

LÚCIA HELENA DE OLIVEIRA

**METODOLOGIA PARA A IMPLANTAÇÃO DE PROGRAMA
DE USO RACIONAL DA ÁGUA EM EDIFÍCIOS**

**Tese apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de
São Paulo para a obtenção do
título de Doutor em Engenharia**

**São Paulo
1999**

LÚCIA HELENA DE OLIVEIRA

**METODOLOGIA PARA A IMPLANTAÇÃO DE PROGRAMA
DE USO RACIONAL DA ÁGUA EM EDIFÍCIOS**

**Tese apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de
São Paulo para a obtenção do
título de Doutor em Engenharia**

**Área de Concentração:
Engenharia de Construção Civil**

**Orientador:
Orestes Marraccini Gonçalves**

Aos meus pais,

Oliveiro e Ivanil

e aos meus irmãos,

Vânia, Carlos e Clóvis.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos sinceramente a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho e, em especial:

ao Prof. Orestes M. Gonçalves e à sua esposa Inalda Inês L. P. Gonçalves pelo apoio, amizade e estímulo e, sobretudo pela orientação segura e dedicada do Prof. Orestes;

à Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – Sabesp, por contribuir na aplicação da metodologia no InCor e na E.E.P.S.G. Fernão Dias Paes;

às empresas DECA, DOCOL e FABRIMAR, pela cooperação técnica, principalmente, durante a instalação dos componentes economizadores de água;

ao Instituto do Coração do Complexo do Hospital das Clínicas de São Paulo - InCor e à Escola Estadual de Primeiro e Segundo Grau Fernão Dias Paes, por possibilitarem e apoiarem a aplicação da metodologia em seus sistemas;

ao Prof. José Alberto Quintanilha, do Departamento de Transportes da EPUSP, pelos esclarecimentos realizados na análise estatística dos resultados;

ao Laboratório de Sistemas Prediais EPUSP, por ter propiciado a realização deste trabalho e aos estagiários Alessandra, Luciana e Edson pelo suporte na coleta de dados;

à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, pelo financiamento da pesquisa sobre detecção de vazamentos em sistemas prediais;

à Universidade Federal de Goiás – UFG e à Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelo apoio financeiro.

SUMÁRIO

Item	Página
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 COLOCAÇÃO GERAL DO PROBLEMA.....	9
3 OBJETIVOS.....	15
4 AÇÕES QUE CONTRIBUEM PARA A REDUÇÃO DE CONSUMO DE ÁGUA EM EDIFÍCIOS.....	17
4.1 Combate ao desperdício de água em sistemas hidráulicos.....	20
4.1.1 Desperdício, perda e vazamento.....	21
4.1.2 Os vazamentos em sistemas hidráulicos prediais.....	28
4.1.3 Fatores que influenciam a ocorrência e a detecção de vazamentos.....	33
4.1.3.1 Pressão hidráulica.....	33
4.1.3.2 Condições da tubulação.....	34
4.1.3.3 Materiais, componentes e execução.....	35
4.1.3.4 Manutenção do sistema.....	35
4.1.3.5 Idade do sistema.....	36
4.1.3.6 Tipo de solo.....	36
4.1.4 A influência dos sons de vazamentos de água no processo de detecção.....	36
4.1.4.1 Fatores que interferem na transmissão de som.....	37
4.1.5 Redução de perdas de água através do controle da pressão.....	39
4.2 Implantação e substituição de sistemas e componentes economizadores de água.....	42
4.2.1 Sistemas prediais de coleta de esgoto sanitário com a utilização de bacias sanitárias com volume de descarga inferior a 6 litros.....	42
4.2.1.1 Sistema predial de coleta de esgoto sanitário a vácuo.....	43
4.2.1.2 Sistema Gustavsberg.....	45
4.2.2 Bacias sanitárias com volume de descarga reduzido.....	48
4.2.2.1 Verificação de desempenho de bacias sanitárias com volume de descarga de 6 litros no aeroporto de Denver, Colorado, EUA.....	50

4.2.2.2 Verificação de desempenho de bacias sanitárias com volume de descarga reduzido em Phoenix, Arizona - EUA.....	52
4.2.2.3 Verificação de desempenho de bacias sanitárias VDR – pesquisa pública.....	54
4.2.2.4 Bacias sanitárias com volume de descarga reduzido e a possibilidade de reduzir diâmetros de ramais e coletores.....	56
4.2.2.5 Bacias sanitárias com volume de descarga reduzido no Reino Unido.....	58
4.2.2.6 Projeto, instalação e manutenção de bacias sanitárias com volume de descarga reduzido.....	59
4.2.3 Componentes eletrônicos economizadores de água.....	60
4.2.4 Mictórios.....	61
4.2.4.1 Mictório sem consumo de água.....	61
4.2.4.2 Mictório com descargas convencional e eletrônica.....	63
4.2.5 Torneiras hidromecânicas.....	64
4.2.6 Chuveiros com restritor de vazão.....	65
4.2.7 Impacto de redução de consumo de água de componentes economizadores em edifícios unifamiliares.....	67
4.3 Implantação de sistema de medição setorizada do consumo de água.....	68
4.4 Programas de economia de água.....	70
4.4.1 Madison, Wisconsin - EUA	70
4.4.2 Programa de substituição de bacias sanitárias na cidade de Nova York.....	72
4.4.3 Programa de substituição de bacias sanitárias em Waterloo - Canadá.....	74
4.4.4 Programa de economia de água em Harris County, Texas - EUA.....	76
4.4.5 Diretrizes para programas municipais de economia de água a longo prazo - EUA.....	76
4.5 Estudos de caso.....	77
4.5.1 Estudos de caso em edifícios multifamiliares e em escola – Tampa, Flórida EUA.....	77
4.5.2 Estudo de caso em edifícios unifamiliares - Tampa, Flórida - EUA.....	79
4.5.3 Estudo de caso em edifícios unifamiliares - Oakland, Califórnia - EUA.....	82
4.5.4 Estudo de caso em hospital – Dorchester, Massachusetts - EUA.....	85
4.5.5 Estudo de caso em hospitais – Boston, Massachusetts - EUA.....	86
4.5.6 Estudo de caso em cozinhas industriais de restaurantes e bares – São Paulo	86
4.6 Perspectivas de uso racional da água em edifícios.....	89

5 METODOLOGIA PARA A IMPLANTAÇÃO DE PROGRAMA DE USO RACIONAL D ÁGUA EM EDIFÍCIOS.....	92
5.1 Auditoria do consumo de água.....	95
5.1.1 Histórico do indicador de consumo de água.....	96
5.1.1.1 Histórico do consumo de água.....	97
5.1.1.2 Histórico do número de agentes consumidores.....	98
5.1.1.3 Cálculo do indicador de consumo de água.....	99
5.1.2 Diagnóstico preliminar do consumo de água.....	101
5.1.3 Levantamento do edifício.....	107
5.1.3.1 Sistema hidráulico predial.....	108
5.1.3.2 Detecção de vazamento.....	118
5.1.3.3 Sistemas hidráulicos especiais.....	136
5.1.3.4 Procedimentos dos usuários.....	142
5.2 Diagnóstico do consumo de água no edifício.....	144
5.2.1 Consumo diário de água no período histórico.....	146
5.2.2 Número de agentes consumidores.....	146
5.2.3 Valor do indicador de consumo de água no período histórico.....	146
5.2.4 Desperdício diário estimado – DDe.....	146
5.2.5 Índice de desperdício estimado – IDe.....	147
5.2.6 Perda por vazamento visível.....	148
5.2.7 Perda por vazamento não-visível.....	149
5.2.8 Perda diária total levantada no sistema – PDt.....	150
5.2.9 Consumo diário de água em sistemas hidráulicos especiais.....	150
5.2.10 Procedimentos dos usuários.....	150
5.2.11 Divulgação dos resultado.....	151
5.3 Plano de intervenção.....	151
5.3.1 Campanha de conscientização.....	156
5.3.2 Correção de vazamentos.....	157
5.3.3 Substituição de sistemas e de componentes convencionais por economizadores de água.....	158
5.3.3.1 Avaliação econômica – <i>payback</i> atualizado.....	159
5.3.3.2 Diretrizes para especificações técnicas de componentes economizadores de água.....	162

5.3.4 Redução de perdas e reaproveitamento de água em sistemas hidráulicos especiais.....	171
5.3.4.1 Sistema de ar condicionado.....	172
5.3.4.2 Sistema de ar comprimido medicinal.....	173
5.3.4.3 Sistema de vapor com caldeira.....	174
5.3.4.4 Sistema de hemodiálise por osmose reversa.....	174
5.3.5 Campanha educativa.....	175
5.4 Avaliação do impacto de redução do consumo de água.....	176
5.4.1 Cálculo do impacto de redução do consumo de água.....	177
6 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA.....	178
6.1 Caso 1: PURA InCor.....	178
6.1.1 Auditoria do consumo de água.....	179
6.1.1.1 Histórico do consumo de água.....	179
6.1.1.2 Histórico do número de agentes consumidores.....	181
6.1.1.3 Cálculo do indicador de consumo de água.....	184
6.1.1.4 Diagnóstico preliminar.....	186
6.1.1.5 Levantamento do edifício.....	189
6.1.2 Diagnóstico.....	207
6.1.3 Plano de intervenção.....	211
6.1.3.1 Correção de vazamentos.....	213
6.1.3.2 Implantação de sistema de medição setorizada do consumo de água.....	220
6.1.3.3 Substituição de componentes convencionais por economizadores.....	230
6.1.3.4 Avaliação do impacto de redução do consumo de água após a substituição dos componentes convencionais por economizadores.....	250
6.1.4 Avaliação geral do PURA InCor.....	257
6.1.4.1 Avaliação econômica do PURA InCor.....	262
6.2 Caso 2: PURA EE.....	264
6.2.1 Auditoria do consumo de água.....	264
6.2.1.1 Histórico do consumo de água.....	264
6.2.1.2 Histórico do número de agentes consumidores.....	266
6.2.1.3 Histórico do indicador de consumo de água.....	267
6.2.1.4 Diagnóstico preliminar.....	269
6.2.1.5 Levantamento do edifício.....	272

6.2.2 Diagnóstico.....	288
6.2.3 Plano de intervenção.....	292
6.2.3.1 Correção de vazamentos.....	293
6.2.3.2 Substituição de componentes convencionais por economizadores.....	301
6.2.4 Avaliação geral do PURA EE.....	306
 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	 309
7.1 Conclusões.....	309
7.2 Propostas de pesquisas que avancem o conhecimento do uso racional da água em edifícios.....	311
 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	 313
 ANEXO I – Tesauro.....	 320
ANEXO II – Ensaio de vazamento em tubos de PVC em painéis de alvenaria de blocos cerâmico e de concreto.....	325
ANEXO III – Planilha para levantamento do sistema hidráulico predial.....	331
ANEXO IV – Procedimentos para a realização de testes utilizados na detecção de vazamentos.....	333
ANEXO V – Planta de locação da E.E.P.S.G.Fernão Dias Paes.....	343

LISTA DE FIGURAS

Figura nº	Título	Página
4.1	Perda de água por extravasamento em uma bacia de torre de resfriamento de sistema de ar condicionado.....	23
4.2	Sistema indireto de água fria com reservatórios inferior e superior..	29
4.3	O efeito da pressão hidráulica nas perdas de água. NATIONAL WATER COUNCIL (1980), modificado.....	40
4.4	Sistema predial de coleta de esgoto sanitário a vácuo. ENVIROVAC, (s.d.).....	43
4.5	Sistema Gustavsberg – esquema geral. SPHINX GUSTAVSBERG (s.d.).....	46
4.6	Sifão coletor do sistema Gustavsberg. SPHINX GUSTAVSBERG (s.d.).....	46
4.7	Sifão de mictório sem água – <i>Waterless</i> . WATERLESS CO. (1998).....	62
5.1	Estrutura da metodologia para a implantação de PURA em edifícios.....	93
5.2	Fluxograma para a realização do diagnóstico preliminar do consumo de água em um edifício.....	106
5.3	Fluxograma para levantamento de sistema hidráulico predial.....	109
5.4	Monitoração da pressão hidráulica no alimentador predial de um edifício residencial unifamiliar.....	112
5.5	Curvas de pressão hidráulica obtidas da monitoração do alimentador predial de um edifício residencial unifamiliar.....	112
5.6	Fluxograma para a detecção de vazamentos em sistemas hidráulicos prediais.....	120
5.7	Vazamento conduzido pela haste em registros de gaveta ou de pressão.....	122
5.8	Detecção de vazamento com haste de escuta.....	129
5.9	Detecção de vazamento em parede através de geofonia eletrônica.	130
5.10	Detecção de vazamento em piso por geofonia eletrônica.....	131
5.11	Detecção de vazamento por correlação de ruídos.....	132
5.12	Determinação do ponto de vazamento em um trecho de tubulação. FUJI TECOM (s.d.).....	134
5.13	Fluxograma para o diagnóstico do consumo de água no edifício....	145
6.1	Consumo médio diário de água no InCor no período histórico de janeiro/96 a janeiro/97.....	180

6.2	Consumo diário de água por leito no InCor no período histórico de janeiro/96 a janeiro/97.....	186
6.3	Principais componentes de utilização do InCor com vazamento de água.....	194
6.4	<i>Data logger</i> instalado em um dos ramais do subsolo do InCor.....	199
6.5	Pressão hidráulica típica do 4º andar.....	200
6.6	Pressão hidráulica típica do 2º andar.....	200
6.7	Pressão hidráulica típica do Térreo.....	201
6.8	Pressão hidráulica típica do AB – nível dos ambulatorios.....	202
6.9	Pressão hidráulica do subsolo.....	203
6.10	Consumo médio diário de água no InCor no período de janeiro/96 a março/98.....	215
6.11	Consumo médio diário de água por leito no InCor no período de janeiro/96 a março/98.....	216
6.12	Avaliação do impacto de redução do consumo de água no InCor após a correção de vazamentos.....	216
6.13	Esquema do sistema eletrônico de medição setorizada do consumo de água implantado no InCor.....	224
6.14	Instalação dos hidrômetros nos ramais de distribuição (1) e de retorno (2) de água quente da cozinha.....	222
6.15	Instalação dos hidrômetros nos ramais de água fria (1) e de água quente (2) dos apartamento do 5º andar.....	226
6.16	Consumo de água por setor no InCor no período de junho/98 a dezembro/98.....	228
6.17	Curva de vazão x tempo do sub-ramal de água fria de uma das torres de resfriamento do sistema de ar condicionado.....	229
6.18	Consumo médio diário de água por leito antes e após a instalação dos chuveiros com restritores de vazão.....	234
6.19	Consumo médio diário de água por leito antes e após três meses da instalação dos chuveiros com restritores de vazão.....	236
6.20	Consumo diário de água quente por leito antes e após a instalação dos chuveiros com restritores de vazão.....	237
6.21	Consumo diário de água do sistema de ar condicionado e temperatura de bulbo úmido do ar no mês de dezembro/98.....	249
6.22	Consumo diário de água do sistema de ar condicionado em função da temperatura de bulbo úmido do ar no período de jun./98 a dez./98.....	249
6.23	Consumo médio diário de água no InCor nos anos de 1996, 1997 e 1998.....	252

6.24	Consumo médio diário de água por leito no InCor nos anos de 1996, 1997 e 1998.....	253
6.25	Avaliação do impacto de redução do consumo de água no InCor, após a substituição de componentes convencionais por economizadores.....	254
6.26	Consumo diário de água por leito funcionante do InCor no período de janeiro/96 a dezembro/98.....	258
6.27	Consumo diário de água por pessoa (população fixa) do InCor de no período de janeiro/96 a dezembro/98.....	258
6.28	Consumo diário de água por pessoa considerando-se a população total no InCor no período de janeiro/96 a dezembro/98.....	258
6.29	Consumo mensal de água no InCor no período de 1996 a 1998.....	259
6.30	Consumo diário de água no InCor no período de 1996 a 1998.....	259
6.31	Consumo diário de água por leito no InCor no período de 1996 a 1998.....	259
6.32	Consumo diário de água por pessoa (população fixa) no InCor no período de 1996 a 1998.....	259
6.33	Consumo diário de água por pessoa (população total) InCor no período de 1996 a 1998.....	260
6.34	Leitos funcionantes do InCor no período de 1996 a 1998.....	260
6.35	Funcionários do InCor no período de 1996 a 1998.....	260
6.36	Cirurgias mensais realizadas no InCor no período de 1996 a 1998.....	261
6.37	Consultas mensais realizadas no InCor no período de 1996 a 1998.....	261
6.38	Procedimentos realizados no InCor no período de 1996 a 1998.....	261
6.39	Refeições mensais preparadas no InCor no período de 1996 a 1998.....	261
6.40	População fixa mensal do InCor no período de 1996 a 1998.....	261
6.41	População flutuante mensal no InCor no período de 1996 a 1998..	261
6.42	População total mensal no InCor no período de 1996 a 1998.....	262
6.43	Consumo médio diário de água da E.E.P.S.G. Fernão Dias Paes no período histórico de agosto/96 a outubro/97	265
6.44	Consumo diário de água por aluno da E.E.P.S.G. Fernão Dias Paes no período histórico de agosto/96 a outubro/97.....	269
6.45	Curva de pressão do sistema hidráulico externo relativo ao hidrômetro H1.....	275
6.46	Curva de pressão do sistema hidráulico externo relativo ao hidrômetro H2.....	276

6.47	Instalação do pré-amplificador azul e sensor sobre o trecho de tubo de PVC soldável	282
6.48	Instalação do pré-amplificador vermelho e sensor sobre o registro de gaveta do trecho pesquisado de tubo de PVC soldável.....	283
6.49	Correlacionador de ruídos utilizado na detecção de vazamentos....	283
6.50	Curva de correlação com indicação de vazamento no trecho pesquisado do sistema de irrigação.....	284
6.51	Principais componentes de utilização com vazamento na E.E.P.S.G. Fernão Dias Paes.....	286
6.52	Variação da vazão média diária no hidrômetro H1 da E.E.P.S.G. Fernão Dias Paes nos meses de outubro/97 e novembro/97.....	294
6.53	Variação da vazão média diária no hidrômetro H2 da E.E.P.S.G. Fernão Dias Paes no mês de novembro/97.....	295
6.54	Consumo médio diário de água na E.E.P.S.G. Fernão Dias Paes no período histórico de agosto/96 a março/98.....	297
6.55	Consumo diário de água por aluno na E.E.P.S.G. Fernão Dias Paes no período histórico de agosto/96 a março/98.....	298
6.56	Consumo médio diário de água da E.E.P.S.G. Fernão Dias Paes no período histórico de agosto/96 a outubro/98.....	302
6.57	Consumo diário de água por aluno na E.E.P.S.G. Fernão Dias Paes no período de agosto/96 a outubro/98.....	303
6.58	Consumo diário de água por aluno na E.E.P.S.G. Fernão Dias Paes.....	307
II.1	Equipamentos utilizados para o ensaio de vazamento.....	327
II.2	Painel hidráulico com vazamento.....	328
II.3	Painéis hidráulicos preparados para o ensaio de vazamento.....	328
II.4	Realização do ensaio de vazamento no painel de bloco cerâmico, com a utilização de geofone eletrônico.....	329
II.5	Curvas teórica e prática de pressão x vazão do vazamento em tubo de PVC instalado em alvenaria de bloco cerâmico.....	330
II.6	Curvas teórica e prática de pressão x vazão do vazamento em tubo de PVC instalado em alvenaria de bloco de concreto.....	330
IV.1	Componentes da caixa de descarga.....	338
IV.2	Entradas de água na bacia sanitária.....	339
IV.3	Deteção de vazamento em bacia sanitária com caixa acoplada....	340
IV.4	Pico de correlação de ruídos indicando vazamento.....	341

LISTA DE TABELAS

Tabela nº	Título	Página
4.1	Reclamações mais frequentes entre os tipos de bacias sanitárias VDR. SMITH (1997).....	55
4.2	Consumo típico de uma residência unifamiliar antes e após as ações de redução do consumo de água. WATERWISER (1998)..	68
5.1	Quadro resumo de informações a serem apresentadas após o levantamento do sistema hidráulico predial.....	117
5.2	Valores médios de perda diária de água em função de vazamentos em torneiras.....	122
5.3	Fluxos atualizados e <i>payback</i> de intervenção em um sistema.....	161
6.1	Consumo mensal de água e consumo médio diário no período histórico de janeiro/96 a janeiro/97 no InCor.....	180
6.2	População do InCor no período histórico de janeiro/96 a janeiro/97.....	183
6.3	Leitos funcionantes do InCor no período histórico de janeiro/96 a janeiro/97.....	184
6.4	Consumo diário de água por leito funcionante no InCor período histórico de janeiro/96 a janeiro/97.....	185
6.5	Consumo mensal – Cme e consumo diário por leito – ICe, estimados de água no período histórico de janeiro/96 a janeiro/97.	187
6.6	Desperdício diário estimado de água e índice de desperdício estimado verificados no período histórico de janeiro/96 a janeiro/97.....	188
6.7	Refeições preparadas mensalmente no InCor no período histórico de janeiro/96 a janeiro/97.....	197
6.8	Estimativa de consumo diário de água dos sistemas hidráulicos especiais no período histórico de janeiro/96 a janeiro/97.....	206
6.9	Consumo mensal de água e consumo médio diário no período de janeiro/96 a março/98 no InCor.....	214
6.10	Número de leitos funcionantes e consumo médio diário por leito no período de janeiro/96 a março/98 no InCor.....	215
6.11	<i>Payback</i> atualizado da correção de vazamentos no sistema hidráulico interno do InCor.....	219
6.12	Consumo médio mensal de água dos setores monitorados no InCor no período de junho a dezembro/98.....	227
6.13	Avaliação do impacto de redução do consumo de água na cozinha do InCor após as ações do PURA InCor.....	240

6.14	Consumo mensal de água e consumo médio diário, no período de janeiro/96 a dezembro/98 no InCor.....	251
6.15	Número de leitos funcionantes e consumo médio diário de água por leito, no período de janeiro/96 a dezembro/98 no InCor.....	252
6.16	<i>Payback</i> atualizado da substituição de componentes economizadores no InCor.....	257
6.17	<i>Payback</i> atualizado da implantação do PURA InCor.....	263
6.18	Consumo mensal e consumo médio diário de água da E.E.P.S.G. Fernão Dias Paes no período histórico de agosto/96 a outubro/97..	265
6.19	População fixa da E.E.P.S.G. Fernão Dias Paes relativa aos anos de 1996 e 1997.....	266
6.20	Consumo diário de água por aluno na E.E.P.S.G. Fernão Dias Paes no período histórico de agosto/96 a outubro/97.....	268
6.21	Resultados do primeiro teste de vazamento no hidrômetro H2 da E.E.P.S.G. Fernão Dias Paes.....	280
6.22	Resultados do segundo teste de vazamento no hidrômetro H2 da E.E.P.S.G. Fernão Dias Paes.....	281
6.23	Consumo mensal e consumo médio diário de água na E.E.P.S.G. Fernão Dias Paes no período histórico de agosto/96 a março/98....	296
6.24	Consumo diário de água por aluno na E.E.P.S.G. Fernão Dias Paes no período histórico de agosto/96 a março/98.....	298
6.25	Consumo mensal e consumo médio diário de água na E.E.P.S.G. Fernão Dias Paes no período histórico de agosto/96 a outubro/98..	302
6.26	Consumo diário de água por aluno na E.E.P.S.G. Fernão Dias Paes no período histórico de agosto/96 a outubro/97.....	303
6.27	<i>Payback</i> atualizado da substituição de componentes convencionais por economizadores na E.E.P.S.G. Fernão Dias Paes.....	306
6.28	<i>Payback</i> atualizado da implantação do PURA EE.....	308

NOMENCLATURA

AC	- área construída, m ²
AF	- fluxo de benefício atualizado
Af _t	- fluxo atualizado no período t
Arej	- arejador
B	- fluxo de benefício
BH	- número de banheiros
Bb	- bebedouro
BS	- número de bacias sanitárias
BSnv	- bacia sanitária com vazamento não-visível
C ₁	- valor médio da conta de água antes da intervenção
C ₂	- valor esperado da conta de água após a intervenção
CD	- bacia sanitária com caixa de descarga acoplada ou elevada
Ch	- chuveiro elétrico
CMd	- consumo médio diário
Cm	- consumo mensal de água, m ³
Cme	- consumo mensal de água estimado, m ³
D	- distância entre dois sensores, m
Dm	- número de dias do mês relativo ao consumo de água
DDe	- desperdício diário estimado
Du	- ducha
e	- amplitude do intervalo de confiança
F	- filtro

IC	- indicador de consumo
ICAP	- indicador de consumo antes do PURA
ICDP	- indicador de consumo depois do PURA
ICe	- indicador de consumo estimado
ICF	- indicador de consumo final
Ich	- indicador de consumo do período histórico
Ich1	- indicador de consumo do período histórico do grupo 1, no caso de grupo heterogêneo
Ich2	- indicador de consumo do período histórico do grupo 2, no caso de grupo heterogêneo
ICe	- indicador de consumo estimado
IDe	- índice de desperdício estimado
IP	- índice de perda
IPnv	- índice de perda por vazamento não-visível
IPv	- índice de perda por vazamento visível
IR	- impacto de redução de consumo de água por agente consumidor
IV	- índice de vazamento
IVv	- índice de vazamento visível
IVnv	- índice de vazamento não-visível
K	- coeficiente de descarga
L	- distância do vazamento ao sensor mais próximo, m
Lv	- torneira de lavatório
LvAF	- torneira de lavatório (água fria)
McC	- mictório coletivo
McI	- mictório individual
n	- tamanho da amostra

N	- tamanho da população
NA	- número de alunos do mês relativo ao consumo de água
ND	- número de dormitórios
NF	- número de funcionários
NL	- número de leitos
NV	- número de vagas
P	- pressão hidráulica
PDnv	- perda diária total por vazamento não-visível
PDp	- perda diária provável
PDt	- perda diária total levantada no sistema
PDvv	- perda diária total devido a vazamento visível
Pp	- perdas práticas
Pt	- perdas teóricas
Pnv	- perda diária por vazamento não-visível
Pu	- ponto de utilização do sistema
PuV	- ponto de utilização do sistema com vazamento
PuVv	- ponto de utilização com vazamento
PuVv	- ponto de utilização com vazamento visível
Pvv	- perda diária por vazamento visível
Q	- vazão
R	- distância percorrida pelo ruído do vazamento durante o tempo de retardo, ou seja, após atingir o sensor 2, m
r	- taxa de desconto
s	- desvio padrão da amostra
t	- período em análise

$t_{n/\alpha}$	- variável da distribuição de student
Td	- tempo de retardo, ms
TE	- torneira especial
TL	- torneira de limpeza
TP	- torneira de pia
TPAF	- torneira de pia (água fria)
Tq	- torneira de tanque
V	- velocidade do som para o tipo de material e diâmetro do tubo, m/ms
Vaz	- vazamento
VD	- bacia sanitária com válvula de descarga
Vm	- volume de água medido ou consumido em um período
Vp	- volume de água perdido por vazamento em um período
VT	- valor total do investimento

RESUMO

Ações que influenciam a redução do consumo de água em edifícios têm sido implementadas, de forma generalizada, principalmente nos grandes centros urbanos, onde a escassez de água é uma realidade, quer seja por causas naturais, pelo aumento da demanda provocado pelo crescimento populacional ou por ambas as causas.

Com o objetivo de sistematizar um Programa de Uso Racional da Água – PURA, para ser implantado em edifícios, foi desenvolvida uma metodologia cuja premissa básica é o conhecimento das características físicas e funcionais do sistema para o planejamento de ações mais eficientes de redução do consumo de água a serem implementadas e avaliadas.

Assim, a metodologia foi estruturada em quatro etapas principais: auditoria do consumo de água, diagnóstico, plano de intervenção e avaliação do impacto de redução e, ainda com a recomendação de controle permanente do consumo de água como condição de estabilizar as reduções alcançadas. Ressalta-se que o plano de intervenção enfatiza as ações tecnológicas e, dentre elas, a detecção e correção de vazamentos e a substituição de sistemas e componentes convencionais por economizadores de água.

Finalmente, a metodologia foi aplicada a duas tipologias de edifício – um hospital e uma escola. Os resultados obtidos foram bastante satisfatórios e mostraram que os níveis de consumo de água atuais podem ser diminuídos mantendo o desempenho do sistema e o grau de satisfação dos usuários, reduzindo os valores das contas de água e, além disso, contribuindo para a conservação dos recursos hídricos.

ABSTRACT

Actions that influence the reduction of water consumption within buildings have been implemented, a general way, mainly in big urban centers, where the scarcity of water is a reality due to nature reasons, increasing of water demand or both causes.

With the objective to organize a Water Conservation Program to be implanted in buildings, a methodology was developed. Its basic premise is the knowledge of physical and functional characteristics of the system in order to plan more efficient actions towards the water consumption reduction that will be implemented and evaluated.

Thus, the methodology was structured in four stages: water consumption audit, diagnosis, interventioning plan and impact reduction evaluation and with the recommendation of the necessity to control the water consumption as a condition to conserve the reductions gotten. It is important to stress the technological actions, such as leak detection and correction and the replacement of conventional components for saver ones.

Finally, the methodology was applied in two typologies of building – first one in a hospital and second one in a school. The results were really satisfactory. They show that the present water consumption levels can be decreased maintaining the system performance and the satisfaction of the users, the reducing of the water bills and moreover contributing to the fresh water resources conservation.

1 INTRODUÇÃO

A água é condição determinante para a existência da vida e essencial para o desenvolvimento socioeconômico e para a garantia do equilíbrio ecológico e ambiental das nações. Diferente dos outros minerais, a água é um recurso renovável, dada a existência do ciclo hidrológico. No entanto, tem-se escasseado, principalmente nas grandes metrópoles, em função da crescente demanda solicitada pelo aumento populacional, da intensificação de indústrias e, sobretudo, pelo mau gerenciamento do uso nas atividades dos usuários.

O mau uso da água implica maior consumo tendo como consequência, maior carga poluidora para os recursos hídricos que, por essa razão, necessitam maior tempo para sua renovação. Conforme GLEICK (1993), todos os tipos de água são renováveis, mas a taxas bastante diferentes. A água dos rios é completamente renovada, em média, a cada 16 dias e a água da atmosfera a cada 8 dias. No entanto, o período de renovação das geleiras, águas profundas, águas dos oceanos e dos maiores lagos leva centenas ou milhares de anos. Assim, quando as fontes renovadas lentamente são utilizadas pelo homem de forma acelerada, elas efetivamente tornam-se fontes não renováveis com subsequentes rupturas do ciclo natural.

