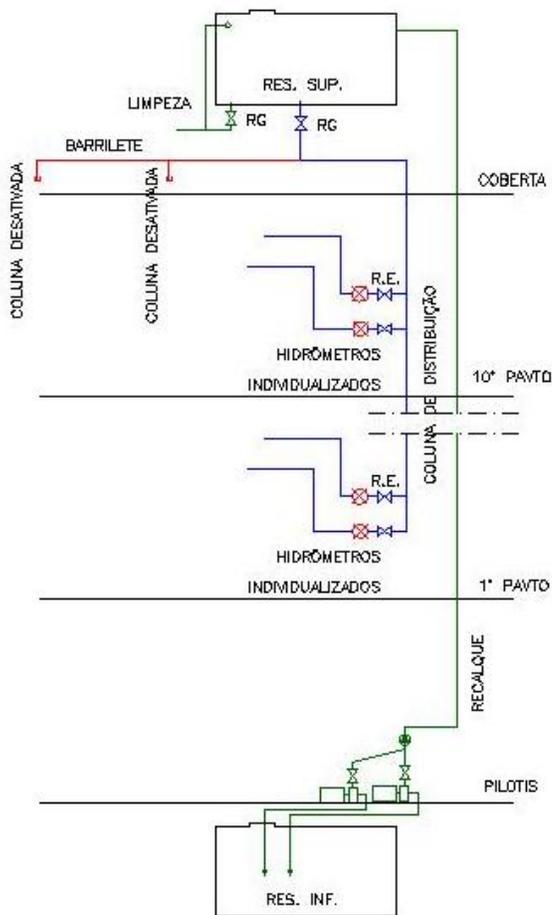


Figura 2.2.11 – Esuema vertical com hidrômetros individualizados

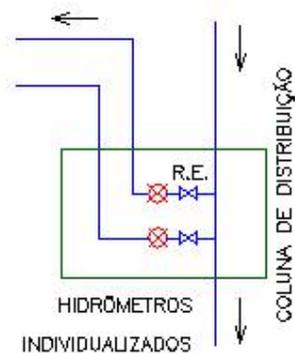


Figura 2.2.12 – Detalhe de caixa protetora para dois hidrômetros

A nova tubulação entra no apartamento, também, pelo forro de gesso, ou rodapé de gesso, e segue para a cozinha, área de serviço e banheiros. Em cada ambiente, faz-se uma incisão na parede, localizando-se a entrada do ramal principal (tubulação que deriva da coluna antiga e alimenta todo aquele ambiente). Neste ponto, é feito o corte, separando a coluna de distribuição antiga e o ramal principal. A coluna de distribuição antiga é desprezada, enquanto é feita a ligação da nova tubulação ao ramal principal existente, antes

do registro de gaveta. A Figura 2.2.13 ilustra, através de um esquema vertical, um exemplo desta situação.

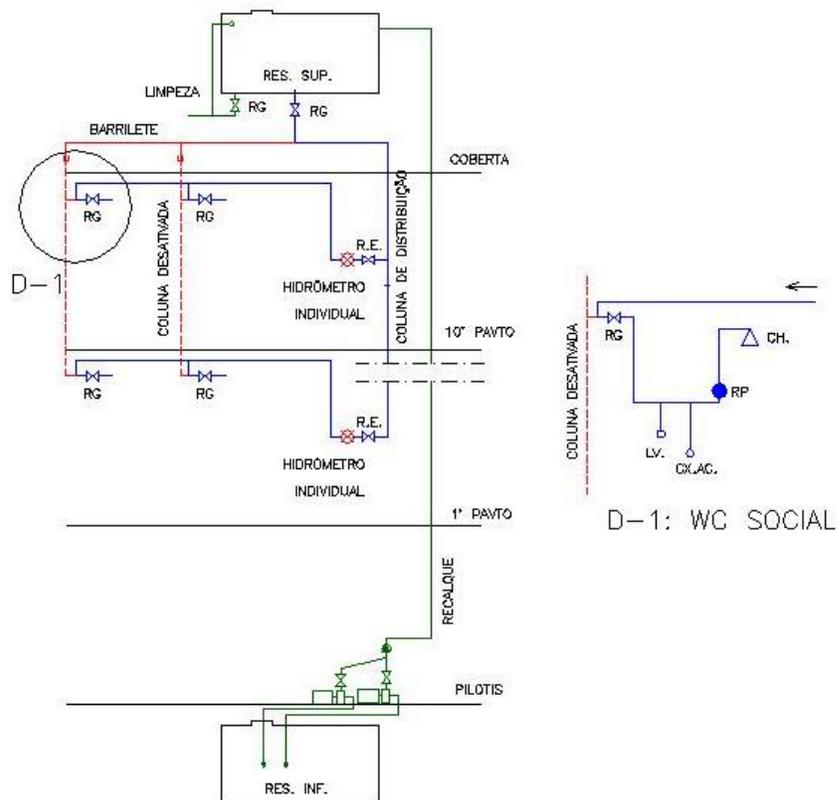


Figura 2.2.13 – Esquema vertical com as novas ligações, conservando os registros

O sistema de medição individualizada, a partir do hidrômetro individual, abastece um único apartamento que, certamente, tem um número reduzido de aparelhos sanitários (caixas de descarga, lavatórios, chuveiros, pia de cozinha, máquina de lavar pratos, tanque e máquina de lavar roupas). Por esta razão, o sistema trabalha com vazões baixas, pequenas perdas de pressão e diâmetros reduzidos de tubulações.

No sistema de medição global, as colunas de distribuição abastecem diversos pavimentos. Logo, suas vazões são maiores, perdas de pressão mais significativas e diâmetros maiores de tubulações.

No dimensionamento do sistema de medição individualizada, deve-se observar, cuidadosamente, o cálculo da coluna de distribuição que abastece os hidrômetros individuais. A perda de carga localizada (perda de pressão) nos hidrômetros não deve ultrapassar 25KPa para uma vazão igual a Q_n (vazão nominal do hidrômetro).

2.2.7 Projeto de Medição Individualizada em Novos Edifícios

O dimensionamento dos sub-ramais (tubulações que derivam dos ramais e alimentam os pontos de utilização), dos ramais (tubulações que alimentam os sub-ramais), das colunas de distribuição (tubulações derivadas do barrilete e destinadas a alimentar ramais) e do barrilete (conjunto de tubulações que se origina no reservatório e do qual se derivam as colunas de distribuição) do sistema de medição individualizada, tanto em prédios antigos como em novos, deve seguir recomendações da NBR 5626 – Instalação Predial de Água Fria, ABNT (1998).

Conforme Cavalcanti Coelho (2004), as vazões, trecho por trecho da rede de distribuição, são determinadas segundo a equação 2, definida a partir de pesos atribuídos aos diversos pontos de utilização (Tabela 2.2.3). Recomenda-se para estimativa dessas vazões, a aplicação da fórmula seguinte:

$$Q = 0,30\sqrt{\sum P}, \text{ onde;} \quad (\text{Eq 2})$$

Q – vazão, em litros por segundo;

$\sum P$ - somatório dos pesos, correspondente às peças de utilização alimentadas.

Tabela 2.2.3 – Vazões de projeto e pesos relativos nos pontos de utilização

Aparelho Sanitário	Peças de Utilização	Vazão de Projeto l/s	Peso Relativo
Bacia sanitária	Caixa de descarga	0,15	0,3
	Válvula de descarga	1,70	32
Banheira	Misturador água fria	0,30	1
Bebedouro	Registro de pressão	0,10	0,1
Bidê	Misturador água fria	0,10	0,1
Chuveiro ou ducha	Misturador água fria	0,20	0,4
Chuveiro elétrico	Registro de pressão	0,10	0,1
Lavadora de pratos ou roupas	Registro de pressão	0,30	1
Lavatório	Torneira ou misturador água fria	0,15	0,3
Mictório cerâmico com sifão integrado	Válvula de descarga	0,50	2,8
Mictório cerâmico sem sifão integrado	Caixa de descarga, registro de pressão ou válvula de mictório	0,15	0,3
Mictório tipo calha	Caixa de descarga - registro de pressão	0,15 / m de calha	0,3
Pia	Torneira ou misturador água fria	0,25	0,7
	Torneira elétrica	0,10	0,1
Tanque	Torneira	0,25	0,7
Torneira de jardim ou lavagem em geral	Torneira	0,20	0,4

Fonte: NBR 5626 (ABNT, 1998)

A válvula de descarga, em função da sua elevada vazão, não pode ser utilizada nos sistemas de medição individualizada. Em relação aos hidrômetros individuais, Cavalcanti Coelho (2204) diz que, na prática, a sua capacidade mínima deverá ser de $3\text{m}^3/\text{h}$ de vazão máxima e o seu diâmetro nominal de 20mm.

A Figura 2.2.14 mostra um esquema vertical de uma instalação de um novo edifício: o barrilete, a coluna de distribuição dos hidrômetros individualizados, os ramais de alimentação dos hidrômetros, os ramais e os sub-ramais.

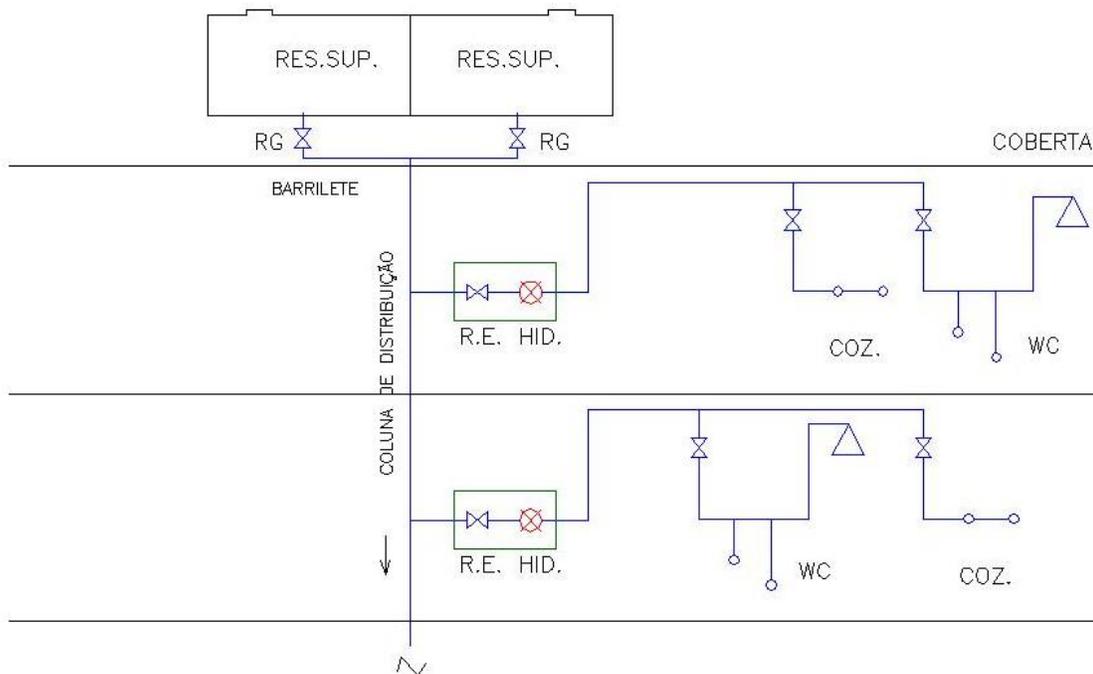


Figura 2.2.14 – Esquema de um edifício com medição individualizada)

Durante a construção de um edifício, muitas vezes, as construtoras oferecem aos seus clientes a possibilidade de alterar o projeto de arquitetura. O sistema de medição individualizada é bastante flexível neste sentido. Pela figura anterior, pode-se verificar que, dentro do apartamento, as tubulações podem ter caminhos diferentes, ou seja, traçados próprios por cima do forro. O projeto do sistema hidráulico, a partir do hidrômetro individual, pode ser adaptado às diversas opções de plantas de arquitetura, desde que conserve o número de pontos de utilização, enquanto a rede de distribuição para alimentação dos hidrômetros deve ser mantida. Assim, o projeto de instalações hidráulicas de edifícios novos com medição individualizada apresenta esta grande vantagem técnica.

A caixa de proteção dos hidrômetros deve ficar situada em área de uso comum. Conforme procedimentos técnicos da SANEAGRO (2005), a caixa de proteção dos hidrômetros poderá ser dimensionada para 01 (um) ou até no máximo 06 (seis) hidrômetros, respeitando as distâncias mínimas de 20 cm entre o centro das tomadas de cada ligação. A altura mínima do fundo da caixa em relação ao piso deverá ser 30 cm, a altura máxima do topo da caixa 1,60 cm, a largura mínima de 40 cm e a profundidade mínima de 12 cm.

As Figuras 2.2.15 e 2.2.16 mostram o sistema adotado pela SANEAGRO na ligação de hidrômetros individualizados em edifícios residenciais. Neste caso particular, há uma exigência de um registro geral na derivação para a caixa de hidrômetro, o qual poderá ser instalado dentro ou fora da mesma. O tubo branco reserva o espaço do hidrômetro.



Figura 2.2.15 – Ligação dos hidrômetros

Fonte: SANEAGRO (2005)



Figura 2.2.16 – Registro geral e registro de corte

Fonte: SANEAGRO (2005)

Segundo a SANEAGRO (2005), o registro de corte deverá possuir dispositivo para colocação de lacre, como mostram as Figuras 2.2.17 e 2.2.18.



Figura 2.2.17 – Registro para corte

Fonte: SANEAGRO (2005)



Figura 2.2.18 – Detalhe do lacre

Fonte: SANEAGRO (2005)

CAPÍTULO 3

REFERENCIAL TEÓRICO E METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida através de quatro estudos de casos. Os três primeiros foram voltados para três edifícios residenciais, construídos com o sistema de medição global e que foram reformados, passando a adotar o sistema de medição individualizada.

O quarto estudo de caso foi dedicado ao acompanhamento da medição individualizada por telemetria, implantada em um edifício residencial. Trata-se de um Projeto Piloto, fruto da parceria entre a COMPESA e a PROCENGE, o qual está em fase inicial. Portanto, a partir dos dados de consumo e gráficos gerados pelo sistema, foi desenvolvido este estudo através da criação de tabelas e novos gráficos que retratassem o perfil do consumo de cada apartamento daquele edifício, bem como do condomínio.

3.1 EDIFÍCIOS QUE SOFRERAM REFORMA DO SISTEMA DE MEDIÇÃO GLOBAL PARA O SISTEMA DE MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA

Nos três estudos de casos, relativos a este tema, foram vistos os seguintes pontos:

- adaptação do projeto;
- histórico do consumo de água do edifício antes da medição individualizada;
- consumo dos apartamentos com hidrômetros individualizados;
- redução do consumo de água;
- distribuição dos apartamentos em classes de consumo;
- cálculo do payback.

3.1.1 Adaptação do Projeto

Inicialmente, foi conhecida a solução adotada para a adaptação do sistema de medição global para o sistema de medição individualizada, através de visita ao prédio com o responsável técnico da Becon Construções Ltda, que executou a reforma.

3.1.2 Histórico do Consumo de Água do Edifício

O histórico do consumo de água retrata a média do consumo do edifício antes da intervenção.

Esta informação é de máxima importância para o conhecimento do perfil de consumo de água. “O histórico aqui considerado é o levantamento do consumo mensal de água relativo aos últimos 12 meses. Estes valores podem ser solicitados à companhia de saneamento básico que presta serviços ao município onde está localizado o edifício em questão” (GONÇALVES et al., 1999).

A COMPESA forneceu o consumo de 12 meses do edifício em estudo, medidos antes da implantação do sistema de medição individualizada.

O consumo médio mensal, antes da reforma, foi calculado pela média aritmética dos consumos referentes aos 12 meses.

$$CMA = \frac{\sum C}{12}, \text{ onde :} \quad (\text{Eq 3})$$

CMA – consumo médio mensal antes da reforma;

$\sum C$ - somatório dos consumos.

3.1.3 Consumo dos Apartamentos com Hidrômetros Individualizados

A medida do consumo de água dos apartamentos com hidrômetros individualizados retrata a média do consumo do edifício após a intervenção.

A COMPESA forneceu, também, os relatórios dos consumos dos apartamentos e do hidrômetro macro do edifício, referentes aos 12 meses após a implantação do sistema com medição individualizada.

O consumo médio mensal do edifício, após a reforma, foi calculado pela média aritmética dos consumos registrados pelo hidrômetro macro, referentes aos 12 meses.

$$CMD = \frac{\sum C_{macro}}{12}, \text{ onde :} \quad (\text{Eq 4})$$

CMD – consumo médio mensal depois da reforma;

$\sum C_{macro}$ - somatório dos consumos.

3.1.4 Redução do Consumo de Água

É o percentual correspondente ao consumo de água economizado no mês.

“A avaliação da redução do consumo de água pode ser feita, após a implementação de cada uma das ações, fazendo-se a leitura no hidrômetro diariamente e observando-se a redução do consumo diário, ou mensalmente” (GONÇALVES et al., 1999). Nesta pesquisa, foi considerada a média do consumo mensal depois da intervenção, calculada com base nos dados fornecidos pela COMPESA.

O cálculo da redução média mensal do consumo de água foi feito pela fórmula seguinte:

$$\text{ReduçãoConsumo} = \frac{CMA - CMD}{CMA} \times 100\%, \text{ onde:} \quad (\text{Eq 5})$$

CMA – consumo médio mensal antes da reforma;

CMD – consumo médio mensal depois da reforma.

3.1.5 Distribuição dos Apartamentos em Classes de Consumo

Toledo e Ovalle (1995) afirmam que “muitas vezes, mesmo com o risco de se sacrificar algum detalhe manifestado na ordenação de valores individuais, há vantagens em resumir os dados originais em uma distribuição de frequências, onde os valores observados não mais aparecerão individualmente, mas agrupados em classes.”

Foi elaborada uma tabela da distribuição de frequências dos apartamentos de acordo com o seu consumo médio mensal de água, após a medição individualizada. As classes foram denominadas de intervalos de consumo e foram determinadas com base nos patamares da tarifa da COMPESA:

- Classe 1 \Rightarrow (consumo médio + rateio médio) entre 0 a 10m³/mês;
- Classe 2 \Rightarrow (consumo médio + rateio médio) entre 10,001 a 20m³/mês;
- Classe 3 \Rightarrow (consumo médio + rateio médio) entre 20,001 a 30m³/mês;
- Classe 4 \Rightarrow (consumo médio + rateio médio) entre 30,001 a 40m³/mês.

Foi estudada a relação entre a frequência relativa percentual de apartamentos pertencentes à determinada classe de consumo e o percentual correspondente ao consumo daquela classe.

A distribuição de freqüências desenvolvida neste trabalho foi dada pela Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Distribuição de freqüências

Nº Classe	Classes	Freqüência simples f_j	Freqüência relativa percentual	Ponto médio da classe x_i	$f_j \cdot x_j$	% $f_j \cdot x_j$
Nº classe	Intervalo de consumo	Nº aptºs	% nº aptºs	Consumo médio da classe	Consumo total da classe	% Consumo da classe

3.1.6 Cálculo do Payback

O payback é o período médio de retorno dos investimentos (ANA, 2005).

Para o cálculo do payback atualizado foi utilizada a equação seguinte, considerando-se a atualização do fluxo de custos e benefícios por meio da taxa apropriada de desconto (GONÇALVES et al., 1999):

$$AF = \frac{B}{(1+r)^t}, \text{ onde :} \quad (\text{Eq 6})$$

AF – fluxo de benefício atualizado;

B – fluxo de benefício;

r – taxa de desconto;

t – período em análise.

O fluxo de benefício foi calculado pela fórmula seguinte:

$$B = C_1 - C_2, \text{ onde :} \quad (\text{Eq 7})$$

*C*₁ – valor médio da conta de água antes da intervenção;

*C*₂ – valor médio da conta de água após a intervenção.

A taxa de desconto foi dada pelo INPC do mês correspondente à assinatura do contrato. O valor médio da conta de água, antes e depois da intervenção, foi calculado com base na tabela de tarifas da COMPESA em vigor na data da realização do serviço.

O contrato para a adaptação do sistema de medição global para medição individualizada foi feito diretamente com cada unidade habitacional. Então, cada apartamento tem um tempo de payback diferente, em função das diferenças de consumo. Foi calculado o payback da classe de maior frequência, considerando-se o seu consumo médio para efeito de cálculo do valor da conta de água, após a intervenção.