Pelo fato de o ciclo hidrológico ser fechado e renovável, aparentemente é uma questão sem problema tanto que, segundo GLEICK (1993), as teorias econômicas tradicionais como a Malthusiana, Keynesiana ou qualquer outra abordaram a questão da escassez de água como improvável. Observa-se, no entanto, que nas últimas décadas tem-se

verificado uma maior compreensão da complexidade dessa questão que, até então, era considerada de forma simplista. A importância do ciclo hidrológico deve-se à troca de água entre oceanos e terra não ser somente uma renovação quantitativa, mas uma restauração qualitativa.

A conscientização mundial da escassez dos recursos hídricos reuniu, em 1998, na sede da UNESCO, em Paris, mais de 600 participantes representando 84 países para uma Conferência Internacional sobre a água. “Um relatório das Nações Unidas revela que dois terços da humanidade estão condenados a passar sede antes de 2025 se não forem adotadas medidas urgentes de melhoria da proteção e administração dos recursos de água doce nas zonas rurais e urbanas.” JUNIOR (1998).

A escassez de água decorre principalmente de dois fatores: causas naturais, como por exemplo, as secas regionais prolongadas e devida a processos de poluição desencadeados a partir de lançamento de efluentes urbanos e industriais nas águas de superfície, intensificação de consumos individuais, desperdícios nos sistemas públicos e prediais em função de vazamentos e procedimentos inadequados relacionados ao uso da água. Segundo SILVA (1996), a escassez de água resultante de processos cumulativos de uso predatório apresentam uma perspectiva sombria, uma vez que os efeitos do uso mal gerenciado e da degradação evoluem exponencialmente, considerando-se a grande disponibilidade original.

O gerenciamento da utilização da água com o objetivo de preservar os recursos ambientais, principalmente, os recursos hídricos, deve ser realizado nos três níveis sistêmicos:

- **nível macro** – sistemas hidrográficos;
- **nível meso** – sistemas públicos urbanos de abastecimento de água e de coleta de esgoto sanitário;
- **nível micro** – sistemas prediais.

Considerando-se a importância da preservação dos sistemas hidrográficos para a garantia da quantidade e da qualidade da água são necessárias ações nos três níveis para a obtenção de resultados profícuos de economia de água. Assim, está sendo implantado o Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água – PNCDA, conforme estrutura apresentada por SILVA et al. (1998).

O campo de ação do PNCDA é nos níveis meso e micro, considerando-se as prioridades específicas relativas ao abastecimento público de água nas cidades brasileiras. Contudo, mantendo a visão sistêmica de que para a preservação da água no âmbito urbano é indispensável o inter-relacionamento nos três níveis de ação, o PNCDA com ações de economia de água nos sistemas urbanos e prediais é articulado com os programas de conservação de água no nível macro.

Como exemplo de atuação no nível meso, cita-se a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – Sabesp, a qual com o objetivo de diminuir as demandas horárias de distribuição de água e de coleta de esgoto sanitário, por considerar esta alternativa mais viável do que investir na ampliação de redes e de estações de tratamento, implantou o Programa de Economia de Água de Consumo Doméstico, denominado Programa de Uso Racional da Água – PURA, na região metropolitana de São Paulo.

Entende-se por uso racional da água a otimização de seu uso considerando-se duas ações operacionais no sistema:

- **atuação** – ação que influencia a redução do consumo de água como, por exemplo, a instalação de componentes economizadores de água;
- **controle** – ação que auxilia a estabilização do consumo de água nos níveis mínimos alcançados como, por exemplo, a monitoração sistemática do consumo de água no sistema.

A metodologia proposta neste trabalho é aplicável no âmbito do nível micro e por ele mesmo, ou seja, o PURA é implantado pelo proprietário ou administrador do edifício. Dessa forma, se um grupo hoteleiro – nível micro – desejar implantar o PURA em todas as suas unidades, esta metodologia é adequada. No entanto, se uma companhia de saneamento básico – nível meso – necessitar de um PURA para a substituição de bacias sanitárias convencionais por bacias sanitárias com volume de descarga de 6 litros, em todos os edifícios residenciais de sua abrangência, esta não seria a metodologia utilizada por se mostrar inadequada.

No nível micro, dos sistemas prediais, são freqüentes os desperdícios de água provenientes de vazamentos em tubulações, reservatórios e componentes de utilização, concepções de projeto inadequadas e, também, devidos à negligência de usuários. Esses fatores tendem a elevar os volumes de água utilizada e desperdiçada no sistema. O conceito de consumo aborda a quantidade de água utilizada para atender às necessidades dos usuários incluindo os desperdícios verificados no sistema, conforme apresenta a equação 1.1:

$$\text{Consumo} = \text{água utilizada} + \text{água desperdiçada} \quad (1.1)$$

Dessa forma, os valores de consumo diário *per capita* de água, obtidos em sistemas de diferentes tipologias, incluem o volume de água utilizada na realização de atividades e o volume de água desperdiçada, quer seja por uso excessivo ou perda.

As ações que visam a redução de consumo de água em edifícios implicam em impacto de redução significativo, uma vez que grande parte da produção de água do setor público é destinado aos sistemas prediais. Observa-se que o consumo de água na região metropolitana de São Paulo, segundo SAM (1995) apud GONÇALVES (1995), é de 84,46% para o setor residencial, 10,71% para o setor comercial, 2,37% para o setor industrial e de 2,47% para o setor público. Esses índices são similares aos da Cidade do México que, segundo CORTÉS (1993), em média a produção de água da cidade utilizada no setor residencial é de 71%, no setor comercial de 15%, no setor industrial de 12% e no setor público de 2%.

Assim, uma redução do consumo de água nos sistemas prediais representa uma importante colaboração para economia de água tanto nos sistemas públicos como nos sistemas hidrográficos. Ressalta-se, ainda, que a economia de água não é somente uma questão de preservação ambiental, mas também, uma questão econômica, uma vez que a redução de perdas e de demanda reduzem os custos de bombeamento e de tratamento de água, além da redução das contas dos usuários, conforme DeHART (1991).

Para a redução de água utilizada e de desperdícios nos edifícios pode-se implementar as seguintes ações:

- **ações econômicas** – através de incentivos e desincentivos econômicos. Os incentivos podem ser oferecidos por meio de subsídios para aquisição de sistemas e componentes economizadores de água e redução de tarifas. Os desincentivos podem ser implementados elevando-se as tarifas de água;
- **ações sociais** – através de campanhas educativas e de conscientização do usuário implicando a redução de consumo por meio da adequação de procedimentos relativos ao uso da água e da mudança de comportamento individual;
- **ações tecnológicas** – através de substituição de sistemas e componentes convencionais por economizadores de água, de implantação de sistemas de medição setorizada do consumo de água, de detecção e correção de vazamentos, de reaproveitamento de água e de reciclagem de água servida.

Dentre os benefícios da economia de água no nível dos sistemas prediais, citam-se:

- ampliação do número de usuários atendidos, possibilitada pelo menor volume de água utilizada pelos usuários e menores desperdícios;
- manutenção da disponibilidade de água em períodos de estiagem, através da extinção de racionamentos;
- redução de custos em função de menores volumes de água bombeados e tratados, considerando-se as menores quantidades de insumos para o tratamento de águas para consumo e de águas servidas e, ainda, de menor demanda de energia elétrica;
- redução de volumes de água e de esgoto a serem tratados, postergando a necessidade de ampliação de sistemas de tratamento de água e de esgoto.

As experiências de países como o Japão, Estados Unidos, México, Suécia, e Grã-Bretanha, em busca de soluções para o problema há vários anos e, inclusive, com

medidas político-governamentais incentivando pesquisadores, técnicos e a indústria a buscar soluções através da revisão de normas, regulamentos, novos procedimentos de utilização da água e de sistemas e componentes hidráulicos que economizem água têm mostrado resultados bastante favoráveis com a implementação daquelas ações.

Em tais países é comum a implantação de programas de economia de água para diferentes tipologias de edifício através da divulgação das possíveis ações generalizadas, independentemente do conhecimento do sistema, conforme verificado em RUMP (1978), GRISHAM; FLEMING (1989), KONEN; ANDERSON (1993), REGIONAL MUNICIPALITY OF WATERLOO (1996), WESTAT (1997) e CHAN (1997).

Acredita-se que um melhor conhecimento das características físicas e funcionais de um sistema, possibilita a implementação de ações mais atrativas, ou seja, de menor custo, maior impacto na redução de consumo de água e, ainda, melhor atendimento às necessidades dos usuários. Dentre essas ações, consideram-se as de maior impacto as tecnológicas, ressaltando-se o controle de desperdícios e a substituição de componentes convencionais por economizadores de água.

No que diz respeito a componentes economizadores de água, em sua grande maioria, a redução de consumo é alcançada independentemente da ação do usuário, além de proporcionar ambientes sanitários mais limpos, quando o acionamento de descargas é automático e, ainda evitar desperdício de água como consequência do mau fechamento de componentes convencionais.

Com relação ao controle de desperdícios, ação considerada de fundamental importância para a manutenção dos valores mínimos de consumo alcançados pelos componentes economizadores ou, até mesmo, os convencionais, vários equipamentos com tecnologia de ponta têm surgido no mercado para facilitar a execução dessa tarefa.

Assim, neste trabalho é proposta uma metodologia que possibilita a implantação de Programa de Uso Racional da Água em edifícios de diferentes tipologias com ênfase para as ações tecnológicas. Essa metodologia apresenta diretrizes para a realização de um diagnóstico do sistema e, em função deste, elaborar um plano de intervenção para a redução de consumo de água e para a determinação do impacto de redução do consumo de água proporcionado pelas ações implementadas.

2 COLOCAÇÃO GERAL DO PROBLEMA

Ao implantar um Programa de Uso Racional da Água – PURA em edifícios, o maior problema é a escolha das ações mais adequadas com o objetivo de reduzir volumes de utilização e de desperdícios de água. Conforme já apresentado no Capítulo 1, dentre as ações possíveis tem-se as econômicas, as sociais e as tecnológicas.

Apesar da importância da implementação dos três tipos de ação para a obtenção de resultados desejáveis e permanentes na redução de consumo de água em edifícios, o escopo deste trabalho ressalta as ações tecnológicas sem, contudo, deixar de abordar as diretrizes para implementação de ações sociais. Quanto às ações econômicas, estão mais relacionadas com o sistema público que deve participar em conjunto com os sistemas prediais, através da implantação de programas de economia de água em seu próprio sistema, informando-lhes de suas atividades e promovendo incentivos para a implantação de PURAs em edifícios.

A ênfase dada às ações tecnológicas deve-se ao fato destas apresentarem uma perspectiva de maior eficiência na redução de usos e de desperdícios de água pois, em geral, a concepção de sistemas e componentes economizadores de água preconiza um menor consumo, maior desempenho e menor influência da ação do usuário na economia de água. Uma das conclusões de WHITCOMB (1990), ao desenvolver um modelo para estimar o impacto de redução do consumo de água obtido pela substituição de chuveiros e bacias sanitárias convencionais por economizadores é que um dos fatores que mais influencia a redução do consumo de água são as características tecnológicas do sistema.

Segundo STERN (1992), KEMTON et al. (1992) e ARCHER (1992) apud CARDIA et al. (1998), os especialistas em campanhas e programas de conservação de água, ao longo da década de 1980, subestimaram a importância de alternativas tecnológicas para a redução de consumo e se prenderam muito ao potencial das mudanças de comportamento individuais e de soluções fundamentadas no fornecimento de informações sobre o consumo de água, como estratégia para obter não só a mudança de comportamento, mas também a continuidade dela.

Prosseguindo, comentam que houve erros de avaliação de tais ações, dentre eles as mensagens que exortavam a necessidade de cooperação provocaram reactância em dois experimentos realizados por diferentes autores e em diferentes campi da Universidade da Califórnia. Os pedidos de cooperação solicitando aos usuários banhos mais rápidos resultaram em banhos mais longos, o que foi entendido pelos pesquisadores como um tipo de sabotagem. SAMUELSON (1990), ARONSON; O'LEARY (1993) citados por DICKERSON et al. (1992) apud CARDIA et al. (1992).

Desta forma, segundo CARDIA et al. (1998), as contribuições da Psicologia Social para os programas de economia de água na década dos anos 90 dão mais ênfase à adoção de sistemas e de componentes economizadores do que às mudanças nos hábitos de uso da água. Este comportamento é explicado pelo crescente fortalecimento do individualismo e do materialismo que contribuem para a não cooperação e conduzem à desvalorização do pertencer a uma sociedade.

Dentre as opções tecnológicas que contribuem para a redução e o controle de consumo da água, citam-se:

- sistemas de medição setorizada do consumo de água;
- sistemas e componentes economizadores de água;
- detecção e correção de vazamentos;
- reuso ou reaproveitamento da água;
- reciclagem de água servida.

A implantação de sistemas de medição setorizada do consumo de água em edifícios multi-usuários é uma das ações que contribui não só para o controle de consumo mas, também, para assegurar uma cobrança justa do consumo de água através do pagamento pelo que cada unidade condominial consome. Embora seja uma ação tecnológica aplicável ao sistema predial é de grande interesse do sistema público que vem buscando alternativas para a redução de demandas de água e, sobretudo, de investimentos para a ampliação dos sistemas públicos de água e de esgoto sanitário. Desta forma, um exemplo de tal ação originada no setor público é a Lei nº 12638 de 06/05/98, para o MUNICÍPIO DE SÃO PAULO (1998), que institui a obrigatoriedade da instalação de hidrômetros em unidades habitacionais de edifícios de apartamentos.

Na cidade de São Paulo, já se pode contar com os benefícios de controle de consumo de água para os sistemas novos dessa tipologia de edifício, uma vez que a ação já está aplicada legalmente nessa cidade, com tendência a se tornar uma lei federal, considerando-se as articulações entre os três níveis sistêmicos para a economia de água, conforme comentado no capítulo 1. Embora a instalação de tais sistemas em edifícios em operação apresentem algumas restrições, dadas as características físicas dos sistemas prediais de água fria e quente usuais, mais de 1700 edifícios residenciais na Região

Metropolitana do Recife já setorizaram o consumo de água, conforme COELHO; MAYNARD (1999).

GRIGGS; SHOULER (1994), observando a necessidade de economia de água no Reino Unido, em função do aumento da demanda e de estiagens, apresentam algumas medidas de economia e, dentre elas, a reciclagem dos efluentes de pias, banheiras e lavatórios. Os pesquisadores consideram esta ação viável, porém admitem que ela possa causar problemas no sistema tais como: armazenagem, contaminação e separação do sistema de água potável.

Comentam, ainda, que segundo um estudo conduzido pelo Building Services Research and Information Service – BSRIA, a reciclagem de água servida em edifícios residenciais não é economicamente viável, tendo-se em vista os custos adicionais de operação e de manutenção. No entanto, segundo WISE; SWAFFIELD (1995), tal ação pode apresentar vantagens quando se considera a recuperação de calor da água servida armazenada para ser utilizado em sistemas de aquecimento, uma vez que o efluente daqueles aparelhos sanitários é água quente.

As vantagens da substituição de componentes convencionais por economizadores é que, em geral, não são necessárias obras que alterem a rotina dos usuários e são de baixo custo. Um outro fator é que os usuários se sentem participantes dos avanços tecnológicos, através da valorização da aparência dos ambientes sanitários, principalmente, quando os componentes são eletrônicos.

Com relação à detecção de vazamentos, ela pode ser realizada utilizando-se desde procedimentos extremamente simples até procedimentos que utilizem alta tecnologia. Geralmente, esta é a ação mais simples, de menor custo e com resultados bastante favoráveis.

Embora todas essas ações apresentem perspectivas de impacto de redução de consumo de água, este trabalho aborda, principalmente, a substituição de sistemas e componentes convencionais por economizadores e a detecção de vazamentos de água, conforme razões comentadas anteriormente. Para que a implementação dessas ações, ou de outras, seja bem sucedida é necessária a caracterização do edifício.

O conhecimento das características físicas e funcionais do edifício em estudo é fundamental para a realização de um diagnóstico que retrate fielmente as suas condições de operação. Assim, em função deste, torna-se mais fácil o estabelecimento de um plano de intervenção mais adequado ao sistema existente, ou seja, que reduza o consumo de água mantendo ou aumentando o nível de desempenho do sistema.

Justifica-se esta forma de abordagem, porque verifica-se que o consumo de água varia em função dos seguintes fatores:

- **características físicas do sistema**
 - tipologia do edifício – residencial, comercial, escolar, hospitalar, etc;
 - subsistemas existentes que utilizam água – água fria, água quente, ar condicionado, vapor, etc.;
 - pressão hidráulica;
 - material da tubulação;

- idade do sistema;
- vazamentos visíveis e não-visíveis, etc;
- **características funcionais do sistema**
 - especialidade de atendimento;
 - terceirização de serviços –lavanderia, refeições, etc.;
 - horário de funcionamento, etc;
 - tipos de usuários – crianças, idosos, multi-usuários, funcionários do edifício, público externo, vândalos, etc;
 - procedimentos dos usuários nas atividades relativas ao uso da água – tipo de atividade do usuário no ambiente, como por exemplo como a água é utilizada em cada uma das áreas da cozinha (preparo de verduras e frutas, dietética, limpeza de utensílios e ambiente, etc.).

Outra justificativa é que, até mesmo, para sistemas de mesma tipologia pode haver uma grande variação de consumo. Por esta razão propõe-se a implantação de PURA específico a cada sistema cujos indicadores de consumo obtidos em cada etapa sejam comparados com os da etapa anterior para a determinação do impacto de redução obtido.

Considera-se neste trabalho que é necessária uma contribuição metodológica que permita a implantação de PURAs em edifícios, através de um plano de intervenção exclusivo, elaborado em função das características físicas e funcionais do sistema e que contemple todas as ações possíveis, com ênfase para aquelas com maior potencial de redução de consumo, de tal forma a proporcionar maior ganho para os níveis dos sistemas prediais, dos sistemas públicos e dos sistemas hidrográficos.

3 OBJETIVOS

O desenvolvimento deste trabalho tem como premissa o conhecimento exclusivo de cada sistema como forma mais adequada para planejar ações que contribuam para a redução de consumo de água. Essa forma de planejamento para o alcance de resultados desejáveis mantendo ou elevando o nível de desempenho do sistema é proposta através da implantação de Programa de Uso Racional da Água – PURA em edifícios.

Assim, a tese que motivou o desenvolvimento desta pesquisa é:

A utilização de metodologia para a implantação de PURA em edifícios, que oriente o diagnóstico do consumo de água e o planejamento de ações a serem implementadas e avaliadas, conduzirá a resultados de consumo de água em níveis mínimos desejáveis e o controle de desperdícios e a atuação permanente ao longo do tempo possibilitarão a estabilização das reduções alcançadas.

Dessa forma, pretende-se alcançar os seguintes objetivos:

- estudar as ações tecnológicas que influenciam a redução de volumes utilizados e de desperdícios de água em edifícios, bem como os seus prováveis impactos de redução de consumo;
- propor uma metodologia geral para a implantação de PURA em edifícios, de tal forma que as ações a serem implementadas com a finalidade de reduzir o consumo de água sejam planejadas a partir de um melhor conhecimento das características

físicas e funcionais do sistema para possam ser obtidos valores desejáveis de volumes utilizados e de redução de desperdícios de água e, ainda a estabilização desses valores no sistema;

- aplicar a metodologia proposta em duas tipologias de edifício e avaliar os impactos de redução do consumo de água provenientes de cada ação implementada.

Assim, espera-se dar a contribuição dos sistemas prediais para a preservação do meio ambiente, sobretudo dos recursos hídricos e, desta forma, colaborar também com um dos fatores que garante a qualidade de vida – a qualidade do ambiente.

4 AÇÕES QUE CONTRIBUEM PARA A REDUÇÃO DE CONSUMO DE ÁGUA EM EDIFÍCIOS

Várias medidas de economia de água apresentam potencial significativo para a redução de consumo em edifícios. Algumas delas são aplicáveis a quaisquer sistemas, enquanto outras são recomendadas somente para sistemas específicos. Daí a importância do planejamento de ações, com o objetivo de reduzir volumes utilizados e desperdícios de água, em função das características socioculturais, econômicas e ambientais dos usuários, além das características físicas e funcionais do edifício, apresentadas no capítulo 2.

Apresentam-se dois exemplos que ilustram a importância do planejamento de ações em função das características do sistema. O primeiro é a instalação de torneiras hidromecânicas em banheiros de edifícios residenciais, as quais se mostram inadequadas aos diferentes tipos de usos em lavatórios nessa tipologia de edifício e, por esta razão, diferentes solicitações de vazão e de tempo de utilização; funções pré-definidas nesse tipo de torneira.

O segundo é que se em um determinado sistema o maior percentual de consumo de água destina-se à irrigação de jardins implica que o maior potencial de redução encontra-se em ações relativas ao consumo de água externo tais como: adequação de paisagismo às condições climáticas, tempo mínimo e horário de irrigação. Este caso pode ser ilustrado pelo estudo realizado por ARAMCO (1983) apud AKKAD (1990) que mostra o uso inadequado da água na irrigação de jardins da Arábia Saudita, em

média, três vezes o valor do consumo *per capita* interno, ou seja, 436 ℓ/pes/dia para o consumo interno e de 1300 ℓ/pes/dia para a irrigação de jardim.

Assim, as ações para a redução do consumo de água em edifícios devem considerar, também, todos os aspectos relacionados aos usuários e ao meio ambiente.

Considerando a mesma questão, GRIGGS; SHOULER (1994) apresentam as seguintes alternativas para o Reino Unido, mas que podem ser pertinentes a outros países:

- programa de “rotulação” para componentes, o que possibilitaria a livre escolha do componente pelo usuário através da comparação dos valores de consumo de água e, portanto, encorajando os fabricantes a melhorar os produtos;
- volumes de descargas inferiores a 6 litros através do desenvolvimento de novas tecnologias;
- a medição do consumo de água como meio de fornecer incentivo financeiro para os consumidores economizarem água e detectarem vazamentos;
- o reaproveitamento da água de chuva para a rega de jardins e outros usos externos;
- a reciclagem de água servida para a irrigação ou descarga em bacias sanitárias.

A redução de consumo de água requer não somente a implementação de ações mas, uma permanente avaliação e readequação das ações implementadas para que o uso e o desperdício de água sejam mantidos a níveis mínimos desejáveis e de forma permanente.

CHAN (1997), mostra como é fácil para um sistema voltar às condições iniciais e, até mesmo, aumentar o consumo de água após a implantação de um PURA. Segundo ele, em Hong Kong, apesar de ações implementadas com o objetivo de reduzir o consumo de água, tais como: sistemas tarifários e de medição individualizada, utilização da água do mar para descargas em bacias sanitárias, contínuas campanhas de conscientização e de educação através da mídia, controle de vazamentos e ato mandatório para a economia de água, tem-se verificado que o consumo *per capita*, atualmente em torno de 150 ℓ/pes/dia, vem aumentando gradativamente em função da melhoria do padrão de vida da população.

Assim, apresenta-se neste capítulo um levantamento de ações tecnológicas, implementadas com o objetivo de controlar e reduzir consumos de água - volumes utilizados mais desperdícios, bem como os seus respectivos impactos de redução alcançados. Elas são classificadas da seguinte forma:

- combate às perdas de água;
- substituição de sistemas e componentes convencionais por economizadores de água;
- implantação de sistemas de medição individualizada.

Tais ações estão, em geral, inseridas em programas de economia de água e estudos de caso para verificar, principalmente, o impacto de redução do consumo de água e o grau de satisfação do usuário. Paralelamente, várias pesquisas têm sido conduzidas com o objetivo de verificar o potencial de redução de consumo de água em componentes economizadores para que possam ser utilizados em larga escala em sistemas prediais.

Dessa forma, dependendo do tipo de intervenção utilizada para economizar água no edifício, pode-se implementar todas as ações tecnológicas disponíveis, além das sociais e econômicas, comentadas no Capítulo 1. Considerando-se a importância do conhecimento do potencial de redução de usos e de desperdícios de água apresentam-se os seguintes itens neste capítulo: um estudo sobre as perdas de água em sistemas prediais, o estado da arte de sistemas e componentes economizadores de água, avaliação de sistemas de medição individualizada e, finalmente, programas e estudo de casos tendo como ações o controle de perdas e a substituição de sistemas e componentes convencionais por economizadores.

Tendo-se em vista a necessidade de proposição e utilização de conceitos referentes ao uso racional da água no âmbito dos sistemas prediais, considera-se de maior proveito, para o entendimento do texto, a apresentação deles à medida em que forem relacionando-se com o tema estudado. Além disso, eles estão disponíveis no Tesauro, apresentado no ANEXO I.

4.1 Combate ao desperdício de água em sistemas hidráulicos

O sistema hidráulico predial de suprimento de água é parte integrante do sistema edifício, no item serviços, conforme classificação proposta nas normas ISO-DP/6240 e ISO-DP/6241 apud GONÇALVES (1986). Neste trabalho, considera-se sistema hidráulico predial aquele que conduz água fria ou quente até os pontos terminais de consumo, denominados pontos de utilização; sistemas hidráulicos especiais aqueles que utilizam a água como insumo para a realização de suas funções, como por exemplo os sistemas de ar condicionado, de vapor, de ar comprimido e outros.

O combate ao desperdício de água nos sistemas hidráulicos prediais tem como objetivo evitar não somente que se pague água que da qual não se obteve nenhum benefício relativo à sua função mas, também, as patologias decorrentes de vazamentos, como por exemplo a deterioração do sistema estrutural do edifício e, como consequência, a contribuição dos sistemas prediais para a conservação de recursos hídricos. A ação mais recomendada para o combate às perdas de água, além da prevenção, é a detecção de vazamentos, que em função da qualidade da manutenção do sistema, pode evitar grandes desperdícios.

Assim, apresenta-se neste item um estudo relativo às perdas de água por vazamentos em sistemas hidráulicos prediais, suas prováveis causas e formas de manifestação, pois o conhecimento do problema é indispensável para a implementação de ações adequadas, as quais são apresentadas no capítulo 5, através de uma metodologia para a detecção de vazamentos. Considerando-se que a pressão hidráulica seja um dos fatores que mais influencia as perdas de água em um sistema, foi realizada uma investigação laboratorial sobre a questão que, também, é apresentada no ANEXO II.

4.1.1 Desperdício, perda e vazamento

Considerando-se que os termos desperdício, perda e vazamento são utilizados de diversas formas, apresentam-se a seguir os respectivos conceitos aplicados a sistemas hidráulicos prediais.

Denomina-se **perda** a água que escapa do sistema antes de ser utilizada para uma atividade fim. Em geral, as perdas ocorrem devido aos seguintes fatores:

- **vazamento** – fuga de água de um sistema hidráulico, quer seja em tubulações – tubos e conexões, componentes de utilização, reservatórios e, ainda, em equipamentos – conjunto motor bomba e outros.
- **mau desempenho do sistema** – por exemplo, um sistema de recirculação de água quente operando inadequadamente, ou seja, com o tempo de espera longo e, portanto, gerando perda de água antes de ser utilizada pelo usuário;
- **negligência do usuário** – torneira deixada mal fechada após o uso por displicência ou porque o usuário não quer trocar a torneira.

Denomina-se **uso excessivo** quando a água é utilizada para uma atividade fim de forma perdulária, ou seja, através de um procedimento inadequado, ou por mau desempenho do sistema. São exemplos de uso excessivo:

- **procedimentos inadequados** – banho prolongado, varredura de passeio público com água;
- **mau desempenho do sistema** – um sistema cujos pontos de utilização sejam projetados para vazões superiores às necessárias à realização das atividades relacionadas ao uso da água, tais como torneiras com vazões elevadas que, além de desperdício, causam desconforto aos usuários através de respingos de água.

Considera-se **desperdício** toda a água que esteja disponível em um sistema hidráulico e seja perdida antes de ser utilizada para uma atividade fim ou, então, quando utilizada para uma atividade fim, o é de forma excessiva. Conforme apresentado, o conceito de desperdício engloba perda e uso excessivo.

A figura 4.1 ilustra uma perda de água provocada pelo extravasamento de uma bacia de torre de resfriamento de sistema de ar condicionado, cuja causa é desregulagem da torneira de bóia. Portanto, tem-se aqui um exemplo de perda como consequência de um vazamento – extravasamento – e que está gerando um desperdício de água.



Figura 4.1 – Perda de água por extravasamento em uma bacia de torre de resfriamento de sistema de ar condicionado.

Destacam-se dois grupos de vazamentos: os visíveis e os não-visíveis. Consideram-se **vazamentos visíveis** aqueles que se manifestam de forma direta, ou seja, através de escoamento ou gotejamento de água e, por esta razão, são rapidamente detectados pelos usuários. Ocorrem principalmente em componentes de utilização.

Denominam-se **vazamentos não-visíveis** aqueles que se manifestam de forma indireta, em geral, através dos seguintes indícios:

- manchas de umidade ou com aspecto esponjoso ou descolorido nos revestimentos de paredes ou de pisos;
- som de escoamento de água quando nenhum ponto de utilização está aberto;
- a presença de vegetação em juntas de assentamento de pisos externos, onde não deveria ocorrer;
- o sistema de recalque está continuamente ligado;
- constante entrada de água em reservatórios.

Denomina-se **índice de vazamento – IV**, em sistema hidráulico predial, a relação entre o número de pontos de utilização com vazamento e o número total de pontos de utilização do sistema. Este índice é utilizado somente para pontos de utilização. Caso um ponto de utilização apresente dois locais com vazamento, considera-se somente um local, ou seja, somente a presença de vazamento no ponto de utilização. Um exemplo deste caso é uma torneira que apresenta um vazamento na haste e outro na bica. Então, deve ser considerado somente o ponto de utilização que apresenta vazamento, ou seja, um. A expressão utilizada para a determinação do índice de vazamento é apresentada na equação 4.1:

$$IV = \frac{\sum PuV}{\sum Pu} \times 100 (\%) \quad (4.1)$$

onde:

IV = índice de vazamento;

PuV = ponto de utilização do sistema com vazamento;

Pu = ponto de utilização do sistema.

Tal índice é ferramenta adequada no processo de avaliação do desempenho de sistemas hidráulicos, tanto na questão de perda de água como na verificação das condições de operação do sistema.

É usual a utilização de **índice de perda – IP** em sistemas públicos de abastecimento de água, conforme apresentado em SILVA; CONEJO (1998), que neste trabalho é adaptado para sistemas prediais como a relação entre o volume de água perdido por vazamento em tubulações, reservatórios e em pontos de utilização, em um determinado período, e o volume total de água consumido ou medido pelo sistema no mesmo período, segundo a equação 4.2:

$$IP = \frac{V_p}{V_m} \times 100 (\%) \quad (4.2)$$

onde:

IP = índice de perda;

Vp = volume de água perdido por vazamento em um período;

Vm = volume de água medido ou consumido em um período.

Embora a expressão de índice de perda ou perda relativa seja bastante utilizada ela não é recomendada por se mostrar inadequada para fins comparativos, conforme descrito no relatório nº 26 do NATIONAL WATER COUNCIL (1980), que aborda o controle de perdas para sistema público e no relatório elaborado pela AMERICAN WATER

WORKS ASSOCIATION (1996). Uma destas justificativas é aqui apresentada, porém com adaptação para sistema hidráulico predial:

- o volume total de água consumido varia em função dos aspectos culturais da população, das condições climáticas e das políticas de medição de água.

Perda absoluta e perda relativa

As medidas de desempenho de um sistema hidráulico relacionadas à perda de água são muito mais significativas pela comparação do valor absoluto do volume de água perdido em relação ao volume perdido nos períodos – dia, mês, ano – anteriores. Considera-se que a análise da perda relativa, quando realizada, deve ser bastante clara para não induzir valores enganosos, conforme ilustra exemplo a seguir.

Em um sistema o consumo mensal de água pode variar de um mês para outro devido ao aumento populacional e em função dos aspectos comentados anteriormente. Assim, se em um determinado mês o volume de perda de um sistema seja de 600 m^3 e o consumo de água seja de 12000 m^3 , o índice de perda é de 5%. Caso no mês seguinte o consumo aumente para 15000 m^3 e o volume de perda permaneça em 600 m^3 , o novo índice de perda é de 4%. Isto não significa que a perda absoluta tenha sido reduzida, o que pode parecer quando é analisado somente o valor do índice de 4%.

Nos sistemas públicos as perdas são classificadas em perdas físicas e não-físicas ou comerciais. Consideram-se perdas físicas as perdas de água por vazamentos no sistema - redes de distribuição, ramais prediais e extravasamentos em reservatórios ou, ainda, por

procedimentos operacionais - lavagem de filtros, descargas na rede, etc. As perdas não-físicas ou comerciais são aquelas em que a água é fornecida, mas não é faturada por motivos tais como: fraudes a hidrômetros, consumos públicos não medidos, erros de cadastro, dentre outros.

Assim, a diferença básica entre os dois tipos de perda é que a água na perda física não é utilizada para uma atividade fim, enquanto que na perda não-física o é, porém não é faturada pela empresa. Por esta razão, o índice de perda em sistema público não deve ser utilizado conforme equação 4.2, a não ser que o valor da perda não-física seja nulo. Mesmo assim, ainda teria a variação da pressão hidráulica influenciando este valor.

A questão da não adequação deste índice para os sistemas públicos deve-se principalmente, ao fato de que nesses sistemas são verificados os dois tipos de perda: perda física e perda não-física. Estas perdas, qualitativamente diferentes, são tratadas da mesma forma quando da utilização do índice de perda, resultante da relação entre o volume de água faturado e o volume de água produzido, gerando valores imprecisos.

Com relação ao sistema predial isto não ocorre, pois as perdas consideradas são somente físicas, ou seja, a água que não é consumida por causa de vazamento em tubulações, reservatórios e em componentes de utilização. As imprecisões passíveis de ocorrer são decorrentes da variação de pressão hidráulica no sistema, que variam em função do local e do horário do vazamento. Assim, as perdas no alimentador predial podem ser maiores por estarem sob as condições de pressão do sistema público, ou seja, sob maiores valores de pressão hidráulica.

Além disso, no período noturno são verificados maiores valores de pressão hidráulica e, portanto, maiores valores de perda. Nos pontos de utilização a perda varia em função da pressão, que em muitos casos são bem menores que as da rede pública de água, mas que também aumentam em função da altura da lâmina d'água no reservatório, sendo normalmente verificadas maiores perdas noturnas em função de maiores valores de pressão neste período, uma vez que, em geral, os reservatórios estão com a água no nível máximo.

4.1.2 Os vazamentos em sistemas hidráulicos prediais

A figura 4.2 ilustra um sistema indireto de água fria com reservatórios inferior e superior, adotado nos sistemas brasileiros, onde os vazamentos podem ocorrer em diferentes subsistemas:

- **subsistema de alimentação** – compreendido entre o medidor principal e o reservatório inferior ou superior, conforme a configuração do sistema;
- **subsistema de reservação** – compreende o reservatório inferior, o recalque e o reservatório superior e cuja função é armazenar água para garantir a sua disponibilidade no caso de uma intermitência ou falha no fornecimento de água pelo sistema público;
- **subsistema de distribuição** – que tem a função de conduzir a água do reservatório, geralmente superior, aos pontos de utilização.

Considera-se **sistema hidráulico externo** o subsistema de água fria compreendido entre o hidrômetro e o reservatório superior, ou seja, os subsistemas de alimentação e de reservação, inclusive.

Considera-se **sistema hidráulico interno** o subsistema de água fria localizado a jusante do reservatório superior, ou seja, o subsistema de distribuição, compreendendo colunas, ramais, sub-ramais e pontos de utilização.

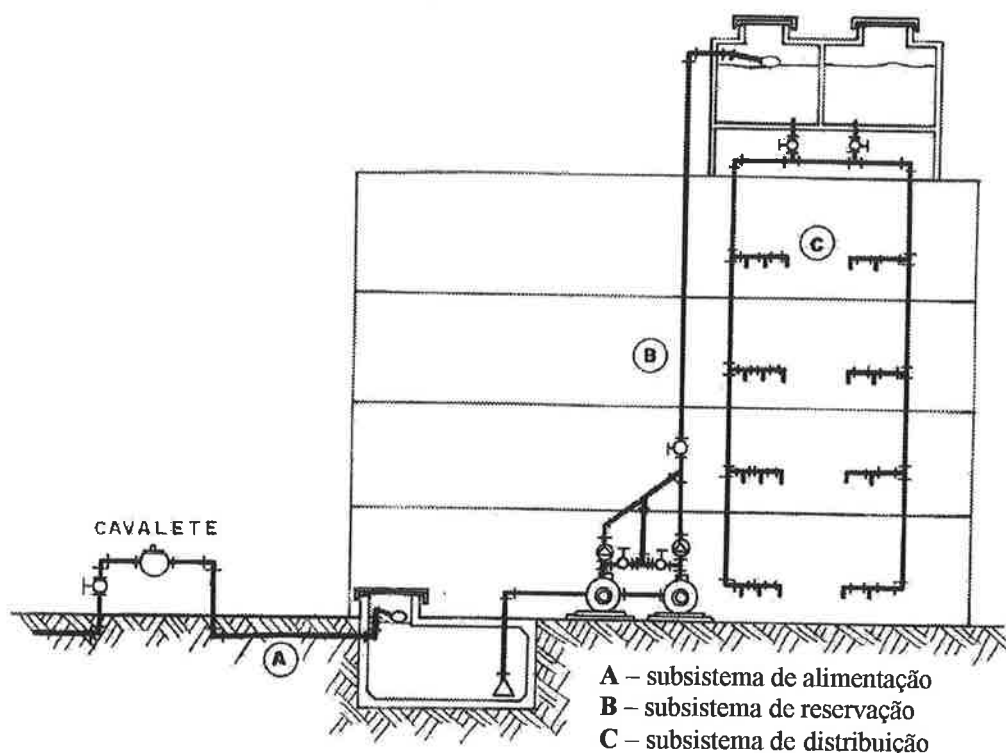


Figura 4.2 – Sistema indireto de água fria com reservatórios inferior e superior.

É alta a incidência de vazamentos em sistemas hidráulicos prediais, principalmente em reservatórios, torneiras, bacias sanitárias com caixas de descarga ou com válvulas de descarga, chuveiros, registros de gaveta ou de pressão e demais pontos de utilização. Apesar da maior incidência de vazamentos ser verificada em pontos de utilização, observam-se que as perdas de água poderão ser maiores se vazamentos ocorrerem em alimentadores prediais, em geral, solicitados por maiores valores de pressão da rede pública de água.

GRISHAM; FLEMING (1989) comentam que, em geral, os vazamentos de água em edifícios residenciais provêm de torneiras e de bacias sanitárias. Segundo eles, um vazamento lento e permanente de uma torneira pode gerar uma perda de, aproximadamente, 45 ℓ/dia e em bacias sanitárias a perda pode atingir 45 ℓ/h e portanto, 1080 ℓ/dia. Ressaltam ainda, que estes vazamentos podem ser facilmente corrigidos pelos próprios usuários e que para tal fim as concessionárias americanas distribuem *kits* de conservação de água. Esses *kits* incluem tabletes corantes para a detecção de vazamentos em bacias sanitárias e com as instruções necessárias para a realização do reparo.

Os vazamentos em bacias sanitárias se manifestam das duas formas comentadas anteriormente: visíveis e não-visíveis. Conforme os *sites da Internet*: TOILETOLOGY (1997) e WATERFRONT (1997), levantamentos estatísticos de reclamações sobre vazamentos em companhias de água nos Estados Unidos e Canadá revelam que as bacias sanitárias são responsáveis por 90% dos vazamentos.

NELSON (1992) relata um trabalho de auditoria do uso da água realizado em residências unifamiliares na cidade de North Marin-Califórnia – EUA, onde todas as unidades pesquisadas consumiam aproximadamente 41% a mais de água que as outras residências de mesmo padrão da área. Uma das conclusões da auditoria foi que 18% das bacias sanitárias apresentavam vazamento e que 81% deles eram facilmente reparados, sendo o reparo mais comum a substituição da comporta da caixa de descarga.

Conforme DeOREO et al. (1996) ao realizar pesquisa sobre o consumo de água por aparelho sanitário em Boulder, Colorado – USA, foi observado que os vazamentos

representam grande parte do consumo interno de água em várias residências estudadas, atingindo cerca de 11,45% do consumo total. Afirmam, também, que as bacias sanitárias e as válvulas de sistemas de irrigação de jardins são os maiores responsáveis pelos vazamentos. Ressaltam, ainda, que a maior parte dos vazamentos pode ser atribuída às bacias sanitárias de poucas casas, pois muitas das casas estudadas apresentaram eventualmente pequenos vazamentos. Esse quadro sugere que um valor superior a 11% do consumo interno de água poderia ser economizado se as casas com vazamentos fossem identificadas e os vazamentos eliminados.

MALAN (1980) apresenta um levantamento realizado em um conjunto de blocos de escritórios na cidade de Pretória – África do Sul, onde 531 bacias sanitárias com caixa de descarga foram vistoriadas e apresentaram os seguintes resultados:

- número de bacias com vazamento – 67 (12,6%);
- a vazão de vazamento nas bacias sanitárias variou de 0,20 ℓ/h a 150 ℓ/h com uma média de 23,8 ℓ/h ;
- o número de bacias cujas vazões de vazamento excederam à média foi de 21 unidades (31,3%);
- a soma das vazões de vazamento foi de, aproximadamente, 1593 ℓ/h , ou seja, mais de 38 m^3/dia . Este valor poderia até ter sido maior, pois as medidas foram realizadas durante o dia, ou seja, sob as condições de pico de demanda, portanto menor pressão hidráulica.

Ressalta-se ainda, que o volume de água perdido diariamente de 38 m^3/dia era equivalente à 50% do volume total de água, estimado para o acionamento de descargas durante o dia.

A Companhia de Água de Massachusetts, conforme MASSACHUSETTS WATER RESOURCES AUTHORITY (s.d.) tem desenvolvido estudos de caso em várias tipologias de edifícios, boletins e manuais sobre economia de água. Um deles aborda, também, os vazamentos em edifícios residenciais quantificando as perdas em torneiras, chuveiros e bacias sanitárias com caixa de descarga com os seguintes valores:

- torneiras e chuveiros – 40 ℓ/dia a 541 ℓ/dia;
- bacias sanitárias com caixa de descarga – acima de 189 ℓ/dia.

CORTÉS (1993) afirma que uma grande quantidade de água é perdida em componentes de utilização de edifícios residenciais, principalmente, em bacias sanitárias com caixa de descarga. A causa mais comum de vazamento nestas é proveniente de defeitos de componentes metálicos localizados no interior da caixa de descarga. Com relação a chuveiros, torneiras de lavatório e de pia, os defeitos mais frequentes são causados por desgaste de vedantes ou perda de porcas, os quais são facilmente corrigidos e podem implicar significativa economia de água.

Segundo VICKERS (1993), em média 20% das bacias sanitárias, quer sejam convencionais ou com volume de descarga reduzido, apresentam vazamento com perda de água superior a 189 ℓ/dia, apesar do avanço da ciência dos materiais, e sobretudo do plástico utilizado na produção de comporta e de torneira de bóia de caixas de descarga. Com o objetivo de reduzir este problema, diretrizes de norma resultante do ato político norte-americano Energy Policy Act – EPA (1992), estabelecem que os fabricantes de bacias sanitárias forneçam, no mínimo, dez anos de garantia sem vazamentos para todas as bacias sanitárias produzidas desde o ano de 1994.

Tendo-se em vista os resultados apresentados por estas pesquisas, considera-se fundamental o trabalho de detecção e correção de vazamentos em sistemas prediais, ressaltando que as manutenções preventiva e corretiva do sistema podem representar a maior contribuição para a redução do consumo de água em um edifício.

4.1.3 Fatores que influenciam a ocorrência e a detecção de vazamentos

Os vazamentos podem ocorrer por desgaste normal dos componentes em uso, principalmente, devido ao fato de que a vida útil do sistema hidráulico, em geral, é menor do que a do edifício. Os sistemas hidráulicos de difícil acessibilidade propiciam perdas de água que podem durar longos períodos sem serem detectadas causando, além de desperdícios, danos aos outros subsistemas do edifício, tais como ao estrutural, revestimento e pintura.

Entende-se por **detecção de vazamento** o processo de constatar a existência e localizar vazamentos. Há vários fatores que influenciam o surgimento e a detecção de vazamentos em sistemas hidráulicos, dentre eles citam-se: pressão hidráulica, condição da tubulação, tipo de solo, materiais, componentes e execução, idade do sistema, práticas de operação e de manutenção.

4.1.3.1 Pressão hidráulica

A pressão pode contribuir para as perdas de várias maneiras, tais como: frequência de rupturas, golpe de aríete, dentre outras. Embora não seja muito freqüente a ocorrência de rupturas em sistemas hidráulicos prediais, elas podem ocorrer em sistemas

solicitados por valores de pressão iguais ou superiores a 400 KPa e às vezes, por valores inferiores, dependendo da qualidade do componente solicitado. Este problema pode ser amenizado com a redução da pressão no sistema, através da instalação de válvulas redutoras de pressão, o que pode resultar na diminuição da frequência de ocorrência desses eventos que, também, dependem das condições internas da tubulação.

O acionamento de válvulas de descarga ou de bombas do sistema de recalque pode gerar ondas de pressão, positivas ou negativas, de grande intensidade. Estas solicitações impostas ao sistema podem causar rupturas de tubulações no caso de sobrepressões ou o colapso de tubos de parede de pequena espessura. É muito freqüente a ocorrência de golpe de aríete em tubulações de recalque e em colunas de água que alimentam válvulas de descarga, que podem ser evitados através da correta especificação de materiais e componentes a serem utilizados no sistema

Se por um lado maiores valores de pressão hidráulica provocam maiores perdas de água, por outro lado facilitam a detecção de vazamentos. Esta última torna-se mais fácil quando o sistema é submetido a maiores valores de pressão, sendo considerado, conforme HEIM (1979) e LISTON (1992), o valor de 103 KPa o mínimo, adequado para a utilização de equipamentos acústicos, os quais detectam o vazamento por meio da verificação do nível de ruído por ele provocado ao sair da tubulação.

4.1.3.2 Condições da tubulação

Embora, atualmente, grande parte dos sistemas hidráulicos prediais sejam projetados em PVC, existem sistemas e elementos de sistemas que são projetados em aço, como

por exemplo a tubulação de subsistemas de recalque, geralmente projetada em aço galvanizado. Assim, deve-se considerar a deterioração das tubulações causadas por corrosão tanto nas paredes internas quanto nas paredes externas dos tubos.

A corrosão torna os tubos menos resistentes às pressões internas, devido à redução da espessura de suas paredes. À medida que o tempo passa, o processo destrutivo aumenta de tal forma que a corrosão pode perfurar o tubo provocando vazamento.

4.1.3.3 Materiais, componentes e execução

Os materiais e componentes devem ser especificados em função dos esforços atuantes no sistema. A qualidade dos materiais e componentes não é suficiente para a garantia do desempenho do sistema. Deve-se considerar também, técnicas de execução compatíveis com os materiais e componentes utilizados no sistema em conjunto com uma supervisão e fiscalização adequadas.

4.1.3.4 Manutenção do sistema

Uma das principais causas de perdas de água nos sistemas prediais é a falta de manutenção dos sistemas hidráulicos ou à precariedade desta atividade. Em outros casos, ela ocorre em função da própria inércia do usuário que permanece com um vazamento em uma torneira por um longo período porque o problema não o está incomodando, mas “somente” causando o desperdício de água.

4.1.3.5 Idade do sistema

A idade não é um fator determinante para o surgimento de um vazamento, no entanto, a deterioração da tubulação avança à medida que o tempo passa. Assim, a idade pode ser o fator mais significativo que influencia a probabilidade de ocorrência de um vazamento em um sistema hidráulico. A probabilidade da corrosão, por exemplo, é muito maior em sistema antigo do que em um sistema novo.

4.1.3.6 Tipo de solo

A permeabilidade do solo é característica fundamental para a detecção de vazamentos. Em locais onde não é possível controlar os vazamentos, a detecção só é realizada quando a água aflora a superfície. Desta forma, para os solos com baixo índice de permeabilidade as perdas podem ocorrer durante longo período ou até toda a vida útil do sistema, sem que os vazamentos sejam detectados.

4.1.4 A influência dos sons de vazamentos de água no processo de detecção

Os sons de vazamentos interessam quando a detecção é realizada com a utilização de equipamentos acústicos, porém o sucesso da detecção de vazamento depende, em grande parte, da habilidade do operador que realiza esta tarefa. Desta forma, é de fundamental importância o treinamento do operador e a utilização de equipamento confiável.

A água em conduto forçado e, portanto pressurizada, perde energia para as paredes do tubo e para o solo do entorno do ponto com vazamento ao escapar do interior da tubulação através de um vazamento. Esta energia propaga-se em forma de ondas sonoras, que podem ser percebidas e amplificadas por equipamentos eletrônicos ou por simples equipamentos mecânicos utilizados na detecção de vazamento. As ondas sonoras podem ser avaliadas por um operador, que pode determinar o local exato e a ordem de grandeza do vazamento.

Em geral, os vazamentos em tubulação pressurizada emitem sons em várias faixas de frequência e produzem um ruído sibilante. A distribuição específica das frequências produzidas por um vazamento é exclusiva para aquele tipo de vazamento e depende de fatores tais como: diâmetro do orifício, pressão hidráulica, material do tubo, tipo do solo e, ainda, se o solo está alagado. À medida que o som é propagado, suas características mudam suavemente desde as maiores frequências que são atenuadas com a distância até outras que podem ser amplificadas em função da presença de cavidades ou outros equipamentos enterrados no solo. Por esta razão, o ruído do vazamento detectado depende da posição em que o som é gerado.

4.1.4.1 Fatores que interferem na transmissão de som

Segundo LISTON (1992), alguns fatores interferem na transmissão do som e, portanto, devem ser considerados no trabalho de detecção de vazamento, tais como:

- **diâmetro do tubo** – os tubos com diâmetros menores transmitem o som a distância maiores que os tubos de grande diâmetro;

- **material do tubo** – tubos termoplásticos são maus condutores de som e geralmente produzem o som do vazamento em baixa frequência na faixa de 100 Hz – 400 Hz, como por exemplo os tubos em PVC. Isto torna a detecção do vazamento mais difícil. Já os tubos metálicos, tais como o ferro fundido, o aço galvanizado e o cobre são bons condutores de som e, em geral, produzem som em alta frequência (600 Hz – 1200 Hz);
- **pressão hidráulica** – o trabalho de detecção de vazamento com a utilização de equipamentos acústicos é facilitado quando os valores de pressão hidráulica do sistema são superiores a 103 KPa;
- **substrato da superfície** – os substratos em asfalto e em concreto são bons transmissores de som, enquanto que os gramados tendem a isolar e camuflar os sons;
- **espessura do substrato** – quanto mais profunda a tubulação, mais fraco o som alcança a superfície do substrato, camuflando o som do vazamento;
- **ruído de fundo** – pode confundir o operador e abafar os sons. Se o nível do ruído de fundo é maior que o do som do vazamento e ambos estão em faixas de frequência aproximadas, a detecção do vazamento utilizando-se equipamentos acústicos torna-se impossível;
- **tipo de solo** – solos arenosos são normalmente bons condutores de som enquanto que solos argilosos são maus condutores;
- **configuração do vazamento** – o tamanho e a forma do vazamento mudam a frequência e a intensidade do som emitido, ou seja, pequenos vazamentos geralmente têm nível sonoro alto, enquanto que grandes vazamentos podem causar sons monótonos e calmos.

4.1.5 Redução de perdas de água através do controle da pressão

Embora os sistemas hidráulicos prediais brasileiros caracterizem-se por baixos valores de pressão, ressaltam-se que os subsistemas de alimentação, geralmente, estão solicitados por altos valores de pressão, principalmente, no período noturno, por estarem conectados à rede pública de água. Dessa forma, a redução de pressão nesses subsistemas, bem como em subsistemas de distribuição de edifícios altos, representa importante contribuição para a redução de perdas de água.

Segundo SILVA; CONEJO (1998) as perdas por vazamentos em sistema público de água, sejam eles decorrentes de falhas construtivas, defeitos em peças especiais, rupturas, materiais inadequados, etc., aproximam-se do escoamento em orifícios e fendas. Continuando, afirmam que para tubos metálicos, em geral, a vazão de perda é uma função proporcional à raiz quadrada da pressão hidráulica, conforme apresenta a equação 4.3:

$$Q = f(P^{1/2}) \quad (4.3)$$

onde:

Q = vazão;

P = pressão hidráulica.

Considerando-se a mesma solicitação para o sistema predial, pode-se afirmar que o controle da pressão hidráulica nesse sistema é relevante para a redução de perdas de água além de diminuir a probabilidade de rupturas como, por exemplo, em tubulações e engates flexíveis.

Dessa forma, se um sistema hidráulico predial solicitado por um valor de 400 KPa tem a pressão reduzida para 200 KPa, essa redução de pressão resultará em, aproximadamente, 29% de redução de perda. Isso implica que se nesse sistema o índice de perda fosse de 30 %, esse valor seria reduzido para 21,3%, portanto uma diminuição efetiva de 8,7% nas perdas de água.

Segundo o NATIONAL WATER COUNCIL (1980), os resultados de testes realizados para verificar a redução de perdas em função de vários decréscimos de pressão mostraram que a taxa de redução é maior para maiores valores de pressão. A relação obtida foi representada pela linha cheia da figura 4.3, denominada curva prática. Ela é o inverso da curva teórica, obtida pela equação 4.3 e representada pela linha tracejada, suposta válida para todos os tipos de vazamento.

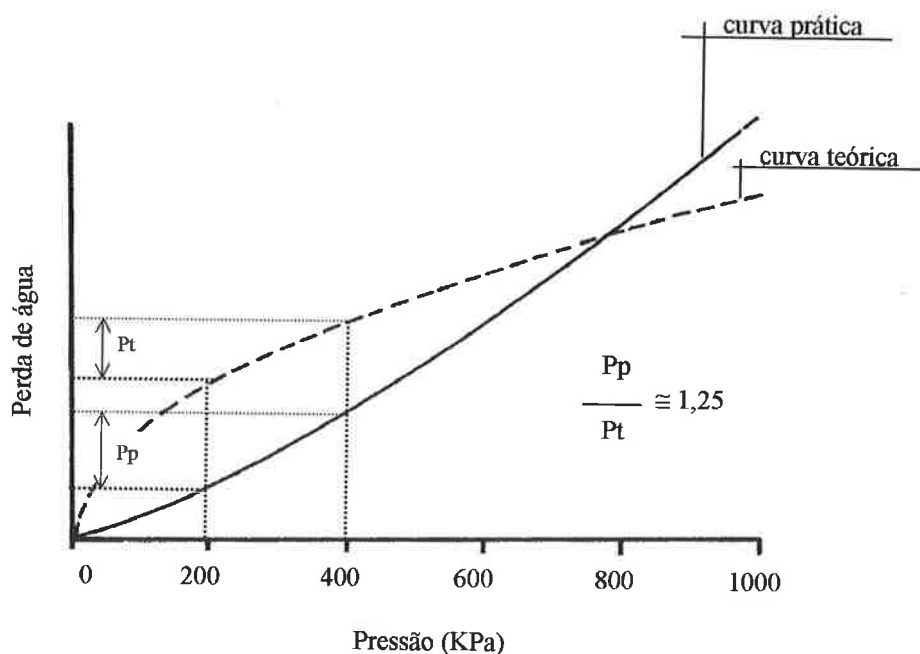


Figura 4.3 – O efeito da pressão hidráulica nas perdas de água. NATIONAL WATER COUNCIL (1980), modificado.

Observa-se através da figura 4.3 que se a pressão hidráulica é reduzida de 400 KPa para 200 KPa, a redução verificada na curva de perdas práticas – P_p , apresenta valor de, aproximadamente, 25% maior em relação ao valor verificado na curva de perdas teóricas – P_t . Observa-se, ainda, que a relação P_p/P_t tende a aumentar para maiores valores de pressão. Isto significa que, na prática as reduções de perdas, em função das reduções de pressão, são maiores do que os valores obtidos teoricamente utilizando-se a equação 4.3.

Ainda sobre a questão, SILVA; CONEJO (1998), comentam que para tubos metálicos em geral, a vazão de perda ocorre conforme a equação 4.3. No entanto, ressaltam que recentes estudos internacionais “citados por Lambert em encontro técnico no Ministério do Planejamento e Orçamento em janeiro de 1998” mostram que para tubos de plástico as reduções de perdas são maiores em função da redução de pressão. Observam que, segundo técnicos do setor, verifica-se uma correlação linear entre pressão e vazamento, devido à resiliência do material.

Para verificar este comportamento hidráulico nas perdas ocasionadas por vazamentos em tubulações de plástico, as mais utilizadas em sistemas hidráulicos prediais bem como a eficiência do geofone eletrônico para sistema hidráulico interno, foi conduzida uma investigação experimental no Laboratório de Sistemas Prediais da EPUSP, cuja metodologia e resultados estão apresentados no ANEXO II.

4.2 Implantação e substituição de sistemas e componentes economizadores de água

Neste item são apresentados alguns sistemas e componentes que podem ser utilizados em ações que visam a redução do consumo de água em sistemas hidráulicos prediais, bem como os resultados de algumas pesquisas sobre tais sistemas e componentes economizadores de água.

4.2.1 Sistemas prediais de coleta de esgoto sanitário com a utilização de bacias sanitárias com volume de descarga inferior a 6 litros

Estes sistemas caracterizam-se pelo tratamento sistêmico dado ao conjunto de coleta de esgoto sanitário e sistema de equipamento sanitário, com a finalidade de reduzir o consumo de água.

Considerando-se que a redução de vazões em sistemas prediais de esgoto sanitário, provenientes de volumes de descarga de bacias sanitárias inferiores a 6 litros provocam problemas de autolimpeza em ramais e coletores em função da menor altura da lâmina d'água, bem como da menor capacidade de geração de ondas, responsáveis pelo transporte de sólidos, vários sistemas de esgoto sanitário foram desenvolvidos para tais situações, conforme apresentados a seguir.

Observa-se que a adoção indiscriminada de sistemas prediais de consumo reduzido de água sem uma prévia análise global da inter-relação sistema predial e sistema público podem ocasionar o mesmo problema nos sistemas públicos de esgoto sanitário.

4.2.1.1 Sistema predial de coleta de esgoto sanitário a vácuo

Conforme o catálogo da ENVIROVAC (s.d.), este sistema tem sido utilizado nos EUA desde 1973. A figura 4.4 ilustra um sistema de coluna de vácuo e sistema ejedor de esgoto com tanque atmosférico, onde (1) é a estação de vácuo que cria e mantém o vácuo no sistema. As bacias sanitárias a vácuo (2) utilizam 1,4 litros de água por descarga. Uma válvula pneumática (3) introduz o esgoto de aparelhos sanitários no sistema a vácuo. O sistema dispensa a declividade da tubulação horizontal e pode contornar obstáculos no sistema (4).

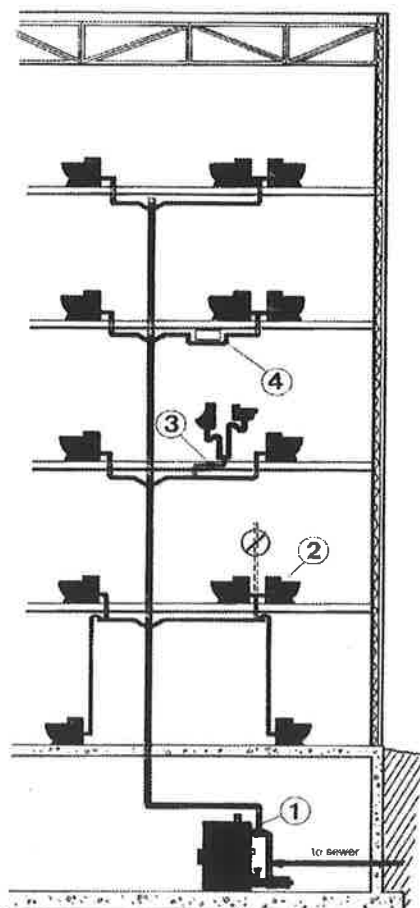


Figura 4.4 – Sistema predial de coleta de esgoto sanitário a vácuo. ENVIROVAC, (s.d.).

Esse sistema apresenta as seguintes vantagens: redução de volume de água e de esgoto sanitário, redução de diâmetros, sendo que um tubo de queda com diâmetro de 50 mm pode receber os efluentes de até 80 bacias sanitárias com os respectivos ramais de descarga de 38 mm.

Conforme FORTMAN (1996), o Centro de Justiça do Município de Mahoning, EUA, foi o primeiro edifício alto a instalar um sistema a vácuo. As principais exigências do projeto foram segurança e prevenção ao vandalismo dos internos, pois a ocorrência desses problemas com o sistema convencional – sistema por gravidade, são freqüentes. A penitenciária entrou em operação em março/96 e consiste de um edifício com uma área de construção de 17652 m², com 8 pavimentos e com capacidade para atender a 454 internos. O sistema a vácuo não foi instalado nos sanitários de funcionários, nas áreas de chuveiros dos internos e nem na cozinha, que foram projetados com o sistema convencional.