3.2 ACOMPANHAMENTO DA MEDIÇÃO POR TELEMETRIA

Está sendo implantado pela COMPESA o primeiro edifício residencial com medição individualizada e com leitura por telemetria, como um Projeto Piloto. O sistema entrou em funcionamento no dia 27 de outubro de 2006.

O sistema por telemetria mede o consumo dos apartamentos 101, 102, 201 e 202, além do consumo do hidrômetro macro. A qualquer instante, a COMPESA pode, através da Internet, fazer leituras e analisar os gráficos que são gerados para as seguintes situações:

- Consumo por mês;
- Consumo por dia;
- Consumo por hora.

As Figuras 3.1, 3.2 e 3.3 mostram exemplos dos gráficos gerados pelo sistema de medição por telemetria para o apartamento 101. Estes mesmos tipos de gráficos são gerados para todos os apartamentos e também para o consumo registrado pelo hidrômetro macro.

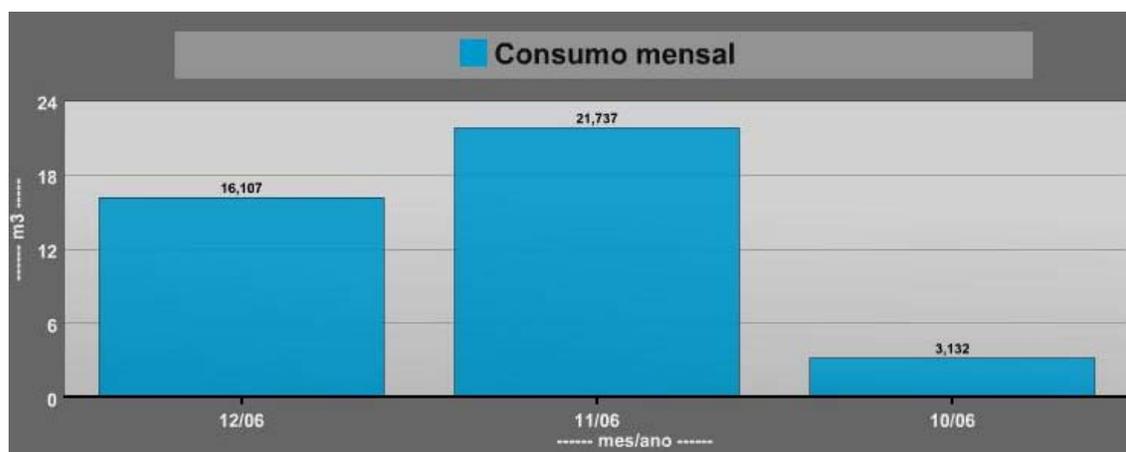


Figura 3.1 – Consumo mensal / ano 2006 / apartamento 101



Figura 3.2 – Consumo por dia / mês de novembro de 2006 / apartamento 101



Figura 3.3 – Consumo por hora / dia 19 de novembro de 2006 / apartamento 101

A parceria com o Departamento de Micro-medição da COMPESA permitiu o acompanhamento diário dos consumos gerados pelo sistema e, conseqüentemente, o desenvolvimento deste trabalho, através de análises dos consumos, criação de tabelas e gráficos.

3.2.1 Conhecimento do Projeto

Através de visita ao edificio foi verificada a forma como foi executado o sistema hidráulico, particularmente a medição individualizada.

3.2.2 Estudo do Consumo Diário do Edifício

Para efeito comparativo foi montado um gráfico do consumo diário de cada apartamento, considerando três situações:

- Consumo diário de projeto C_d (projeto) – consumo diário (**teórico**) calculado com base no número de quartos do apartamento, considerando-se duas pessoas por quarto social (CREDER, 1995). Fórmula utilizada:

$$C_d = N.C, \text{ onde:} \quad (\text{Eq } 8)$$

C_d – consumo diário em litros por dia;

N – número de pessoas do apartamento;

C – consumo por pessoa em litros.

Como ponto de partida, mesmo sendo um valor teórico estimativo, foi considerado no cálculo o consumo diário igual a 150 litros /pessoa, adotado pela Prefeitura do Recife (Lei Municipal 16.292, 1997 – Edificações e Instalações na Cidade do Recife).

- Consumo diário estimado C_d (estimado) – consumo diário (**teórico**) calculado pela mesma fórmula, porém conhecendo-se o número real de moradores de cada apartamento.
- Consumo diário médio real C_d (mês) – consumo diário (**real**) calculado pela média aritmética dos consumos diários reais do apartamento, registrados pelo sistema de medição por telemetria, durante determinado mês. Retrata a média do consumo real.

3.2.3 Elaboração da Curva do Consumo Mensal

A curva do consumo mensal representa o comportamento em relação ao consumo, dia a dia, durante o mês inteiro e mostra de forma clara a diferença entre os consumidores.

Foi feito o acompanhamento do consumo diário dos 4 apartamentos e do consumo diário do edifício (hidrômetro macro). Em seguida, foram montadas as curvas do consumo mensal. As quatro curvas, referentes aos quatro apartamentos, foram desenhadas no mesmo gráfico, visando mostrar suas diferenças. A curva do hidrômetro macro completa o estudo. As curvas retratam os consumos dos meses de outubro, novembro, dezembro de 2006 e janeiro de 2007.

3.2.4 Elaboração da Curva do Consumo Diário

A curva do consumo diário representa o comportamento em relação ao consumo, hora a hora, durante o dia inteiro. Através desta curva podem ser identificados os horários de maior consumo e de menor consumo de um determinado apartamento.

Dois apartamentos, 101 (o de maior consumo) e 202 (o de menor consumo), foram escolhidos para a elaboração da curva do consumo diário. Foi feito o levantamento do consumo por hora dos dois apartamentos durante 15 dias. Foram estudados separadamente os dias úteis/sábados e os dias de domingos/feriados, por apresentarem características diferentes. O consumo horário foi calculado pela média aritmética dos consumos realizados naquela hora durante aquele período de 15 dias.

3.2.5 Distribuição Percentual do Consumo Diário

A distribuição percentual do consumo diário do apartamento, através de gráfico, permite a visualização da divisão do consumo em fatias para as diversas fases do dia.

A distribuição percentual do consumo diário foi dividida em 4 intervalos de tempo:

- 0 a 5 - de meia noite às 6:00 h;
- 6 a 11 - das 6:00 h às 12:00 h;
- 12 a 17 - das 12:00 h às 18:00 h;
- 18 a 23 - das 18:00 h a meia noite.

Foram feitas as distribuições percentuais dos consumos diários dos apartamentos 101 e 202, estudados no item anterior, tomando-se como base os consumos horários calculados pelas médias aritméticas..

3.2.6 Consumo de Água do Condomínio - Rateio

A diferença entre o consumo registrado pelo hidrômetro macro e a soma dos consumos registrados pelos hidrômetros dos apartamentos (hidrômetros micros) foi denominada de consumo do rateio. Este rateio representa o consumo do condomínio em um determinado período. Foi feito o acompanhamento do consumo do rateio, a fim de observar consumos elevados decorrentes de vazamentos ou outros problemas.

3.2.7 Verificação de Ocorrências de Vazamentos

Conforme Cavalcanti Coelho (2004), uma torneira mal fechada ou com vazamento pode provocar um consumo de 40 litros por dia (gotejando), de 2000 litros por dia (abertura de 1mm), até 4500 litros por dia (abertura de 2mm). Ainda, sobre vazamento, ele relata que as perdas devido a vazamentos de caixas de descarga ocorrem com vazões de 40 litros por hora até 600 litros por hora.

Através da análise dos gráficos, gerados diretamente pelo sistema de telemetria para o consumo por hora para os 4 apartamentos, foi feito o acompanhamento de possíveis ocorrências de vazamentos desta natureza nos apartamentos. Foi sempre observado o consumo durante a noite, entre 0:00h e 6:00 h da manhã.

3.2.8 Eficiência de Utilização da Água dos Apartamentos

A eficiência do consumo de água mede até que ponto a água captada da natureza é utilizada de modo otimizado para a produção com eficiência do serviço desejado, nos setores urbano, agrícola e industrial (PNUEA, 2001).

Segundo o PNUEA (2001), a eficiência de utilização da água pode ser medida pela seguinte fórmula:

$$\text{Eficiência de utilização da água (\%)} = \frac{\text{Consumo útil}}{\text{Procura efetiva}} \times 100\%, \text{ onde :} \quad (\text{Eq 9})$$

O consumo útil corresponde ao consumo mínimo necessário num determinado setor para garantir a eficácia da utilização e corresponde a um referencial específico para esta utilização.

A procura efetiva corresponde ao volume efetivamente utilizado. Pode ser estimada com razoável rigor com base em registros existentes.

A medição por telemetria mostra o consumo por hora, o consumo por dia e o consumo por mês de cada apartamento. Isto possibilita o acompanhamento periódico da eficiência de utilização da água por unidade habitacional, tratando-se do sistema com medição individualizada. Neste trabalho, foi medida a eficiência de utilização da água por mês e por apartamento. O consumo útil teve como referencial o consumo diário por pessoa igual a 150 litros/dia, adotado pela Prefeitura do Recife (Lei Municipal 16292, 1997 – Edificações e

Instalações na Cidade do Recife), enquanto a procura efetiva correspondeu ao consumo mensal real registrado pelo sistema de medição por telemetria.

Diversos autores citam 200 litros para o consumo diário por pessoa em apartamentos (CREDER, 1995; GONÇALVES; ILHA, 1999; GHISI, 2004). Logo, o percentual de 75% para a eficiência de utilização da água, estabelecido como valor limite, está relacionado ao consumo (procura efetiva) de 200 litros por pessoa por dia.

Então, a fórmula, adaptada à situação do edifício em estudo, ficou a seguinte:

$$\text{Eficiência de utilização da água (\%)} = \frac{n \cdot (N \times 150)}{C_{\text{mensal}}} \times 100\%, \text{ onde:} \quad (\text{Eq 10})$$

n – número de dias do mês;

N – número de pessoas do apartamento;

C_{mensal} – consumo real mensal do apartamento em litros.

A fim de facilitar o acompanhamento do consumo, bem como a sua avaliação, foi criada uma classificação para a eficiência de utilização de água, conforme mostra a Tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Eficiência de utilização da água

Eficiência de utilização da água	Classificação da utilização
Eficiência < 75%	Ineficiente
Eficiência ≥ 75%	Eficiente

Uma observação feita, ainda, pelo PNUEA (2001) diz que, naturalmente, quanto mais próxima estiver a procura efetiva do consumo útil, mais próximo se está dos 100% da eficiência de utilização da água.

CAPÍTULO 4 PESQUISA E RESULTADOS

4.1 EDIFÍCIOS QUE SOFRERAM REFORMA DO SISTEMA DE MEDIÇÃO GLOBAL PARA O SISTEMA DE MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA

Foram escolhidos 3 edifícios residenciais, situados em Olinda-PE. Para a execução da reforma de cada prédio, foi feito um estudo buscando sempre o melhor caminhamento para as tubulações.

4.1.1 Edifício A

- Número de pavimentos - pilotis + 10 pavimentos;
- Número de unidades - 40 apartamentos, sendo 4 por pavimento;
- Número de quartos - 2 quartos sociais + 1 quarto reversível;
- Padrão de construção - médio;
- Tempo de construído - 5 anos;
- Data da reforma - novembro / 2005



Figura 4.1.1.1 – Vista do Edifício A

4.1.1.1 Adaptação do Projeto

As instalações para os sistemas individualizados foram executadas com tubos de PVC soldáveis DE 25mm. Os hidrômetros foram do tipo unijato magnético de vazão nominal igual $1,5\text{m}^3/\text{h}$, fabricados pela Sappel do Brasil. Foram utilizadas caixas metálicas para 2 hidrômetros.

Foram criadas duas colunas para a alimentação dos hidrômetros dos apartamentos, como mostra a Figura 4.1.1.2. Após os hidrômetros, as tubulações seguiram, até o hall, pelo forro em direção a cada apartamento. Dentro dos apartamentos, cada tubulação seguiu pelo forro, contornando a parede para alimentar os ramais principais, já existentes, dos banheiros, cozinha e área de serviço.

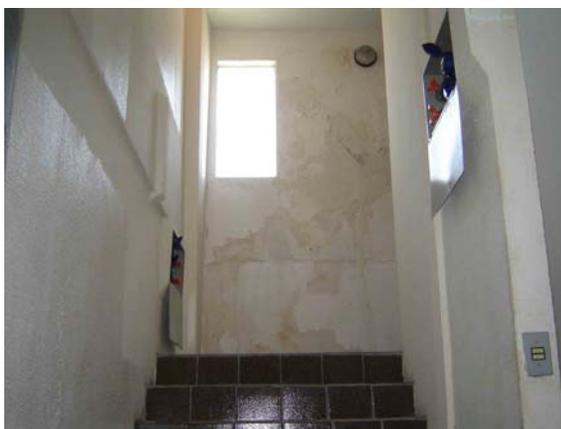


Figura 4.1.1.2 – Duas caixas de hidrômetros por pavimento

A Figura 4.1.1.3 mostra a caixa de proteção dos hidrômetros dos apartamentos pares (102/104 até 1002/1004), enquanto a Figura 4.1.1.4 mostra a caixa de proteção dos apartamentos ímpares (101/103 a 1001/1003). Na Figura 4.1.1.4 pode-se observar, também, o adesivo da COMPESA no registro de esfera, o qual é colocado como alerta indicando atraso da conta. Caso a conta não seja paga em um mês, ocorrerá o corte do fornecimento de água do apartamento inadimplente.



Figura 4.1.1.3 – Caixa para hidrômetros dos apartamentos pares



Figura 4.1.1.4 – Caixa para hidrômetros dos apartamentos ímpares

4.1.1.2 Histórico do Consumo de Água do Edifício

A COMPESA forneceu o consumo mensal de 12 meses, medidos entre novembro de 2001 e outubro de 2002, portanto antes da implantação do sistema de medição individualizada. A Tabela 4.1.1.1 mostra estes valores, sendo $\sum C$ o somatório dos consumos naquele período.

A partir de novembro de 2002, o edifício ficou sendo abastecido através de carro pipa e poço. Foi, então, solicitada a supressão do ramal predial. Este voltou a ser ligado, após a decisão de se implantar o sistema de medição individualizada, desativando-se o poço e o abastecimento por carro pipa.

Tabela 4.1.1.1 - Consumo (m^3) do edifício antes da medição individualizada

Mês / Ano												
11/01	12/01	01/02	02/02	03/02	04/02	05/02	06/02	07/02	08/02	09/02	10/02	$\sum C$
1160	1120	1200	1080	960	1120	1080	960	960	1120	1080	1120	12960

O consumo médio mensal, antes da reforma, foi calculado pela média aritmética dos consumos referentes aos 12 meses.

$$CMA = \frac{12960}{12} = 1080,0m^3 \quad (\text{Eq 3})$$

4.1.1.3 Consumo dos Apartamentos com Hidrômetros Individualizados

A Tabela 4.1.1.2 apresenta os consumos medidos pela COMPESA, após a instalação dos hidrômetros individualizados, durante o período de 1 ano, entre dezembro de 2005 a novembro de 2006. A matrícula de cada apartamento está na primeira coluna. O somatório do consumo no período está representado por $\sum C$, enquanto M é a média mensal do consumo, calculada para os 12 meses.

Tabela 4.1.1.2 - Consumo (m³) do edifício depois da medição individualiza

Mat.	Mês: 12/2005 a 11/2006												$\sum C$	M
	12	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11		
552	19	14	15	17	18	15	16	15	21	25	15	16	206	17,2
560	3	6	4	6	6	6	6	8	5	7	7	7	71	5,9
579	18	18	20	16	19	16	17	20	18	18	17	18	215	17,9
587	40	42	21	17	19	25	30	33	20	32	16	23	318	26,5
595	1	17	24	9	6	8	11	17	9	12	4	7	125	10,4
609	6	13	8	7	9	9	11	9	8	9	10	11	110	9,2
617	7	11	12	9	11	19	12	14	11	12	11	10	139	11,5
625	1	00	00	00	8	15	12	2	1	5	4	4	52	4,3
633	1	29	15	13	23	22	10	14	10	11	14	11	173	14,4
641	6	6	14	18	14	11	6	12	6	9	2	1	105	8,7
650	3	2	2	2	4	2	3	2	2	4	3	3	32	2,7
668	14	19	20	14	27	13	14	13	13	22	33	14	216	18,0
676	5	7	7	7	8	7	6	6	6	5	6	8	78	6,5
684	14	12	13	13	13	12	14	12	10	14	11	13	151	12,6
692	9	11	2	20	21	16	16	20	18	23	24	20	200	16,7
706	2	22	8	7	10	12	13	13	10	15	11	23	146	12,2
714	10	7	10	16	13	10	10	10	14	15	11	13	139	11,6
722	23	11	15	14	17	16	18	24	15	20	18	20	211	17,6
730	00	24	22	23	25	24	22	24	23	31	23	31	272	24,7
749	37	27	22	22	20	19	20	16	24	24	21	24	276	23,0
757	11	9	8	14	78	4	5	7	4	6	4	5	155	12,9
765	18	19	18	20	26	19	15	15	15	17	16	19	217	18,1
773	14	16	15	13	14	10	10	13	10	14	8	9	146	12,2
781	10	10	11	12	7	11	11	11	11	2	1	9	106	8,8
790	8	14	19	12	14	7	9	14	13	14	12	15	151	12,6
803	13	14	15	13	15	14	15	14	14	17	14	14	172	14,3

811	17	15	22	20	18	15	16	19	14	17	16	15	204	17,0
820	12	11	14	13	7	10	10	8	8	12	8	8	121	10,1
838	9	11	9	4	7	5	7	7	6	8	11	7	91	7,6
846	21	24	22	15	32	16	15	13	14	16	15	14	217	18,1
854	11	9	12	12	13	11	11	10	10	11	10	9	129	10,7
862	27	24	27	15	23	21	15	15	14	17	19	18	235	19,6
870	5	7	7	9	7	5	1	00	00	00	00	00	41	3,4
889	4	2	1	2	1	1	1	4	6	4	1	4	31	2,6
897	17	21	20	19	21	21	22	27	22	24	21	20	255	21,2
900	24	24	24	27	30	26	29	27	28	29	24	26	318	26,6
919	14	16	19	19	22	19	20	18	16	18	19	20	220	18,3
927	15	15	15	16	13	12	13	14	10	13	12	15	163	13,6
935	15	17	15	25	24	14	14	15	14	14	13	15	195	16,2
943	8	7	9	7	9	10	8	14	8	10	8	8	106	8,8
$\sum C$	492	583	556	537	672	528	514	549	481	576	493	527	6508	542,3
Rateio	148	97	84	63	88	72	126	51	79	104	107	73	1092	91,0
Rateio/ Aptº	3	2	2	1	2	1	3	1	1	2	2	1	21	1,7
Macro	640	680	640	600	760	600	640	600	560	680	600	600	7600	633,3

O consumo médio mensal do edifício, após a reforma, foi calculado pela média aritmética dos consumos registrados pelo hidrômetro macro, referentes aos 12 meses:

$$CMD = \frac{7600}{12} = 633,3m^3 \quad \text{(Eq 4)}$$

4.1.1.4 Redução do Consumo de Água

O histórico do consumo do prédio apresentou um valor médio mensal igual a 1080,0m³, antes da reforma, enquanto apontou, após a individualização, um consumo médio mensal de 633,3m³.

Cálculo da redução média mensal do consumo de água:

$$ReduçãoConsumo = \frac{1080,0 - 633,3}{1080,0} \times 100\% = 41,36\% \quad (\text{Eq 5})$$

Houve, após a implantação da medição individualizada, uma redução média do consumo mensal de água igual a 41,36%. Este valor percentual corresponde a uma redução igual a 446,7m³/mês, equivalente ao consumo mensal de 100 pessoas.

4.1.1.5 Distribuição dos Apartamentos em Classes de Consumo

Os apartamentos, já com medições individualizadas, foram agrupados em classes de consumo, em função do seu consumo médio mensal acrescido do rateio médio mensal. O rateio médio mensal por apartamento ficou igual a 1,7m³. As classes de consumo foram determinadas com base nos patamares da tarifa da COMPESA, conforme mostra a Tabela 4.1.1.3 (novembro /2005):

- Classe 1 ⇒ (consumo médio + rateio médio) entre 0 a 10m³/mês;
- Classe 2 ⇒ (consumo médio + rateio médio) entre 10,001 a 20m³/mês;
- Classe 3 ⇒ (consumo médio + rateio médio) entre 20,001 a 30m³/mês .