A análise comparativa entre os dois sistemas, a vácuo e convencional, indicou uma redução diária de água e de esgoto de 122,6 m³/dia para o sistema a vácuo. Esse sistema foi projetado com 36 tubos de queda de 50 mm, sendo que cada um coleta os efluentes de 12 celas e subcoletor com diâmetro de 75 mm e declividade de 0,5%.

Ressalta-se que a especificação desse sistema requer confiabilidade da assistência técnica, uma vez que uma falha nesse sistema inviabiliza a utilização do edifício.

4.2.1.2 Sistema Gustavsberg

Segundo OLSSON (1985), a Suécia iniciou há vários anos pesquisas sobre o desenvolvimento de componentes economizadores de água, tais como bacias sanitárias com volumes de descarga na faixa de 1,5 a 3,5 litros e chuveiros e torneiras de pia com vazões médias variando entre 0,1 ℓ/s e 0,2 ℓ/s . Com a redução de vazões, tais componentes requerem inovações nos sistemas de esgoto que garantam a autolimpeza das tubulações horizontais.

Assim, um dos produtos resultantes dessas pesquisas foi o sistema Gustavsberg, conforme ilustra a figura 4.5. Esse sistema foi introduzido no mercado, no início da década de 1980 e que, atualmente, conforme SPHINX GUSTAVSBERG (s.d.) é constituído de:

- bacia sanitária com caixa acoplada, tendo volume de descarga de 4,0 e de 2,5 litros com sistema dual de descarga;
- tubulação de termoplástico;
- sifão coletor, ilustrado na figura 4.6, com a finalidade de acumular 14 ou 18 litros de esgoto sanitário permitindo, assim, a ação sifônica de volume suficiente para garantir a autolimpeza do coletor, pois a redução de vazão da bacia sanitária e a intermitência de seu uso prejudicariam o escoamento do esgoto sanitário, provocando eventuais obstruções.

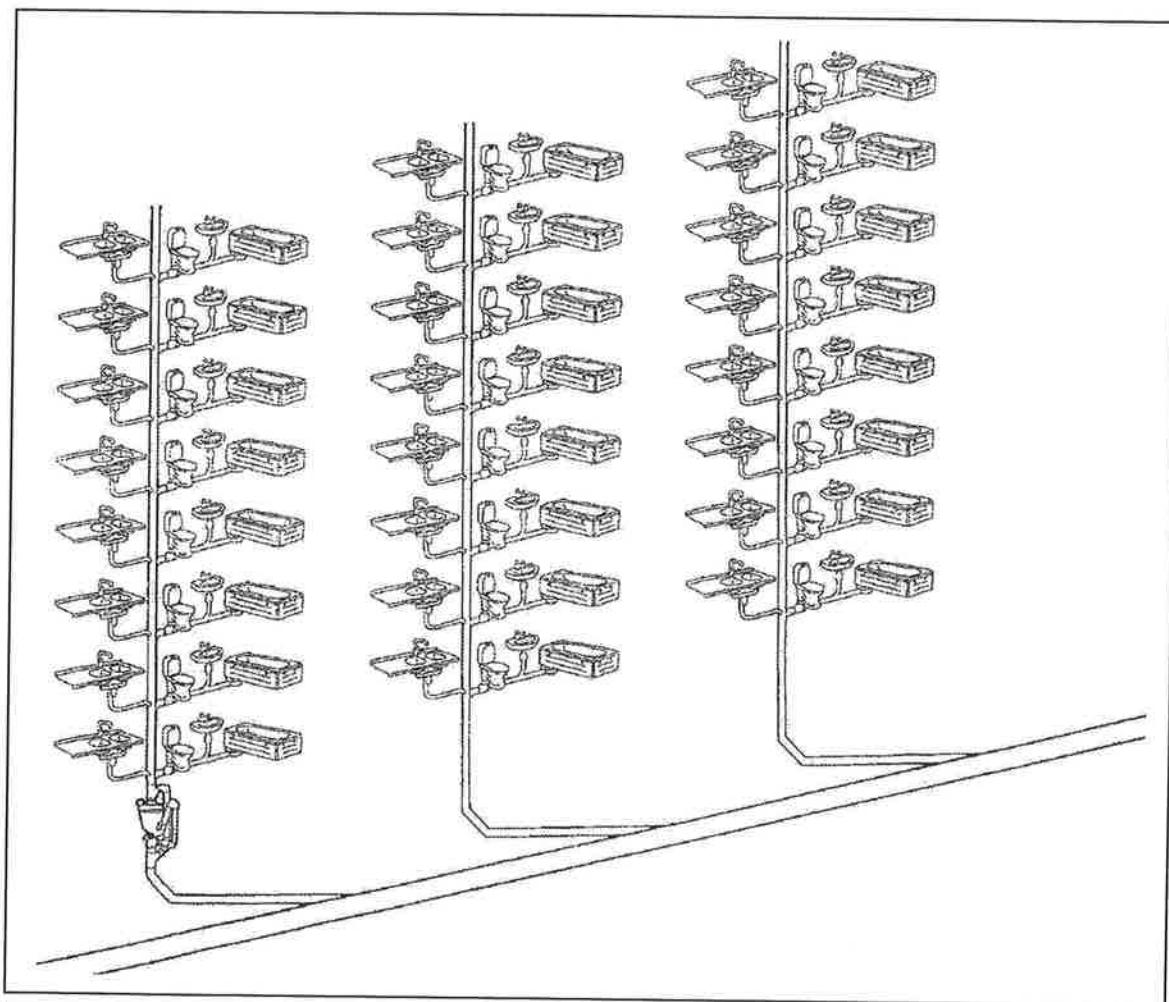


Figura 4.5 – Sistema Gustavsberg – esquema geral. SPHINX GUSTAVSBERG (s.d.).

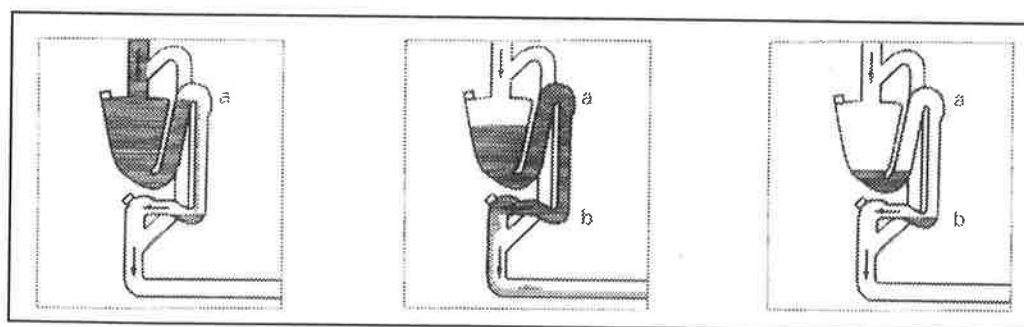


Figura 4.6 – Sifão coletor do sistema Gustavsberg. SPHINX GUSTAVSBERG (s.d.)

Este sistema apresenta algumas limitações construtivas, dentre elas:

- o comprimento máximo de ramais e coletores, localizados a montante do sifão coletor, para tubos com diâmetro de 110 mm, declividade mínima de 1% e máxima de 2% é de 3 metros, medidos entre o eixo de saída da bacia sanitária e o tubo de queda.
- o número máximo de conexões de 45° é de duas unidades, não estando inclusas as conexões da bacia sanitária, do tubo de queda e do sifão coletor;
- em edifícios de 4 a 12 pavimentos, no mínimo, 40% das bacias sanitárias devem ser conectadas a um sifão coletor com capacidade de 18 litros;
- em edifícios de 1 pavimento, cada unidade deve ser conectada a um sifão coletor.

Na Dinamarca, segundo FALDAGER (1997), os projetos de sistemas com bacias sanitárias tendo volume de descarga inferior a 6 litros só é permitido com a aprovação da ETA-Denmark (Aprovação Técnica Européia – Dinamarca) e com regras específicas para a execução desse sistema. Por exemplo, um sistema com bacias sanitárias com volume de descarga de 4 litros só é permitido com a instalação de sistema de sifonagem, denominado “amplificador de descarga”, idêntico ao sifão central do sistema Gustavsberg, instalado na base do tubo de queda.

Além disso, os sistemas com bacias sanitárias com volume de descarga inferiores a 3 litros só podem ser utilizados em edifícios de vários pavimentos. Para edifícios unifamiliares os sistemas com bacias sanitárias tendo volume de descarga inferior a 4 litros só é aprovado desde que seja executado atendendo às recomendações específicas para essa situação.

4.2.2 Bacias sanitárias com volume de descarga reduzido

Neste item, são mostrados os resultados de vários trabalhos sobre o comportamento hidráulico de bacias sanitárias instaladas em edifícios e, também, a questão da normalização desse componente em alguns países. Inicialmente, são apresentadas as ações que estão sendo implementadas no Brasil com o objetivo de reduzir o volume de descarga de bacias sanitárias.

As bacias sanitárias são classificadas pela NBR 6452 (1997) em função do volume de descarga da seguinte maneira:

- bacia sanitária com volume de descarga reduzido – VDR – até 6 litros;
- bacia sanitária de baixo consumo – 6 a 9 litros;
- bacia sanitária convencional – 9 a 12 litros.

Dentro de uma visão sistêmica, o governo federal está implantando dois programas nacionais: O Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água – PNCDA, conforme comentado no capítulo 1 e o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade da Construção Habitacional – PBQP-H, MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO E ORÇAMENTO (1998).

O PBQP-H, no âmbito do projeto estratégico da indústria no Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade – PBQP, propôs para o período 1998-2002, a seguinte meta mobilizadora: “Elevar para 90%, até o ano 2002, o percentual médio de conformidade com as normas técnicas dos produtos que compõem a cesta básica de materiais de construção.” Dessa forma, as entidades setoriais de produtores de materiais e de

componentes de construção civil estão implantando Programas Setoriais da Qualidade – PSQ, cujas ações principais são: definição do indicador de conformidade técnica, projeto de normalização técnica da ABNT e programa da qualidade de produtos.

O PSQ de louças sanitárias para sistemas prediais possui um objetivo específico relacionado ao uso racional da água, ou seja, prevê a qualidade evolutiva das bacias sanitárias e dispositivos de descarga, de tal forma, que até o ano 2000 o volume de descarga seja limitado a 9 litros e, até o ano 2002, este volume atinja a meta de volume máximo de descarga em torno de 6 litros, ou em valor que implique no menor consumo de água.

A bacia sanitária tem sido considerada como um dos componentes com maior potencial de redução do consumo de água em edifícios residenciais, dado que ela representa, em geral, o maior percentual do consumo interno de uma residência, conforme SHARPE (1981), UJJAMHAN (1981), ROCHA; MONTENEGRO (1986), SWAFFIELD (1986), CORTÉS (1993), DeOREO (1996), REGIONAL MUNICIPALITY OF WATERLOO (1996). Alguns pesquisadores, no entanto, consideram-na responsável pela maior parcela do consumo de água, tanto em edifícios residenciais como em edifícios comerciais, dentre eles ROCHA (1990) e SHOULER et al. (1996) apud SWAFFIELD (1998; 1999).

Como o uso da água é diretamente relacionado à tipologia do edifício, às atividades relativas ao uso da água, à disponibilidade e às características dos componentes, ao aspecto cultural dos usuários e às condições climáticas regionais, pode ocorrer que em

outros sistemas de mesma tipologia, quer seja localizado na mesma ou em outra região, o componente de maior índice de consumo seja outro, como por exemplo o chuveiro.

Uma vez que os resultados de várias pesquisas indicam a bacia sanitária como o componente de maior impacto de redução do consumo interno de água em edifícios residenciais, várias pesquisas têm sido desenvolvidas para verificar o desempenho deste componente com volume de descarga reduzido aplicado a um sistema. Dentre os requisitos de desempenho a serem avaliados em bacias sanitárias, conforme a NBR 9060 (1994), citam-se: remoção de sólidos, lavagem de parede, troca de água, reposição de fecho hídrico, respingos de água e transporte de sólidos.

Desses requisitos, os mais perceptíveis aos usuários, quando da avaliação do componente no sistema, são a remoção e o transporte de sólidos, caracterizados respectivamente pela necessidade de dupla descarga e pela obstrução de condutores horizontais – ramais e coletores. Por essa razão, grande parte das pesquisas realizadas sobre bacias sanitárias com volume de descarga reduzido em sistemas hidráulicos prediais verificam, em campo, esses dois requisitos de desempenho, conforme trabalhos levantados.

4.2.2.1 Verificação de desempenho de bacias sanitárias com volume de descarga de 6 litros no Aeroporto de Denver, Colorado – EUA

Este estudo, conforme CHOUTHAI et al. (1992), consistiu de um trabalho de laboratório e de campo com o objetivo de verificar o desempenho de bacias sanitárias com volume de descarga de 6 litros e, principalmente, a capacidade de transporte de

sólidos no sistema de esgoto sanitário de maneira eficiente sem altos custos de manutenção e ou obstruções em ramais, subcoletores e coletores.

Inicialmente, no Laboratório do Stevens Institute, foi verificado o desempenho de 6 bacias sanitárias, sendo 3 com volume de descarga de 13,2 litros e 3 com volume de descarga de 6 litros. Os testes foram realizados utilizando-se mídias recomendadas pela indústria e outras indicadas pela ASME/ANSI A112.19.2 e A112.19.6.

O trabalho de campo foi realizado no Aeroporto Internacional de Stapleton, Denver, Colorado. Dois sanitários masculinos e dois sanitários femininos, com um total de 29 bacias sanitárias, foram monitorados sem o conhecimento dos usuários. Cada uma das bacias foi instrumentada para que seus usos fossem registrados. Um hidrômetro com saída de pulso monitorou o consumo de água de cada um dos sanitários. Além disso, foram realizadas medidas de pressão hidráulica e de temperatura. Todos os dados foram coletados e armazenados por um sistema de aquisição de dados de onde eram transferidos para o Laboratório do Stevens Institute, para análise.

Resultados

Os resultados dos ensaios de laboratório mostraram o desempenho das bacias sanitárias um pouco superior aos critérios estabelecidos pelas normas ASME/ANSI A112.19.2 e A112.19.6. Os resultados de campo apresentaram uma redução de consumo de água de 4 ℓ/usuário masculino e de 7,5 ℓ/usuário feminino, quando foram comparadas bacias sanitárias com descarga de 13,2 litros e bacia sanitária de 6 litros. No entanto, foi verificado um acréscimo do número de chamadas para desobstrução nos sanitários com

bacias de 6 litros. Nos sanitários masculinos este acréscimo foi de 41% e nos sanitários femininos foi de 470%. Assim, o maior custo com a utilização desses componentes seria o acréscimo da manutenção.

Os resultados dessa pesquisa possibilitaram as seguintes conclusões:

- os resultados dos testes laboratoriais não foram compatíveis com o desempenho medido em campo. As bacias sanitárias com bom desempenho no laboratório apresentaram desempenho insatisfatório em campo;
- o aumento anual dos custos de operação provocado pelo acréscimo dos serviços de manutenção e pelo duplo acionamento da descarga, proveniente das bacias sanitárias de 6 ℓ/descarga, foi maior do que a economia gerada pela redução do consumo de água.

4.2.2.2 Verificação de desempenho de bacias sanitárias com volume de descarga reduzido em Phoenix, Arizona – EUA

O desempenho de bacias sanitárias com volume de descarga reduzido para uso residencial foi avaliado através de um estudo de campo realizado em Phoenix, por ANDERSON; SIEGRIST (1989). Dois conjuntos residenciais de características similares foram comparados, sendo um de 118 casas com bacias sanitárias com volume de descarga de 13,2 litros e o outro de 88 casas com bacias sanitárias de 3 litros por descarga da Ifo Sanitaire sueca.

O objetivo desse estudo foi avaliar a economia de água obtida de bacias sanitárias com volume de descarga reduzido, analisar o comportamento do escoamento no que diz

respeito ao transporte de sólidos, na composição do esgoto sanitário e, ainda, a aceitação dos usuários. A monitoração do consumo de água foi realizada por medição individualizada, sendo os valores de consumos mensais obtidos das contas de água das respectivas casas.

Resultados

- o desempenho das bacias sanitárias com volume de descarga de 3 litros foi igual ou melhor do que o das bacias sanitárias convencionais. Foi verificado, através de questionários, que as bacias convencionais requeriam múltiplas descargas em relação às com volume de descarga reduzido e, ainda, que a frequência de obstrução foi de 15% para as casas com bacias sanitárias com volume de descarga de 3 litros em relação a 64% das casas com bacias convencionais;
- durante os meses de menor consumo externo de água, dezembro e janeiro, o consumo de água das casas com bacias sanitárias com descarga de 3 litros teve uma redução média de 23%, em relação às casas com bacias sanitárias convencionais;
- a composição do esgoto sanitário efluente das casas com bacias sanitárias com volume de descarga reduzido estava dentro da faixa típica de esgoto sanitário, tendo-se em vista o tratamento de esgoto sanitário;
- a frequência e a magnitude das vazões de esgoto sanitário foram similares para os dois conjuntos de casas estudados. As vazões de pico do esgoto sanitário efluente do conjunto de casas com bacias sanitárias com volume de descarga reduzido podem, portanto, realizar a autolimpeza do sistema público de esgoto sanitário;
- o escoamento do esgoto sanitário e o transporte de sólidos em ramais, subcoletores e coletores no conjunto de casas com bacias sanitárias com volume de descarga

reduzido foi tão satisfatório quanto no conjunto de casas com bacias sanitárias convencionais.

4.2.2.3 Verificação de desempenho de bacias sanitárias VDR – pesquisa pública

Para verificar o desempenho de bacias sanitárias com volume de descarga de 6 litros, instaladas, após a publicação da lei federal norte-americana EPA (1992), foi realizada uma pesquisa pela International Association of Plumbing & Mechanical Officials com empreiteiros e fiscais de obra da referida associação.

Tal lei determinou os requisitos para a economia de água em componentes hidráulicos. Foi estabelecido o período de 2 anos para a readequação da indústria para o fornecimento de componentes economizadores de água. Então, a partir de 1/1/94 todas as bacias teriam que ter volume de descarga de 6 litros, exceto as de uso comercial que teriam até 1/1/97 para a redução do volume de descarga de 13,2 litros para 6 litros.

Desta forma, quando esta pesquisa foi realizada, em 1997, já haviam transcorridos os 3 primeiros anos após a publicação daquela lei. Os resultados da pesquisa, conforme relata SMITH (1997), indicaram descontentamento dos usuários. Foram investigados os três modelos de bacias sanitárias: com caixa acoplada convencional, com caixa acoplada pressurizada e com válvula de descarga de ciclo fixo. As reclamações mais frequentes estão apresentadas na tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Reclamações mais freqüentes entre os tipos de bacias sanitárias VDR. SMITH (1997).

Caixa acoplada convencional	Caixa acoplada pressurizada	Válvula de descarga de ciclo fixo
Obstrução na bacia (58%)	Ruído (42%)	Ruído (32%)
Múltiplas descargas (31%)	Preço (31%)	Preço (25%)
Obstrução em ramal (5%)	Obstrução na bacia (16%)	Obstrução em bacia (24%)
Ruído (5%)	Múltiplas descargas (9%)	Múltiplas descargas (21%)
Preço (1%)	Obstrução em ramal (4%)	Obstrução em ramal (6%)

Através da tabela 4.1, observa-se que a bacia sanitária com caixa acoplada convencional apresenta mais que o dobro de incidência de obstrução na bacia em relação aos outros dois tipos. Outro problema levantado foi o múltiplo acionamento de descargas em que, também, teve a bacia sanitária com caixa acoplada convencional como a de pior desempenho. Esses dois problemas indicam maior consumo de água para este tipo de bacia. Foi ainda perguntado qual o tipo de bacia sanitária tinha maior número de reclamações. As respostas indicaram 71% para as bacias sanitárias com caixa acoplada convencional, 19% para as com caixa de descarga pressurizada e 10% para as com válvula de descarga de ciclo fixo.

Outras questões a serem refletidas é que mesmo após a lei EPA (1992) ter entrado em vigor, 1994, 35% dos 304 entrevistados responderam que ainda tinham acesso às bacias com 13,2 litros de descarga. De um outro grupo de 101 entrevistados, 77% responderam que ainda as instalavam. Foi levantado, também, em 68% de um grupo de 357 entrevistados que a educação do usuário com relação a esses componentes não estava sendo satisfatória.

Um ano após a publicação da pesquisa anterior, SMITH (1998) apresenta o resultado de uma avaliação de desempenho de bacias sanitárias com 6 litros de descarga, realizada

com 250 usuários em Austin, Texas, nos últimos três meses do ano de 1997. O resultado indicou uma aprovação de 95% através dos conceitos “satisfeito” e “muito satisfeito”. Este resultado indica o esforço realizado pela indústria na melhoria de qualidade progressiva desses componentes.

Conforme KONEN (1997), a aceitação das bacias sanitárias com volume de descarga de 6 litros continua em debate público em numerosos artigos, revistas e jornais. A maioria dessas publicações abordam as reclamações dos usuários sobre a necessidade de dupla descarga. Os requisitos de desempenho são verificados através de testes específicos conforme a classificação das bacias sanitárias realizada pelo Uniform Plumbing Code: edifício residencial unifamiliar, edifício residencial multifamiliar, comercial e de uso pesado.

4.2.2.4 Bacias sanitárias com volume de descarga reduzido e a possibilidade de reduzir diâmetros de ramais e coletores

Uma das questões frequentemente discutida e pesquisada é a obstrução de ramais e coletores decorrente do fenômeno da atenuação de ondas, o que dificulta a autolimpeza do sistema no caso de superdimensionamento ou da redução de vazões dos componentes economizadores, principalmente, das bacias sanitárias em sistemas existentes. Por outro lado, a redução de vazão possibilita a concepção de projetos com menores diâmetros desses elementos do sistema de coleta de esgoto sanitário.

WISE; SWAFFIELD (1995), afirmam que as descargas de volume reduzido podem influenciar o escoamento tanto no sistema predial de coleta de esgoto sanitário quanto

no sistema público. A redução da carga hidráulica na tubulação tende a reduzir os diâmetros mínimos da tubulação, utilizados atualmente. A redução de diâmetros de ramais e coletores é uma das formas de manter a profundidade e a velocidade do escoamento. É a relação entre esses parâmetros e o transporte de sólidos que determinam a autolimpeza do sistema. Este é um caso para a redução do diâmetro do ramal de descarga de 100 mm para 75 mm, conforme já verificado em alguns sistemas suecos em que bacias sanitárias com volume de descarga de 3 litros foram utilizadas.

GRIGGS et al. (1998), em trabalho conduzido no âmbito de um programa do Building Research Establishment Ltd – BRE, concluíram que as bacias com volume de descarga reduzido apresentam melhor desempenho quando conectadas a ramais de descarga de mesmo diâmetro interno do diâmetro interno da saída da bacia sanitária. Portanto, considerando-se que as bacias sanitárias com volume de descarga reduzido têm saída de diâmetro aproximado de 75 mm, a utilização de tubulação de diâmetro de 75 mm não deveria ser proibida nas instalações britânicas.

Comentam, ainda, que as investigações laboratoriais mostraram que uma bacia sanitária convencional ao descarregar em uma tubulação de 78 mm de diâmetro tem um aumento de 22% da vazão e de 44% da velocidade, em relação a uma tubulação com diâmetro de 104 mm. Estes acréscimos contribuem para a melhoria do transporte de sólidos quando do uso de bacias sanitárias com volume de descarga reduzido.

OLIVEIRA (1991), apresenta várias simulações realizadas, em computador, de configurações com diâmetro de 75 mm para ramais e coletores e declividades variando

de 0,5% a 4%, com indicações de nível de desempenho adequado para os sistemas de coleta de esgoto sanitário de edifícios residenciais.

Segundo BALLANCO (1996), é freqüente a obstrução de ramais em função do superdimensionamento e declividade mínima. Afirma, também, que o desempenho de um coletor com diâmetro de 75 mm que recebe o efluente de seis banheiros com bacia sanitária de 6 litros é melhor que um coletor com diâmetro de 100 mm.

BALLANCO (1996), continua comentando que um dos fatos que têm contribuído para convencer os sanitaristas é a monitoração de coletores de 150 mm, diâmetro mínimo utilizado para receber os efluentes, mesmo que seja de uma casa com um banheiro em alguns locais dos Estados Unidos. Foi observado em sistemas com diâmetro de 150 mm um acréscimo de odor na rede pública proveniente de gases oriundos de matéria fecal não transportada.

4.2.2.5 Bacias sanitárias com volume de descarga reduzido no Reino Unido

Conforme SWAFFIELD (1998; 1999), no Reino Unido a lei que regulava todos os aspectos dos sistemas prediais hidráulico-sanitários, desde a década de 1940 era a Water ByeLaws. Em 1998, esta tarefa foi atribuída ao Water Regulations Advisory Committee – WRAC, para que fossem introduzidos os níveis de consumo de água e critérios gerais de projeto mais próximos das normas européias e internacionais. Vários temas foram discutidos e, dentre eles, as propostas de redução do volume de descarga para 6 litros, introdução da descarga dual de 6/4 litros.

Segundo SHOULER et al. (1996) apud SWAFFIELD (1998; 1999), no Reino Unido o consumo de água das bacias sanitárias representam 35% do consumo total em edifícios residenciais e 43% em edifícios comerciais, o que segundo SWAFFIELD (1998; 1999) implica numa redução de consumo de água nos dois setores. Ressalta, ainda, que a descarga dual de 6/4 litros nos edifícios comerciais, com a maior parte da população feminina, possibilita maior impacto de redução de consumo de água.

4.2.2.6 Projeto, instalação e manutenção de bacias sanitárias com volume de descarga reduzido

Todo o processo de produção, instalação e avaliação de desempenho do componente em laboratório e do componente no sistema, ou seja em campo, vem retroalimentando a melhoria da qualidade dos componentes economizadores de água, principalmente, de bacias sanitárias.

Com o objetivo de orientar o projeto, instalação e manutenção de bacias sanitárias com volume de descarga reduzido, GRIGGS et al. (1997) elaboraram um guia de informações sobre os requisitos de projeto para estes componentes, abordando o sistema de coleta de esgoto sanitário, o sistema de suprimento de água, os requisitos dimensionais e os requisitos de desempenho de bacias sanitárias com caixa de descarga, válvula de descarga e caixa de descarga pressurizada. Com relação à instalação e manutenção incluem os princípios básicos de operação desses aparelhos sanitários.

ROCHA (1990), em trabalho desenvolvido sobre o sistema bacia sanitária apresenta alguns parâmetros geométricos e hidráulicos que devem ser considerados em projeto de

bacia sanitária de ação sifônica que vise a redução do consumo de água. Os parâmetros estudados, com o objetivo de reduzir o volume de água consumida por descarga, foram:

- vazão na entrada da bacia;
- coeficiente de perda de carga localizada na argola;
- vazão na saída da bacia;
- parcela do volume de descarga verificado até o momento da remoção do sólido;
- volume do poço;
- altura do fecho hídrico;
- menor dimensão interna do sifão e sua posição.

Dos parâmetros investigados foram considerados aplicáveis, pelo pesquisador, os seguintes: vazão na entrada da bacia, parcela do volume de descarga verificado até o momento da remoção do sólido, volume do poço e altura do fecho hídrico.

4.2.3 Componentes eletrônicos economizadores de água

Nos projetos de sistemas hidráulicos prediais de uso público têm sido adotadas tendências da tecnologia eletrônica para o uso da água. Com relação às bacias sanitárias, as com válvula de descarga têm sido as preferidas, pois as bacias com caixa de descarga são facilmente danificadas por vândalos. Conforme GEORGE; TONTI (1998), em sanitários públicos com grande intensidade de utilização tais como de estádios, aeroportos, centros de convenções e teatros são instaladas bacias sanitárias com descarga eletrônica operadas através de sensores infravermelhos.

As torneiras e mictórios com acionamento eletrônico também têm sido especificados para essa tipologia de edifício, uma vez que isenta o usuário de tocar a torneira ou a válvula de descarga, o que pode evitar a transmissão de doenças contagiosas. Outra vantagem é que esses componentes deixam os ambientes mais limpos, pois a descarga é acionada independente da ação do usuário.

Segundo os mesmos autores, muitos municípios estão isentando os sanitários públicos de grande intensidade de utilização da instalação de bacias sanitárias com 6 litros por descarga, requeridas pela lei EPA (1992), como por exemplo o BOCA Plumbing Code da edição de 1993.

A respeito do mesmo assunto foi capturado, no *site da Internet WATERWISER CONFERENCE* (1998), que escritórios de planejamento e desenvolvimento da Califórnia, Office of Statewide Health Planning and Development – OSHPD, responsáveis pelo estabelecimento de regulamentos para hospitais, clínicas e outros sistemas de saúde não irão adotar o código de instalações sanitárias de 1997, no que diz respeito à instalação de bacias sanitárias e mictórios com volume de descarga reduzido nessa tipologia de edifício, por considerá-los inadequados sob o aspecto sanitário.

4.2.4 Mictórios

4.2.4.1 Mictório sem consumo de água

Considerando-se a grande necessidade de reduzir o consumo de água em algumas regiões, por causa da escassez natural dos recursos hídricos, foi lançado no mercado

internacional o mictório sem consumo de água, denominado *Waterless*, conforme o catálogo da WATERLESS CO. (1998). Esse aparelho proporciona um grande impacto de redução do consumo de água, pois ao substituir um mictório com descarga contínua de 0,05 ℓ/s , que permanece aberto ininterruptamente, tem-se uma redução de consumo de água de, aproximadamente, 4 m^3 /dia para cada mictório.

Ele consiste de uma peça de louça idêntica à do mictório convencional, cuja superfície é impermeabilizada por um repelente de urina. O fecho hidráulico do sifão, denominado EcoTrap, contém um líquido com densidade inferior a da urina. Assim, ela chega no sifão e fica sob a camada denominada “selo azul”, pois é mais densa. A instalação é idêntica a do mictório convencional, não sendo necessária a instalação de ponto de água. A manutenção consiste da substituição do “selo azul” e de outra camada repelente de urina a cada 1500 utilizações. O procedimento de limpeza do mictório é idêntico ao do mictório convencional. A figura 4.7 ilustra o sifão do mictório *waterless*.