Tabela 4.1.1.3 – Tarifa da COMPESA de novembro /2005

Classe	Consumo em litros	Tarifa (R\$)/1.000 litros
	Até 10.000	18,11
1	0 – 10.000	1,811
2	10.001 – 20.000	2,01
3	20.001 – 30.000	2,47
4	30.001 – 50.000	3,39

A Tabela 4.1.1.4 mostra o agrupamento dos 40 apartamentos por classe de consumo.

Tabela 4.1.1.4 - Distribuição dos apartamentos em classes de consumo

Nº Classe	Intervalo de consumo da classe (m³)	Nº apt^{os}	% n^o apt^{os}	Consumo médio da classe (m³)	Consumo total da classe (m³)	% Consumo da classe
1	0 ↦ 10	7	17,5	5	35	5,9
2	10 ↦ 20	27	67,5	15	405	68,7
3	20 ↦ 30	6	15,0	25	150	25,4
	Σ	40	100,0	---	590	100,0

O gráfico da Figura 4.1.1.5 mostra a frequência relativa percentual dos apartamentos que formam uma determinada classe e o percentual do consumo correspondente àquela classe, após a individualização dos hidrômetros. Neste sistema, cada apartamento se situa dentro de uma classe em função do seu próprio consumo.

Apenas 6 apartamentos se situaram na classe de maior consumo, representando 15% do número total de unidades habitacionais. No entanto, estes apartamentos foram responsáveis por 25,4% do consumo total do prédio para o período dos 12 meses. Por outro lado, 7 apartamentos da classe de menor consumo, representando 17,5% das unidades, foram responsáveis por somente 5,9% do consumo total para o mesmo período. Na classe intermediária de consumo, ficou a grande maioria dos apartamentos (67,5%), consumindo 68,7% do volume total de água.

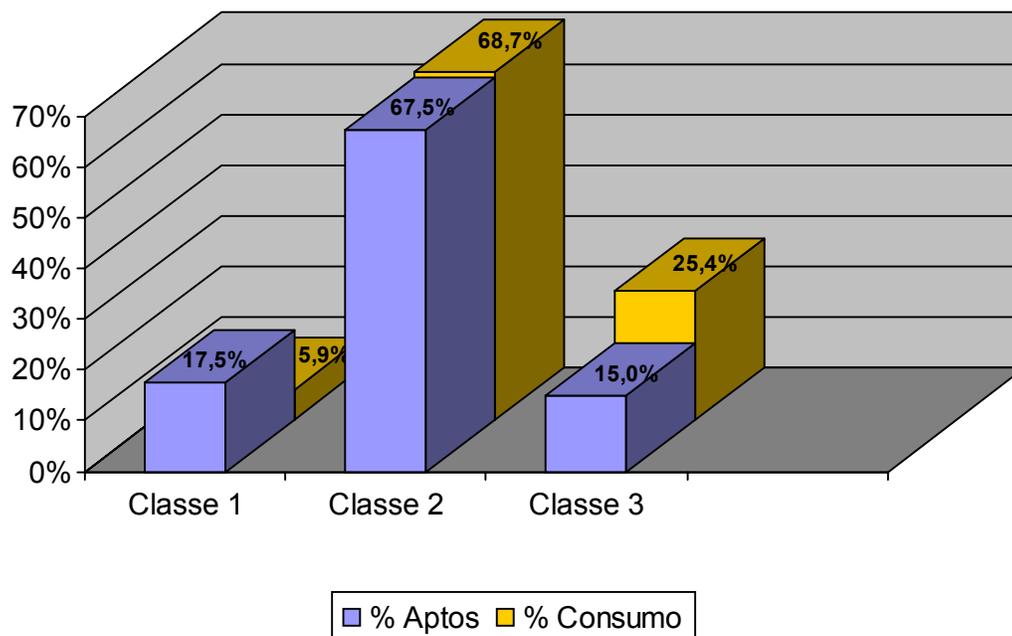


Figura 4.1.1.5 - % apartamentos X % consumo total após a medição individualizada

A média mensal de consumo de 1080,0m³, baseada no histórico do prédio antes da individualização, dividida pelos 40 apartamentos representava uma parcela de 27,0m³ para cada unidade residencial. Logo, todos os apartamentos se enquadravam dentro da mesma classe de consumo (classe 3).

4.1.1.6 Cálculo do Payback

O custo para implantação do sistema com medição individualizada encontra-se indicado na Tabela 4.1.1.5. Os preços foram fornecidos pela empresa que executou a obra. Estão indicados os preços de novembro de 2005, data da realização dos serviços.

Tabela 4.1.1.5 – Custo do sistema por apartamento

Discriminação	Preço/aptº
Sistema hidráulico – materiais e mão de obra /	
Acabamento – materiais e mão de obra	720,00
Hidrômetro instalado	17,50
Total	737,50

Antes da intervenção, a média mensal de consumo do prédio foi igual a 1080,0m³. Logo, a média mensal de consumo por apartamento foi 27,0m³. O cálculo da conta por apartamento está apresentado na Tabela 4.1.1.6. Os valores da tarifa foram tirados da Tabela 4.1.1.3.

Tabela 4.1.1.6 – Valor da conta antes da intervenção / apartamento

Consumo (litros)	Tarifa (R\$) / 1.000 litros	Valor (R\$)
Até 10.000		18,11
10.001 – 20.000	10 x 2,01	20,10
20.001 – 30.000	7 x 2,47	17,29
Água		55,50
Esgoto		55,50
Total		111,00

A Tabela 4.1.1.7 mostra o cálculo da conta após a intervenção para a classe 2 de consumo (média de 15m³/mês), a de maior frequência. Foi considerada a mesma tarifa.

Tabela 4.1.1.7 – Valor da conta após a intervenção / apartamento

Consumo (litros)	Tarifa (R\$) / 1.000 litros	Valor (R\$)
Até 10.000		18,11
10.001 – 20.000	5 x 2,01	10,05
Água		28,16
Esgoto		28,16
Total		56,32

O fluxo de benefício ficou assim:

$$B = 111,00 - 56,32 = 54,68 \quad (\text{Eq 7})$$

A Tabela 4.1.1.8 apresenta o tempo de payback e o fluxo de valores para a classe de consumo em estudo. A taxa de desconto foi 0,54% ao mês, dada pelo INPC da data do contrato (INPC de novembro /2005).

Os fluxos de benefícios atualizados foram calculados por:

$$AF = \frac{54,68}{(1 + 0,0054)^t} \quad (\text{Eq 6})$$

Tabela 4.1.1.8 – Fluxos atualizados e payback

Período t (mês)	Custo da intervenção (R\$)	Fluxos de benefícios atualizados (R\$)
0	- 737,50	-
1	- 683,11	54,39
2	- 629,02	54,09
3	- 575,22	53,80
4	- 521,71	53,51
5	- 468,48	53,23
6	- 415,54	52,94
7	- 362,88	52,66
8	- 310,51	52,37
9	- 258,42	52,09
10	- 206,61	51,81
11	- 155,08	51,53
12	- 103,82	51,26
13	- 52,84	50,98
14	- 2,13	50,71
15	+ 48,31	50,44

O payback para a classe 2 ocorreu em um tempo curto igual a 15 meses. Neste período foi recuperado todo o investimento através do benefício atualizado a cada mês, obtido pela economia de água devido à implantação do sistema com medição individualizada. O payback para a classe 1 de consumo acontece em um tempo menor, já que o fluxo de benefício é maior. Para a classe 3, o tempo de payback é maior.

4.1.2 Edifício B

- Número de pavimentos - pilotis + 7 pavimentos;
- Número de unidades - 14 apartamentos;
- Número de quartos - 3 quartos sociais + 1 quarto de serviço;
- Padrão de construção - médio;
- Tempo de construído - 10 anos;
- Data da reforma - abril / 2004



Figura 4.1.2.1 - Vista do Edifício B

4.1.2.1 Adaptação do Projeto

As instalações para os sistemas individualizados foram executadas com tubos de PVC soldáveis DE 25mm. Os hidrômetros foram do tipo unijato magnético de vazão nominal igual $1,5\text{m}^3/\text{h}$, fabricados pela Sappel do Brasil. Foram utilizadas caixas metálicas para um hidrômetro.

Duas colunas de água fria derivaram do barrilete, abaixo do reservatório superior. As duas colunas desceram dentro da caixa de escada, uma em cada canto, para alimentarem os hidrômetros individuais. De um lado, os hidrômetros dos apartamentos 101 a 701, e, do outro, os hidrômetros dos apartamentos 102 a 702. Passando pelo hidrômetro, o ramal de alimentação subiu já para o apartamento, entrando pela cozinha.

Dentro dos apartamentos, cada tubulação seguiu embutida em rodapê, contornando a parede, para alimentar os ramais principais, existentes, da cozinha, área de serviço e banheiros.

A alimentação do 7º pavimento foi diferente. O ramal de alimentação individual, após passar pelo hidrômetro, subiu e foi ligado ao barrilete já no trecho que alimenta as colunas de distribuição de cada apartamento. Estas colunas continuaram alimentando apenas o 7º pavimento. Todas as colunas foram seccionadas no forro do 6º pavimento.

4.1.2.2 Histórico do Consumo de Água do Edifício

A COMPESA forneceu o consumo mensal de 12 meses, medidos entre abril de 2003 e março de 2004, portanto antes da implantação do sistema de medição individualizada. A Tabela 4.1.2.1 mostra estes valores, sendo $\sum C$ o somatório dos consumos naquele período.

Tabela 4.1.2.1 - Consumo (m³) do edifício antes da medição individualizada

Mês / Ano												
04/03	05/03	06/03	07/03	08/03	09/03	10/03	11/03	12/03	01/04	02/04	03/04	$\sum C$
406	154	308	294	294	280	280	308	336	322	322	350	3654

O consumo médio mensal, antes da reforma, foi calculado pela média aritmética dos consumos referentes aos 12 meses.

$$CMA = \frac{3654}{12} = 304,5m^3 \quad (\text{Eq 3})$$

4.1.2.3 Consumo dos Apartamentos com Hidrômetros Individualizados

A Tabela 4.1.2.2 apresenta os consumos medidos pela COMPESA, após a instalação dos hidrômetros individualizados, durante o período de 1 ano, entre maio de 2004 e abril de 2005. A matrícula de cada apartamento está na primeira coluna. O somatório do consumo no período está representado por $\sum C$, enquanto M é a média mensal do consumo, calculada para os 12 meses.

Tabela 4.1.2.2 - Consumo (m³) do edifício depois da medição individualiza

Mat.	Mês: 05/2004 a 04/2005												$\sum C$	M
	05	06	07	08	09	10	11	12	01	02	03	04		
957	21	18	21	21	21	23	28	24	21	20	17	21	256	21,3
965	9	7	6	8	7	8	8	9	8	11	10	12	103	8,6
973	28	28	23	25	26	25	27	25	20	23	24	27	301	25,1
981	29	27	27	31	27	27	27	26	21	24	26	26	318	26,5
990	16	14	14	15	21	21	17	17	11	12	17	17	192	16,0
007	10	8	16	11	8	9	10	9	12	14	8	10	125	10,4
015	34	31	29	10	25	25	26	6	21	19	14	15	255	21,2
023	17	16	17	21	19	19	21	17	16	20	19	20	222	18,5
031	17	18	8	17	18	16	17	13	3	14	19	17	177	14,7
040	33	31	26	42	30	30	33	33	36	31	29	32	386	32,2
058	18	21	24	11	13	13	13	14	9	12	15	14	177	14,7
066	9	8	9	9	22	10	10	9	11	11	9	11	128	10,7
074	18	13	13	14	18	18	16	18	25	22	20	21	216	18,0
082	20	18	17	18	18	18	19	18	18	20	17	17	218	18,2
$\sum C$	279	258	250	253	273	262	272	238	232	253	244	260	3074	256,2
Rateio	15	22	30	13	21-	4	6-	56	34	41	36	34	258	21,5
Rateio/ Aptº	1	1	2	0	1-	0	0	3	2	2	2	2	14	1,2
Macro	294	280	280	266	252	266	266	294	266	294	280	294	3332	277,7

O consumo médio mensal do edifício, após a reforma, foi calculado pela média aritmética dos consumos registrados pelo hidrômetro macro, referentes aos 12 meses.

$$CMD = \frac{3332}{12} = 277,7m^3 \quad (\text{Eq 4})$$

4.1.2.4 Redução do Consumo de Água

O histórico do consumo do prédio apresentou um valor médio mensal igual a 303,9m³, antes da reforma, enquanto apontou, após a individualização, um consumo médio mensal de 277,7m³.

Cálculo da redução média mensal do consumo de água:

$$ReduçãoConsumo = \frac{304,5 - 277,7}{304,5} \times 100\% = 8,80\% \quad (\text{Eq 5})$$

Após a implantação da medição individualizada, houve uma redução média do consumo mensal de água igual a 8,80%. Este valor corresponde a uma redução igual a 26,8m³/mês, equivalente ao consumo mensal de 6 pessoas.

4.1.2.5 Distribuição dos Apartamentos em Classes de Consumo

Os apartamentos, já com medições individualizadas, também foram agrupados por classe, em função do seu consumo médio mensal acrescido do rateio médio mensal. O rateio médio mensal por apartamento ficou igual a 1,2m³. As classes de consumo também foram determinadas com base nos patamares da tarifa da COMPESA, conforme mostra a Tabela 4.1.2.3 (abril /2004):

- Classe 1 ⇒ (consumo médio + rateio médio) entre 0 a 10m³/mês;
- Classe 2 ⇒ (consumo médio + rateio médio) entre 10,001 a 20m³/mês;
- Classe 3 ⇒ (consumo médio + rateio médio) entre 20,001 a 30m³/mês .
- Classe 4 ⇒ (consumo médio + rateio médio) entre 30,001 a 40m³/mês .

A amplitude da classe 4 ficou igual à amplitude das classes 1, 2 e 3.

Tabela 4.1.2.3 – Tarifa da COMPESA de abril /2004

Classe	Consumo em litros	Tarifa (R\$)/1.000 litros
	Até 10.000	14,50
1	0 – 10.000	1,45
2	10.001 – 20.000	1,67
3	20.001 – 30.000	1,99
4	30.001 – 40.000	2,72

A Tabela 4.1.2.4 mostra o agrupamento dos 14 apartamentos por classe de consumo.

Tabela 4.1.2.4 – Distribuição dos apartamentos em classes de consumo

Nº classe	Intervalo de consumo da classe (m ³)	Nº apt ^o s	% nº apt ^o s	Consumo médio da classe (m ³)	Consumo total da classe (m ³)	% Consumo da classe
1	0 ↦ 10	1	7,1	5	5	1,9
2	10 ↦ 20	8	57,2	15	120	46,1
3	20 ↦ 30	4	28,6	25	100	38,5
4	30 ↦ 40	1	7,1	35	35	13,5
	Σ	14	100,0	---	260	100,0

Apenas 1 apartamento situou-se na classe de maior consumo, representando 7,1% do número total de unidades habitacionais. Este apartamento foi responsável por 13,5% do consumo total do prédio para o período dos 12 meses.

Também, um único apartamento se enquadrou na menor classe, ficando com somente 1,9% do consumo total.

Na classe 2, o percentual de apartamentos foi de 57,2%, correspondendo a 46,1% do consumo. Enquanto na classe 3, o percentual de apartamentos foi de 28,6%, sendo responsável por 38,5% do consumo do prédio no mesmo período.

O gráfico da Figura 4.1.2.2 mostra a frequência relativa percentual dos apartamentos que formam uma determinada classe e o percentual do consumo correspondente àquela classe, após a individualização dos hidrômetros. Verifica-se uma distribuição dos apartamentos nas diversas classes, em função do seu próprio consumo. Desta maneira, existe um tratamento justo.

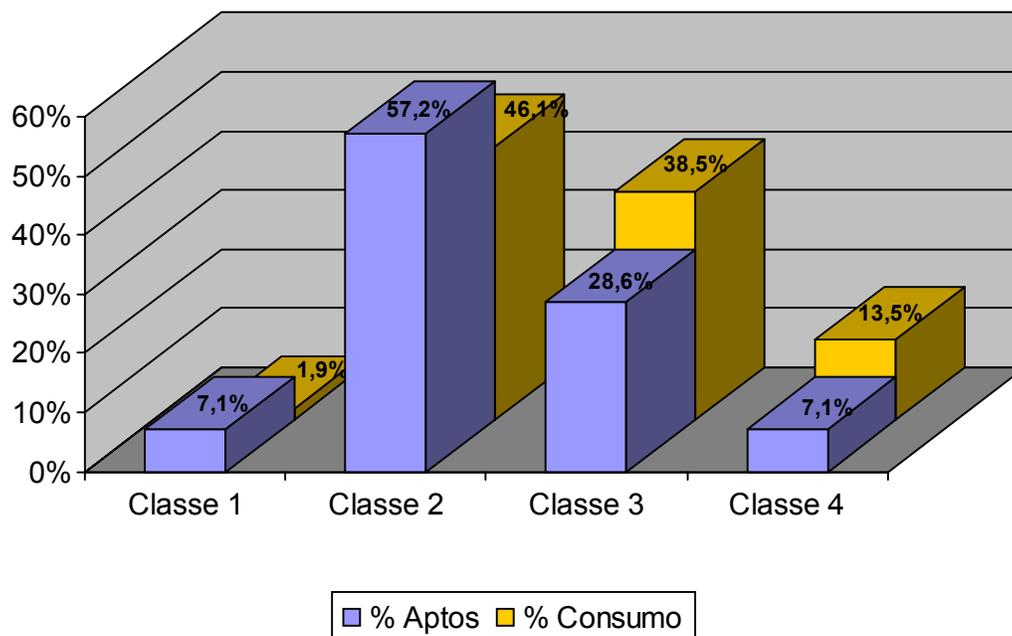


Figura 4.1.2.2 - % apartamentos X % consumo total após a medição individualizada

A média mensal de consumo de $304,5\text{m}^3$, baseada no histórico do prédio antes da individualização, dividida pelos 14 apartamentos representava uma parcela de $21,7\text{m}^3$ para cada unidade residencial. Logo, todos os apartamentos se enquadravam dentro da mesma classe de consumo (classe 3).

4.1.2.6 Cálculo do Payback

O custo para implantação do sistema com medição individualizada encontra-se indicado na Tabela 4.1.2.5. Os preços foram fornecidos pela empresa que executou a obra. Estão indicados os preços de abril de 2004, data da realização dos serviços.

Tabela 4.1.2.5 – Custo do sistema por apartamento

Discriminação	Preço
Sistema hidráulico – materiais e mão de obra / Acabamento – materiais e mão de obra	580,00
Hidrômetro instalado	17,50
Total	597,50

Antes da intervenção, a média mensal de consumo do prédio foi igual a 304,5m³. Logo, a média mensal de consumo por apartamento foi 21,7m³. O cálculo da conta por apartamento está apresentado na Tabela 4.1.2.6. Os valores da tarifa foram tirados da Tabela 4.1.2.3.

Tabela 4.1.2.6 – Valor da conta antes da intervenção / apartamento

Consumo (litros)	Tarifa (R\$) / 1.000 litros	Valor (R\$)
Até 10.000		14,50
10.001 – 20.000	10 x 1,67	16,70
20.001 – 30.000	1,7 x 1,99	3,38
Água		34,58
Esgoto		34,58
Total		69,16

A Tabela 4.1.2.7 mostra o cálculo da conta, após a intervenção, para a classe 2 de consumo (média de 15m³/mês), a de maior frequência. Foi considerada a mesma tarifa.

Tabela 4.1.2.7 – Valor da conta após a intervenção / apartamento

Consumo (litros)	Tarifa (R\$) / 1.000 litros	Valor (R\$)
Até 10.000		14,50
10.001 – 20.000	5 x 1,67	8,35
Água		22,85
Esgoto		22,85
Total		45,7

O fluxo de benefício ficou assim:

$$B = 69,16 - 45,70 = 23,46 \quad \text{(Eq 7)}$$

A Tabela 4.1.2.8 apresenta o tempo de payback e o fluxo de valores para a classe de consumo em estudo. A taxa de desconto foi 0,41% ao mês, dada pelo INPC da data do contrato (INPC de abril /2004).

Os fluxos de benefícios atualizados foram calculados por:

$$AF = \frac{23,46}{(1+0,0041)^t} \quad \text{(Eq 6)}$$

Tabela 4.1.2.8 – Fluxos atualizados e payback

Período t (mês)	Custo da intervenção (R\$)	Fluxos de benefícios atualizados (R\$)
0	- 597,50	
1	- 574,14	23,36
2	- 550,87	23,27
3	- 527,70	23,17
4	- 504,62	23,08
5	- 481,64	22,98
6	- 458,75	22,89
7	- 435,95	22,80
8	- 413,25	22,70
9	- 390,64	22,61
10	- 368,12	22,52
11	- 345,69	22,43
12	- 323,35	22,34
13	- 301,11	22,24
14	- 278,96	22,15
15	- 256,90	22,06
16	- 234,93	21,97
17	- 213,05	21,88
18	- 191,26	21,79
19	- 169,56	21,70
20	- 147,94	21,62
21	- 126,41	21,53
22	- 104,97	21,44
23	- 83,62	21,35
24	- 62,36	21,26
25	- 41,18	21,18
26	- 20,09	21,09
27	0,92	21,01

O payback para a classe 2 ocorreu em um tempo médio igual a 27 meses. Neste período foi recuperado todo o investimento através do benefício atualizado a cada mês, obtido pela economia de água devido à implantação do sistema com medição individualizada. O payback para a classe 1 de consumo acontece em um tempo menor, já que o fluxo de benefício é maior. Para as classes 3 e 4, o tempo de payback é maior.

4.1.3 Edifício C

- Número de pavimentos - pilotis + 7 pavimentos;
- Número de unidades - 28 apartamentos, sendo 4 por pavimento;
- Número de quartos - 2 quartos sociais + 1 quarto reversível;
- Padrão de construção - médio;
- Tempo de construído - 15 anos;
- Data da reforma - dezembro / 2002



Figura 4.1.3.1-Vista do Edifício C

4.1.3.1 Adaptação do Projeto

As instalações foram executadas com tubos de PVC soldáveis. Os hidrômetros foram do tipo unijato magnético de vazão nominal igual $1,5\text{m}^3/\text{h}$, fabricados pela Schlumberger Indústrias Ltda. Foram utilizadas caixas de proteção para 4 hidrômetros, confeccionadas em madeira e com tampa de acrílico.

Os 4 apartamentos do último pavimento foram alimentados de forma independente. Uma tubulação DE 50mm derivou do barrilete e desceu na caixa de escada para alimentar os

hidrômetros do 7º andar, conforme Figura 4.1.3.2. Nota-se nesta figura a falta do hidrômetro do apartamento 701, o qual encontrava-se fechado.



Figura 4.1.3.2 – Caixa dos hidrômetros do 7º pavimento

Uma coluna de distribuição, derivada do barrilete, localizada dentro da caixa de escada, alimenta todos os hidrômetros do 6º ao 1º pavimento (Figura 4.1.3.3). A alimentação dos apartamentos foi feita pelo hall social, embutida em rodapés, conforme Figuras 4.1.3.4 e 4.1.1.5.

Dentro dos apartamentos, cada tubulação seguiu, embutida em rodapés, contornando a parede para alimentar os ramais principais, já existentes, dos banheiros, cozinha e área de serviço.



Figura 4.1.3.3 – Caixa dos hidrômetros do 2º ao 6º pavimento

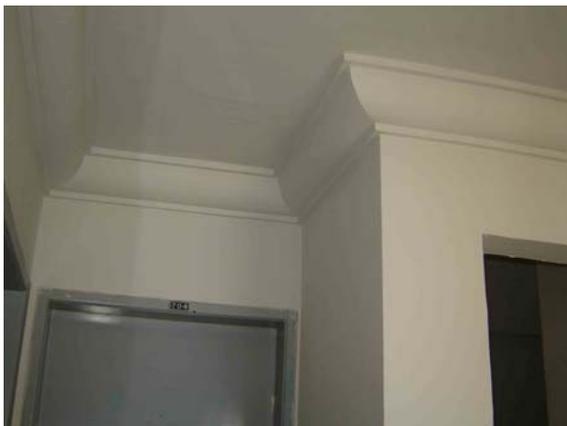


Figura 4.1.3.4 – Tubulação de alimentação embutida no rodapê

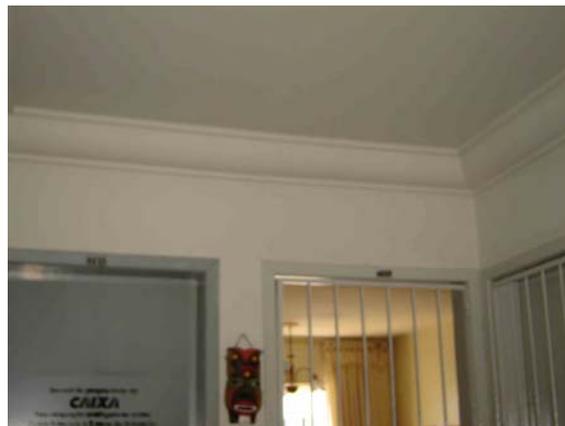


Figura 4.1.3.5 – Tubulação de alimentação embutida no rodapê

A Figura 4.1.3.6 mostra uma quinta derivação da coluna na caixa do 1º pavimento para alimentação do banheiro de serviço da área comum. A Figura 4.1.3.7 ilustra o rodapê utilizado para esconder esta tubulação no pavimento térreo.



Figura 4.1.3.6 – Caixa dos hidrômetros do 1º pavimento



Figura 4.1.3.7 – Tubulação do banheiro do zelador embutida no rodapê

4.1.3.2 Histórico do Consumo de Água do Edifício

A COMPESA forneceu o consumo mensal de 10 meses, medidos entre fevereiro de 2002 e novembro de 2002, portanto antes da implantação do sistema de medição

individualizada. A Tabela 4.1.3.1 mostra estes valores, sendo $\sum C$ o somatório dos consumos naquele período.

Antes de fevereiro de 2002, o edifício vinha sendo abastecido, apenas, através de poço. Por este motivo, a COMPESA não forneceu os 12 meses de consumo antes da individualização dos hidrômetros, como solicitado. Desde fevereiro de 2002, a água do poço vem sendo utilizada somente para lavagem de automóveis, lavagem de piso e irrigação do jardim.

Tabela 4.1.3.1 - Consumo (m^3) do edifício antes da medição individualizada

Mês / Ano										
02/02	03/02	04/02	05/02	06/02	07/02	08/02	09/02	10/02	11/02	$\sum C$
700	672	756	700	756	700	756	700	560	616	6916

O consumo médio mensal, antes da reforma, foi calculado pela média aritmética dos consumos referentes aos 10 meses.

$$CMA = \frac{6916}{10} = 691,6m^3 \quad (\text{Eq 3})$$

4.1.3.3 Consumo dos Apartamentos com Hidrômetros Individualizados

A Tabela 4.1.3.2 apresenta os consumos medidos pela COMPESA, após a instalação dos hidrômetros individualizados, durante o período de 1 ano, entre janeiro de 2003 a dezembro de 2003. A matrícula de cada apartamento está na primeira coluna. O somatório do consumo no período está representado por $\sum C$, enquanto M é a média mensal do consumo, calculada para os 12 meses. O apartamento 701, cuja matrícula é 282, encontrava-se fechado no período estudado, tanto antes quanto após a reforma. O mesmo é de propriedade da Caixa Econômica Federal.

Tabela 4.1.3.2 - Consumo (m³) do edifício depois da medição individualiza

Mat.	Mês: 01/2003 a 12/2003												$\sum C$	M
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12		
045	35	15	13	16	12	12	12	14	11	1	4	16	161	13,4
053	11	4	9	13	10	8	9	11	13	6	5	5	104	8,7
061	26	22	21	20	21	18	16	16	16	17	16	18	227	18,9
070	2	10	11	11	11	10	8	2	10	9	6	16	106	8,8
088	12	12	11	10	11	9	8	10	9	8	8	8	116	9,7
096	22	15	24	17	19	16	17	18	17	19	17	20	221	18,4
100	4	6	5	5	1	7	7	1	6	5	6	7	60	5,0
118	18	13	13	11	11	9	9	7	7	6	7	6	117	9,7
126	7	8	5	8	7	12	9	7	11	12	13	12	111	9,2
134	0	8	23	17	18	13	15	17	2	15	6	18	152	12,7
142	18	13	11	11	13	10	11	11	12	13	12	12	147	12,2
150	16	13	14	13	22	16	13	22	17	20	22	23	211	17,6
169	6	5	7	8	5	4	5	5	5	12	5	5	72	6,0
177	12	11	12	11	10	10	10	11	11	11	12	11	132	11,0
185	10	10	10	11	11	10	10	11	12	10	11	10	126	10,5
193	6	11	10	10	10	12	13	13	17	12	11	14	139	11,6
207	3	3	2	3	4	5	3	10	8	5	6	4	56	4,7
215	17	18	21	18	22	19	16	18	21	19	19	15	223	18,6
223	30	29	17	21	19	18	17	16	18	21	25	23	254	21,2
231	16	16	18	15	19	12	12	13	15	14	17	15	182	15,2
240	4	6	4	9	7	6	7	2	7	4	1	6	63	5,2
258	12	20	23	24	26	26	24	26	1	1	6	5	194	16,2
266	20	17	14	17	18	16	14	16	25	22	24	12	215	17,9
274	6	9	10	9	3	5	6	9	6	6	8	7	84	7,0
282	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
290	22	16	16	17	18	15	16	15	14	14	16	13	192	16,0
304	3	19	19	9	12	8	14	11	8	9	12	12	136	11,3
312	0	13	11	6	4	4	1	9	20	17	20	17	122	10,2
$\sum C$	338	342	354	340	344	310	302	321	319	308	315	330	3923	326,9
Rateio	166	134	94	80	0	26	62	99	45	140	133	118	1097	91,4
Rateio/ Aptº	5	4	3	2	0	0	2	3	1	4	4	4	32	2,7
Macro	504	476	448	420	344	336	364	420	364	448	448	448	5020	418,3

O consumo médio mensal do edifício, após a reforma, foi calculado pela média aritmética dos consumos registrados pelo hidrômetro macro, referentes aos 12 meses.

$$CMD = \frac{5020}{12} = 418,3m^3 \quad (\text{Eq 4})$$

4.1.3.4 Redução do Consumo de Água

O histórico do consumo do prédio apresentou um valor médio mensal igual a $691,6m^3$, antes da reforma, enquanto apontou, após a individualização, um consumo médio mensal de $418,3m^3$.

Cálculo da redução média mensal do consumo de água:

$$ReduçãoConsumo = \frac{691,6 - 418,3}{691,6} \times 100\% = 39,52\% \quad (\text{Eq 5})$$

Houve, após a implantação da medição individualizada, uma redução média do consumo mensal igual a 39,52%. Este valor percentual corresponde a uma redução igual a $273m^3/mês$, equivalente ao consumo mensal de 60 pessoas.

4.1.3.5 Distribuição dos Apartamentos em Classes de Consumo

Os apartamentos, já com medições individualizadas, foram agrupados em classes de consumo, em função do seu consumo médio mensal acrescido do rateio médio mensal. O rateio médio mensal por apartamento ficou igual a $2,7m^3$. As classes de consumo foram determinadas com base nos patamares da tarifa da COMPESA, conforme mostra a Tabela 4.1.3.3 (dezembro /2002):

- Classe 1 \Rightarrow (consumo médio + rateio médio) entre 0 a $10m^3/mês$;
- Classe 2 \Rightarrow (consumo médio + rateio médio) entre 10,001 a $20m^3/mês$;
- Classe 3 \Rightarrow (consumo médio + rateio médio) entre 20,001 a $30m^3/mês$.

Tabela 4.1.3.3 – Tarifa da COMPESA de dezembro /2002

Classe	Consumo em litros	Tarifa (R\$)/1.000 litros
Até 10.000		11,80
1	0 – 10.000	1,18
2	10.001 – 20.000	1,36
3	20.001 – 30.000	1,62
4	30.001 – 50.000	2,21

A Tabela 4.1.3.4 mostra o agrupamento dos 28 apartamentos por classe de consumo.

Tabela 4.1.3.4 - Distribuição dos apartamentos em classes de consumo

Nº Classe	Intervalo de consumo da classe (m ³)	Nº apt ^o s	% n ^o apt ^o s	Consumo médio da classe (m ³)	Consumo total da classe (m ³)	% Consumo da classe
1	0 ↦ 10	6	21,4	5	30	7,2
2	10 ↦ 20	16	57,2	15	240	57,1
3	20 ↦ 30	6	21,4	25	150	35,7
	Σ	28	100,0	---	420	100,0

O gráfico da Figura 4.1.3.8 mostra a frequência relativa percentual dos apartamentos que formam uma determinada classe e o percentual do consumo correspondente àquela classe, após a individualização dos hidrômetros..

A classe 2 apresentou um equilíbrio grande, considerando-se que 57,2% dos apartamentos foram responsáveis pelo consumo de 57,1% do volume mensal de água. A classe 1, de baixo consumo, representou apenas 7,2% do consumo médio mensal, apesar de ser formada por 21,4% dos apartamentos. O inverso aconteceu na classe 3. Composta, também, por 21,4% dos apartamentos, consumiu 35,7% do volume médio mensal de água do edifício em estudo.

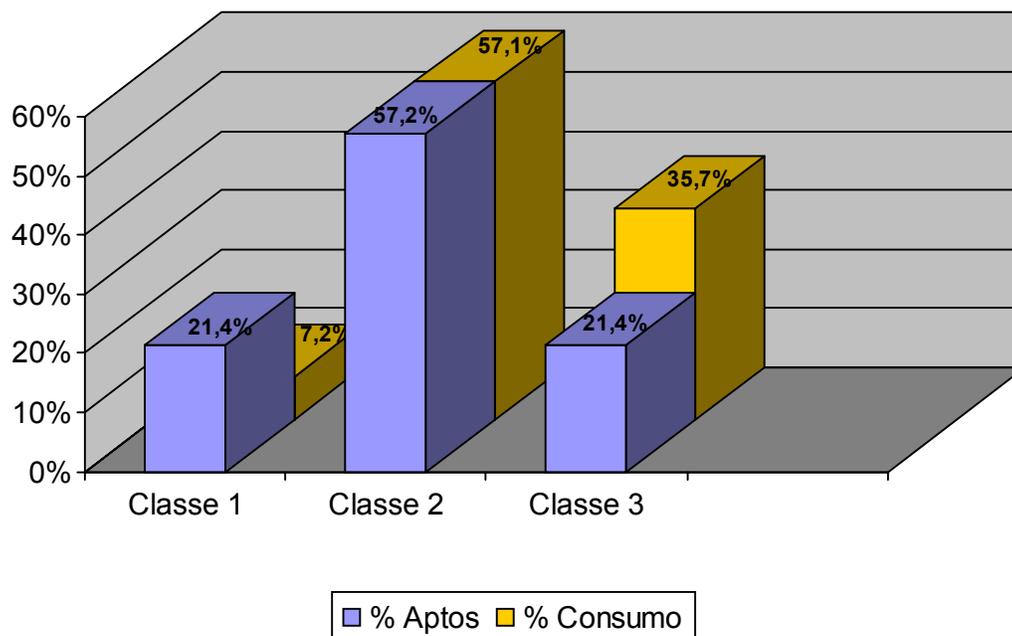


Figura 4.1.3.8 - % apartamentos X % consumo total após a medição individualizada

A média mensal de consumo de $691,6\text{m}^3$, baseada no histórico do prédio antes da individualização, dividida pelos 28 apartamentos representava uma parcela de $24,7\text{m}^3/\text{mês}$ para cada unidade residencial. Logo, todos os apartamentos, inclusive o vazio, se enquadravam dentro da mesma classe de consumo (classe 3).

4.1.3.6 Cálculo do Payback

O custo para implantação do sistema com medição individualizada encontra-se indicado na Tabela 4.1.3.5. Os preços foram fornecidos pela empresa que executou a obra. Estão indicados os preços de dezembro de 2002, data da realização dos serviços.

Tabela 4.1.3.5 – Custo do sistema por apartamento

Discriminação	Preço /aptº
Sistema hidráulico – materiais e mão de obra / Acabamento – materiais e mão de obra	345,00
Hidrômetro instalado	17,50
Total	362,50

Antes da intervenção, a média mensal de consumo do prédio foi igual a 691,6m³. Logo, a média mensal de consumo por apartamento foi 24,7m³. O cálculo da conta por apartamento está apresentado na Tabela 4.1.3.6. Os valores da tarifa foram tirados da Tabela 4.1.3.3.

Tabela 4.1.3.6 – Valor da conta antes da intervenção / apartamento

Consumo (litros)	Tarifa (R\$) / 1.000 litros	Valor (R\$)
Até 10.000		11,80
10.001 – 20.000	10 x 1,36	13,60
20.001 – 30.000	4,7 x 1,62	7,61
Água		33,01
Esgoto		33,01
Total		66,02

A Tabela 4.1.3.7 mostra o cálculo da conta de água, após a intervenção, para a classe 2 de consumo (média de 15m³/mês), a de maior frequência. Foi considerada a mesma tarifa.

Tabela 4.1.3.7 – Valor da conta após a intervenção / apartamento

Consumo (litros)	Tarifa (R\$) / 1.000 litros	Valor (R\$)
Até 10.000		11,80
10.001 – 20.000	5 x 1,36	6,80
Água		18,60
Esgoto		18,60
Total		37,20

O fluxo de benefício ficou assim:

$$B = 66,02 - 37,20 = 28,82 \quad (\text{Eq 7})$$

A Tabela 4.1.3.8 apresenta o tempo de payback e o fluxo de valores para a classe de consumo em estudo. A taxa de desconto foi 2,70% ao mês, dada pelo INPC da data do contrato (INPC de dezembro /2002).

Os fluxos de benefícios atualizados foram calculados por:

$$AF = \frac{28,82}{(1 + 0,027)^t} \quad (\text{Eq 6})$$

Tabela 4.1.3.8 – Fluxos atualizados e payback

Período t (mês)	Custo da intervenção (R\$)	Fluxos de benefícios atualizados (R\$)
0	- 362,50	-
1	- 334,44	28,06
2	- 307,12	27,32
3	- 280,51	26,61
4	- 254,60	25,91
5	- 229,37	25,23
6	- 204,81	24,56
7	- 180,89	23,92
8	- 157,60	23,29
9	- 134,93	22,67
10	- 112,85	22,08
11	- 91,35	21,50
12	- 70,42	20,93
13	- 50,04	20,38
14	- 30,19	19,85
15	- 10,87	19,32
16	7,95	18,82

O payback para a classe 2 ocorreu em um tempo curto igual a 16 meses. Neste período foi recuperado todo o investimento através do benefício atualizado a cada mês, obtido pela economia de água, devido à implantação do sistema com medição individualizada. O payback para a classe 1 de consumo acontece em um tempo menor, já que o fluxo de benefício é maior. Para a classe 3, o tempo de payback é maior.

4.1.4 Resumo dos Resultados dos Três Edifícios

Os três edifícios apresentaram resultados positivos com a implantação do sistema de medição individualizada quanto à redução do consumo, quanto à distribuição dos apartamentos em classes de consumo e quanto ao período médio de retorno do investimento, como pode ser visto na Tabela 4.1.4.1.

Tabela 4.1.4.1 – Resumo dos resultados com a medição individualizada

Edifício	Redução de consumo (%)	Distribuição em classes de consumo					Payback Período médio de retorno do investimento (meses)
		Nº total de apt's	Nº de apartamentos por classe de consumo				
			CL 1	CL 2	CL 3	CL 4	
A	41,36%	40	7	27	6	-	15 meses
B	8,80	14	1	8	4	1	27 meses
C	39,52%	28	6	16	6	-	16 meses

A Tabela 4.1.4.2 apresenta o consumo mensal de projeto de cada edifício (calculado com base no item 3.2.2), bem com os consumos médios mensais antes e depois da reforma.