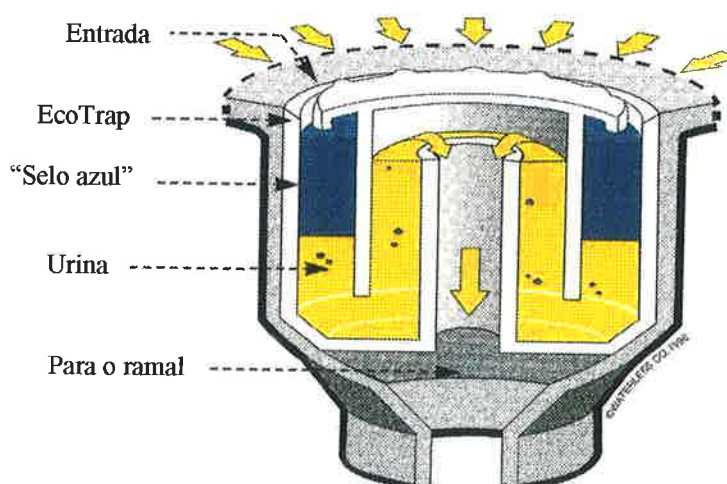


Figura 4.7 – Sifão de mictório sem água – *waterless*. WATERLESS CO. (1998).

4.2.4.2 Mictórios com descargas convencional e eletrônica

Em geral, os mictórios cujas descargas são acionadas com registro de pressão são deixados abertos ininterruptamente porque o usuário não aciona a descarga evitando o contato com o registro de pressão. Então, para manter o mictório sempre limpo e evitar o mau cheiro desses ambientes, o serviço de manutenção o mantém sempre aberto.

Com o objetivo de comparar os consumos de água de mictórios com descarga contínua, os com descargas intermitentes, acionadas através de *timer* e os mictórios cujas descargas são acionadas por sensor infravermelho, FREIRE; PRADO (1998), realizaram pesquisa no mictório de um dos sanitários masculinos da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Essa pesquisa coletou os seguintes dados: frequência de utilização, consumo de água total e *per capita* e ainda o pH do efluente, medido através de sensor instalado no sifão do mictório. A descarga do mictório com *timer*, foi programada com intervalos de 15 minutos e duração de 20 segundos. A vantagem desse tipo de descarga é que durante os períodos em que a escola não é utilizada o *timer* é desligado. A desvantagem é que pode gerar um certo desconforto ao usuário no período em que a frequência de utilização for maior e a descarga não é acionada.

O acionamento da descarga com sensor infravermelho foi programado para uma permanência do usuário de 5 segundos em frente ao mictório e, somente, quando o usuário se afastava é que a descarga era liberada por um tempo de 20 segundos. Assim,

nesse tipo de descarga não há desperdício de água e nem desconforto para o usuário, pois a descarga é acionada após cada utilização.

Os resultados relativos ao consumo de água indicaram um consumo diário *per capita* de 13 ℓ /pes/dia para o mictório com descarga contínua e de 2 ℓ /pes/dia para os mictórios com descarga através de *timer* e com sensor infravermelho. Ressalta-se que esses resultados não incluem o período noturno, em que o mictório com descarga contínua é deixado aberto, o mictório com *timer* aciona descarga a cada 1 hora e o mictório com sensor infravermelho opera normalmente, ou seja, no caso de utilização por algum usuário.

Considerando-se as vantagens de mictórios com descarga através de sensor infravermelho tanto na questão de higiene, conforto e consumo reduzido de água conclui-se que esta é uma das melhores alternativas para sanitários de uso público. Com esta mesma opinião, os diretores de operação dos hospitais Rio Grande Hospital em McAllen, Texas e New Jersey's Hackensack Medical Center's, disseram que os mictórios com descarga eletrônica além de reduzir o mau cheiro deixaram os sanitários dos referidos hospitais mais limpos, PLUMBING & MECHANICAL (1994).

4.2.5 Torneiras hidromecânicas

ÁVILA et al. (1991), conduziram pesquisa com o objetivo de comparar o consumo de água entre torneiras convencionais e hidromecânicas da DOCOL, em duas tipologias de edifício: um restaurante e uma estação rodoviária, ambos localizados na cidade de Santa Maria, Rio Grande do Sul.

A investigação de campo foi realizada em quatro sanitários, sendo um masculino e um feminino do Restaurante Augusto e um sanitário masculino e outro feminino da Estação Rodoviária. Cada sanitário dispunha de dois lavatórios, portanto oito ao todo. Esses lavatórios foram monitorados por um período de dois meses.

Os impactos de redução do consumo de água das torneiras hidromecânicas em relação às convencionais, projetando-se os resultados para doze meses e considerando-se mil usuários mensais e o valor do consumo médio diário por usuário foram de:

- Restaurante:
 - sanitário masculino – 41,9%;
 - sanitário feminino – 77,11%.
- Estação Rodoviária:
 - sanitário masculino – 52,96%;
 - sanitário feminino – 29,38%.

A partir das observações realizadas *in loco* e dos resultados obtidos, os pesquisadores concluíram que uma das contribuições para o maior consumo de água verificado nas torneiras convencionais foi o tempo de utilização.

4.2.6 Chuveiros com restritor de vazão

No Reino Unido, segundo SWAFFIELD (1998) e (1999), foi também discutida a proposta de limitação de vazão de chuveiros pelo WRAC, que a considerou inadequada, sendo permitida a vazão máxima de 0,33 ℓ/s . O WRAC considerou que os chuveiros com vazão reduzida seriam desfavoráveis, uma vez que, provavelmente, diminuiriam o

grau de satisfação dos usuários e aumentariam o tempo de duração do banho. Desta forma, haveria implicações indesejáveis no consumo de água e no consumo de energia.

Nos Estados Unidos alguns trabalhos foram desenvolvidos com o objetivo de verificar o desempenho e a satisfação do usuário com relação a instalação de restritores de vazão em chuveiros, considerando-se que estes componentes têm apresentado problemas significativos, uma vez que não dispõem de uma válvula misturadora do “tipo termostática” ou do “tipo balanceamento de pressão”, conforme afirma SALTZBERG (1998). O problema verificado é o choque térmico com a intermitência de água quente e fria, causando grande desconforto e até queimadura ao usuário.

Sobre a mesma questão, GALVIN (1996) descreve a verificação do choque térmico provocado pela substituição de chuveiros com vazão na faixa de 0,36 ℓ/s a 0,48 ℓ/s por outros com vazão de 0,18 ℓ/s . Este problema originou-se no início da década de 1970, devido à crise do petróleo. Assim, com o objetivo de reduzir o consumo de energia utilizada no aquecimento da água, foram lançados no mercado os chuveiros com restritores de vazão, pois eram indispensáveis para a redução do consumo de energia.

A grande incidência de acidentes em chuveiros e banheiras causados pelo choque térmico, mostrou a necessidade de controlar a temperatura da água através do balanceamento das pressões de água quente e fria. Uma das sugestões propostas foi a redução da temperatura da água quente no sistema, porém esta alternativa gerou outro problema de saúde pública, a doença pulmonar provocada pela bactéria *Legionella pneumophila*, que encontra na água morna as condições ideais para crescer e multiplicar.

Tal fato influenciou, em 1974, o Estado de Massachusetts – EUA a adotar um código de sistemas prediais que recomenda a utilização de válvula anti-queimadura, impedindo o choque térmico e a doença pulmonar provocada pela bactéria legionela.

No Brasil, conforme BARRETO (1998), a instalação de restritores de vazão nos chuveiros do Instituto da Criança do Complexo do Hospital das Clínicas de São Paulo, provocou, segundo os usuários, uma redução de vazão nos chuveiros do pavimento Térreo. Eles alegaram desconforto no banho e retiraram os restritores de vazão dos chuveiros instalados nesse pavimento. No entanto, não foi registrada nenhuma reclamação dos usuários dos pavimentos superiores.

Segundo KONEN (1997), as válvulas de balanceamento de pressão representam um produto de expressivo crescimento no EUA, uma vez que sua instalação é obrigatória pela maioria dos códigos para proteger o usuário de choque térmico e de queimadura.

4.2.7 Impacto de redução de consumo de água de componentes economizadores em edifícios unifamiliares

Através da substituição de componentes convencionais por economizadores e da correção de vazamentos em edifícios unifamiliares pode-se obter uma redução de 30% do consumo diário de água por pessoa, conforme o *site* da Internet: WATERWISER (1998). As ações sugeridas com o objetivo de economizar água são: instalação de bacias sanitárias com volume de descarga de 6 litros; chuveiros com vazão máxima 0,16 ℓ/s ; torneiras com vazão máxima de 0,14 ℓ/s ; substituição de máquinas de lavar roupa por outras de maior eficiência que consomem, aproximadamente, menos 30% de água e

menos 40% a 50% de energia; detectar e corrigir periodicamente os vazamentos visíveis e não-visíveis; adotar hábitos de economia de água.

Como exemplo, é apresentado o consumo de uma residência unifamiliar antes e após as medidas de conservação de água, conforme ilustra a tabela 4.2. O consumo diário *per capita* de água antes da intervenção era de 280 ℓ /pes/dia e após a intervenção reduziu para 196 , ou seja, um impacto de redução de 30%.

Tabela 4.2 – Consumo típico de uma residência unifamiliar antes e após as ações de redução do consumo de água. WATERWISER (1998).

Componentes	Consumo diário por pessoa (ℓ /pes/dia) – componentes convencionais	Consumo diário por pessoa (ℓ /pes/dia) – componentes economizadores	Impacto de redução (%)
Bacias sanitárias	73	35	52
Chuveiros	50	42	16
Máquinas de lavar roupa	63	44	30
Torneiras	43	42	2
Lava-louça	4	4	0
Banheiras	5	5	0
Vazamentos	36	18	50
Outros usos	6	6	0

Observa-se pela tabela 4.2 que a correção de vazamentos apresenta um impacto de redução próximo ao obtido pela bacia sanitária com volume de descarga de 6 litros.

4.3 Implantação de sistema de medição setorizada do consumo de água

A adoção desse sistema traz como principal benefício o controle de consumo de água, motivado pela redução dos valores mensais das contas de água. Outros benefícios são também obtidos tais como: redução do consumo de energia elétrica gerada pelos sistemas de água quente e sistemas de recalque, melhor controle do consumo de água de

uso comum, maior facilidade para a detecção de vazamentos em cada apartamento e possibilidade de ampliar a capacidade de atendimento da rede pública.

Uma das motivações para a implantação de sistemas de medição de setorizada do consumo de água em condomínios é a cobrança justa da água consumida por unidade residencial, pois o consumo de água varia em função do número e dos hábitos dos usuários de cada unidade residencial. CESAR (1987), apresenta estudo relativo à implantação de sistema de medição setorizada do consumo de água fria e quente em edifícios multifamiliares, considerando-se os aspectos legais, normativos, técnicos e financeiros.

MALAN; CRABTREE (1987), apresentam os resultados de uma investigação sobre o impacto de redução do consumo de água em edifícios de apartamentos em Pretória, na África do Sul e em Londres, na Inglaterra. Os sistemas prediais de água fria monitorados em Pretória são do tipo indireto com reservatório superior e os de Londres do tipo direto. Desta forma, os sistemas de Londres, além de apresentarem maiores custos de construção e de manutenção em função dos maiores comprimentos das tubulações, impossibilitaram a detecção de vazamentos no trecho do ramal predial localizado na parte interna da propriedade.

Apesar dos diferentes tipos de sistemas foi verificado um impacto de redução do consumo de 20% a 30% após a alteração do sistema de medição, além de permitir um maior controle na detecção de vazamentos.

O Programa de Uso Racional da Água que está sendo implantado na Cidade Universitária da Universidade de São Paulo – PURA USP, também, está instalando um sistema eletrônico de medição que permite a monitoração dos consumos e das vazões de água, através de uma central instalada no Laboratório de Sistemas Prediais da EPUSP/PCC. Neste programa, uma das primeiras iniciativas foi a instalação de 25 hidrômetros eletrônicos, conforme ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (1998) e está prevista a instalação de, aproximadamente, 350 hidrômetros no trabalho da medição de setorizada do consumo de água dos edifícios da Cidade Universitária.

4.4 Programas de economia de água

Neste item são apresentados os diversos programas de economia de água, nacionais e internacionais, implementados nos níveis estaduais e municipais, com a aplicação, principalmente, de ações tecnológicas.

4.4.1 Madison, Wisconsin – EUA

O principal objetivo do programa de economia de água implementado na cidade de Madison, Wisconsin – EUA em 1975, conforme descrito por DEIBERT (1978), foi a conscientização ecológica e ambiental aliada à capacidade de gerenciamento do sistema, com base em planejamento a longo prazo evidenciado pelas vantagens econômicas do adiamento de ampliação de sistemas de tratamento de água e de esgoto e da redução de custos de demanda de energia elétrica.

Dessa forma, esse programa foi iniciado para reduzir a demanda e o consumo de água através da mudança do horário de irrigação de jardins das 18 horas, horário de pico do sistema, para as 20 horas. Os benefícios advindos deste programa compensariam não somente aos usuários que teriam os valores das contas de água reduzidas, mas também os recursos naturais, água e combustíveis, necessários para a geração da energia utilizada no recalque da água.

Ações

A meta desse programa não foi impor restrições de consumo de água, mas mostrar e convencer os usuários de que eles poderiam consumir menos água em dias quentes. E para atingir este objetivo as seguintes ações foram propostas para alterar o horário de pico de irrigação de jardins:

- ajustar o bico de aspersão ou esguicho da mangueira para irrigar somente a grama;
- regar a grama com quantidade mínima necessária de água – 25 mm e em uma única vez por semana;
- evitar a rega quando estivesse ventando ou em horário de muito calor, para evitar a evaporação;
- se a irrigação fosse necessária, deveria ser realizada antes das 10 horas ou após as 18 horas e assim com menor impacto para o sistema, ou seja, fora do horário de pico.

Para a campanha educativa várias técnicas de publicidade, foram planejadas: *outdoors*, painéis em ônibus, palestras escolares, rádio e televisão, mensagens em contas de água e manual contendo informações sobre o uso da água nos sistemas hidráulicos interno e externo, substituição de torneiras e detecção de vazamentos em bacias sanitárias.

Resultados

Com o objetivo de avaliar os resultados do programa, foram selecionados aleatoriamente 1000 usuários para a campanha. As informações obtidas destes usuários no início da campanha revelaram que 46,6% regavam o jardim das 16 horas às 19 horas, enquanto que somente 38,9% regavam após as 19 horas e antes das 8 horas. O levantamento realizado após a campanha revelou a mudança radical desses números, ou seja, 18,2% e 68%, respectivamente. Além disso, 78% dos usuários foram capazes de alterar corretamente o horário de irrigação, conforme solicitado pela concessionária.

4.4.2 Programa de substituição de bacias sanitárias na cidade de Nova York

Este foi um programa de incentivo para a substituição de bacias sanitárias, implantado pelo Departamento de Proteção Ambiental da Cidade de Nova York, no período de março/94 a novembro/96, e denominado Toilet Rebate Program – TRP. Conforme WESTAT (1997), a meta desse programa foi a substituição de um milhão e cem mil bacias sanitárias com volume de descarga de 18,9 litros por outras com volume de descarga de 6 litros. Após a substituição das bacias sanitárias foi realizada uma avaliação do grau de satisfação do usuário e do desempenho das diferentes bacias instaladas, segundo WESTAT (1996).

Os três principais objetivos desse programa foram:

- estimar o impacto de redução do consumo de água em edifícios multifamiliares;
- analisar a influência das variáveis demográficas e econômicas no consumo de água de edifícios multifamiliares;

- determinar a influência de sazonalidade, se houvesse, no consumo de água de edifícios multifamiliares.

A monitoração do consumo de água foi realizada através de coleta de dados dos hidrômetros em terminais de computadores em Bronx, Brooklyn, Manhattan e Queens, por um período de 18 meses.

Resultados

- em uma amostra não aleatória de 550 edifícios multifamiliares, o consumo médio diário por unidade foi de 885 ℓ /un/dia;
- impacto de redução do consumo de água de 29% nos edifícios que participaram do TRP, com uma redução de consumo por unidade residencial de 261 ℓ /un/dia;
- o consumo médio diário *per capita* foi estimado em 318 ℓ /pes/dia, passando para aproximadamente, 231 ℓ /pes/dia após a substituição das bacias sanitárias;
- a variabilidade no consumo de água entre os edifícios foi bastante reduzida pela participação no programa TRP. O desvio padrão em GPDUs – galões por unidade por dia, teve uma redução superior a 40%;
- os edifícios construídos a partir de 1947 consomem substancialmente menos água por unidade do que os edifícios mais antigos. O consumo de água entre edifícios de diferentes valores não apresentou diferenças estatisticamente significativas;
- o consumo de água aumentou com maior densidade populacional e, fracamente, com maior renda familiar;
- a análise de dados de 19 meses de consumo de água dos edifícios multifamiliares com um mínimo de 20 leituras mensais não forneceu evidência de sazonalidade;

- observou-se maior frequência de obstrução das bacias com volume de descarga reduzido em relação às convencionais;
- verificou-se, também, um acréscimo do número de descargas após a substituição das bacias convencionais para bacias com volume de descarga de 6 litros.

4.4.3 Programa de substituição de bacias sanitárias em Waterloo – Canadá

Em 1995 foi implantado um programa de substituição de bacias sanitárias no município de Waterloo, Canadá, no período de outubro/95 a março/96, denominado Toilet Replacement Program – TRP. Conforme REGIONAL MUNICIPALITY OF WATERLOO (1996), os principais objetivos desse programa foram:

- verificar se o método aplicado no programa de 1995, incentivo de US\$ 75,00 para a substituição de cada bacia sanitária, seria mais viável economicamente que o método do programa de 1994, subsídio de 25% do custo total para a substituição de bacias sanitárias;
- desenvolver um programa que permitisse maior participação dos encanadores e revendedores locais;
- substituir 2760 bacias sanitárias convencionais por outras com volume de descarga de 6 litros em 2000 residências.

A motivação para a realização desse programa foi o êxito obtido nos programas desenvolvidos anteriormente, que resultaram em economia de água a longo prazo, tanto para os usuários como para a região.

O município de Waterloo tinha como alvo principal o setor residencial, pois 57% da demanda era destinada a este setor. Desta forma, os programas implementados visavam a redução do consumo de água das bacias sanitárias e chuveiros, que representavam 75% do consumo de água total da área interna da casa. A substituição de bacias sanitárias de 6 litros era considerada de grande impacto de redução do consumo porque 40% do consumo interno da casa era atribuído a elas. As bacias antigas apresentavam de 20 a 25 litros de água por descarga.

Os resultados do programa de 1994 indicaram um impacto de redução no consumo de água de 20% em edifícios unifamiliares e uma média de 40% para edifícios multifamiliares. Esses resultados foram obtidos através de monitoração por dois períodos de seis meses – um antes e outro após a substituição das bacias sanitárias. O programa de 1995 não verificou o impacto de redução de consumo, uma vez que os relatórios dos dois programas anteriores, um em 1992 e o outro em 1994, apresentaram resultados semelhantes. O programa de 1994 disponibilizou chuveiros e arejadores, enquanto que o de 1995 não ofereceu esses componentes.

Resultados

- o programa de 1995 se mostrou mais eficiente econômica e socialmente, uma vez que os usuários, encanadores e fabricantes tiveram maior participação;
- foi verificada uma economia de 33% nos custos de implementação no programa de 1995 em relação ao programa de 1994 e, portanto, mais viável economicamente.

4.4.4 Programa de economia de água em Harris County, Texas – EUA

Segundo BAKER et al. (1992) apud AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (1993), a concessionária desta cidade com o objetivo de aliviar o sistema de recalque de água, conduziu um programa de incentivo para a substituição de componentes convencionais por economizadores. À população foi oferecido um *kit* contendo chuveiro com restritor de vazão, arejadores para torneiras de lavatório e de pia e literatura sobre o assunto. Cerca de 600 residências participaram do projeto, obtendo-se uma redução do consumo de 18%.

4.4.5 Diretrizes para programas municipais de economia de água a longo prazo – EUA

As iniciativas municipais para conservação de água tem sido, em geral, de curto prazo, para minimizar os efeitos de um período de estiagem temporária. Considerando-se a necessidade de ações mais duradouras, tendo-se em vista a crescente demanda e as limitadas reservas naturais de água, GRISHAM; FLEMING (1989) propõem as seguintes alternativas para a implantação de programas municipais a longo prazo: sistema de medição, detecção e reparo de vazamentos, componentes economizadores de água, revisão de normas técnicas, restrições de consumo de água, principalmente em usos externos, reuso de água e educação pública.

Consideram que a instalação de componentes economizadores de água seja uma das ações mais eficientes para conservação de água a longo prazo. Cerca de 50% do consumo de água residencial ocorre na parte interna e, aproximadamente, 75% ocorre

no banheiro. Dessa forma, a substituição de bacias sanitárias convencionais por bacias sanitárias com volume de descarga reduzido e chuveiros com restritores de vazão, pode resultar em uma redução de, aproximadamente, 20% do consumo interno sem causar insatisfação ao usuário.

4.5 Estudos de caso

4.5.1 Estudos de caso em edifícios multifamiliares e em escola – Tampa, Flórida, EUA

Dois estudos de caso foram realizados em Tampa e relatados por AYRES ASSOCIATES (1993), sendo o primeiro em um complexo de 15 edifícios de 3 a 4 andares com 12 a 20 apartamentos por unidade, construídos em 1986. O segundo foi conduzido em uma escola de segundo grau com 51 salas de aula, construída em 1963.

O objetivo desse trabalho foi determinar o impacto de redução do consumo de água provocado pela substituição de componentes convencionais por economizadores de água. Foram avaliados, através de questionários, o grau de satisfação dos usuários, os requisitos de desempenho, operação e de manutenção dos novos componentes em relação aos convencionais nas duas tipologias de edifício.

4.5.1.1 Estudo de caso na escola

A escola apresentava 40 bacias sanitárias, 23 mictórios, 30 lavatórios e 25 chuveiros. Durante o levantamento realizado na escola, observou-se que várias torneiras e mictórios estavam com vazamento significativo.

As ações implementadas para a redução do consumo de água foram: substituição das 30 torneiras de lavatório por torneiras de fechamento automático e eliminados os vazamentos dos mictórios. Das 40 bacias sanitárias existentes, as 30 mais utilizadas foram substituídas por outras com volume de descarga de 6 litros.

Os consumos de água foram monitorados 86 dias no período histórico, 20 dias após a substituição das torneiras e correção dos vazamentos e 32 dias após a substituição das bacias sanitárias.

Resultados

O impacto de redução observado após as ações foram:

- consumo diário por aluno no período histórico – 11,2 ℓ/aluno/dia;
- consumo diário por aluno após a substituição das torneiras e correção de vazamentos - 8,1 ℓ/aluno/dia, ou seja, um impacto de redução de 27%;
- consumo diário por aluno após a substituição de bacias sanitárias – 5,5 ℓ/aluno/dia, um impacto de redução de 32%;
- impacto de redução total: 51% do consumo diário por aluno.

Ressalta-se que o autor comenta que a maior contribuição para a redução de consumo de 27%, verificada na primeira etapa, foi devida à correção dos vazamentos.

4.5.1.2 Edifícios multifamiliares

Dos quinze edifícios, foi monitorada uma amostra de oito, com um total de 144 apartamentos. Os aparelhos sanitários e equipamentos dos apartamentos eram: lava-

louças, triturador de lixo, máquina de lavar roupa, uma ou duas bacias sanitárias com volume de descarga de 13 litros e um ou dois chuveiros de vazões variadas, em função dos diferentes modelos. Os 144 apartamentos foram monitorados com os componentes convencionais por um período de 28 dias, sendo este considerado como período histórico.

Após este período, 72 apartamentos foram considerados como grupo de controle e os outros 72 tiveram as bacias sanitárias substituídas por outras com volume de descarga de 6 litros e os chuveiros convencionais por chuveiros de vazão reduzida, sendo monitorados por mais 63 dias para a verificação do impacto de redução do consumo de água.

Resultados

O consumo médio diário de água por pessoa no período histórico era de 340 ℓ /pes/dia e após a substituição dos componentes foi de 281 ℓ /pes/dia, ou seja, um impacto de redução de consumo de 17,4%.

4.5.2 Estudo de caso em edifícios unifamiliares em Tampa, Flórida – EUA

Um estudo de caso foi conduzido por KONEN; ANDERSON (1993) em um conjunto de 25 residências unifamiliares na cidade de Tampa, com o objetivo de verificar o impacto de redução do consumo de água devido à substituição de componentes convencionais por economizadores.

Ações

Foram selecionadas 25 casas como amostra representativa do número de casas da cidade. O estudo foi conduzido em duas fases de 30 dias com as seguintes ações:

- monitoração do consumo de água das casas com os componentes convencionais, cujos resultados foram utilizados para estimar o potencial de redução do consumo após a substituição dos componentes existentes por economizadores;
- substituição de bacias sanitárias e chuveiros existentes por economizadores e monitoração do consumo de água por um período de 30 dias para medir o impacto de redução do consumo obtido.

O sistema eletrônico de monitoração foi instalado nas 25 casas estudadas. Foram monitorados o consumo total de água da casa, o consumo externo de água, o consumo de água quente, o consumo de água do chuveiro, o consumo de água na bacia sanitária e a pressão hidráulica da água. As casas apresentavam as seguintes características:

- um e dois banheiros;
- idade dos usuários: 18 a 68 anos;
- número médio de usuários por residência: 2,9 pessoas/casa;
- todas as casas, exceto uma, dispunham de máquina de lavar roupa;
- poucas possuíam lava-louças ou piscinas.

Resultados da 1ª fase

- consumo diário por pessoa – 260 ℓ/pes/dia;
- consumo externo – 68 ℓ/pes/dia;

- consumo interno – 192 ℓ /pes/dia, sendo que 31% desse volume era de água quente, ou seja, 59,5 ℓ /pes/dia;
- o volume médio de descarga foi de 13,6 ℓ /descarga, menor que o esperado considerando-se a idade das casas;
- a frequência média de descarga foi de 3,8 desc/pes/dia;
- o volume de água utilizado nas bacias sanitárias representou 27% do consumo da parte interna das casas, em média, durante a 1ª fase;
- a vazão média dos chuveiros foi de 0,16 ℓ /s;
- o tempo médio de duração do banho foi de 6,3 min/pes/banho e a frequência média de banho é de 0,7 banho/pes/dia. O consumo de água para banho representou 22% do consumo interno.

Os autores comentam que uma comparação dos resultados da 1ª fase com outros estudos realizados anteriormente mostra muita similaridade nos valores de consumo interno das residências. Os valores médios de consumo *per capita*, frequência e volume de descarga, volume de água gasto no chuveiro, tempo e frequência de utilização foram similares, mesmo considerando-se as diferenças locais, tipo de casa, tipo de aparelho e condição sócio-econômica dos moradores.

Foi prevista uma redução do consumo de água de 44 ℓ /pes/dia após a substituição dos chuveiros e de bacias sanitárias com volume de descarga reduzido.

Resultados da 2ª fase

- o consumo médio total foi reduzido para 245 ℓ/pes/dia, uma redução de somente 6%. No entanto, foi verificado um aumento de 21% do consumo na parte externa;
- o consumo médio interno teve uma redução de 15,6%, diminuindo de 192 ℓ/pes/dia para 162 ℓ/pes/dia. Este resultado foi menor que o esperado;
- o consumo médio de água quente teve uma redução de 15,8%, provavelmente devido à menor vazão do chuveiro;
- o volume de descarga das bacias sanitárias teve um impacto de redução de 44,1%, diminuindo de 13,6 ℓ/descarga para 7,6 ℓ/descarga, porém a frequência de utilização aumentou de 3,8 desc./pes/dia para 4,5 desc./pes/dia, ou seja, 18,4%;
- o consumo médio de água para o banho reduziu de 40 ℓ/pes/dia para 26 ℓ/pes/dia e, portanto, uma redução de, aproximadamente, 35%.
- a maioria dos usuários consideraram o desempenho dos chuveiros satisfatório, mas vários outros os consideraram inadequados. Isto foi um indicativo da provável remoção desses componentes. Com relação às bacias sanitárias, a maioria considerou-as com desempenho superior ao das bacias convencionais.

4.5.3 Estudo de caso em edifícios unifamiliares em Oakland, Califórnia – EUA

Segundo AHER et al. (1991), o objetivo desse estudo foi determinar, através de levantamento de campo, observações e entrevistas as características do uso da água, a economia alcançada, a adequação do transporte de sólidos e o nível de satisfação dos usuários após a substituição de bacias sanitárias com volume de descarga reduzido e chuveiros de vazão reduzida em 25 residências unifamiliares.

Ressalta, ainda, que este estudo foi realizado durante o 5º ano de estiagem na região, o que implica que muitos usuários já haviam adotado algum tipo de economia de água por iniciativa própria.

Características das casas

- idade média das casas: 58 anos
- número total de adultos: 62 (acima de 18 anos)
- número total de crianças: 48
- número total de pessoas por casa: 4,4
- pressão hidráulica média da rede pública: 525 KPa
- número médio de bacias sanitárias por casa: 1,56
- número médio de chuveiros por casa: 1,36

Uma linha telefônica foi instalada em cada uma das casas para a transferência em intervalos de 24 horas para a central, dos seguintes dados coletados: consumo total de água, consumo de água quente, consumo externo de água, pressão hidráulica do sistema de alimentação, pressão no coletor de esgoto sanitário, horário e descargas das bacias sanitárias, temperatura e pressão hidráulica do chuveiro.

Os dados foram coletados em três fases:

- Fase I – monitoração das casas por 25 dias para o estabelecimento do consumo de água do sistema com os aparelhos existentes.
- Fase II – substituição dos chuveiros existentes, com vazão de 0,15 ℓ/s , por chuveiros de vazão reduzida de 0,13 ℓ/s , com monitoração por 10 dias.

- Fase III – instalação dos chuveiros antigos e substituição das bacias sanitárias com volume de descarga reduzida e monitoração por 25 dias.

Resultados

- Bacias sanitárias

O impacto de redução obtido das bacias sanitárias com volume de descarga reduzido foi de 20 ℓ/pes/dia, apesar do acréscimo de 16% do número de descargas, ou seja, de 3,2 desc./pes/dia para 3,7 desc./pes/dia. Observou-se que a utilização de bacias sanitárias e o acionamento de descargas são limitados pelo desejo dos usuários de economizar água:

- Chuveiros

A economia média de água alcançada após a instalação de chuveiros com vazão reduzida foi de 6,4 ℓ/pes/dia. O consumo de água por banho antes da substituição dos chuveiros era de 51 ℓ/banho e após a substituição foi de 40 ℓ/banho. Foram observados um aumento de tempo e de temperatura no banho: de 6 minutos e 1 segundo para 6 minutos e 38 segundos e de 38,3°C para 40°C, respectivamente.

- Avaliação dos usuários

Parte da população adulta, 67%, considerou que os chuveiros de vazão reduzida tiveram desempenho melhor ou igual aos anteriores.

- Pressão hidráulica

A pressão máxima na Fase I foi de 560 KPa e a mínima foi de 415 KPa, enquanto que na Fase III foram de 570 KPa e de 412 KPa, respectivamente e, portanto, os resultados obtidos não foram influenciados pela pressão hidráulica.