Tabela 4.1.4.2 – Consumo mensal de projeto

Edifício	Nº quartos sociais	Nº Apt's	Consumo de projeto		CMA (m ³ /mês)	CMD (m ³ /mês)
			C _{diário} (m ³ /dia)	C _{mensal} (m ³ /mês)		
A	2	40	24,0	720,0	1080,0	633,3
B	3	14	12,6	378,0	304,5	277,7
C	2	28	16,8	504,0	691,6	418,3

Os consumos médios mensais antes da reforma dos Edifícios A e C eram, respectivamente, 50% e 37,2% superiores aos consumos previstos de projeto. Havia um grande desperdício de água. Para o Edifício B, o consumo médio mensal antes da reforma era 19,4% inferior ao consumo previsto de projeto. Não havia desperdício de água.

Os consumos médios mensais depois da reforma dos Edifícios A, B e C passaram a ser, respectivamente, 12%, 26,5% e 17% inferiores ao consumo previsto de projeto.

4.2 ACOMPANHAMENTO DA MEDIÇÃO POR TELEMETRIA

Para a implementação do Projeto Piloto com o sistema de medição por telemetria em um edifício residencial com hidrômetros individualizados, a COMPESA optou por uma edificação de padrão médio com apenas quatro apartamentos que, além do menor custo de implantação, possibilitaria a facilidade para o acompanhamento do sistema (acesso ao edifício, montagem das unidades de telemetria e sua manutenção), sem obstáculos por parte dos moradores.

Edifício D:

- Número de pavimentos - térreo + 1^o pavimento;
- Número de unidades - 4 apartamentos;
- Padrão de construção - médio
- Área do apartamento - 45,00m²
- Tempo de construído - 6 meses;
- Data da telemetria - outubro /2006;
- Localização - Recife – PE.



Figura 4.2.1 – Edifício com medição por telemetria

4.2.1 Conhecimento do Projeto

O hidrômetro macro foi instalado na calçada, conforme mostram as Figuras 4.2.2 e 4.2.3.



Figura 4.2.2 – Hidrômetro macro



Figura 4.2.3 – Pulsar acoplado ao macro

Os hidrômetros dos apartamentos foram instalados no patamar da escada (Figura 4.2.4). De um lado, os hidrômetros para os apartamentos 101 e 201, alimentados por uma coluna de água fria que desce do reservatório superior. Do outro lado, uma segunda coluna de água fria alimenta os hidrômetros dos apartamentos 102 e 202, como mostram as Figuras 4.2.5 e 4.2.6.



Figura 4.2.4 – Hidrômetros Individuais



Figura 4.2.5 – Medição 101 e 201



Figura 4.2.6 – Medição 102 e 202

A Figura 4.2.7 mostra a planta baixa deste edifício. Os pontos de água fria, de cada apartamento, são os seguintes: torneira de cozinha, torneira de tanque, torneira de lavatório, caixa acoplada e chuveiro.

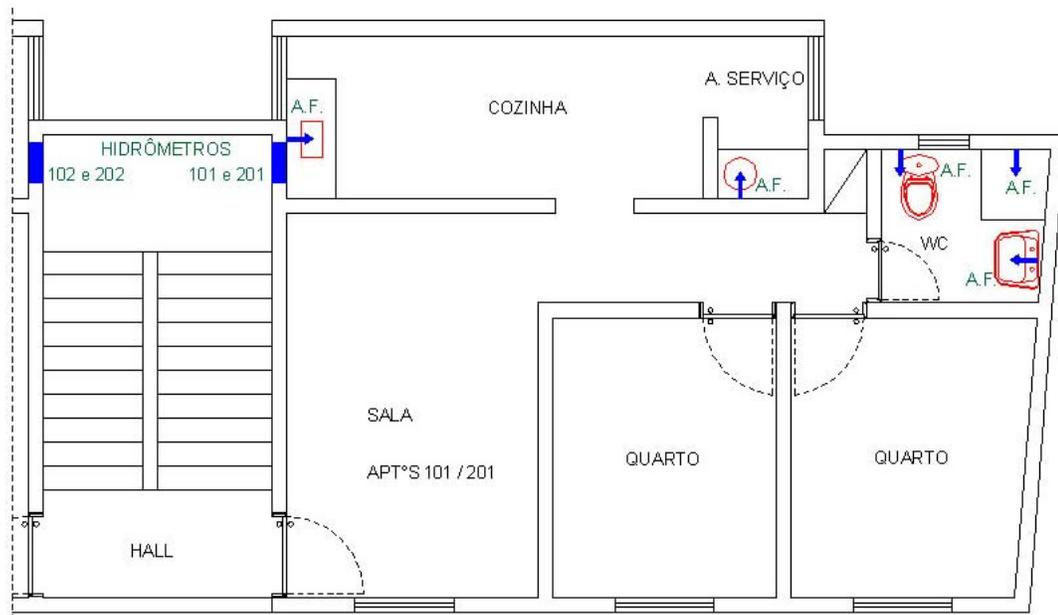


Figura 4.2.7 – Planta baixa

Como explicado no item 2.2.4, cada litro registrado no hidrômetro é convertido em um pulso. A Figura 4.2.8 mostra o Pulsar (do lado direito) acoplado ao hidrômetro e o smart Ok (do lado esquerdo) e a interligação entre as duas unidades. O componente smart Ok é provido, também, de um registro (embutido dentro desta caixa). Este registro pode receber um comando, à distância, e ser fechado. Esta função permite a execução do corte (interrupção do fornecimento) de forma remota, bem como o seu restabelecimento.



Figura 4.2.8 – Smart OK (com registro embutido) / Pulsar

O Modem, Figura 4.2.9, concentra as informações de todos os hidrômetros individualizados do edifício, a fim de transmiti-las para a Central de Gerenciamento.



Figura 4.2.9 – Modem

4.2.2 Estudo do Consumo Diário do Edifício

4.2.2.1 Consumo Diário de Projeto

Foi calculado o consumo diário de projeto dos apartamentos pela fórmula abaixo, sabendo-se que os mesmos têm 2 quartos sociais e considerando-se 2 pessoas por quarto. Utilizou-se o consumo por pessoa igual a 150 litros/dia (Lei Municipal 16.292, 1997).

$$\begin{aligned} C_{d(\text{projeto})} &= 4 \times 150 = 600 \text{ litros / dia} \\ C_{d(\text{projeto})} &= 0,600 \text{ m}^3 / \text{ dia} \end{aligned} \quad (\text{Eq 8})$$

Como o prédio tem 4 apartamentos, o seu consumo diário de projeto ficou igual a:

$$C_{d(\text{projeto})} = 0,600 \times 4 = 2,400 \text{ m}^3 / \text{ dia}$$

4.2.2.2 Consumo Diário Estimado

Também pela mesma fórmula, foi calculado o consumo diário estimado de cada apartamento e o consumo diário estimado do edifício, em função do número real de pessoas. A Tabela 4.2.1 apresenta estes resultados.

Tabela 4.2.1 – Consumo diário estimado em m³/dia

Apartamento	Nº pessoas (N)	C (L/dia)	C_{d(estimado)} (L/dia)	C_{d(estimado)} (m³/dia)
101	3	150	450	0,450
102	3	150	450	0,450
201	2	150	300	0,300
202	2	150	300	0,300
Edifício	10	150	1500	1,500

Sobre a população do edifício é interessante comentar o seguinte:

- o apartamento 101 tem três moradores, dois adultos e uma criança. A dona de casa permanece no lar praticamente o dia inteiro;

- no apartamento 102, residem dois jovens estudantes e sua mãe, saindo de casa com frequência;
- um casal mora no apartamento 201, saindo de casa cedo para o trabalho e retornando no final da noite;
- no apartamento 202, habitam duas pessoas, sendo uma criança e a sua mãe, que trabalha à tarde.

4.2.2.3 Consumo Diário Médio Real

A Tabela 4.2.2 mostra o consumo real mensal dos apartamentos e do edifício (macro) e o consumo diário médio calculado entre os meses de outubro de 2006 e janeiro de 2007.

Duas observações são importantes. A primeira é que o sistema de medição por telemetria teve início no dia 27 de outubro de 2006. Portanto, nesta tabela está apresentado o consumo somente dos últimos 5 dias daquele mês. A segunda observação é que o apartamento 201 ficou desocupado a partir do dia 07 de janeiro de 2007.

Tabela 4.2.2 – Consumo diário médio real em m³/dia

Apartamento	Consumo (m ³)	Mês / ano			
		Out/06	Nov/06	Dez/06	Jan/07
101 (3 pessoas)	C _{mês}	3,132	21,737	22,446	20,348
	C _{dm}	0,626	0,725	0,724	0,656
102 (3 pessoas)	C _{mês}	2,490	15,829	18,595	14,831
	C _{dm}	0,498	0,528	0,600	0,478
201 (2 pessoas)	C _{mês}	1,500	8,165	4,927	1,699
	C _{dm}	0,300	0,272	0,159	0,055
202 (2 pessoas)	C _{mês}	0,919	6,481	8,962	5,881
	C _{dm}	0,184	0,216	0,289	0,190
Macro (10 pessoas)	C _{mês}	9,030	55,322	62,315	51,796
	C _{dm}	1,806	1,844	2,010	1,671

C_{mês} – Consumo real mensal

C_{dm} – Consumo diário médio

4.2.2.4 Representação Gráfica do Consumo Diário

A Figura 4.2.10 mostra o gráfico dos três consumos estudados (consumo diário de projeto, consumo diário estimado e consumo diário médio real) para os apartamentos 101, 102, 201, 202 e para o edifício (hidrômetro macro). O consumo diário médio real está dividido em quatro colunas. A primeira coluna é referente ao mês de outubro – Cd (out/06), a segunda ao mês de novembro – Cd (nov/06), a terceira ao mês de dezembro - Cd (dez/06) e a quarta coluna ao mês de janeiro – Cd (jan/07).

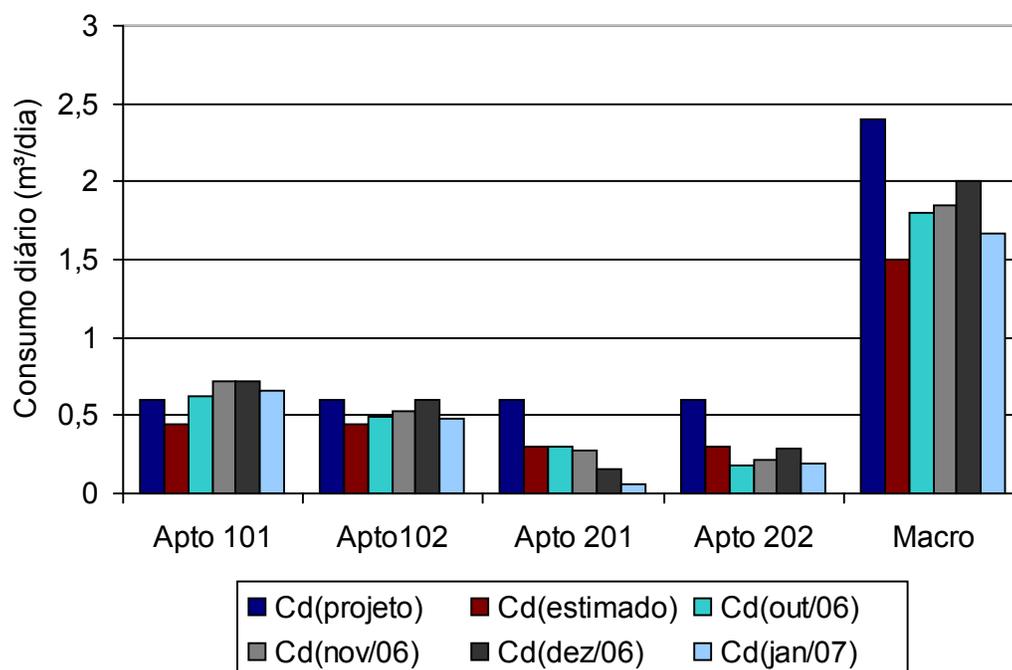


Figura 4.2.10 - Consumo diário em m³/dia

O consumo diário médio real do apartamento 101 esteve acima do consumo diário estimado e do consumo diário de projeto nos quatro meses da pesquisa.

O apartamento 102 apresentou um consumo diário médio real maior do que o consumo diário estimado e menor do que o consumo de projeto nos quatro meses estudados.

O consumo diário médio real do apartamento 201, bem como do apartamento 202, ficou abaixo do consumo diário de projeto e também do consumo diário estimado durante todo o período.

O consumo médio do edifício manteve-se numa faixa entre o consumo estimado e o consumo de projeto de outubro de 2006 a janeiro de 2007.

Os apartamentos 101, 102, 202 e o próprio edifício (hidrômetro macro) apresentaram um aumento de consumo nos meses de novembro e dezembro, talvez em função da chegada do verão. No mês de janeiro, houve uma queda no consumo, provavelmente em função da chegada das contas de água para pagamento.

4.2.3 Curva do Consumo Mensal

Foi feito o acompanhamento, pelo sistema de medição por telemetria, dos consumos diários dos apartamentos, durante os meses de outubro, novembro, dezembro de 2006 e janeiro de 2007. Também, foi feito o acompanhamento do consumo diário registrado pelo hidrômetro macro.

Não foram registrados por telemetria os consumos diários do apartamento 201, entre os meses de outubro e dezembro de 2006, em função de um pequeno problema ocorrido na coleta de dados deste apartamento, no início da implantação do projeto piloto. No entanto, a COMPESA realizou medições mensais de forma visual para todos os hidrômetros. Este apartamento ficou desocupado no período entre 07 de janeiro e 04 de fevereiro de 2007.

As Tabelas 4.2.3 e 4.2.4 mostram os consumos diários reais registrados durante os quatro meses pelo sistema de medição por telemetria. Foi calculado o consumo diário médio (**real**) do edifício (hidrômetro macro), entre 27 de outubro de 2006 e 06 de janeiro de 2007. Foi calculada a média aritmética dos consumos diários (72 dias), obtendo-se $1,889\text{m}^3/\text{dia}$. Em seguida, foi refeito o cálculo considerando-se, apenas, os valores compreendidos entre +/-20% da média anterior (44 dias), chegando-se a $1,890\text{m}^3/\text{dia}$. Como a população do edifício é de 10 pessoas, o consumo diário médio do edifício por pessoa ficou igual a 189 litros/dia.

Tabela 4.2.3 – Consumo diário real em m³/dia

Mês	Outubro/2006				Novembro/2006				Dezembro/2006			
	Apartamentos				Apartamentos				Apartamentos			
	101	102	202	Macro	101	102	202	Macro	101	102	202	Macro
1					1,155	0,526	0,183	2,352	0,684	0,417	0,181	1,348
2					0,831	0,151	0,199	2,019	0,843	0,660	0,283	2,455
3					0,595	0,530	0,181	1,934	0,482	1,015	0,264	1,935
4					0,582	0,345	0,185	1,074	0,744	0,536	0,419	2,063
5					0,401	0,285	0,132	1,300	0,531	0,816	0,254	1,778
6					0,659	0,423	0,198	1,780	0,703	0,654	0,397	2,080
7					1,146	0,281	0,273	2,114	1,145	0,679	0,328	2,739
8					0,790	0,653	0,2117	2,353	0,681	0,554	0,139	1,895
9					0,903	0,465	0,224	2,464	0,766	0,829	0,230	2,182
10					0,613	0,429	0,231	1,340	0,652	0,502	0,355	1,835
11					0,806	0,499	0,173	2,217	1,0288	0,626	0,183	2,208
12					0,608	0,512	0,195	1,413	0,818	0,447	0,262	1,836
13					0,577	0,690	0,203	1,759	0,685	0,436	0,254	2,305
14					0,858	0,472	0,248	1,701	0,889	0,526	0,208	1,717
15					0,597	0,498	0,224	1,862	0,857	0,513	0,414	2,076
16					0,713	0,763	0,134	1,675	0,210	0,965	0,329	2,343
17					0,811	0,497	0,282	1,987	0,649	0,576	0,359	1,838
18					0,575	0,505	0,258	1,252	0,685	0,621	0,250	2,400
19					0,570	0,587	0,169	1,873	0,678	0,570	0,387	2,011
20					0,578	0,550	0,096	1,404	0,823	0,499	0,190	1,009
21					0,816	0,900	0,183	2,679	0,533	1,056	0,349	2,867
22					0,811	0,548	0,149	1,920	0,614	0,399	0,316	1,846
23					0,858	0,677	0,260	2,021	0,684	0,424	0,344	1,800
24					0,865	0,477	0,175	2,055	0,801	0,580	0,253	1,879
25					0,594	0,920	0,387	2,323	0,780	0,504	0,306	1,989
26					0,524	0,476	0,269	1,459	0,527	0,949	0,205	1,632
27	0,454	0,344	0,033	1,249	0,687	0,822	0,185	1,806	0,504	0,510	0,213	2,360
28	0,662	0,587	0,295	2,206	0,583	0,499	0,261	1,625	1,154	0,427	0,356	1,471
29	0,709	0,451	0,222	1,673	0,739	0,401	0,245	1,722	0,856	0,418	0,240	2,879
30	0,502	0,586	0,189	1,784	0,892	0,450	0,362	1,839	0,569	0,388	0,248	1,069
31	0,805	0,522	0,180	2,118					0,871	0,497	0,446	2,470
Total	3,132	2,490	0,919	9,030	21,737	15,829	6,481	55,322	22,446	18,595	8,962	62,315

Tabela 4.2.4 – Consumo diário real em m³/dia

Mês	Janeiro/2007				
Dia	Apartamentos				
	101	102	201	202	Macro
1	0,872	0,209	0,300	0,189	1,858
2	0,543	0,405	0,268	0,266	1,630
3	0,457	0,190	0,260	0,181	1,084
4	0,727	0,411	0,268	0,200	1,526
5	0,819	0,464	0,260	0,235	1,864
6	0,646	0,278	0,253	0,200	1,354
7	0,512	0,254	0,000	0,227	1,223
8	0,657	0,542	0,000	0,150	1,657
9	0,738	0,459	0,000	0,066	1,083
10	0,656	0,626	0,000	0,094	2,056
11	0,811	0,666	0,000	0,117	2,279
12	0,653	0,460	0,000	0,117	1,530
13	0,703	0,347	0,000	0,302	1,541
14	0,443	0,427	0,000	0,215	1,509
15	0,539	0,269	0,000	0,187	1,266
16	0,650	0,268	0,000	0,157	1,636
17	0,662	0,735	0,000	0,146	1,433
18	0,659	0,819	0,000	0,208	1,923
19	0,464	0,554	0,000	0,149	1,671
20	0,552	0,528	0,000	0,316	1,528
21	0,619	0,362	0,000	0,260	1,642
22	0,838	0,521	0,000	0,235	1,894
23	0,754	0,415	0,000	0,266	1,472
24	0,624	0,452	0,000	0,134	1,592
25	0,909	0,740	0,000	0,267	2,529
26	0,459	0,452	0,000	0,181	2,289
27	0,710	0,665	0,000	0,164	1,433
28	0,456	0,790	0,000	0,123	1,365
29	0,622	0,591	0,000	0,205	1,971
30	0,644	0,633	0,090	0,199	1,877
31	0,930	0,299	0,000	0,125	2,081
Total	20,348	14,831	1,699	5,881	51,796

Foram estudadas as curvas dos consumos mensais dos apartamentos, bem como a do hidrômetro macro. As curvas do consumo mensal do mês de outubro de 2006, Figura 4.2.11, foram criadas a partir dos consumos diários reais armazenados na Tabela 4.2.3. A mesma tabela foi utilizada para a elaboração das curvas do consumo do mês de novembro, Figura 4.2.12, e das curvas do consumo do mês de dezembro, Figura 4.2.13. A partir da Tabela 4.2.4, foram elaboradas as curvas do mês de janeiro de 2007, Figura 4.2.14.

Cada apartamento apresenta sua curva característica, desenhada em função do seu próprio consumo. A curva do apartamento 101, o de maior consumo, corre normalmente acima da curva do apartamento 102, aquele que vem logo em seguida. Como eles têm a mesma população, em alguns dias suas curvas se alternam. A curva do apartamento 202 segue numa faixa inferior, enquanto a curva do apartamento 201 só aparece a partir de 07 de janeiro de 2007. A curva do hidrômetro macro parece sofrer grande influência dos picos dos apartamentos 101 e 102, principalmente do primeiro, aquele cujo consumo real está sempre acima do consumo estimado e, também, do consumo de projeto.