- Pressão hidráulica no coletor de esgoto sanitário

Os dados obtidos não indicaram obstrução do coletor durante o estudo, exceto uma casa que apresentou flutuação maior em todas as fases. A pressão máxima média no coletor na Fase I foi de 0,1143 KPa e na Fase II foi 0,1828 KPa. Nenhum problema foi verificado no escoamento de esgoto sanitário através do sistema.

4.5.4 Estudo de caso em hospital em Dorchester, Massachusetts – EUA

Segundo boletim da MASSACHUSETTS WATER RESOURCES AUTHORITY – MWRA (1994), o Carney Hospital, instalou restritores de vazão em todas as torneiras dos quartos de pacientes e nas salas de utilidades. O tempo médio de utilização de torneiras nas salas de utilidades é de 25 minutos diários. A vazão das torneiras diminuiu de 0,22 ℓ/s para 0,09 ℓ/s .

Isso resultou em uma redução de consumo de água de, aproximadamente, 333 ℓ/dia ou 44209 litros de água quente por ano, uma combinação de economia de água e de energia de, aproximadamente, 280 dólares anuais por torneira. O custo para a adequação de uma torneira é estimado em 12 dólares, resultando no retorno do investimento em menos de um mês.

4.5.5 Estudo de caso em hospitais - Boston, Massachusetts – EUA

Na área metropolitana de Boston está instalado um dos maiores centros hospitalares e de pesquisas médicas do Estados Unidos. Devido ao acréscimo do consumo de água e, conseqüentemente, do volume de esgoto sanitário, houve um aumento de 22% das tarifas, conforme boletim da MWRA (1996). Após uma reestruturação do Norwood Hospital, foi alcançado um impacto de redução do consumo anual de água de 29%, através da implementação das seguintes ações:

- reaproveitamento da água do sistema de ar comprimido para quatro bombas de vácuo;
- substituição de válvulas de descarga em bacias sanitárias e mictórios, instalação de arejadores em todas as torneiras de lavatório;
- substituição do sistema de resfriamento a água por outro a ar.

Foram estudados mais seis hospitais, sendo que o impacto médio de redução do consumo anual de água previsto foi de 19%. O consumo diário de água por pessoa variou de 151 ℓ /pes/dia a 1325 ℓ /pes/dia. Este resultado mostra que o consumo de água depende das características físicas e funcionais do sistema tais como: da especialidade de atendimento, da quantidade de visitas dos pacientes, dos equipamentos utilizados, da idade do sistema e do tipo de manutenção do sistema.

4.5.6 Estudo de caso em cozinhas industriais de restaurantes e bares – São Paulo

Com o objetivo de desenvolver uma metodologia específica para implantação de Programa de Uso Racional da Água em cozinhas industriais e bares a TESIS (1998)

conduziu um estudo de caso nas duas tipologias de edifício: cozinha industrial da fábrica de caminhões da FORD em São Paulo, com sanitários/vestiários para funcionários e a Cervejaria Continental, também em São Paulo, com sanitários de uso público, sanitário de funcionários, cozinha e pontos de uso geral. Considerando-se que o volume de perda de água do sistema de ar condicionado apresenta sazonalidade, além de variar em função do tipo de equipamento, ele não foi considerado no estudo.

4.5.6.1 Cozinha FORD

As ações para a redução de consumo de água foram: correção de vazamentos, substituição das torneiras convencionais por torneiras hidromecânicas, substituição do registro de pressão por válvula hidromecânica no mictório, de parte dos registros de pressão por válvulas hidromecânicas nos chuveiros, das bacias sanitárias com válvula de descarga convencionais por bacias sanitárias VDR com válvula de descarga de ciclo fixo, das torneiras convencionais das pias da cozinha pelas de monocomando.

Resultados

- consumo histórico: 41,17 ℓ/refeição;
- consumo após a correção de vazamentos: 36,06 ℓ/refeição, portanto um impacto de redução de 12,41%;
- consumo após a substituição dos componentes convencionais por economizadores: 31,65 ℓ/refeição, portanto um impacto de redução de 12,23% em relação à etapa anterior.

A avaliação econômica foi realizada pela relação custo x benefício e indicou os seguintes resultados: tempo de retorno do investimento pela correção dos vazamentos inferior a 1 mês e de 3,5 meses para a substituição dos componentes convencionais por economizadores.

4.5.6.2 Cervejaria Continental

A ação para a redução de consumo de água foi a substituição de todos os componentes convencionais por economizadores, ou seja: torneiras convencionais dos lavatórios dos sanitários por torneiras eletrônicas, torneiras convencionais dos lavatórios dos sanitários de funcionários por torneiras hidromecânicas, torneiras convencionais das pias da cozinha pelas de monocomando, registro de pressão do mictório por válvula eletrônica, bacias sanitárias com válvula de descarga e com caixa de descarga convencionais por bacias sanitárias VDR com válvula de descarga de ciclo fixo.

Resultados

- consumo histórico: 55,46 m³/semana;
- consumo após a substituição dos componentes convencionais por economizadores exceto as bacias sanitárias: 43,36 m³/semana, portanto um impacto de redução do consumo de 21,82%, ou seja, 49 m³/mês;
- consumo após a substituição das bacias sanitárias VDR: 40,83 m³/semana, portanto um impacto de redução do consumo de 5,83% em relação à etapa anterior.

A avaliação econômica foi realizada pela relação custo x benefício e indicou os seguintes resultados: tempo de retorno do investimento para a substituição dos componentes convencionais por economizadores, exceto as bacias sanitárias, de 28 meses e de 43 meses para a substituição das bacias sanitárias.

4.6 Perspectivas de uso racional da água em edifícios

Através dos trabalhos apresentados observam-se diferentes resultados para a implementação de ações similares, em edifícios de mesma tipologia. Isso mostra que cada sistema requer ações diferenciadas e planejadas após o conhecimento de todos os aspectos do edifício, dos usuários e do meio ambiente, uma vez que eles influenciam o consumo de água. No entanto, os resultados dos trabalhos referenciados mostram muita similaridade no que diz respeito à redução do consumo de água, através da implementação de ações tecnológicas, principalmente, na substituição de bacias sanitárias e de chuveiros convencionais por economizadores de água.

Observa-se que em alguns trabalhos apresentados não foi verificado, ou não foi relatado, o impacto de redução do consumo de água resultante da correção de vazamentos, dentre eles citam-se: ÁVILA et al. (1991) e AYRES ASSOCIATES (1993). Esse fato pode ter conduzido a resultados enganosos, ou seja, a consideração do impacto de redução obtido somente como decorrência do componente economizador de água. Dessa forma, na substituição de um componente convencional por economizador pode ter ocorrido a redução do consumo de água, tanto pela correção de um vazamento existente, como em função do componente instalado.

Outro fator que deve ser considerado é que a maior parte dos trabalhos levantados são norte-americanos, onde os sistemas prediais são do tipo direto enquanto que os brasileiros são do tipo indireto. Esse aspecto pode apresentar diferenças de pressão, com predominância de baixa pressão (20 KPa a 100 KPa) para sistemas prediais brasileiros e de alta pressão para sistemas prediais norte-americanos, pois conforme a AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS (1996) os componentes devem ser projetados para suportar uma pressão de trabalho de até 860 KPa.

Ressalta-se que foram verificados valores na faixa de 412 KPa a 570 KPa em sistemas prediais de água fria de edifícios residenciais unifamiliares norte-americanos, conforme AHER et al. (1991). Uma vez que este parâmetro hidráulico influencia diretamente as vazões nos pontos de utilização, supõe-se também a sua influência em maiores valores individuais de consumo. Este fato pode refletir nos resultados de impacto de redução de consumo de água com a obtenção de menores valores para os sistemas brasileiros.

Observa-se que é importante diferenciar o desempenho do componente por si só do desempenho dele no sistema. Um exemplo é o caso de bacias sanitárias com volume de descarga de 6 litros com uma média de 50% do volume de descarga das bacias sanitárias convencionais e que no sistema proporcionam um impacto de redução numa faixa de 5% a 40%, conforme resultados obtidos em trabalhos desenvolvidos e apresentados por AYRES ASSOCIATES (1993), REGIONAL MUNICIPALITY OF WATERLOO (1996) e TESIS (1998). A variação desses resultados depende, em geral, das condições de operação do sistema e do comportamento dos usuários. Pode ocorrer, também, que alguns componentes que não apresentem bom desempenho no sistema direto pode apresentar bons resultados no sistema indireto ou o contrário.

Ressalta-se, ainda, que a utilização de componentes economizadores de água tende a reduzir diâmetros em sistemas prediais de coleta de esgoto sanitário ou de aumentar a capacidade dos sistemas públicos existentes, conforme apresentado por OLIVEIRA (1991), SWAFFIELD (1995), BALANCO (1996) e GRIGGS et al. (1998). Este é um dos resultados que indicam a redução de custos de execução desses sistemas.

Os trabalhos apresentados neste capítulo indicam a necessidade de uma metodologia adequada aos sistemas brasileiros e, ainda, mostram a possibilidade de reduzir o consumo de água sem reduzir o nível de desempenho do sistema. Assim, a metodologia apresentada no capítulo 5 propõe diretrizes para a implantação de PURAs em edifícios tendo-se como premissa básica o conhecimento do sistema para o planejamento e implementação de ações adequadas.

5 METODOLOGIA PARA A IMPLANTAÇÃO DE PROGRAMA DE USO RACIONAL DA ÁGUA EM EDIFÍCIOS

Apresenta-se neste capítulo a metodologia proposta para a implantação de Programa de Uso Racional da Água – PURA em edifícios. O conhecimento do sistema hidráulico, do consumo da água no edifício, das atividades nele desenvolvidas e dos procedimentos dos usuários na realização das atividades é fundamental para a implantação de um programa dessa natureza.

A metodologia proposta sistematiza as intervenções a serem realizadas em um edifício de tal forma que as possíveis ações para a redução de consumo de água sejam resultantes de um conhecimento amplo do sistema e, dessa forma, garantindo os níveis mínimos desejáveis de uso e de desperdícios de água.

Considerando-se que as ações tecnológicas sejam as mais eficientes para o alcance desse objetivo, uma vez que dependem menos da disposição do usuário em alterar procedimentos relacionados ao uso da água, esta metodologia é estruturada basicamente com o apoio dessas ações. No entanto, reconhecendo a importância da participação do usuário quando se deseja reduzir o consumo de água em um sistema, são contempladas diretrizes para conscientizar e preparar os usuários para o exercício de suas atividades utilizando somente a quantidade necessária e indispensável de água.

A metodologia é estruturada em quatro etapas, conforme fluxograma apresentado na figura 5.1.

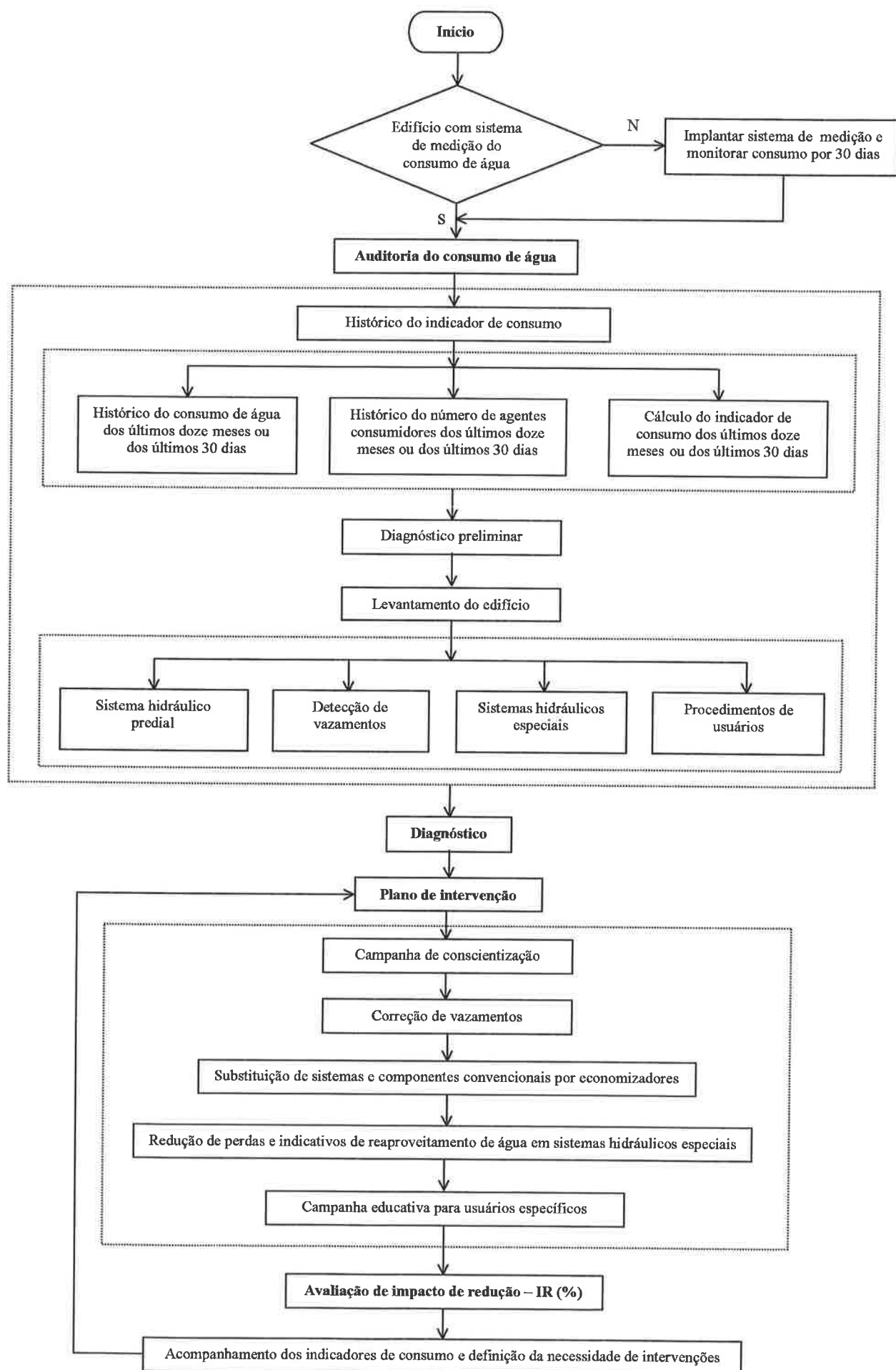


Figura 5.1 – Estrutura da metodologia para a implantação de PURA em edifícios.

Conforme apresenta a figura 5.1, para os edifícios que não dispõem de sistema de medição de água, é necessária a sua implantação e monitoração do consumo diário de água por um período mínimo de trinta dias. A metodologia para a implantação de PURA em edifícios é estruturada em quatro etapas, descritas a seguir:

- **auditoria do consumo de água** – é a etapa que permite o conhecimento da utilização da água no sistema através de planejamento adequado para a realização de levantamento documental, das características físicas e funcionais do edifício e, em particular, do sistema hidráulico e das solicitações dos usuários ao sistema;
- **diagnóstico** – é a síntese organizada das informações, obtidas na auditoria do consumo de água, que identifica as condições de operação, os problemas e pontos frágeis do sistema de forma quantitativa e qualitativa, tornando-se assim, ferramenta indispensável para o planejamento de ações compatíveis com as condições de operação do sistema;
- **plano de intervenção** – é o conjunto de ações, definidas em função do diagnóstico e das condições técnico-econômicas, com o objetivo de reduzir usos e desperdícios de água no sistema predial, sem contudo diminuir o nível de conforto e de higiene e, principalmente, colocar em risco a saúde do usuário, através do menor volume de água a ser utilizado no sistema;
- **avaliação do impacto de redução do consumo** – consiste em verificar o efeito de cada uma das ações implementadas no sistema, através da monitoração diária, semanal ou mensal do volume de água medido, cujo valor é confrontado com o volume médio medido no período anterior à implementação do PURA, considerando-se a influência das variáveis e eventos nos dois períodos.

Após a conclusão dessas quatro etapas, recomenda-se a continuidade da monitoração do consumo de água do sistema como forma de detectar e controlar desperdícios - perdas e usos excessivos - tão logo eles se manifestarem e, desta forma, corrigi-los no menor tempo possível.

Ressalta-se, ainda, que o PURA não deve ser interrompido, correndo-se o risco do sistema retornar às condições iniciais. Assim, ao concluir todas as etapas avaliar o plano de intervenção e verificar, em função do comportamento do sistema face às ações implementadas, quais as ações devem ser aprimoradas ou acrescentadas para manter ou melhorar os níveis mínimos de consumo de água alcançados quando da primeira intervenção do PURA.

5.1 Auditoria do consumo de água

Neste trabalho considera-se auditoria do consumo de água o conjunto de informações e observações preliminares do sistema hidráulico e dos procedimentos dos usuários nas atividades que utilizam a água. Antes de implementar quaisquer ações que promovam a redução de desperdícios e de volumes utilizados em um sistema é essencial verificar como a água é consumida e, se possível, levantar as áreas grandes consumidoras do sistema, que variam em função da tipologia do edifício.

A realização da auditoria do consumo de água possibilita um melhor conhecimento dos valores de consumo diário e de consumo por agente consumidor. Estas informações contribuem para um diagnóstico mais preciso do sistema, o que facilita a elaboração de

um plano de intervenção mais adequado – ações específicas para o sistema em função de suas necessidades e características físico-funcionais.

Esta etapa é imprescindível quando se deseja avaliar o impacto de redução do consumo de água em função das ações implementadas, uma vez que os dados levantados serão referência para a avaliação. Dessa forma, propõe-se que a auditoria do consumo de água seja realizada em duas etapas:

- levantamento do histórico do indicador de consumo de água;
- levantamento do edifício.

5.1.1 Histórico do indicador de consumo de água

Denomina-se **indicador de consumo – IC**, a relação entre o volume de água consumido em um determinado período e o número de agentes consumidores desse mesmo período.

Esta etapa da auditoria do consumo de água requer o levantamento dos seguintes dados:

- histórico do consumo de água – consumos mensais dos últimos doze meses para os edifícios com sistema de medição, ou consumos diários dos últimos trinta dias para os edifícios que não possuíam esse sistema até o início do PURA;
- histórico do número de agentes consumidores – número de agentes consumidores para o mesmo período do histórico do consumo de água.

O estabelecimento do período de doze meses para a formação do histórico deve-se ao fato da probabilidade do consumo de água variar em função das diferentes estações do ano, ou seja, verificação da existência de sazonalidade. Assim, o período mínimo

recomendado para a obtenção de um histórico é de doze meses. Esses dados possibilitam a elaboração do histórico do indicador de consumo de água de um sistema, cujos conceitos e passos necessários para tal são apresentados a seguir.

5.1.1.1 Histórico do consumo de água

O histórico do consumo de água constitui-se do levantamento dos valores de consumos mensais de água, relativos aos últimos doze meses, para os edifícios com sistema de medição antes do PURA ou dos consumos diários dos últimos trinta dias, para os edifícios que receberam sistema de medição após o PURA.

Tais valores são obtidos da administração ou do proprietário do edifício, conforme a tipologia em estudo ou podem ser solicitados à companhia de saneamento básico que presta serviços ao município onde está localizado o edifício ou, ainda, adquiridos através de leituras diárias do hidrômetro.

Ressalta-se que para a obtenção desses dados, através de uma companhia de saneamento básico, são necessários o fornecimento do número do hidrômetro ou do número da conta e do endereço completo do edifício no qual está sendo implantado o PURA. Caso o edifício tenha mais de um hidrômetro, obter o consumo total, ou seja, referente à soma dos consumos de todos os hidrômetros.

A partir dos valores de consumo mensal de água, obtidos das contas dos últimos doze meses, calcular o consumo médio diário de cada mês, dividindo-se o consumo mensal

pelo número de dias de medição, indicados na conta, uma vez que estes variam em função do intervalo entre leituras do hidrômetro, geralmente de 27 a 33 dias.

5.1.1.2 Histórico do número de agentes consumidores

Denomina-se **agente consumidor** a variável mais representativa do consumo de água em um sistema, a qual depende não só da tipologia do edifício mas, também das características funcionais do sistema.

No caso de uma escola tem-se como agentes consumidores os elementos do conjunto populacional - professores, alunos e funcionários. Em geral, a variável consumidora de água mais representativa para uma escola convencional é o aluno, portanto o agente consumidor. No entanto, para uma escola especial com o número de professores tão grande quanto o número de alunos, os agentes consumidores devem ser a população total, ou seja, alunos, professores e funcionários.

Dessa forma, o agente consumidor deve ser definido em função da tipologia e das atividades desenvolvidas no edifício. Apresentam-se a seguir exemplos de possíveis agentes consumidores para algumas tipologias de edifício:

- edifício residencial – pessoas (moradores);
- edifício de escritórios – pessoas (ocupantes);
- escola – alunos;
- hospital – leitos funcionantes (leitos ocupados por pacientes), pessoas (população fixa ou população total);
- restaurante e cozinha industrial – refeições preparadas;

- lavanderia – massa de roupa seca (kg de roupa seca).

Considerando-se que para várias tipologias de edifício os agentes consumidores são representados pela população, deve-se observar a existência de dois tipos de população: fixa e flutuante. Denomina-se **população fixa** aquela que é usuária do sistema com frequência e permanência contínua, portanto sem a consideração dos usuários que estão de férias ou afastados. Entende-se por **população flutuante** aquela que utiliza o sistema eventualmente, sem frequência ou horário fixos.

O histórico do número de agentes consumidores é, geralmente, obtido da área responsável pelo controle populacional do edifício: recursos humanos, estatística, administração de condomínio ou outra, conforme a tipologia do edifício. Os valores obtidos devem ser relativos ao período equivalente ao histórico do consumo de água. É indispensável o cadastro do número de agentes consumidores, não só durante a realização da auditoria, mas também, durante a implementação das ações do plano de intervenção.

5.1.1.3 Cálculo do indicador de consumo de água

O período de atividades utilizado no cálculo do indicador de consumo varia em função da tipologia do edifício. Assim, no caso de edifícios hospitalares e de edifícios residenciais o período considerado deve ser o número total de dias do mês em questão, pois estão em atividade permanente. No entanto, no cálculo do indicador de consumo para edifícios em que há interrupção de atividades em finais de semana e feriados e também em períodos de férias, tais como para edifícios escolares e de escritórios,

devem ser feitas considerações específicas, ou seja, o período de consumo é, em geral, maior que o período de atividades. Dessa forma, o valor do indicador de consumo é obtido através da equação 5.1:

$$IC = \frac{\text{consumo de água do período}}{\text{n}^{\circ} \text{ de agentes consumidores} \times \text{período de atividades}} \quad (5.1)$$

Assim, obtém-se, por exemplo, os seguintes indicadores de consumo, conforme a tipologia de edifício:

- edifício residencial – litros/pessoa/dia;
- edifício de escritórios – litros/pessoa/dia;
- escola – litros/aluno/dia, litros/pessoa/dia;
- hospital – litros/leito/dia, litros/pessoa/dia;
- restaurante e cozinha industrial – litros/refeição preparada;
- lavanderia – litros/kg de roupa seca.

A determinação dos valores de indicadores de consumo para o período histórico é de máxima importância, pois eles constituem-se em valores de referência para a análise do impacto de redução do consumo de água, após cada uma das ações implementadas no decorrer do PURA, ou seja, para a avaliação do PURA.

Somente a análise do histórico do indicador de consumo de água mostra se houve aumento ou decréscimo real do consumo, pois quando há aumento do número de agentes consumidores a tendência é o acréscimo de consumo de água. Caso o consumo permaneça o mesmo após o aumento do número de agentes consumidores, o indicador

de consumo apresenta valores menores, mostrando redução real do consumo. Assim, uma análise somente do histórico do consumo mensal de água pode conduzir a uma avaliação errônea.

Um exemplo desse fato é a análise do consumo mensal do mês de março, com 31 dias, em relação ao mês de fevereiro, com 28 dias. Nesse caso, se o número de agentes consumidores é o mesmo nos dois meses, a análise pode indicar, maior consumo no mês de março. Essa análise pode estar errada, conforme se verifica pelo cálculo do indicador de consumo, cujo resultado pode indicar redução ou estabilização do consumo de água por agente consumidor no mês de março.

5.1.2 Diagnóstico preliminar do consumo de água

Ao analisar os indicadores de consumo de água do período histórico – ICh, podem ser verificados dois casos:

- **Caso 1:**
 - heterogeneidade dos valores de indicador de consumo de água do período histórico, formando dois grupos: ICh1 e ICh2.
- **Caso 2:**
 - homogeneidade dos valores de indicador de consumo de água do período histórico, não denotando anomalia no sistema.

No primeiro caso, obter o valor médio dos indicadores de consumo nos dois grupos – ICh1 e ICh2, que podem ocorrer da seguinte forma:

- $ICh1 < ICh2$ – indica que o sistema estava operando em condições normais e tenha ocorrido desperdício de água, influenciando o aumento do valor do indicador de consumo;
- $ICh1 > ICh2$ – indica que o sistema estava com desperdício, foi corrigido e voltou a operar em condições normais.

No segundo caso, o sistema pode estar em uma das três situações:

- o sistema encontra-se em condições adequadas de operação;
- o sistema sempre teve um consumo excessivo;
- o sistema teve um aumento do indicador de consumo antes do período histórico e, por esta razão, a falha no sistema tornou-se imperceptível no período em análise.

Assim, para a realização de um diagnóstico preliminar do sistema, o qual possibilita a previsão de um impacto de redução de consumo de água, recomenda-se estimar o valor de consumo mensal de água através das equações 5.2 a 5.11, propostas por BERENHAUSER; PULICI (1983), para algumas tipologias de edifício da cidade de São Paulo e apresentadas a seguir:

- **Prédio de apartamentos**

$$Cme = 6 BH + 3 ND + 0,01 AC + 30 \quad (5.2)$$

- **Edifício comercial (sem restaurante e/ou lanchonete)**

$$Cme = 0,08 AC \quad (5.3)$$

- **Escola de 1º e 2º graus**

$$Cme = 0,05 AC + 0,1 NV + 0,7 NF + 20 \quad (5.4)$$

- **Escola de nível superior**

$$Cme = 0,03 AC + 0,7 NF + 0,8 BS + 50 \quad (5.5)$$

- **Creche**

$$Cme = 3,8 \text{ NF} + 10 \quad (5.6)$$

- **Pronto-socorro (com mais de 20 funcionários)**

$$Cme = 10 \text{ NF} - 70 \quad (5.7)$$

- **Hospital**

$$Cme = 2,9 \text{ NF} + 11,8 \text{ BS} + 2,5 \text{ NL} + 280 \quad (5.8)$$

- **Hotel de 1ª categoria (5, 4 e 3 estrelas)**

$$Cme = 6,4 \text{ BH} + 2,6 \text{ NL} + 400 \quad (5.9)$$

- **Hotel de 2ª categoria (categoria abaixo da média)**

$$Cme = 3,1 \text{ BH} + 3,1 \text{ NL} - 40 \quad (5.10)$$

- **Restaurante**

$$Cme = 7,5 \text{ NF} + 8,4 \text{ BS} \quad (5.11)$$

onde:

Cme = consumo mensal estimado de água, m^3 ;

BH = número de banheiros;

ND = número de dormitórios;

AC = área construída, m^2 ;

NV = número de vagas;

NF = número de funcionários;

BS = número de bacias sanitárias;

NL = número de leitos.

Tais equações determinam o consumo mensal estimado de água para algumas tipologias de edifício. Obtendo-se este valor, dividi-lo pelo número total de agentes consumidores,

mês a mês, do período histórico considerado e determinar o **indicador de consumo estimado – ICe**, através da média aritmética desses valores. Em seguida, comparar ICe com o **indicador de consumo do período histórico – ICh**. Caso o valor do primeiro seja muito menor do que o valor do segundo há um forte indício de desperdício no sistema, quer seja por vazamento, procedimentos inadequados dos usuários ou por mau desempenho do sistema ou, ainda, pelo conjunto dos fatores apresentados.

Considerando-se que as equações propostas referem-se a algumas tipologias de edifício e a inexistência de trabalho brasileiro para a tipologia de edifício residencial unifamiliar, adota-se a faixa de valor de 150 ℓ /pes/dia, conforme apresentado em ILHA; GONÇALVES (1994). Embora esses valores possam variar entre sistemas de mesma tipologia eles servem de referência para uma avaliação preliminar.

Ressalta-se a necessidade de desenvolvimento de pesquisa para a obtenção desses indicadores de consumo através de metodologia adequada e aplicada a várias tipologias de edifício e em todas as regiões brasileiras, de tal forma que esses valores possam fornecer maior confiabilidade, quando utilizados.

A partir do(s) valor(es) médio(s) do(s) indicador(es) de consumo de água no período histórico: ICh ou ICh1 e ICh2 e do valor do indicador de consumo estimado: ICe, pode-se diagnosticar a existência de desperdício no sistema determinando-se o **desperdício diário estimado – DDe** e o **índice de desperdício estimado – IDe**, através das equações 5.12 a 5.17, conforme um dos casos:

a. Heterogeneidade dos valores de ICh, com $ICh1 < ICh2$

$$DDe = ICh2 - ICh1 \quad (5.12)$$

$$IDe = \frac{ICh2 - ICh1}{ICh2} \times 100 (\%) \quad (5.13)$$

b. Heterogeneidade dos valores de ICh, com $ICh1 > ICh2$

$$DDe = ICh2 - ICe \quad (5.14)$$

$$IDe = \frac{ICh2 - ICe}{ICh2} \times 100 (\%) \quad (5.15)$$

c. Homogeneidade dos valores de ICh

$$DDe = ICh - ICe \quad (5.16)$$

$$IDe = \frac{ICh - ICe}{ICh} \times 100 (\%) \quad (5.17)$$

onde:

DDe = desperdício diário estimado;

IDe = índice de desperdício estimado;

ICe = indicador de consumo estimado;

ICh = indicador de consumo do período histórico, no caso de grupo homogêneo;

ICh1 = indicador de consumo do período histórico do grupo 1, no caso de grupo heterogêneo;

ICh2 = indicador de consumo do período histórico do grupo 2, no caso de grupo heterogêneo.

Quando não for possível a determinação do desperdício estimado, diagnosticar o desperdício no sistema considerando-se somente os eventos indicativos. A figura 5.2 apresenta fluxograma para a realização de diagnóstico preliminar do consumo de água em um edifício.