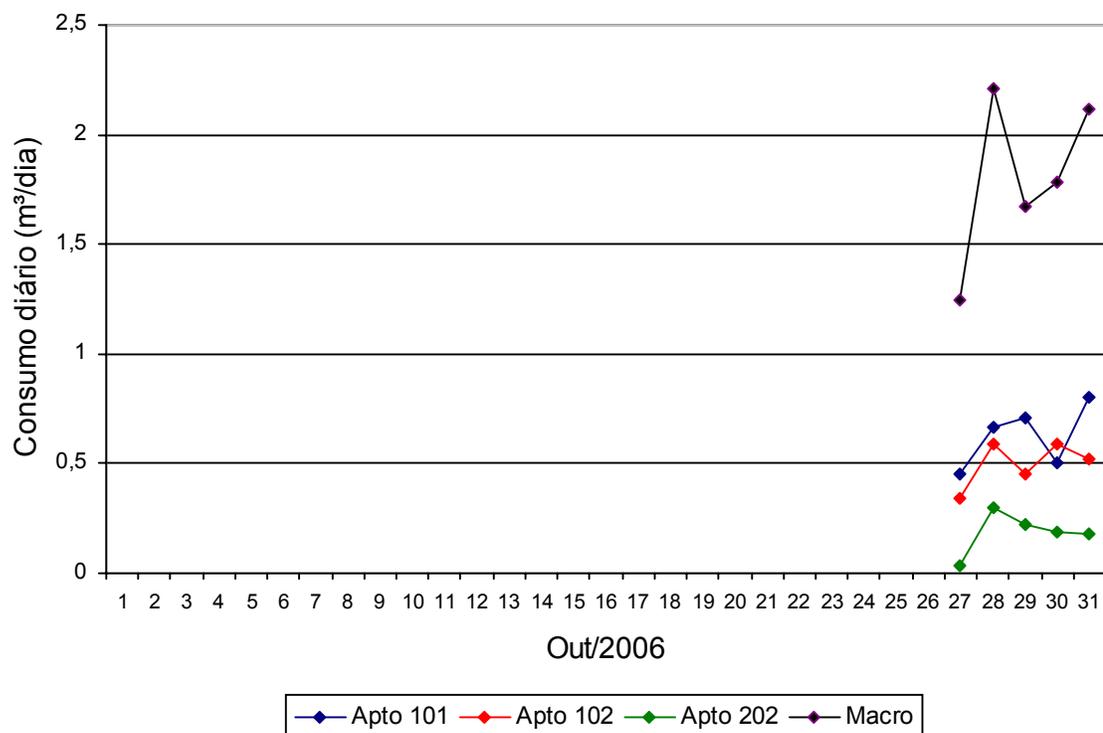


Figura 4.2.11 - Curva do consumo do mês de outubro em m^3/dia

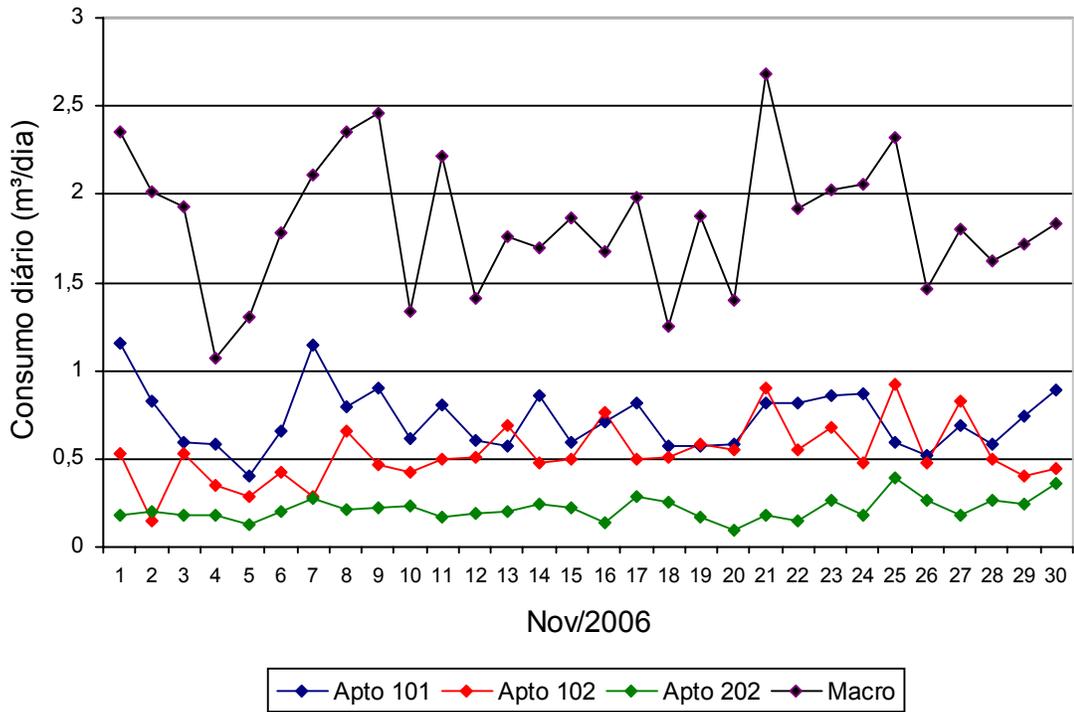


Figura 4.2.12 - Curva do consumo do mês de novembro em m³/dia

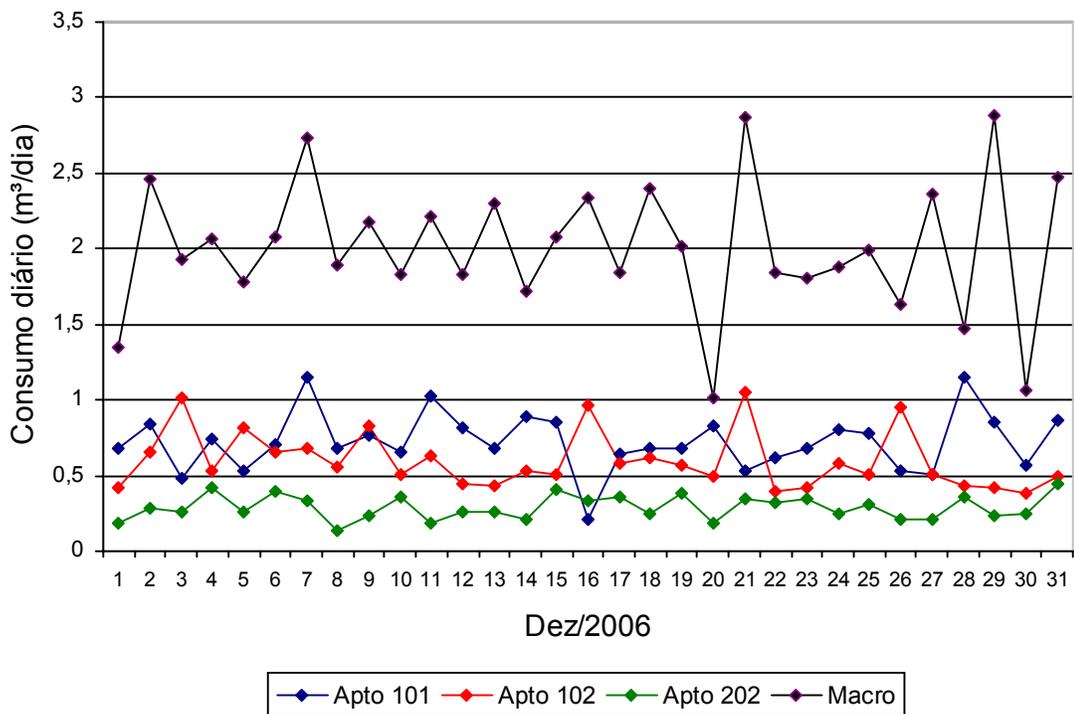


Figura 4.2.13 - Curva do consumo do mês de dezembro em m³/dia

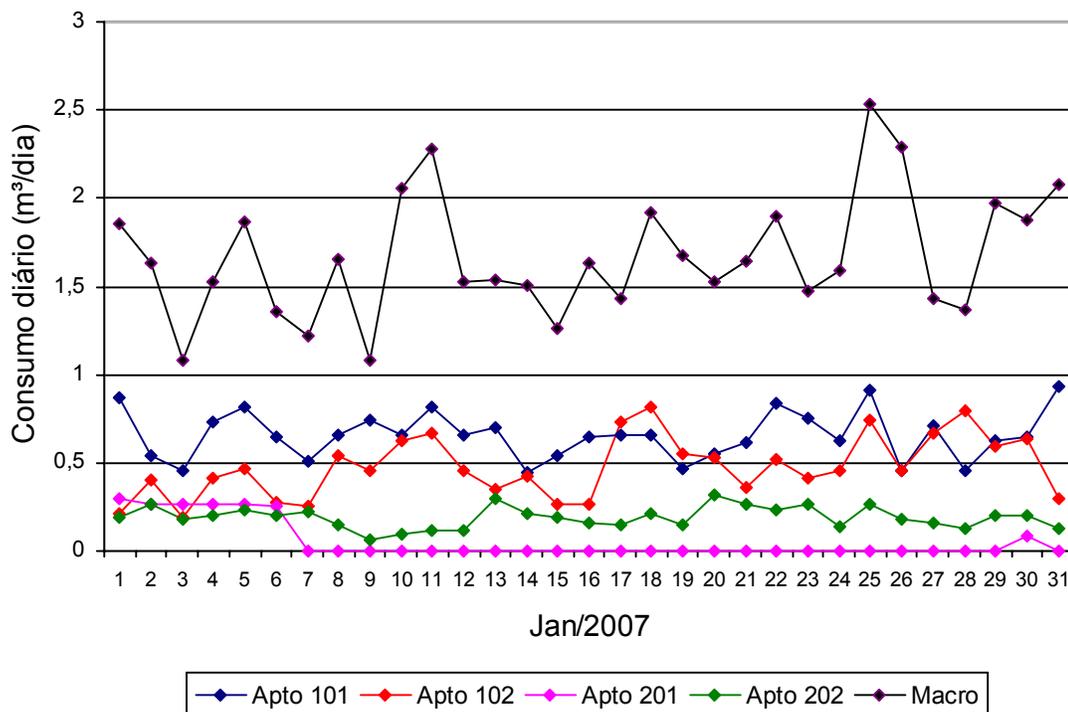


Figura 4.2.14 - Curva do consumo do mês de janeiro em m³/dia

4.2.4 Curva do Consumo Diário

Foi estudado o consumo diário do apartamento 101 (o de maior consumo) e do apartamento 202 (o de menor consumo), medidos pelo sistema de medição por telemetria, durante as 24 horas, entre os dias 5 e 19 de novembro de 2006.

As Tabelas 4.2.5 e 4.2.6, mostram os dados coletados por hora pelo sistema de telemetria para o apartamento 101. Os consumos estão separados em dias úteis / sábados, na primeira tabela, e domingos / feriados na segunda tabela. Para cada hora, foi calculada a média aritmética do consumo.

A curva do consumo diário do apartamento 101 para os dias úteis /sábados, Figura 4.2.15, foi criada a partir das médias dos consumos horários da Tabela 4.2.5, enquanto a curva do consumo diário para os dias de domingos /feriados surgiu da Tabela 4.2.6.

Tabela 4.2.5 – Consumo horário em m³ - Apartamento 101

Hora	Dias úteis / sábados											Média
	6	7	8	9	10	11	13	14	16	17	18	
0	0,006	0,011	0,016	0,010	0,006	0,000	0,000	0,010	0,000	0,108	0,023	0,017
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000
2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,017	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002
3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,041	0,000	0,000	0,004
4	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5	0,000	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007	0,000	0,000	0,001
6	0,000	0,011	0,000	0,018	0,082	0,000	0,000	0,021	0,000	0,000	0,007	0,013
7	0,000	0,086	0,105	0,070	0,002	0,023	0,000	0,115	0,002	0,125	0,034	0,051
8	0,101	0,264	0,026	0,159	0,032	0,050	0,141	0,143	0,109	0,035	0,149	0,110
9	0,059	0,109	0,088	0,113	0,088	0,147	0,066	0,009	0,048	0,000	0,032	0,069
10	0,068	0,064	0,064	0,012	0,062	0,057	0,015	0,034	0,068	0,028	0,043	0,047
11	0,028	0,162	0,012	0,058	0,053	0,000	0,046	0,018	0,146	0,091	0,029	0,058
12	0,020	0,039	0,058	0,134	0,061	0,000	0,035	0,078	0,024	0,027	0,000	0,043
13	0,076	0,015	0,158	0,001	0,037	0,010	0,046	0,017	0,074	0,046	0,011	0,045
14	0,038	0,003	0,008	0,004	0,003	0,104	0,003	0,000	0,024	0,016	0,000	0,018
15	0,003	0,001	0,014	0,015	0,007	0,010	0,000	0,082	0,007	0,107	0,000	0,022
16	0,010	0,000	0,006	0,001	0,060	0,040	0,000	0,093	0,015	0,009	0,008	0,022
17	0,001	0,042	0,015	0,014	0,003	0,063	0,009	0,019	0,007	0,017	0,007	0,018
18	0,019	0,176	0,076	0,171	0,047	0,180	0,018	0,165	0,001	0,027	0,025	0,082
19	0,021	0,018	0,008	0,057	0,015	0,008	0,126	0,012	0,028	0,112	0,108	0,047
20	0,142	0,006	0,053	0,008	0,023	0,032	0,014	0,002	0,000	0,012	0,007	0,027
21	0,045	0,015	0,052	0,016	0,013	0,019	0,007	0,012	0,088	0,000	0,000	0,024
22	0,000	0,012	0,003	0,022	0,001	0,039	0,022	0,014	0,003	0,018	0,028	0,015
23	0,022	0,105	0,027	0,020	0,014	0,024	0,012	0,014	0,021	0,032	0,064	0,032

Tabela 4.2.6 – Consumo horário em m³ - Apartamento 101

Hora	Domingos / feriados					Hora	Domingos / feriados				
	5	12	15	19	Média		5	12	15	19	Média
0	0,000	0,013	0,013	0,042	0,017	12	0,000	0,039	0,054	0,000	0,023
1	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	13	0,000	0,001	0,022	0,143	0,041
2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	14	0,53	0,000	0,025	0,016	0,023
3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	15	0,010	0,000	0,000	0,024	0,008
4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	16	0,000	0,033	0,003	0,020	0,014
5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	17	0,000	0,000	0,028	0,005	0,008
6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	18	0,066	0,044	0,019	0,042	0,043
7	0,038	0,000	0,003	0,006	0,012	19	0,002	0,034	0,025	0,014	0,019
8	0,115	0,043	0,033	0,022	0,053	20	0,000	0,000	0,002	0,024	0,006
9	0,056	0,029	0,022	0,062	0,042	21	0,000	0,007	0,001	0,007	0,004
10	0,002	0,196	0,080	0,063	0,085	22	0,017	0,066	0,006	0,026	0,029
11	0,013	0,045	0,061	0,031	0,037	23	0,029	0,058	0,000	0,022	0,027

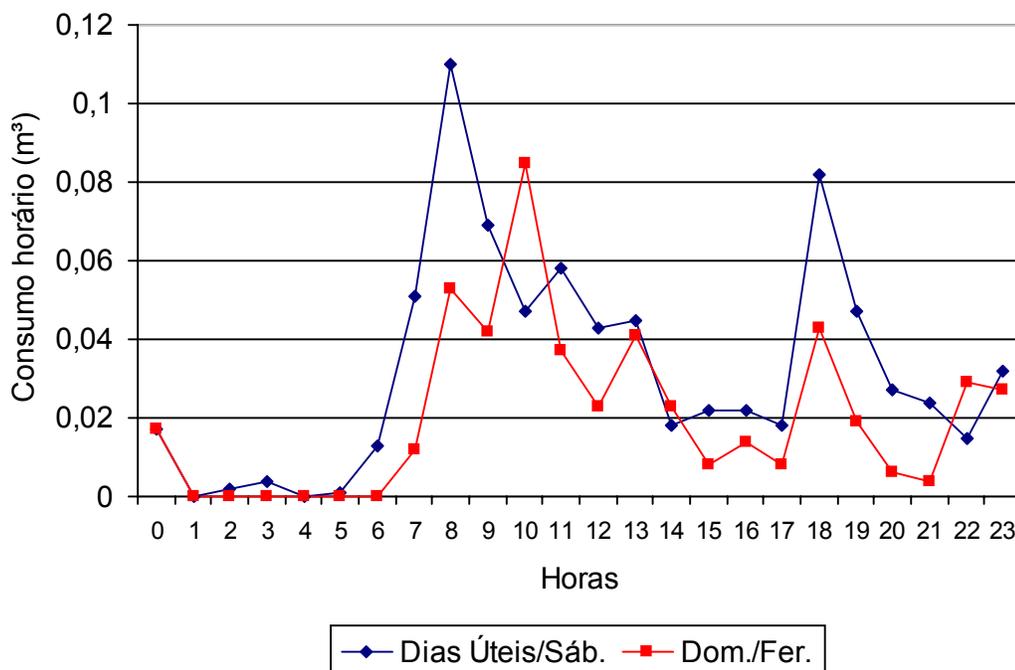


Figura 4.2.15 - Curva do consumo diário do aptº 101

As curvas do consumo diário mostram os horários de pico do consumo. Verifica-se para o apartamento 101 um primeiro horário de pico às 8:00h e um segundo às 18:00h nos

dias úteis. A curva dos domingos /feriados apresenta uma ligeira defasagem no período da manhã e picos menores de consumo.

As Tabelas 4.2.7 e 4.2.8, mostram os dados coletados por hora pelo sistema de telemetria para o apartamento 202. Da mesma forma, os consumos estão separados em dias úteis /sábados na primeira tabela e domingos /feriados na segunda tabela. Para cada hora, também, foi calculada a média aritmética do consumo.

Tabela 4.2.7 – Consumo horário em m³ - Apartamento 202

Hora	Dias úteis / sábados											
	6	7	8	9	10	11	13	14	16	17	18	Média
0	0,000	0,000	0,000	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000	N	0,006	0,000	0,001
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,000	0,000	N	0,000	0,005	0,001
2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,000	0,000	0,000	N	0,000	0,000	0,001
3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,016	0,000	0,000	0,001
4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
5	0,016	0,005	0,000	0,000	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,084	0,011
6	0,019	0,027	0,016	0,015	0,007	0,000	0,005	0,059	0,000	0,000	0,000	0,013
7	0,001	0,001	0,008	0,002	0,007	0,015	0,032	0,007	0,014	0,001	0,055	0,013
8	0,000	0,000	0,036	0,000	0,000	0,066	0,026	0,000	0,008	0,024	0,001	0,015
9	0,079	0,152	0,074	0,005	0,060	0,034	0,011	0,074	0,010	0,093	0,000	0,054
10	0,047	0,033	0,029	0,084	0,074	0,020	0,002	0,037	0,011	0,075	0,003	0,038
11	0,019	0,033	0,005	0,047	0,032	0,000	0,083	0,034	0,020	0,040	0,007	0,029
12	0,000	0,001	0,000	0,004	0,015	0,000	0,014	0,037	0,015	0,000	0,045	0,012
13	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
14	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
15	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
16	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
17	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,038	0,003
18	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,000	0,002	0,001
19	0,000	0,000	0,027	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,001	0,003
20	0,000	0,001	0,038	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,016	0,002	0,005	0,006
21	0,000	0,000	0,007	0,000	0,007	0,000	0,009	0,000	0,001	0,002	0,006	0,003
22	0,017	0,015	0,013	0,001	0,012	0,018	0,021	0,000	0,015	0,000	0,006	0,011
23	0,000	0,006	0,001	0,017	0,000	0,009	0,000	0,000	0,000	0,033	0,000	0,006

N – não houve leitura

Tabela 4.2.8 – Consumo horário em m³ - Apartamento 202

Hora	Domingos / feriados					Hora	Domingos / feriados				
	5	12	15	19	Média		5	12	15	19	Média
0	0,000	0,000	0,017	0,004	0,004	12	0,000	0,031	0,040	0,000	0,018
1	0,012	0,002	0,011	0,000	0,006	13	0,000	0,017	0,047	0,007	0,018
2	0,016	0,000	0,006	0,006	0,007	14	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
3	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	15	0,000	0,000	0,018	0,000	0,004
4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	16	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	17	0,017	0,000	0,000	0,007	0,006
6	0,000	0,006	0,006	0,000	0,003	18	0,012	0,000	0,000	0,000	0,003
7	0,003	0,000	0,067	0,032	0,025	19	0,007	0,002	0,000	0,006	0,004
8	0,051	0,009	0,000	0,031	0,023	20	0,006	0,013	0,000	0,022	0,010
9	0,001	0,058	0,001	0,022	0,020	21	0,007	0,000	0,006	0,000	0,003
10	0,000	0,048	0,000	0,028	0,019	22	0,000	0,003	0,000	0,000	0,001
11	0,000	0,000	0,005	0,000	0,001	23	0,000	0,006	N	0,006	0,004

N – não houve leitura

A Figura 4.2.16, desenhada a partir das médias horárias das Tabelas 4.2.7 e 4.2.8, mostra a curva do consumo diário do apartamento 202 para os dias úteis /sábados e a curva para os domingos /feriados.

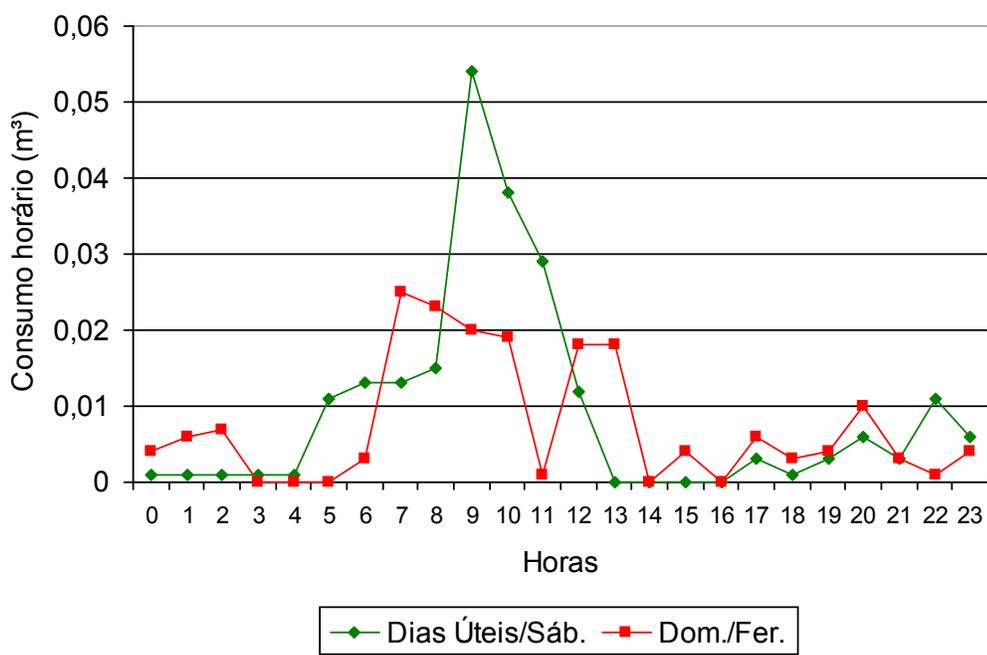


Figura 4.2.16 - Curva do consumo diário do aptº 202

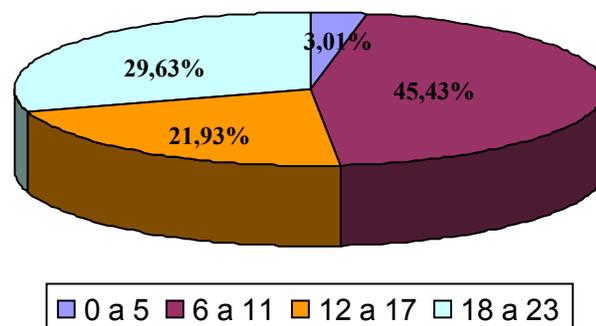
Verifica-se para o apartamento 102 um horário de pico às 9:00h, baixíssimo consumo à tarde e uma ligeira subida no consumo às 22:00h nos dias úteis /sábados. A curva dos dias de domingos /feriados apresenta uma certa distribuição uniforme de consumo na parte da manhã, caindo no período da tarde.

4.2.5 Distribuição do Consumo Diário

A distribuição percentual do consumo diário foi dividida em 4 intervalos de tempo:

- 0 a 5 - de meia noite às 6:00 h;
- 6 a 11 - das 6:00 h às 12:00 h;
- 12 a 17 - das 12:00 h às 18:00 h;
- 18 a 23 - das 18:00 h a meia noite.

Com base nas Tabelas 4.2.5 e 4.2.6 foi feita a distribuição percentual do consumo diário do apartamento 101, tendo sido utilizado os valores das médias a cada hora, conforme os gráficos das Figuras 4.2.17 e 4.2.18.



**Figura 4.2.17 – Distribuição percentual do consumo diário do aptº 101
Dias úteis/sábados**

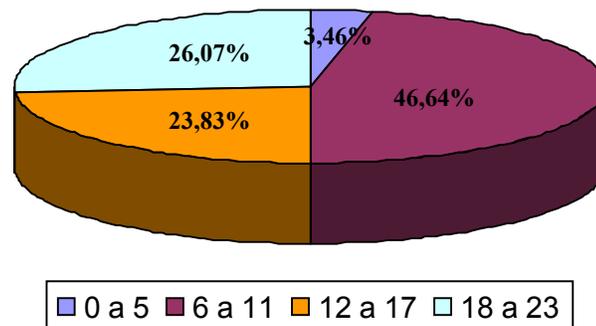


Figura 4.2.18 – Distribuição percentual do consumo diário do aptº 101 Domingos/feriados

Grande parte do consumo (45,43%) do apartamento 101, nos dias úteis /sábados, acontece no período da manhã, entre 6:00 e 12:00h. Existe uma certa distribuição do consumo relativamente próxima em valores percentuais, entre o período da tarde (21,93%) e o período da noite (29,63%).

O gráfico da distribuição diária para os dias de domingos /feriados do apartamento 101 não varia quase nada em relação ao gráfico dos dias úteis /sábados.

A partir das Tabelas 4.2.7 e 4.2.8 foi feita a distribuição percentual do consumo diário do apartamento 202, tendo sido utilizado os valores das médias a cada hora, conforme os gráficos das Figuras 4.2.19 e 4.2.20.

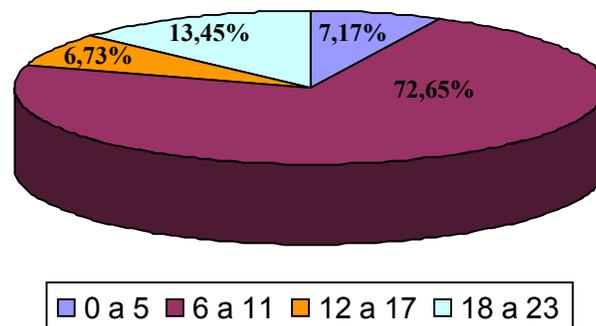


Figura 4.2.19 – Distribuição percentual do consumo diário do aptº 202 Dias úteis/sábados

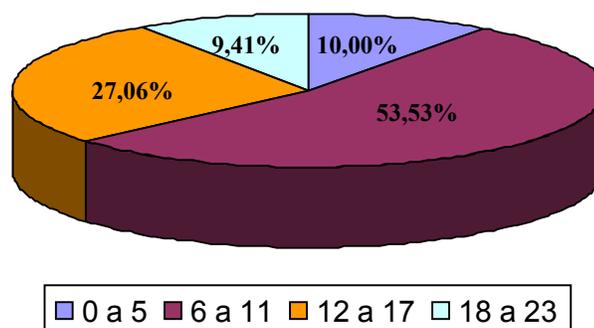


Figura 4.2.20 – Distribuição percentual do consumo diário do aptº 202 Domingos/feriados

Nos dias úteis /sábados, boa parte do consumo diário do apartamento 202 (72,65%) acontece no período da manhã, entre 6:00 e 12:00h. À tarde, o consumo é o mais baixo (6,73%), voltando a subir à noite (13,45%).

Nos dias de domingos /feriados, há uma maior distribuição do consumo entre o período da manhã (53,53%) e o período da tarde (27,06%).

4.2.6 Consumo de Água do Condomínio – Rateio

O volume de água consumido pelo condomínio é medido pelo hidrômetro macro (hidrômetro principal, localizado na ligação predial) menos o somatório dos consumos registrados nos hidrômetros dos apartamentos (hidrômetros micros). Este consumo é rateado entre os apartamentos, proporcionalmente à área de cada unidade habitacional.

A Figura 4.2.21 mostra o gráfico, construído a partir da Tabela 4.2.9, referente ao consumo mensal dos quatro apartamentos no período de outubro de 2006 a janeiro de 2007, bem como o consumo do rateio. A Figura 4.2.22 apresenta a relação entre o consumo do hidrômetro macro, o somatório dos hidrômetros micros (hidrômetros dos apartamentos) e o rateio no mesmo período. O rateio elevado, nos meses de dezembro e janeiro, foi, provavelmente, provocado pelo costume de deixar a torneira de jardim ligada com a mangueira molhando a grama diretamente no solo por longo tempo. A COMPESA, em visita ao edifício, não constatou qualquer outro problema. A parcela referente ao rateio teve um crescimento, a cada mês, de outubro de 2006 a janeiro de 2007, como pode ser visto na mesma figura.

Tabela 4.2.9 – Consumo mensal em m³

Apartamento	Outubro/06	Novembro/06	Dezembro/06	Janeiro/07
101	3,132	21,737	22,446	20,348
102	2,490	15,829	18,595	14,831
201	1,500	8,165	4,927	1,699
202	0,919	6,481	8,962	5,881
Σ Micros	8,041	52,212	54,930	42,759
Hid. Macro	9,030	55,322	62,315	51,796
Rateio	0,989	3,110	7,385	9,037
Rateio/m ²	0,006	0,019	0,045	0,055

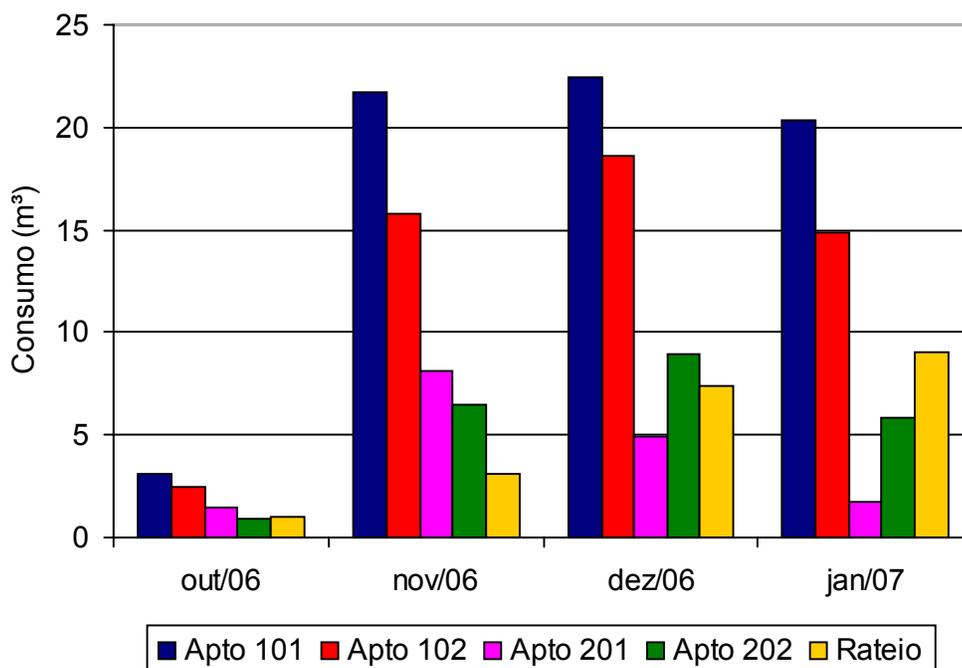


Figura 4.2.21 - Consumo mensal em m³ dos apartamentos e consumo do rateio

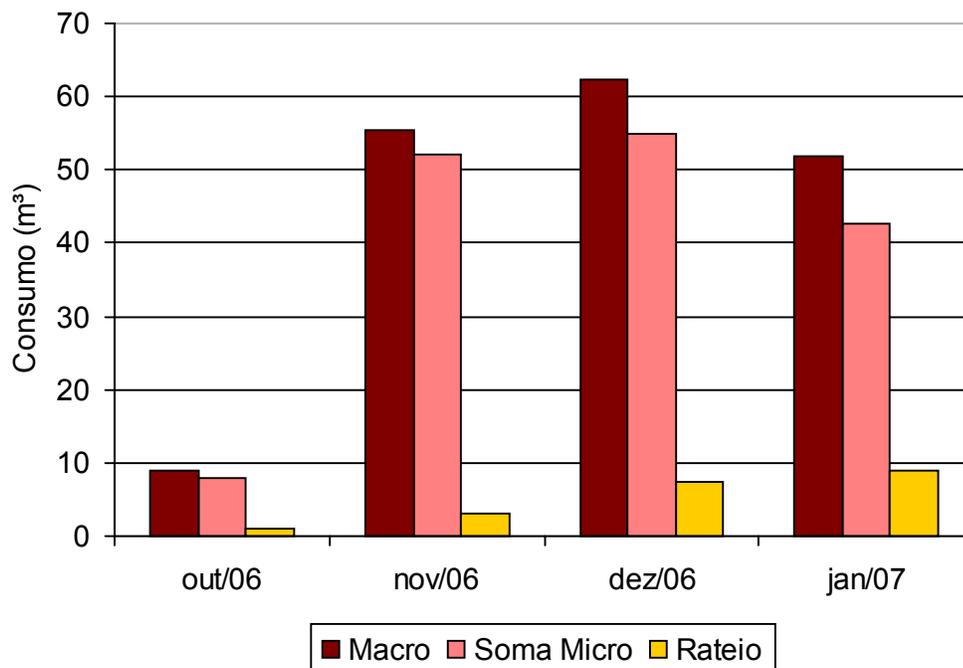


Figura 4.2.22 - Consumo mensal em m³ do hidrômetro macro, \sum micros e consumo do rateio

O rateio/m² indicado na Tabela 4.2.9 representa o consumo do condomínio por metro quadrado de área comum e indica o volume de água utilizado, mensalmente, com a limpeza das áreas interna e externa (hall, escada, estacionamento) e com a irrigação do jardim, considerando-se uma área comum total do edifício igual a 164m².

O consumo médio diário do condomínio foi igual a 1,2L/m², 0,63L/m², 1,45L/m² e 1,77L/m² para os meses de outubro, novembro, dezembro de 2006 e janeiro de 2007, respectivamente. Não havia meios na pesquisa para separar o consumo diário do condomínio referente à irrigação do jardim do volume de água gasto com a limpeza. Apenas como referência, a rega de jardim deve representar um consumo diário máximo igual a 1,5L/m² (GHISI, 2004).

4.2.7 Verificação da Ocorrência de Vazamentos

Os hidrômetros instalados apresentam vazão mínima (Q_{\min}) igual a 0,015m³/h. Logo, vazamentos correspondentes a vazões iguais ou superiores a estes valores serão sempre registrados.

Diretamente dos gráficos gerados pelo sistema de telemetria foi feito o acompanhamento para verificação de possíveis ocorrências de vazamentos nos apartamentos. O horário escolhido para verificação de vazamentos foi no primeiro intervalo do dia, na madrugada, entre 0:00 h e 6:00 h da manhã. As Figuras 4.2.23, 4.2.24 e 4.2.25 mostram exemplos de gráficos do consumo por hora dos apartamentos 101, 102 e 202, durante o mês de novembro. Todos os gráficos foram escolhidos aleatoriamente.

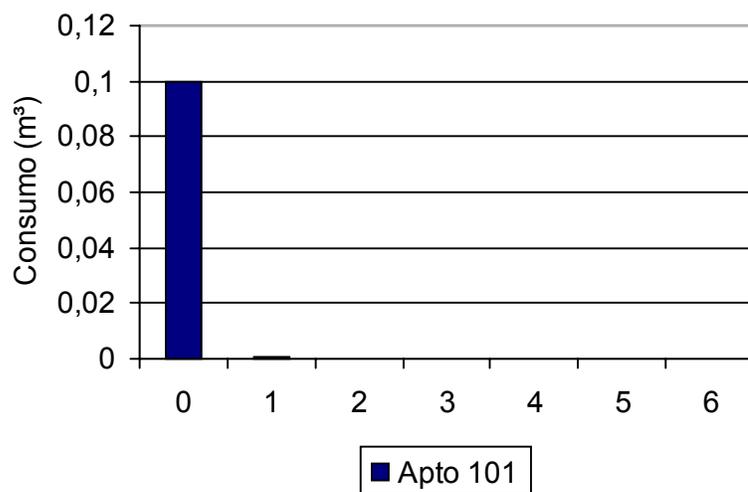


Figura 4.2.23 - Consumo por hora
Apartamento 101 - sexta-feira, 17 de novembro de 2006

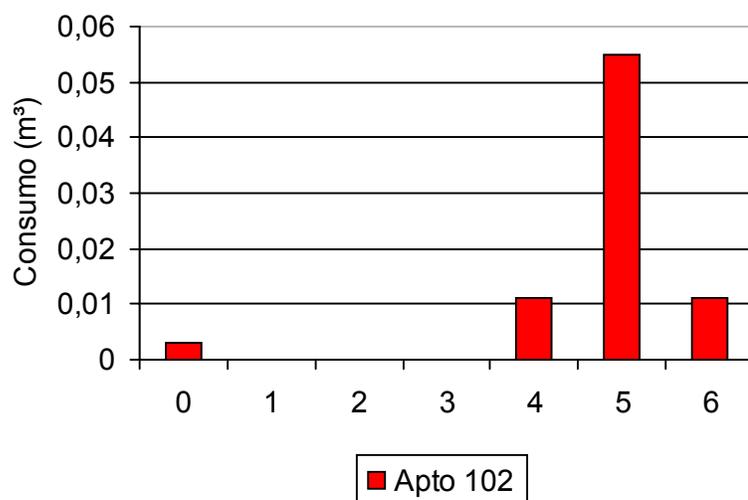
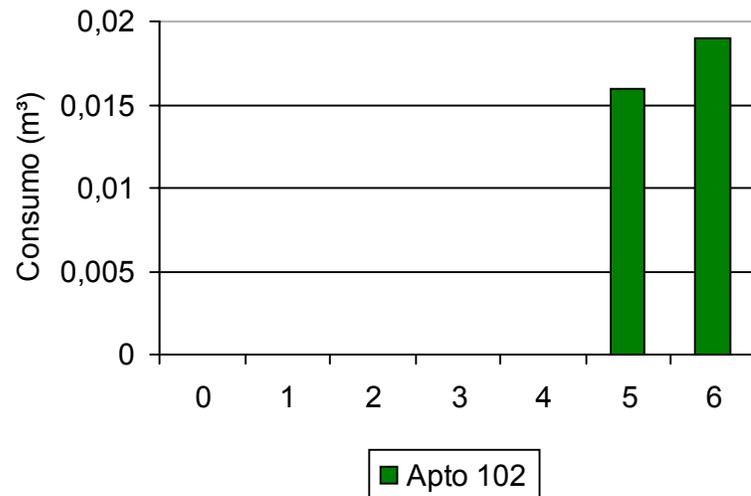


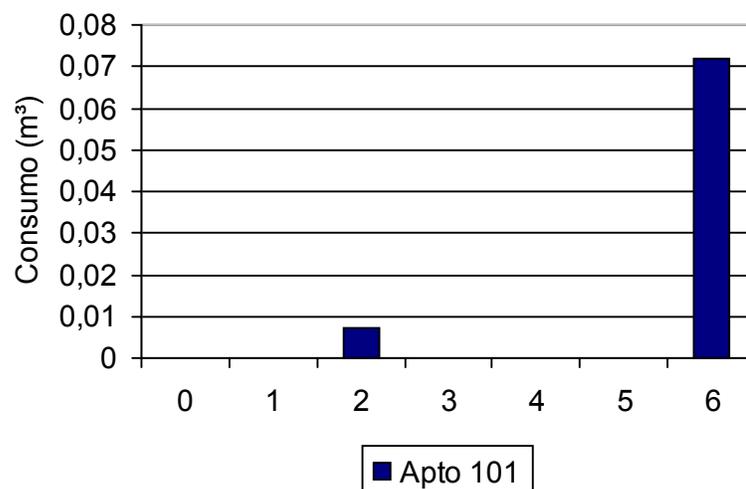
Figura 4.2.24 - Consumo por hora
Apartamento 102 - domingo, 12 de novembro de 2006



**Figura 4.2.25 - Consumo por hora
Apartamento 202 - segunda-feira, 6 de novembro de 2006**

Verificou-se consumo zero em parte do intervalo, entre 0:00h e 6:00h, nos três sistemas individualizados dos três apartamentos analisados. Considerando que os vazamentos em torneiras (abertura de 1mm) podem provocar um consumo de 83 litros por hora e vazamentos em caixas de descarga ocorrem com vazões de 40 litros por hora, não foi verificado este tipo de vazamento.