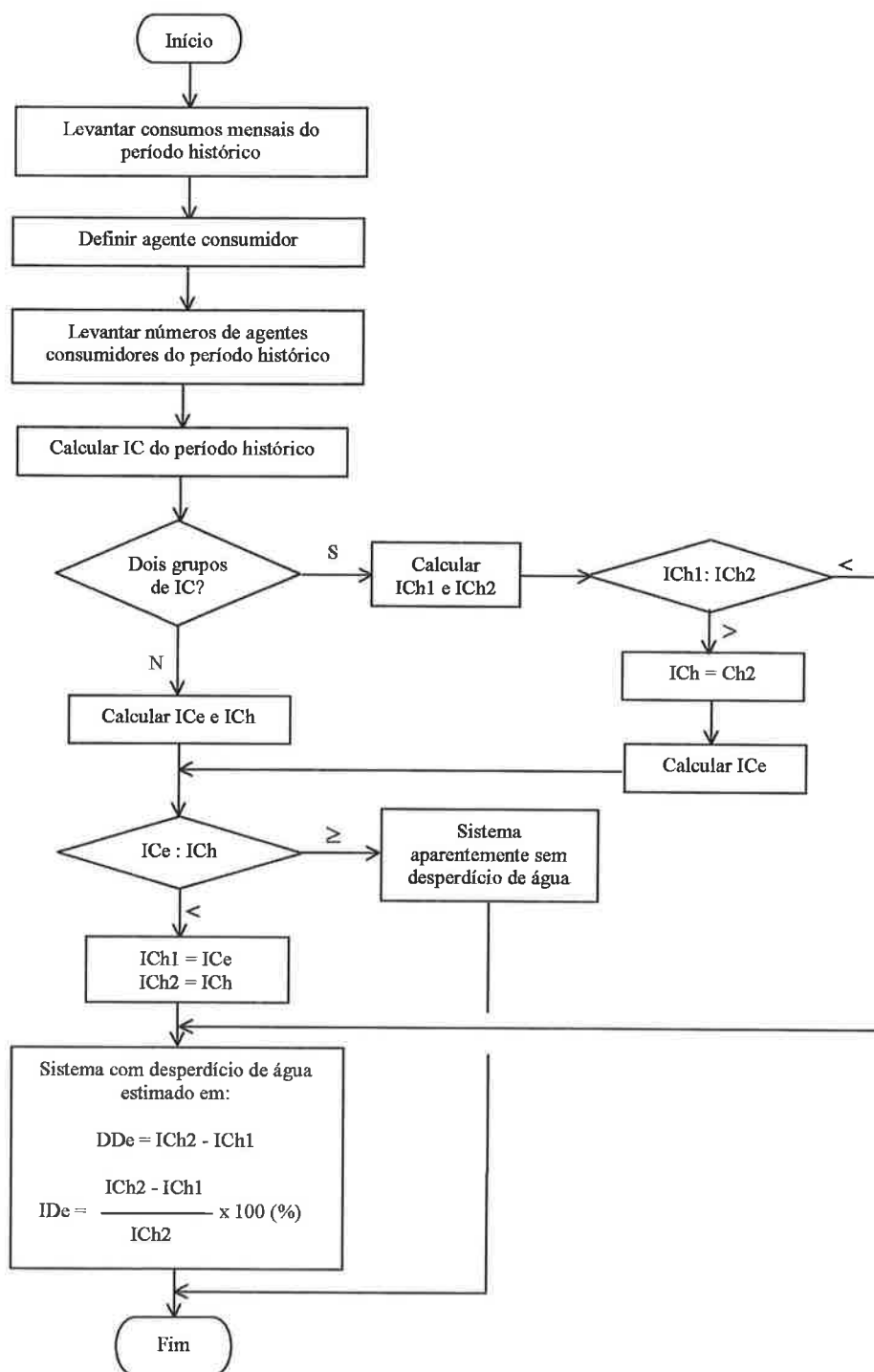


Figura 5.2 – Fluxograma para a realização do diagnóstico preliminar do consumo de água em um edifício.

5.1.3 Levantamento do edifício

Para o conhecimento das características físicas e funcionais do sistema hidráulico e das atividades desenvolvidas no edifício é necessária a realização de um levantamento geral. Assim, essa etapa deve ser iniciada pelo levantamento documental do sistema, ou seja, a aquisição de cópia dos seguintes projetos:

- arquitetônico;
- hidráulico predial.

Através do projeto arquitetônico pode-se visualizar melhor a distribuição dos ambientes com os respectivos aparelhos sanitários, pois geralmente é um projeto mais “limpo” em relação ao projeto hidráulico predial, o que facilita o trabalho de levantamento. Esse projeto é utilizado como guia durante a vistoria de cada um dos ambientes sanitários, ou seja, aqueles que tenham, no mínimo, um ponto de utilização. Devem ser cadastradas as possíveis alterações verificadas em relação ao projeto. Na falta desse projeto é conveniente que se faça um *croquis* indicando todos os pontos de utilização do sistema.

Do projeto arquitetônico cadastrar as seguintes informações:

- área total de construção – bloco principal e anexos;
- área de pavimentação externa;
- área verde.

Tais informações contribuem para facilitar o entendimento do perfil de consumo de água do sistema. Assim, se o edifício dispõe de uma área de pavimentação externa e área verde muito grandes, as questões a serem investigadas são os procedimentos e

periodicidade de lavagem daquela área, bem como os de irrigação do gramado, pois essas atividades, em geral, consomem muita água. Obter, também, a data de início de operação do sistema, pois possibilita uma avaliação de suas condições de operação, ou seja, o estado das tubulações e dos componentes de utilização.

A realização das atividades do sistema pode consumir menos água se procedimentos e componentes de utilização adequados forem utilizados, pois o consumo de água depende da vazão do componente e do tempo de utilização que, por sua vez, variam em função dos procedimentos do usuário na realização de suas atividades. O projeto do sistema hidráulico fornece as informações do traçado geométrico, dos diâmetros e do material das tubulações, muito necessárias na etapa de detecção e correção de vazamentos.

Caso não seja possível a aquisição desses projetos, obter informações do sistema, através de funcionários mais antigos do edifício e que acompanham os serviços de manutenção. Assim, a partir dessas informações, elaborar *croquis* das áreas de interesse ou do edifício completo.

5.1.3.1 Sistema hidráulico predial

Considerando-se a importância desse sistema, uma vez que todos os edifícios têm, no mínimo, o sistema de água fria, aborda-se com exclusividade, nesse item, os procedimentos necessários para realizar o seu levantamento. Os sistemas hidráulicos especiais, conforme conceituados no item 4.1, são apresentados no item 5.1.3.4. A figura 5.3 apresenta o fluxograma para a realização do levantamento desse sistema.

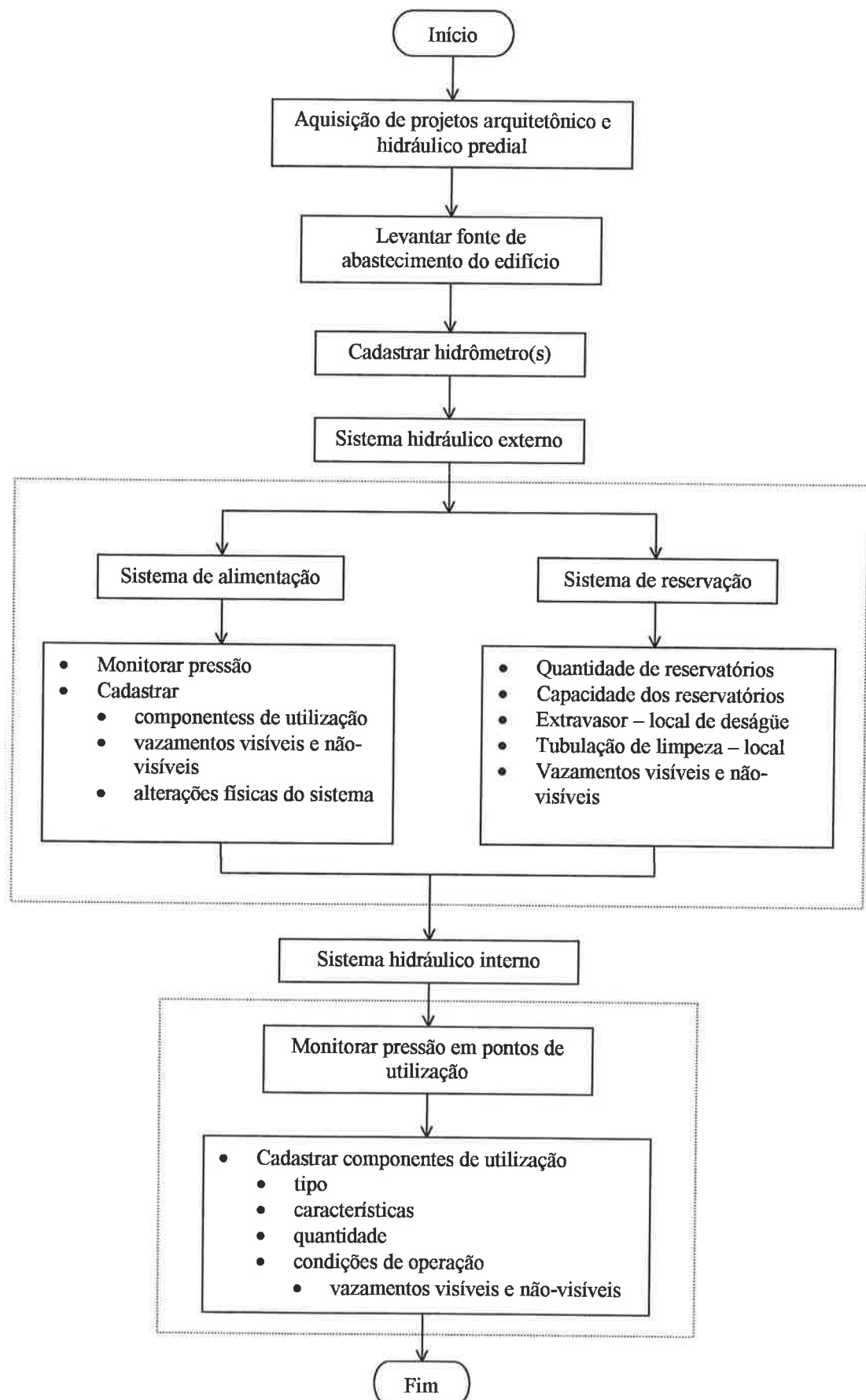


Figura 5.3 – Fluxograma para levantamento de sistema hidráulico predial.

a. Sistema de abastecimento

O levantamento deve conter informações relativas à fonte de abastecimento de água:

- sistema público de água;
- poço artesiano;
- mista – sistema público e poço artesiano;
- caminhão pipa.

Informar, também, se há intermitência no suprimento de água e qual o tipo de sistema para destino final de esgoto sanitário – público, fossa séptica ou outro.

Tais informações, em geral, são indicativas de maior ou menor controle do consumo de água. Considerando-se que em um sistema ocorra a intermitência no suprimento de água ou que o destino final do efluente de esgoto sanitário seja uma fossa séptica, a tendência do usuário é reduzir o consumo de água para evitar a sua falta, no primeiro caso, ou diminuir a frequência de limpeza da fossa séptica, no segundo caso. Por outro lado, pode ocorrer maior consumo de água quando o sistema é suprido por poço artesiano e o esgoto não é tarifado.

b. Sistema de medição

Para edifícios abastecidos pelo sistema público de água, cadastrar o número do hidrômetro, a vazão nominal e o diâmetro do alimentador predial. Caso seja constatada a existência de outros medidores, devem também ser cadastrados. Essas informações são úteis nos contatos com a companhia de saneamento.

c. Pressão hidráulica

O conhecimento deste parâmetro hidráulico é de fundamental importância, pois as vazões nos pontos de utilização e nos vazamentos estão influenciadas por ele, conforme explicado no item 4.1.5. Dessa forma, em um sistema hidráulico pode-se ter maiores vazões nos pontos de utilização, como também, nas perdas por vazamentos, em função do aumento da pressão. Ambas as questões estão diretamente relacionadas ao gerenciamento do sistema hidráulico no que diz respeito à redução do consumo de água. Observa-se, ainda, que para especificar componentes de utilização é necessário o conhecimento da ordem de grandeza da pressão hidráulica no ponto de utilização.

Conforme recomendações da norma NBR 5626 (1998), o sistema hidráulico deve ser dimensionado para pressão estática máxima de 400 KPa e pressão dinâmica mínima de 10 KPa, exceto para o ponto de caixa de descarga que poderá atingir o mínimo de 5 KPa e o ponto da válvula de descarga para bacia sanitária onde a pressão dinâmica não deve ser inferior a 15 KPa. Apesar dessas recomendações, muitos sistemas são solicitados por valores de pressão superiores, propiciando perdas de água tais como rupturas de tubulações e de engates flexíveis.

Assim, justifica-se a importância da monitoração da pressão hidráulica em trechos do sistema mais solicitados como, por exemplo, o alimentador predial sujeito a valores excessivos de pressão da rede pública de água.

A pressão hidráulica pode ser monitorada através da instalação de um manômetro em um ponto de utilização, com leituras realizadas a cada hora ou através de um sistema de

aquisição de dados de pressão – *data logger*. GONÇALVES; OLIVEIRA (1998) desenvolveram uma metodologia para a monitoração de pressão hidráulica utilizando-se um *data logger* e um *software* específicos para tal fim. As figuras 5.4 e 5.5 ilustram a monitoração da pressão através de um *data logger* e a respectivas curvas de pressão, obtidas do alimentador predial do sistema hidráulico de um edifício residencial unifamiliar, durante um período de seis dias.



Figura 5.4 – Monitoração da pressão hidráulica no alimentador predial de um edifício residencial unifamiliar.

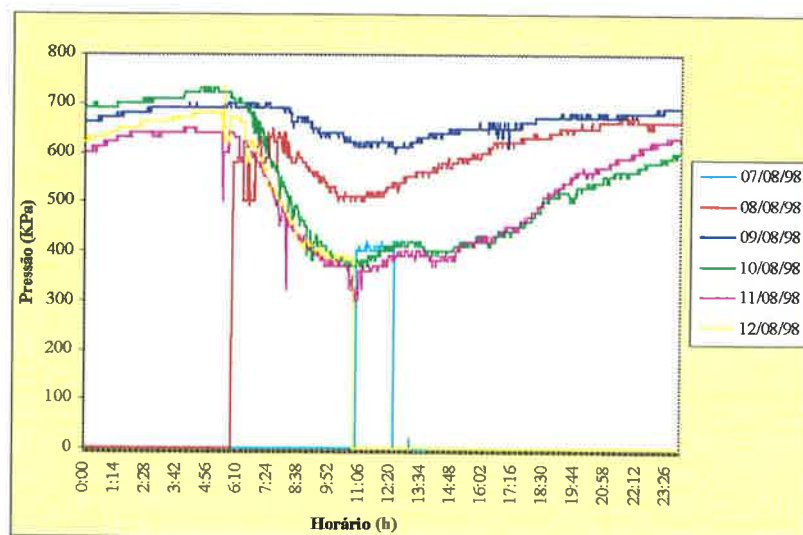


Figura 5.5 – Curvas de pressão hidráulica obtidas da monitoração do alimentador predial de um edifício residencial unifamiliar.

Observa-se através da figura 5.5 que a pressão hidráulica no sistema apresenta valores superiores aos recomendados pela NBR 5626 (1998) e, também, superiores aos necessários para a realização de detecção de vazamentos por meio de equipamentos acústicos, uma vez que apresenta valores superiores a 103 KPa.

Conhecendo-se o valor da pressão hidráulica nos trechos mais solicitados do sistema pode-se fazer uma avaliação preliminar tanto dos desperdícios causados por vazões excessivas em pontos de utilização, como da possibilidade de maiores perdas decorrentes de vazamentos.

Para facilitar o trabalho de levantamento do sistema propõe-se que o mesmo seja realizado em duas etapas: sistema hidráulico externo e sistema hidráulico interno, conforme apresentado a seguir.

d. Sistema hidráulico externo

Conforme apresentado no item 4.1.2, o sistema hidráulico externo é composto pelos subsistemas de alimentação e de reservação, cujos levantamentos são descritos a seguir.

d1. Sistema de alimentação

Também denominado, alimentador predial, deve ser vistoriado devendo ser cadastradas as seguintes informações:

- todos os pontos de utilização alimentados diretamente pelo sistema público de abastecimento de água;

- vazamentos visíveis em componentes de utilização ou tubulação;
- as alterações de traçado geométrico, de material ou localização e acréscimo de hidrômetro verificadas em relação ao projeto.

d2. Sistema de reservação

Para o levantamento do sistema de reservação, recomenda-se obter do projeto hidráulico e checar *in loco* a quantidade e capacidade dos reservatórios inferiores e superiores e, se possível, apresentar planta de locação indicando as suas localizações.

Tais informações são importantes quando os reservatórios são lavados durante o período de avaliação de uma ação implementada. Assim, essa atividade constitui-se em um evento que deva ser considerado na análise do impacto de redução do consumo de água, principalmente porque os procedimentos de limpeza dos reservatórios influenciam muito o consumo de água. Inspeccionar, também, locais de deságüe do extravasor e da tubulação de limpeza. A detecção de vazamento desse sistema está apresentada no item 5.1.3.2.

e. Sistema hidráulico interno

Conforme apresentado no item 4.1.2, o sistema hidráulico interno é composto pelos subsistemas de água fria e quente localizados à jusante do reservatório superior. O levantamento desse sistema é realizado cadastrando-se todos os componentes de utilização, através da planilha no ANEXO III, que contém as seguintes informações:

- tipo de componente de utilização

- torneira de lavatório – Lv;
- bacia sanitária com válvula de descarga – VD;
- bacia sanitária com caixa de descarga acoplada ou elevada – CD;
- chuveiro elétrico – Ch;
- ducha – Du;
- torneira de pia – TP;
- filtro – F;
- bebedouro – Bb;
- torneira de tanque – Tq;
- torneira de limpeza – TL;
- mictório coletivo – McC;
- mictório individual – McI;
- outros – TE (ducha higiênica, lavadora de roupa, lavadora de prato, torneira de braço, torneira de pé, torneira de joelho, lava-olhos e outros componentes não convencionais).
- características do componente de utilização
 - com ou sem arejador;
 - torneira de parede ou de mesa;
 - com ou sem misturador.
- condições de operação do componente de utilização
 - torneira, chuveiro, bebedouro e filtro com ou sem vazamento;
 - vazamento no poço em bacias sanitárias;
 - vazamento no engate flexível de caixas de descarga de bacias sanitárias;

- vazamento em registros de pressão ou de gaveta;
- frequência de entupimentos em bacias sanitárias.

Para facilitar os trabalhos, sugere-se a utilização do projeto arquitetônico com a indicação de todos os pontos de utilização em conjunto com a planilha de levantamento do sistema hidráulico interno apresentada, no ANEXO III. Assim, cada ambiente vistoriado é localizado no projeto, sendo numerado o ambiente no projeto e na planilha, com o mesmo número. Esse procedimento facilita o processamento de dados como, também, a conferência de alguma informação, posteriormente.

Observam-se que os componentes de utilização, indicados na planilha, devem ser compatíveis com o sistema que está sendo levantado. Assim, a planilha do ANEXO III é somente um exemplo de aplicação, devendo ser readequada em função dos componentes de utilização do sistema.

Após o processamento das informações cadastradas durante o levantamento, organiza-se um quadro resumo com todos os tipos de componentes, estimativa de perda diária de água, para os que estão com vazamento e, no caso de torneiras; se dispõem de arejador, conforme mostra a tabela 5.1. As informações em grandes sistemas devem ser agrupadas por pavimento.

Tabela 5.1 - Quadro resumo de informações a serem apresentadas após o levantamento do sistema hidráulico predial.

Ambiente/Pavimento	LvAF	Arej	Vaz	TPAF	Arej	Vaz	VD	Vaz	CD	Vaz	Ch	Vaz	Bb	Vaz
5º Pavimento														
4º Pavimento														
3º Pavimento														
2º Pavimento														
...														
Outros														
TOTAL														

onde:

LvAF – torneira de lavatório (água fria);

Arej – arejador;

Vaz – vazamento;

TPAF – torneira de pia (água fria);

VD, Ch, Bb, e CD definidos anteriormente.

Aumentar o número de colunas à medida que surgirem componentes de utilização diferentes dos aqui apresentados, tais como lavatórios com torneira de água quente em lavatórios, ducha, tanque, etc. No item vazamento, colocar o valor estimado de perda diária, pois esta informação ajudará no momento do diagnóstico. O procedimento para a estimativa de perda por vazamento é apresentado no item 5.1.3.2.

Ainda nesta etapa, são observadas manchas de infiltração em paredes, tetos e pisos, como também, questionadas as pessoas do local sobre eventuais pontos de vazamento, difíceis de serem detectados em uma inspeção rápida. Ao ser observada uma mancha de infiltração, consultar o projeto hidráulico para confirmar posição de alguma tubulação de água ou de esgoto sanitário naquele local. Essas informações são cadastradas na planilha de levantamento.

Outra questão a ser pesquisada é o desempenho do sistema de recirculação de água quente, determinando o tempo de espera para a chegada da água quente nos pontos de utilização. Ressalta-se que, o mau desempenho desse sistema gera perda de água e de energia, uma vez que a água é quente.

O produto do levantamento do sistema hidráulico interno é o mapeamento dos pontos de utilização com suas características e condições de operação. Através desse mapeamento, a implementação do plano de intervenção com ações que visem a redução do consumo de água é facilitada.

5.1.3.2 Detecção de vazamento

Com o objetivo de racionalizar as atividades, propõe-se que a detecção de vazamento e o levantamento do sistema hidráulico predial sejam realizados em conjunto, uma vez que os dois trabalhos requerem a observação dos mesmos ambientes sanitários. Procedendo assim, há redução do tempo de levantamento e menor incômodo para os usuários do sistema.

O primeiro indício de vazamento em sistemas hidráulicos prediais é o aumento dos valores de consumo de água sem uma causa justificada. A análise do histórico do indicador de consumo de água, apresentado no item 5.1.1, mostra se houve aumento real de consumo. Em alguns casos detecta-se o vazamento antes mesmo dele aumentar o consumo mensal, pois a perda é tão grande que provoca a falta de água no edifício ou em alguns setores deste em um curto espaço de tempo. Um exemplo desse fato é uma válvula de descarga “disparada”.

Caso a avaliação do histórico do indicador de consumo tenha mostrado aumento do consumo de água proceder da seguinte forma:

- verificar a partir de que mês houve um acréscimo de consumo de água e proceder junto aos usuários do sistema uma retrospectiva dos fatos para verificar a ocorrência de eventos naquele período, que possam justificar o aumento do consumo de água, tais como:
 - ruptura de alguma tubulação de água;
 - vazamento em algum equipamento ou componente de utilização;
 - limpeza de reservatórios;
 - início de operação de equipamento ou de alguma atividade no sistema, até então, não realizada;
 - mudança de procedimentos em alguma atividade relacionada ao uso da água;
 - obras de reforma, ampliação, serviços de pintura, etc.

Caso não tenha ocorrido nenhum evento que justifique o aumento do valor do indicador de consumo de água, provavelmente há vazamento no sistema. Em alguns casos o vazamento ocorre em tais proporções que não há tempo para a formação de um histórico, pois eles são detectados tão logo se manifestem. Nesses casos, os eventos são determinantes para a elaboração de um diagnóstico imediato. Os resultados da detecção fornecem subsídios qualitativos – se a rede pesquisada está ou não com vazamento; e quantitativos – estimativa da perda diária de água por vazamentos. Estas duas informações são necessárias na elaboração do diagnóstico.

A figura 5.6 apresenta o fluxograma para a detecção de vazamentos em sistemas hidráulicos prediais.

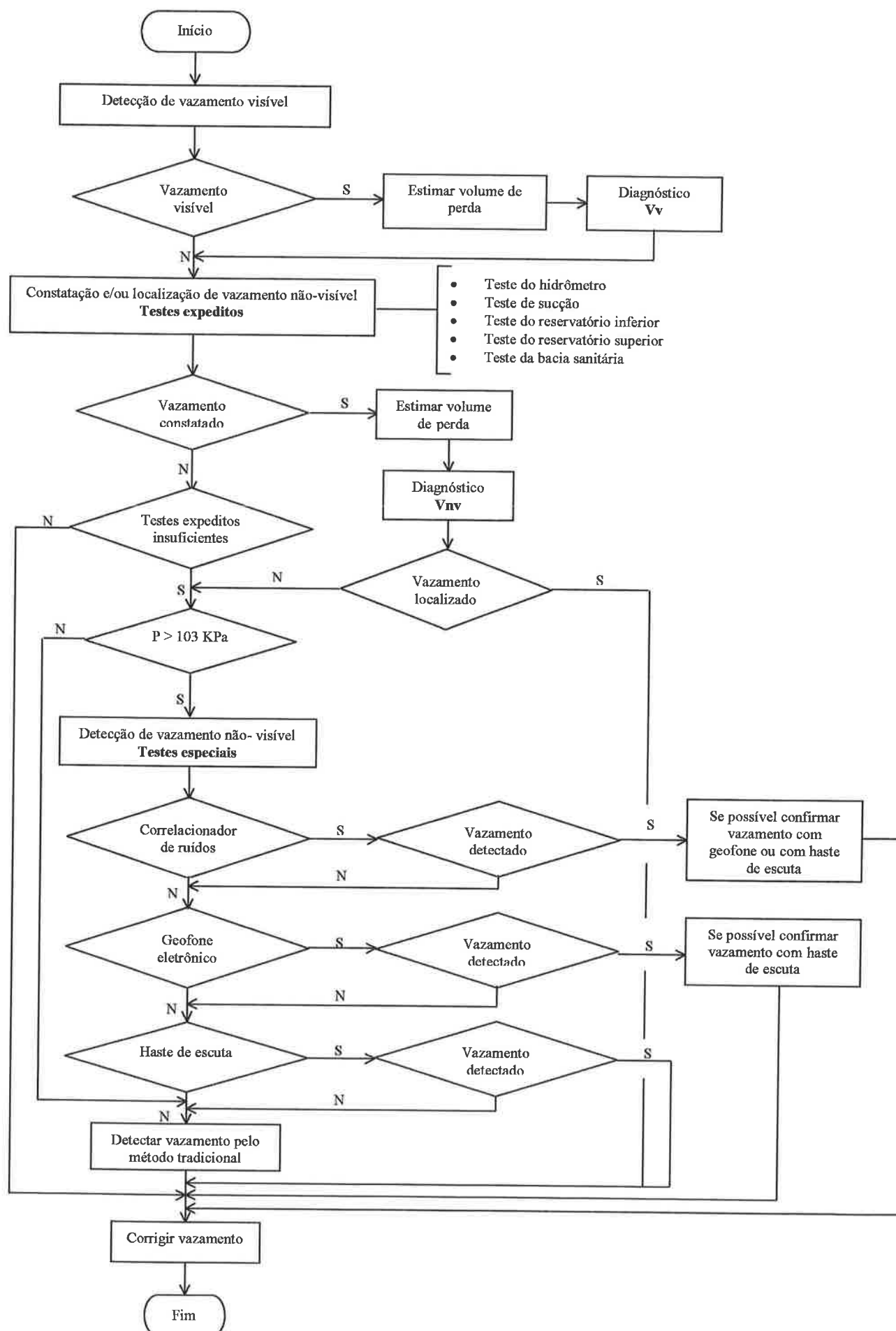


Figura 5.6 – Fluxograma para a detecção de vazamentos em sistemas hidráulicos prediais.

a. Detecção de vazamentos visíveis

Os vazamentos visíveis, em geral, ocorrem em tubulações, registros, componentes de utilização e em reservatórios. Considerando-se a facilidade de detecção desses vazamentos, recomendam-se que eles sejam detectados e cadastrados na etapa do levantamento do sistema hidráulico predial, descrito no item 5.1.3.1. Assim, apresentam-se neste item as diretrizes para a realização desse trabalho.

a1. Detecção de vazamento em torneiras

Os vazamentos em torneiras são visíveis e se manifestam através de gotejamento ou escoamento em filete. O volume de água perdido por esses diferentes tipos de vazamento variam em função do tipo da bica da torneira, da rugosidade de suas paredes e também da pressão hidráulica. Assim, uma torneira poderá perder mais água no período noturno do que durante o dia, como consequência da possibilidade de maiores valores de pressão hidráulica no sistema naquele período.

Para facilitar a estimativa da perda de água provocada por esse tipo de vazamento, foi conduzida uma pesquisa laboratorial, através de ensaios em vários tipos de torneiras, determinando perdas diárias em função da frequência do gotejamento e de dois diâmetros de escoamento em filete, cujos valores médios de perda diária de água estão apresentados na tabela 5.2.

Tabela 5.2 - Valores médios de perda diária de água em função de vazamentos em torneiras.

Vazamento	Frequência (gotas/min)	Perda diária (ℓ/dia)
Gotejamento lento	Até 40 gotas/min	06 a 10
Gotejamento médio	$40 < n^{\circ} \text{ gotas/min} \leq 80$	10 a 20
Gotejamento rápido	$80 < n^{\circ} \text{ gotas/min} \leq 120$	20 a 32
Gotejamento muito rápido	Impossível de contar	> 32
Filete $\phi \approx 2\text{mm}$	---	> 114
Filete $\phi \approx 4\text{mm}$	---	> 333

a2. Detecção de vazamento em registros

Eventualmente verifica-se a presença de vazamento em registros de pressão e em registros de gaveta. Uma forma de detectar vazamento nesses componentes é através da observação da presença de manchas amareladas em revestimentos de paredes, principalmente em revestimentos de azulejo ou cerâmica de cores claras. Esse tipo de vazamento é conduzido pela haste e, portanto visível, conforme ilustra a figura 5.7.

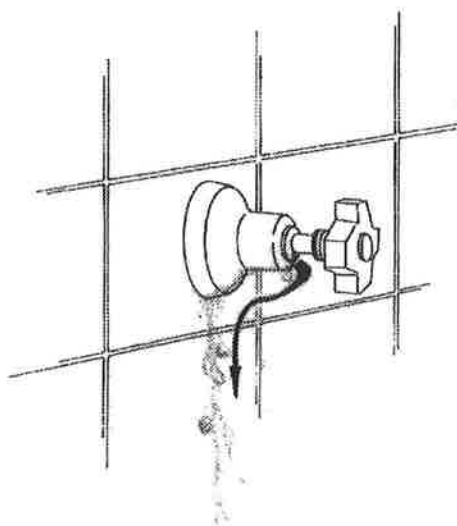


Figura 5.7 – Vazamento conduzido pela haste em registros de gaveta ou de pressão.