Abaixo, estão apresentados, nas Figuras 4.2.26, 4.2.27 e 4.2.28, mais três gráficos, gerados pelo sistema de medição por telemetria no mês de janeiro de 2007, que registram o consumo igual a zero, no mesmo horário do dia, também para os apartamentos 101, 102 e 202.



**Figura 4.2.26 - Consumo por hora
Apartamento 101 - quinta-feira, 11 de janeiro de 2007**

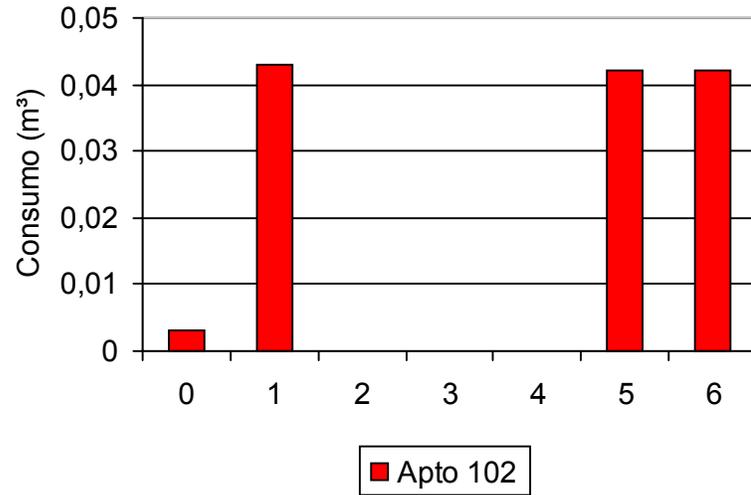


Figura 4.2.27 - Consumo por hora
Apartamento 102 - segunda-feira, 15 de janeiro de 2007

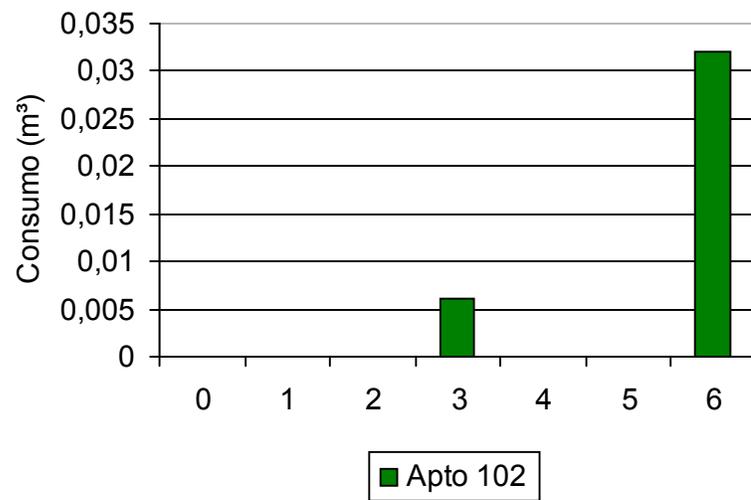


Figura 4.2.28 - Consumo por hora
Apartamento 202 - segunda-feira, 6 de janeiro de 2007

4.2.8 Eficiência de Utilização da Água dos Apartamentos

Foi calculada a eficiência de utilização da água para cada apartamento individualmente e para o somatório dos consumos dos apartamentos do edifício (\sum hidrômetros micros) pela fórmula seguinte:

$$\text{Eficiência de utilização da água (\%)} = \frac{n \cdot (N \times 150)}{C_{\text{mensal}}} \times 100\%, \text{ onde :} \quad (\text{Eq 10})$$

n – número de dias de consumo do mês;

N – número de pessoas do apartamento (Tabela 4.2.1);

C_{mensal} – consumo real mensal do apartamento em litros (Tabela 4.2.9).

A Tabela 4.2.10 apresenta os resultados encontrados.

Tabela 4.2.10 – Eficiência de utilização da água (%)

Apt ^o	Mês			
	Out/06	Nov/06	Dez/06	Jan/06
101	72%	62%	62%	69%
102	90%	85%	75%	94%
201	100%	110%	189%-	112%
202	163%	139%	104%	158%
\sum Micros	93%	86%	85%	91%

Eficiência < 75% - ineficiente;

Eficiência \geq 75% - eficiente.

O gráfico da Figura 4.2.29 mostra as curvas de eficiência de utilização da água dos apartamentos 101, 102, 201, 202 e também a curva de eficiência de utilização da água do somatório dos consumos dos apartamentos (\sum hidrômetros micros). Foi considerada no cálculo a ocupação do apartamento 201 somente até o dia 06 de janeiro de 2007.

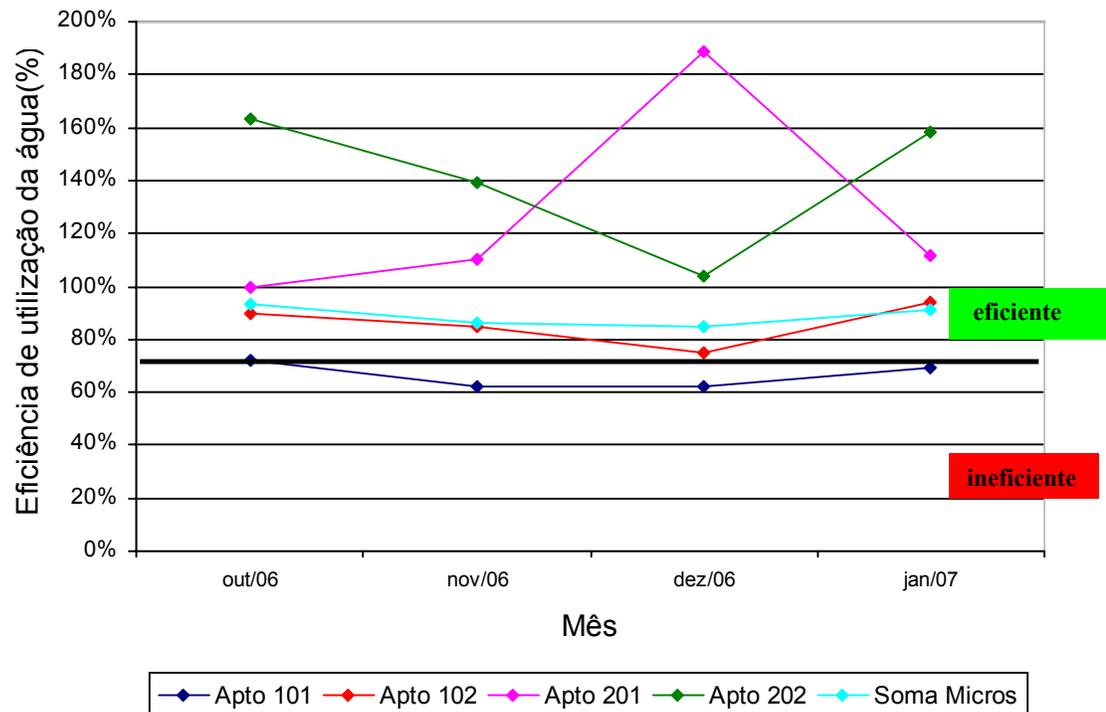


Figura 4.2.29 – Curva de eficiência de utilização da água

As 5 curvas estudadas estão bem definidas, mantendo-se na mesma faixa entre os meses de outubro de 2006 e janeiro de 2007. A curva do apartamento 101 foi desenvolvida abaixo de 75%, mostrando a ineficiência de utilização da água, entre os meses de outubro de 2006 e janeiro de 2007. A curva do apartamento 102 foi desenhada entre 75% e 100%, considerada como eficiente. As curvas dos apartamentos 201 e 202 estão acima do nível 100%, demonstrando também eficiência. O critério relativo ao pagamento justo por consumo do sistema de medição individualizada é bem notado, através das curvas de eficiência dos apartamentos.

O traçado da curva de eficiência de utilização da água do edifício (\sum Micros) sofreu influência do apartamento 101, entre os meses de outubro de 2006 e janeiro de 2007. No entanto, esta curva (\sum Micros) manteve-se eficiente, acima da curva do apartamento 101, em função dos resultados positivos das demais unidades habitacionais.

4.2.8 Estudo do Consumo do Apartamento 101 nos Meses de Fevereiro e Março de 2007

O apartamento 101 apresentou médias elevadas de consumo de água entre os meses de outubro de 2006 e janeiro de 2007. No entanto, no mês de janeiro de 2007, houve uma reação positiva em relação ao controle e redução do consumo.

Através da medição por telemetria, foi feito o acompanhamento do consumo de água, também nos meses de fevereiro e março de 2007, apenas para este apartamento.

O gráfico da Figura 4.2.30 apresenta os resultados das médias do consumo diário para o apartamento 101, incluindo os meses de fevereiro e março de 2007. A primeira leitura dos hidrômetros individualizados, efetuada pela COMPESA, ocorreu no dia 25 de novembro de 2006. Pode-se verificar no gráfico uma curva descendente, a partir da emissão da primeira conta de água (dezembro).

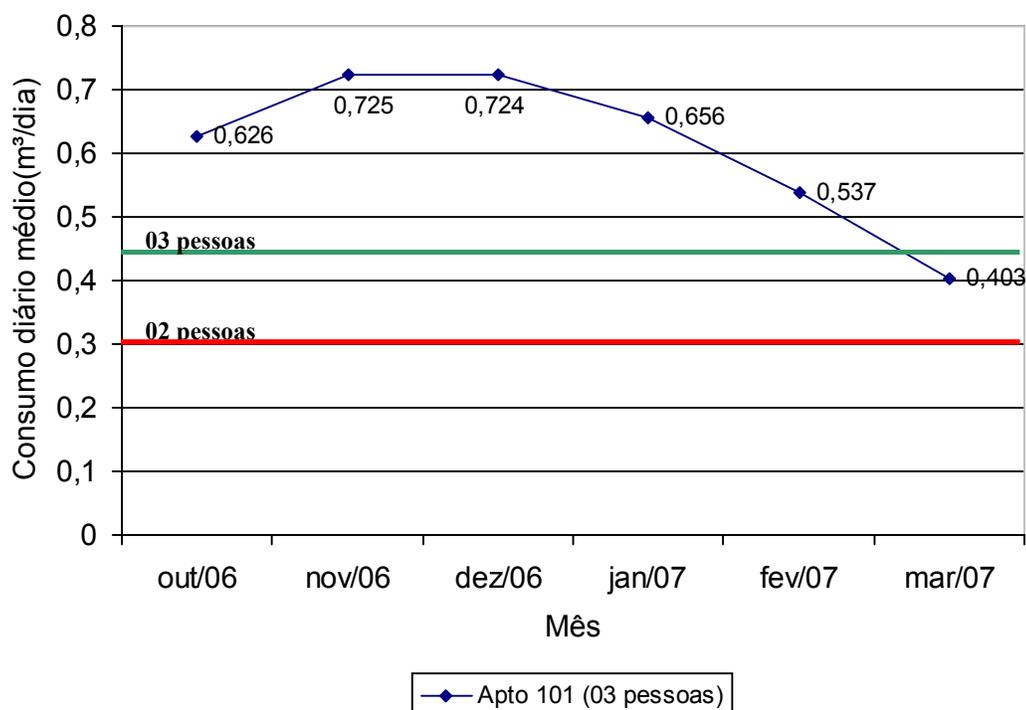


Figura 4.2.30 - Comportamento do Apartamento 101

Os diversos gráficos gerados pelo sistema de telemetria podem conter informações para orientar os usuários sobre o seu consumo útil de água em edifícios com medição individualizada. Tal sinalização pode ser feita utilizando-se retas (ou faixas) com cores diferentes que estabeleçam estes limites em função do número de pessoas, como mostra a Figura 4.2.30. O acompanhamento possibilita a conscientização para a conservação da água.

CAPÍTULO 5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES

5.1 CONCLUSÕES

5.1.1 Edifícios que Sofreram Reforma do Sistema de Medição Global para o Sistema de Medição Individualizada

A medição individualizada apresentou-se, nesta pesquisa, como uma ação tecnológica eficiente que contribuiu para a preservação da natureza, através da conservação da **água**.

Em todos os três estudos de casos, os edifícios reformados apresentaram uma redução de consumo de água, após a implantação do sistema de medição individualizada. Os percentuais alcançados foram 41,36% para o Edifício A, 8,80% para o Edifício B e 39,52% para o Edifício C.

O benefício obtido pela diferença do valor da conta de água, antes e depois da reforma, proporcionou aos apartamentos do Edifício A, no período de 15 meses, o retorno do investimento aplicado na obra. Bem próximo deste período, enquadrou-se o Edifício C, cujo tempo de retorno do investimento ocorreu em 16 meses. Para o Edifício B, o retorno do investimento aconteceu em 27 meses.

5.1.2 Acompanhamento da Medição por Telemetria

A medição individualizada por telemetria, implantada no Projeto Piloto, permitiu identificar o perfil de consumo dos apartamentos e, também, do próprio edifício.

Apenas o apartamento 101 apresentou, entre outubro de 2006 e janeiro de 2007, um consumo diário real elevado. Foi notado um crescimento de consumo, entre os meses de outubro a dezembro de 2006, tanto para os apartamentos 101, 102 e 202, quanto para o edifício (hidrômetro macro). Em janeiro de 2007, houve uma queda no consumo de água, registrada em todos os hidrômetros.

O consumo diário médio (**real**) por pessoa para o edifício, durante o período da pesquisa, foi igual a **189 litros/dia**.

As curvas do consumo mensal dos apartamentos oscilaram em função da variação do consumo diário, mas permaneceram definidas, durante todo o período da pesquisa. A curva

que retrata o consumo total do edifício (hidrômetro macro) sofreu influência marcante da curva do apartamento 101.

As curvas do consumo diário, estudadas para os apartamentos 101 e 202, apresentaram comportamentos diferentes com picos de consumo em horários distintos. A distribuição percentual do consumo estudada revelou que grande parte do consumo diário aconteceu no intervalo entre 6:00 h e 12:00h, em todas as situações verificadas.

A parcela do consumo referente ao rateio por metro quadrado de área comum apresentou valores crescentes entre os meses de outubro de 2006 a janeiro de 2007.

A curva de eficiência de utilização da água que representa os apartamentos (\sum Micros) manteve-se eficiente durante todo o acompanhamento da medição por telemetria.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Trabalhos acadêmicos importantes podem ser desenvolvidos na área de engenharia civil, visando à conservação da água. Algumas sugestões estão citadas, a seguir:

- Estudo do consumo diário em edifícios residenciais de diversos padrões de construção na RMR;
- Perdas nos sistemas de abastecimento de água;
- Perdas e desperdícios nas instalações hidráulicas prediais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA (ANA) - Ministério do Meio Ambiente. **Conservação e reúso da água em edificações**. São Paulo, 2005. 152 p.

ARO, C. R. **A modernização tecnológica: seu patamar nos sistemas prediais, hidráulicos e sanitários**. 158 p. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Carlos. São Carlos, 2004.

ARRUDA, J.J.A.; PILETTI, N. **Toda a história: história geral e história do Brasil**. 12. ed. São Paulo: Editora Ática, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626: instalação predial de água fria**. Rio de Janeiro, 1998.

CÁCERES, F. **História geral**. 4. ed. São Paulo: Editora Moderna, 1996.

CAVALCANTI COELHO, A. **Manual de economia de água: conservação de água**. Recife: Comunigraf Editora, 2001.

CAVALCANTI COELHO, A. **Medição de água individualizada: manual do condomínio**. Olinda: Luci Artes Gráficas, 2004.

CAVALCANTI COELHO, A. **Medição de água: política e prática**. Recife: Editora Comunicarte, 1996.

CAVALCANTI COELHO, A.; MAYNARD, J.C.B. **Medição individualizada de água em apartamentos**. Recife: Editora Comunicarte, 1999.

CREDER, H. **Instalações hidráulicas e sanitárias**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC Editora, 1995.

COMISSÃO EUROPÉIA. Directiva-quadro da água (QDA)
http://dqa.inag.pt/dqa2002/pdf/brochure_DQA.pdf. Acesso em 04/04/2007.

FREITAS, V. P. **Águas: aspectos jurídicos e ambientais**. 2. ed. Curitiba: Juruá Editora, 2002.

GHISI, E. **Instalações de água fria.** Apostila da disciplina Instalações I. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2004. 26 p.

GONÇALVES, O. M. et al. **Medidas de racionalização de água em grandes consumidores.** Programa Nacional de Controle do Desperdício de Água – PNCDA. Brasília, 1999. 35 p.

GRAZIANO, F.P. **Compatibilização de projetos.** Dissertação (Mestrado Profissional). Instituto de Pesquisas Tecnológicas. São Paulo, 2003.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
www.ibge.gov.br . Acesso em 03/03/2007.

ILHA, M. S. O.; GONÇALVES, O. M. **Sistemas prediais de água fria.** Texto Técnico - TT/PCC/08. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1994. 113 p.

INSTITUTO DA ÁGUA – Ministério do Ambiente Ordenado do Território de Portugal.
Programa Nacional para Uso Eficiente da Água – PNUEA. Lisboa, 2001. 212 p.

INSTITUTO DA ÁGUA – Ministério do Ambiente Ordenado do Território de Portugal.
Plano Nacional da Água – PNA.
http://www.inag.pt/inag2004/port/a_intervencao/planeamento/pna/pdf_pna_v1/v1_c2_t04.pdf
Acesso em 06/04/2007.

MESSIAS, A. S.; COSTA, M. R.(Org.). **Água: fonte de vida.** Recife: UNICAP, 2005.

NOVA ENCICLOPÉDI BARSÁ. São Paulo: Encyclopædia Britannica do Brasil Publicações, 1999. 18v.

OLIVEIRA, L. H.; GONÇALVES, O. M. **Metodologia para implantação de programa de uso racional de água em edifícios.** Boletim Técnico - BT/PCC/247. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999. 18 p.

PROCENGE. <http://www.smartok.com.br>. Acesso durante todo o período da pesquisa.

PARLAMENTO EUROPEU. Directiva 2000/60/CE, de 23 de outubro de 2000. **Estabelece um quadro de ação comunitária no domínio da política da água.**

REBOUÇAS, A. **Uso inteligente da água**. São Paulo: Escrituras Editora, 2004.

RECIFE . Lei 16.292, de 01 de fevereiro de 1997. **Edificações e instalações na cidade do Recife**.

SAPPEL DO BRASI. www.sappel.com. Acesso em 04/03/2007.

SHUBO, T. **Sustentabilidade do abastecimento e da qualidade da água potável urbana**. 126 p. Dissertação (Mestrado). Escola Nacional de Saúde Pública da Fundação Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro, 2003.

SIQUEIRA CAMPOS, M. A. **Aproveitamento de água pluvial em edifícios residenciais multifamiliares na cidade de São Carlos**. 145 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2004.

SOARES, J. B.; MAIA, A. C. F. **Água: microbiologia e tratamento**. Fortaleza: UFC Edições, 1999.

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
www.pmss.gov.br/snis

TAMAKI, H.O. **A Medição setorizada como instrumento de gestão da demanda de água em sistemas prediais – estudo de caso: programa de uso racional da água da universidade de São Paulo**. 173 p. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.

TOLEDO, G. L.; OVALLE, I. I. **Estatística básica**. 2. ed. São Paulo: Editora Atlas, 1995.

WHO-UNICEF World Health Organization - United Nation Children's Fund.
Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation.
www.wssinfo.org. Acesso em 09/03/2007.

YAMATA, E. S. **Os Impactos da medição individualizada do consumo de água em edifícios residenciais multifamiliares**. 125 p. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2001.