Conforme a NBR 5626 (1998) os vazamentos observados em registros de fechamento, geralmente de gaveta ou de esfera, podem ser tolerados se apresentarem uma vazão aproximada de 0,01 ml/s, o que representa uma perda diária em torno de 0,86 litro. Considerando-se a dificuldade encontrada na mensuração desse tipo de perda, recomenda-se a manutenção imediata desses componentes ao ser detectado um vazamento.

a3. Detecção de vazamento em bacias sanitárias

Em geral, os vazamentos em bacias sanitárias são não-visíveis, mas quando a perda é grande tornam-se facilmente visíveis através do escoamento da água pelas paredes ou da formação de pequenas ondas na superfície da água do poço da bacia. Esse vazamento pode ocorrer tanto em bacia sanitária com caixa de descarga como em bacia sanitária com válvula de descarga. Um outro local de vazamento visível em bacias sanitárias com caixa de descarga é no engate flexível, em geral, decorrente de pressões excessivas ou de vedação inadequada.

a4. Detecção de vazamento em reservatórios

Os vazamentos visíveis em reservatórios podem ocorrer devido às seguintes causas:

- **torneira de bóia desregulada ou danificada** – a água é perdida pelo extravasor;
- **conexões danificadas** – as conexões de entrada e de saída dos reservatórios dotadas de flanges podem estar mal adaptadas ou danificadas, provocando vazamento junto às paredes e fundo dos reservatórios;

- **registros com fechamento inadequado** – geralmente utilizam-se registros de gaveta para as saídas de água e estes podem estar com problema de vedação e permitir a passagem da água, por exemplo, em uma tubulação de limpeza, que por sua vez pode escoar através do sistema de águas pluviais, retardando a detecção do vazamento.

Para a estimativa de perda, proceder da seguinte maneira para os respectivos casos:

- **torneira de bóia desregulada ou danificada** – teste de vazão: coletar um volume de água do extravasor por um tempo determinado, calculando em seguida a vazão de perda, ou seja, dividindo o valor do volume em litro ou, de preferência, da massa em kilograma de água coletada pelo tempo de coleta, em segundo;
- **conexões danificadas** – verificar se a perda de água pode ser estimada, conforme tabela 5.2. Caso seja menor, considera-se desprezível para a determinação da perda e do índice de perda;
- **registro de fechamento inadequado** – se o local do efluente da tubulação de limpeza for acessível, proceder como no caso da torneira de bóia – realizar o teste de vazão; caso contrário, indicar somente a existência de vazamento no sistema.

a5. Detecção de vazamento em tubulação

Os vazamentos em tubulações, tubos e conexões, só são visíveis quando estão aparentes, portanto a estimativa da perda pode ser realizada conforme a estimativa de perdas em torneiras, apresentada na tabela 5.2, ou se as perdas forem grandes, realizar o teste de vazão. Caso a dispersão do jato impossibilite a realização do teste de vazão, informar somente a existência de vazamento no sistema.

a6. Diagnóstico de vazamentos visíveis

O diagnóstico de vazamentos visíveis é realizado após o processamento dos dados obtidos com o levantamento do sistema, através da determinação dos índices de perda e de vazamento. O volume de água perdido em torneiras e chuveiros pode ser estimado com base na tabela 5.2. Para bacias sanitárias, conforme trabalhos referenciados, no capítulo 4, as perdas variam muito (189 ℓ/dia a 1080 ℓ/dia). Considera-se, neste trabalho, o valor de 189 ℓ/dia até que sejam desenvolvidas pesquisas de perdas por vazamentos das diferentes bacias brasileiras. Com relação às perdas verificadas em registros, consideram-se desprezíveis para esse cálculo, não eximindo-os de imediata correção.

Assim, o **índice de perda por vazamento visível – IPv** é obtido pela relação da soma da estimativa das perdas diárias por vazamentos visíveis, observadas em pontos de utilização, reservatórios e tubulações e o consumo médio diário de água, conforme a equação 5.18:

$$IP_v = \frac{\sum P_{vv}}{CMd} \times 100 \text{ (\%)} \quad (5.18)$$

onde:

IP_v = índice de perda por vazamento visível;

P_{vv} = perda diária por vazamento visível;

CMd = consumo médio diário.

O índice de vazamento visível – IV_v é obtido pela relação entre o número de pontos de utilização com vazamento e o número total de pontos de utilização do sistema, conforme a equação 5.19:

$$IV_v = \frac{\sum PuV_v}{\sum Pu} \times 100 (\%) \quad (5.19)$$

onde:

IV_v = índice de vazamento visível;

PuV_v = ponto de utilização com vazamento visível;

Pu = ponto de utilização do sistema.

Observa-se que na impossibilidade de quantificar o volume de perda do vazamento é preferível fazer o diagnóstico qualitativo em vez de obter um índice de perda com alto grau de imprecisão. Um desses casos pode ser exemplificado por um vazamento em uma coluna de água, onde o escoamento no entorno do tubo dificulta, para o usuário do sistema, a determinação da vazão de perda.

b. Detecção de vazamentos não-visíveis

Considerando-se que os vazamentos de maior magnitude ocorrem no alimentador predial, uma vez que este está sujeito à pressão da rede pública de água e, ainda, que em muitos casos estão enterrados, não facilitando a observação por parte dos usuários, recomenda-se que o trabalho de detecção de vazamentos não-visíveis seja iniciado no sistema hidráulico externo.

Os vazamentos no sistema hidráulico interno estão, na maioria dos casos, sujeitos à menores valores de pressão. Esse fato pode retardar a detecção, principalmente se o vazamento ocorrer em tubulação que esteja enterrada.

A detecção de vazamentos não-visíveis pode ser realizada por testes expeditos, que consistem em procedimentos simples nos pontos de interesse do sistema. Uma outra forma de detectar vazamentos não-visíveis é através de testes especiais, que utilizam equipamentos acústicos. Os testes especiais são realizados quando não é possível detectar um vazamento através de testes expeditos ou para complementar ou, ainda, conferir um processo de detecção. Um exemplo é a detecção de vazamento em alimentador predial que, em geral, através do teste expedito determina-se a existência do vazamento e, por meio do teste especial, ele é localizado.

b1. Testes expeditos

Estes testes são utilizados na detecção de vazamentos em alimentadores prediais, reservatórios e bacias sanitárias, conforme apresentados a seguir:

- detecção de vazamento em alimentador predial
 - teste do hidrômetro;
 - teste de sucção.
- detecção de vazamento em reservatórios
 - teste para a detecção de vazamento em reservatório inferior;
 - teste para a detecção de vazamento em reservatório superior.

- detecção de vazamento em bacias sanitárias
 - teste do corante.

Os procedimentos para a realização desses testes estão apresentados no ANEXO IV.

b2. Testes especiais

O maior problema da detecção de vazamento em tubulação enterrada é que muitas vezes eles se manifestam em locais totalmente opostos aos que se pressupõem dificultando, assim, a sua detecção. Para esses casos apresentam-se alguns processos de detecção de vazamentos não-visíveis, denominados especiais, com a utilização dos seguintes equipamentos acústicos: haste de escuta, geofone eletrônico e correlacionador de ruídos.

A vantagem desses processos é que a detecção de vazamento é realizada sem a destruição do revestimento do piso ou da parede. Esses processos podem se complementar, pois deve-se iniciar a detecção utilizando-se o correlacionador de ruídos sendo que após a localização do vazamento, pode-se confirmá-lo através do geofone eletrônico e da haste de escuta.

Ressalta-se que, conforme apresentado no capítulo 4, um dos fatores que contribuem para que a detecção de vazamentos seja bem sucedida é que os valores de pressão na rede pesquisada sejam superiores a 103 KPa e, ainda que não haja ruído de fundo. Por isso, em alguns casos é melhor realizar esse trabalho no período noturno, quando

geralmente se dispõem tanto de maiores valores de pressão na rede como de menor ruído de fundo.

Processo da haste de escuta

A haste de escuta é o instrumento mais simples utilizado na detecção de vazamentos. No entanto, para que a detecção seja bem sucedida, exige-se um treinamento exaustivo do operador para que ele possa distinguir o som de vazamento de outros sons de ruído de fundo. Esse instrumento consiste de uma haste metálica de 1500 mm com um amplificador acústico numa das extremidades, o qual identifica a ocorrência de vazamento nas proximidades dos pontos pesquisados, conforme ilustra a figura 5.8.



Figura 5.8 – Detecção de vazamento com haste de escuta.

A haste de escuta é utilizada para ouvir registros, cavaletes, hidrantes ou qualquer outro ponto de acesso às tubulações de água enterradas ou embutidas em paredes. Os procedimentos para a realização de detecção de vazamento com a utilização da haste de escuta estão apresentados no ANEXO IV.

Processo da geofonia eletrônica

Há basicamente dois tipos de geofones: um para pequenas vazões de perda de água, apresentado na figura 5.9, que é utilizado para detectar vazamento em superfícies verticais; e outro para maiores valores de vazões perda, utilizado em superfícies horizontais, conforme ilustra a figura 5.10.



Figura 5.9 - Detecção de vazamento em parede através de geofonia eletrônica.

O geofone eletrônico específico para tubos enterrados, faz a captação do ruído de vazamento através de um sensor colocado no solo, o mais próximo da tubulação enterrada. Deve-se utilizar uma haste de escuta metálica enterrada, na qual o sensor é apoiado, quando a tubulação é localizada sob um gramado ou não existir pavimentação.

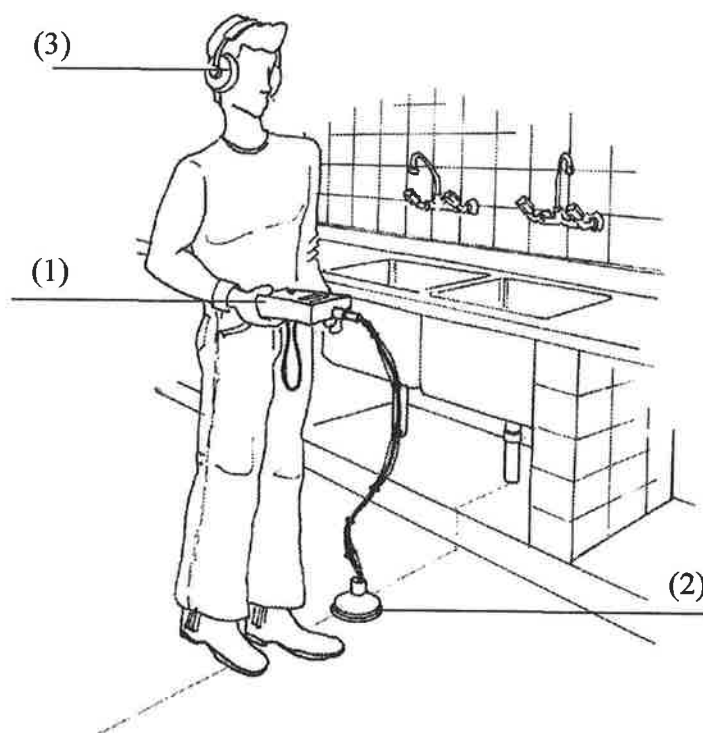


Figura 5.10 – Detecção de vazamento em piso por geofonia eletrônica.

Os componentes deste equipamento são:

- amplificador – dotado de seis filtros, sendo três de baixa frequência (100Hz a 400Hz) e três de alta frequência (600 Hz a 1200 Hz), que através de combinações permite a obtenção de nove faixas de frequência – (1);
- haste metálica para terra macia, que permite o apoio do sensor;
- sensor de alta sensibilidade que é conectado ao amplificador – (2);
- fones para ouvir o ruído de vazamento, também conectados ao amplificador – (3).

A detecção é iniciada após a locação da tubulação enterrada. O substrato da pavimentação pode ser: asfalto, concreto simples ou armado, grama, solo batido, dentre outros. Os procedimentos para a detecção de vazamento com a utilização desse equipamento estão apresentados no ANEXO IV.

Processo da correlação de ruídos

Este processo consiste da locação do ponto de vazamento através da utilização de equipamento denominado correlacionador de ruídos e apresentado na figura 5.11. Esse equipamento compõe-se de dois sensores acústicos, sendo que cada um dispõe de um pré-amplificador (transmissor de rádio). Esses sensores detectam os ruídos sobre um tubo e os transmitem para o correlacionador (processador), o qual processa os sinais dos ruídos e determina a posição do vazamento em relação aos dois sensores, apresentando as distâncias determinadas na tela do processador.

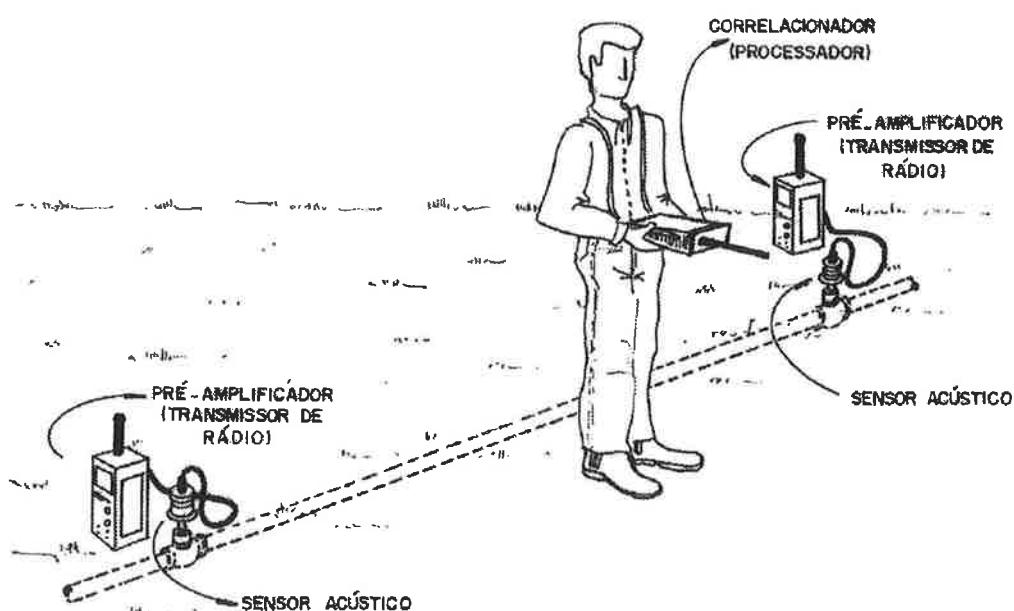


Figura 5.11 – Detecção de vazamento por correlação de ruídos.

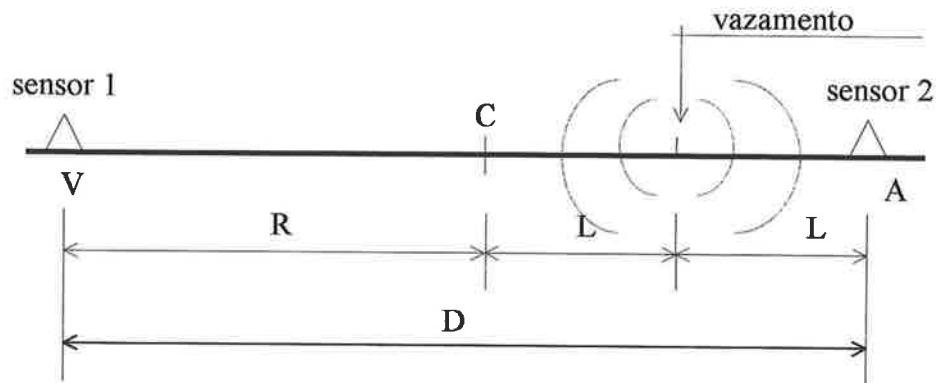
Conforme ilustra a figura 5.11, os sensores são conectados diretamente no tubo ou são instalados em contato indireto, através de componentes hidráulicos acessíveis tais como válvulas ou hidrantes e em posição tal que o suposto vazamento fique entre os dois sensores. O correlacionador é manuseado pelo operador, que fornece as seguintes

informações do trecho a ser pesquisado: distância entre os dois sensores, diâmetro do tubo e material do tubo.

Ao iniciar a operação uma grande faixa de sons é detectada, ou seja, ruídos de vazamentos, ruídos de turbulências e ruídos de escoamento que alimentam outras fontes. Todos esses ruídos são transmitidos, via rádio, dos pré-amplificadores para o correlacionador.

O correlacionador analisa a forma de onda dos ruídos recebidos e identifica qual deles é comum a ambos os sensores que, em geral, corresponde a um ruído de vazamento. Utilizando-se um dos sensores como referência, o correlacionador mede o tempo que o mesmo ruído leva para atingir o segundo sensor. Este tempo é denominado tempo de retardo - T_d . Esse atraso está diretamente relacionado com a diferença de distância entre a fonte de ruído – vazamento, e os dois sensores, conforme ilustra a figura 5.12.

Tal determinação é efetuada para qualquer trecho de tubulação, material e diâmetro. Assim, quando o ruído do vazamento atingir o sensor 2, ele terá também atingido o ponto C e, portanto, percorrido a mesma distância “L”. Então, quando o ruído de vazamento alcançar o sensor 2, o correlacionador mede o tempo que o mesmo ruído leva para atingir o sensor 1 – T_d , ou seja, para percorrer a distância “R”.



- sensor 1 - conectado ao pré-amplificador vermelho (V)
- sensor 2 - conectado ao pré-amplificador azul (A)

Figura 5.12 - Determinação do ponto de vazamento em um trecho de tubulação. FUJI TECOM (s.d.).

Conhecendo-se a distância “D” e a velocidade do som “V” na tubulação entre os dois sensores, pode-se calcular a posição do vazamento. A velocidade do som varia em função de vários fatores, mas particularmente com o material e o diâmetro do tubo. O correlacionador de ruídos possui em sua memória velocidade para os materiais e diâmetros mais comuns de tubos. Observando-se a figura 5.12 pode-se determinar a distância “L” da seguinte maneira:

$$D = R + L + L \quad (5.20)$$

$$L = \frac{D - R}{2} \quad (5.21)$$

$$R = V \cdot Td \quad (5.22)$$

Substituindo (5.22) em (5.21), tem-se:

$$L = \frac{D - (V \cdot Td)}{2} \quad (5.23)$$

onde:

L = distância do vazamento ao sensor mais próximo, m;

D = distância entre os dois sensores, m;

V = velocidade do som para o tipo de material e diâmetro do tubo, m/ms;

T_d = tempo de retardo, ms;

R = distância percorrida pelo ruído do vazamento durante o tempo de retardo, ou seja, após atingir o sensor 2, m.

A tela do correlacionador indica a referência da qual o tempo de retardo é medido – pré-amplificador azul (A) ou pré-amplificador vermelho (V). Fornece também um gráfico indicando o pico do vazamento. Os procedimentos para a realização de testes com a utilização do correlacionador de ruídos estão apresentados no ANEXO IV.

b3. Diagnóstico de vazamentos não-visíveis

O diagnóstico de vazamentos não-visíveis é elaborado após a realização dos testes expeditos. A somatória das perdas diárias por vazamentos não-visíveis encontradas permite a determinação do **índice de perda por vazamento não-visível – IPnv**, conforme equação 5.24:

$$IPnv = \frac{\sum Pnv}{CMd} \times 100 (\%) \quad (5.24)$$

onde:

$IPnv$ = índice de perda por vazamento não-visível;

Pnv = perda diária por vazamento não-visível;

CMd = consumo médio diário.

Considerando-se que, dentre os componentes de utilização, somente a bacia sanitária apresenta vazamento não-visível determina-se o **índice de vazamento não-visível - IVnv**, conforme a equação 5.25:

$$IVnv = \frac{\sum BS_{nv}}{\sum P_u} \times 100 (\%) \quad (5.25)$$

onde:

IVnv = índice de vazamento não-visível;

BSnv = bacia sanitária com vazamento não-visível;

Pu = ponto de utilização do sistema.

5.1.3.3 Sistemas hidráulicos especiais

Conforme apresentado no item 4.1, consideram-se sistemas hidráulicos especiais aqueles que utilizam a água como insumo para a realização de suas funções. São exemplos de sistemas hidráulicos especiais: sistema de proteção contra incêndio, sistema de ar condicionado, sistema de ar comprimido, sistema de vácuo, sistema de vapor, sistema de hemodiálise (osmose reversa), sistema de destilação e outros.

As características técnicas desses equipamentos tais como vazão do efluente, período diário de operação e consumo de água no processo devem ser cadastradas para se obter uma estimativa do percentual de contribuição desses equipamentos no consumo total de água do edifício. A obtenção desses dados é realizada através da inspeção de cada um dos equipamentos e das informações de catálogos dos fabricantes dos respectivos equipamentos.

Tais informações possibilitam uma avaliação técnico - econômica para a adequação de sistemas especiais visando reaproveitar a água efluente de seu processo, exceto o sistema de ar condicionado, onde ocorre perda por evaporação e por arraste na torre de resfriamento desse sistema.

Inclui-se também neste item, a detecção de vazamentos visíveis, que deve ser realizada através de inspeção criteriosa observando-se os registros de manobra, as tubulações aparentes, as gaxetas de bombas e os extravasores de bacias de torres de ar condicionado e de reservatórios, dentre outros. Os vazamentos não-visíveis nesses sistemas podem ser detectados através dos testes expeditos e especiais apresentados no item 5.1.3.2.b.

Apresentam-se a seguir informações para alguns sistemas especiais, obtidas de pesquisa junto a fabricantes, as quais fornecem indicativos para estimar os consumos diários de água na operação de alguns desses sistemas. Caso seja necessário o levantamento de outro sistema não apresentado aqui, as informações devem ser obtidas da equipe de engenharia ou do fabricantes.

a. Sistema de ar condicionado

Os sistemas de resfriamento de água com torres evaporativas caracterizam-se pela evaporação parcial da própria água em circulação. A perda de água provocada pela evaporação aumenta a concentração dos sais dissolvidos na água que associada a outros fatores provocam incrustações e corrosão dos diversos componentes do sistema. As incrustações prejudicam a troca de calor e reduzem a eficiência do sistema.

Para manter as características físico-químicas da água de recirculação tais como dureza total, alcalinidade e condutividade dentro dos padrões de qualidade deve-se fazer o tratamento da água de recirculação do sistema e, somente, quando ela não atender aos padrões de qualidade, realizar a drenagem. Dessa forma, as perdas e a drenagem verificadas em torres de resfriamento, conforme ALPINA EQUIPAMENTOS (s.d.) são:

- **perda por evaporação:** depende da carga térmica, da vazão de água em circulação, do diferencial térmico, das condições meteorológicas e da aproximação à temperatura de bulbo úmido (diferença da temperatura de saída e a temperatura de bulbo úmido), com maior influência do diferencial térmico e das condições meteorológicas;
- **perda por arraste:** é proveniente de respingos e da névoa produzida nas torres e, em geral, não ultrapassam a 0,1% da vazão de água em circulação. Essa perda pode ser controlada por meios construtivos, conforme apresentado no item 5.3.4;
- **drenagem ou purga de desconcentração:** é provocada com o objetivo de remover os sólidos suspensos e dissolvidos durante a recirculação da água, uma vez que esta evapora durante a operação, ou seja, evitar a concentração excessiva de sais que aumentam a dureza da água ou, ainda, para a drenagem de óleos.

Segundo ALPINA EQUIPAMENTOS (s.d.), as perdas e drenagem de água em torres de resfriamento, geralmente, não superam a 2% da vazão de água em circulação, considerando-se os diferenciais térmicos e condições climáticas normais.

b. Sistema de ar comprimido medicinal

O compressor deste sistema é totalmente isento de óleo, portanto o ar comprimido não carrega resíduos lubrificantes como névoa de óleo nem partículas de grafite ou teflon. O único contato do ar dentro do compressor é com a água do anel líquido. Esse contato íntimo fricciona o ar lavando-o, removendo poeira e microorganismos e deixando-o limpo e frio. Assim, o compressor de anel líquido separa o pó e bactérias do fluxo de ar, enquanto realiza a compressão. A água liberada pelo sistema de ar comprimido e que pode ser reaproveitada é a água utilizada para:

- compensação da folga entre o rotor e a carcaça da bomba, ou seja, a compressão do anel líquido;
- limpeza e esterilização do ar, pois o ar comprimido medicinal é 99,9% estéril.

O volume diário de descarga desse sistema varia em função de sua intensidade de utilização e de sua vazão de trabalho. No caso do sistema ser dotado de mais de um compressor eles funcionam alternadamente. O volume de descarga gerado pode ser reaproveitado, conforme descrito no item 5.3.4.

c. Sistema de vácuo

O sistema da vácuo apresenta um consumo de água que, também, depende da intensidade de utilização do sistema, porém a água liberada não pode ser reaproveitada, pois é contaminada durante o processo de utilização do sistema. As perdas, quando existentes, são decorrentes de vazamento nas gaxetas das bombas ou na tubulação do sistema.

d. Sistema de hemodiálise por osmose reversa

Observa-se um consumo elevado de água no sistema de hemodiálise, pois inicialmente a água é preparada por osmose reversa para ser utilizada no processo. Em geral, nessa primeira etapa verifica-se um consumo de 10% a 40% do volume total, dependendo da qualidade da água. O efluente dessa etapa corresponde ao volume do consumo e pode ser reaproveitado.

Em média, um paciente utiliza 240 litros de água por seção. Assim, o consumo total de água do processo é de, aproximadamente, 320 ℓ/pes/seção, considerando-se um consumo de 25% na primeira etapa: 80 litros e de 240 litros na segunda etapa. As clínicas, para melhor aproveitamento da equipe médica, em geral trabalham com uma média de 30 cadeiras, pois para cada grupo de 10 pacientes há necessidade de uma enfermeira e para cada grupo de 30 pacientes, um médico. Assim, são realizadas, aproximadamente, 3 seções diárias, portanto 90 pacientes são atendidos por dia.

Considerando-se o efluente gerado na primeira etapa, tem-se 7200 litros de água ou um volume aproximado de 216 m³ mensais que pode ser reaproveitado. Com relação ao efluente da segunda etapa, não deve ser reutilizado, pois pode estar altamente contaminado. Com esses dados pode-se estimar o percentual de consumo de água do sistema de hemodiálise no consumo total de água do edifício.

e. Sistema de vapor com caldeira

A reposição de água em sistemas de vapor com caldeira, aqui denominada de consumo, deve-se aos seguintes fatores:

- **descarga de fundo** – em torno de 3% a 5% da capacidade da caldeira dependendo da qualidade da água. As descargas de fundo são realizadas para evitar incrustações no fundo do reservatório;
- **descarga contínua de nível** – em torno de 1% a 2% da capacidade da caldeira. É realizada para manter a água da caldeira com a condutividade adequada, pois durante o tratamento químico da água que alimenta o sistema alguns sólidos totais se dissociam e permanecem na superfície.

Tais descargas, em geral, são automáticas, porém em sistemas mais antigos são realizadas manualmente, o que pode gerar perdas. No entanto, o maior volume efluente do sistema a vapor está na água de condensado produzido ao longo do sistema, a qual pode ser reaproveitada pelo próprio sistema, reduzindo também o consumo de energia, conforme apresenta o item 5.3.4.

f. Sistema de destilação

As vazões de água utilizadas em destiladores variam com a capacidade do equipamento. Dessa forma, o consumo de água necessário para a operação desses sistemas depende da vazão e da intensidade de utilização, os quais devem ser levantados *in loco*.

5.1.3.4 Procedimentos dos usuários

O levantamento dos procedimentos relacionados ao consumo de água deve ser realizado com a maior descrição possível, para que os usuários não mudem de comportamento e, dessa forma, possam mascarar as informações que são repassadas ao profissional responsável pela campanha educativa.

Recomendam-se que essas observações sejam realizadas quando do levantamento do sistema hidráulico interno e através de outras visitas ao local com outra finalidade como, por exemplo, para verificar o funcionamento de algum componente ou equipamento.

Os principais ambientes que devem ser observados quanto aos procedimentos dos usuários são: sanitário, cozinha, lavanderia, lanchonete, laboratórios e outros, conforme a tipologia do edifício. Apresentam-se a seguir alguns procedimentos inadequados e que freqüentemente são observados nesses locais.

a. Sanitários e vestiários

- realizar escovação dental, barbear ou lavar a face com a torneira sempre aberta;
- fechamento inadequado de torneira e de chuveiro;
- utilização da bacia sanitária e de caixa sifonada como lixeira, o que pode causar entupimento da tubulação de esgoto e, portanto, aumentando o consumo de água para a desobstrução da tubulação.

b. Cozinhas e lanchonetes

- descongelamento de carnes e polpas de frutas em água corrente (quente ou fria);

- dessalgue de carnes em água corrente;
- lavagem de verduras e ervas aromáticas com a torneira sempre aberta, mesmo no período de retirada de folhas danificadas ou entre o final da lavagem de um maço e o início da lavagem de outro;
- preparação de legumes e frutas com a torneira sempre aberta;
- operação de lava-louça com carga inferior à máxima recomendada.

c. Lavanderias

- operação de lavadoras de roupa com carga inferior à máxima recomendada;
- operação de lavadoras de roupa desreguladas.

d. Laboratórios

- lavagem de vidraria com torneira liberando água somente em algumas peças durante várias horas;
- fechamento inadequado de torneira após o uso;
- utilização de esterilizadores com pouca carga.

e. Jardins e áreas externas

- irrigação de jardim em horário inadequado - horário de muita insolação, o que provoca maior evaporação e, conseqüentemente maior consumo de água;
- varredura de passeio público ou de áreas externas com água, através da utilização da mangueira de jardim ao invés da vassoura;
- irrigação de jardim com maior quantidade de água que a necessária, ou seja, inadequação das condições climáticas e do solo com a necessidade de água da vegetação;

- lavagem de veículos sem a utilização de esguicho de fechamento mecânico na ponta da mangueira e, conseqüentemente com água corrente mesmo nos períodos que se está passando a esponja.

Essas informações e outras, observadas em função da tipologia do edifício, servem de apoio para o planejamento de campanha educativa direcionada aos usuários de uma forma geral. Ressalta-se, também, que em muitos casos observados em cozinhas as torneiras não são fechadas adequadamente porque o usuário está com a mão engordurada e o *design* da manopla não facilita esta operação. Dessa forma, é importante observar este fator para que a especificação dos componentes economizadores ou eficientes atenda, também, a este requisito de desempenho, ou seja, a operação de abrir e fechar uma torneira deve ser fácil.

5.2 Diagnóstico do consumo de água no edifício

O diagnóstico possibilita a elaboração de um plano de intervenção com ações específicas para cada tipologia de edifício, assim como a consideração das características próprias de cada sistema.

Após a conclusão do levantamento do edifício e do processamento dos dados, elaborase o diagnóstico do consumo de água apresentando as condições de operação do sistema hidráulico, como a água é utilizada e as perdas de água provenientes de vazamentos, inclusive nos sistemas especiais. Recomendam-se as informações descritas a seguir na apresentação do diagnóstico. A figura 5.13 apresenta o fluxograma para a realização de diagnóstico do consumo de água no edifício.

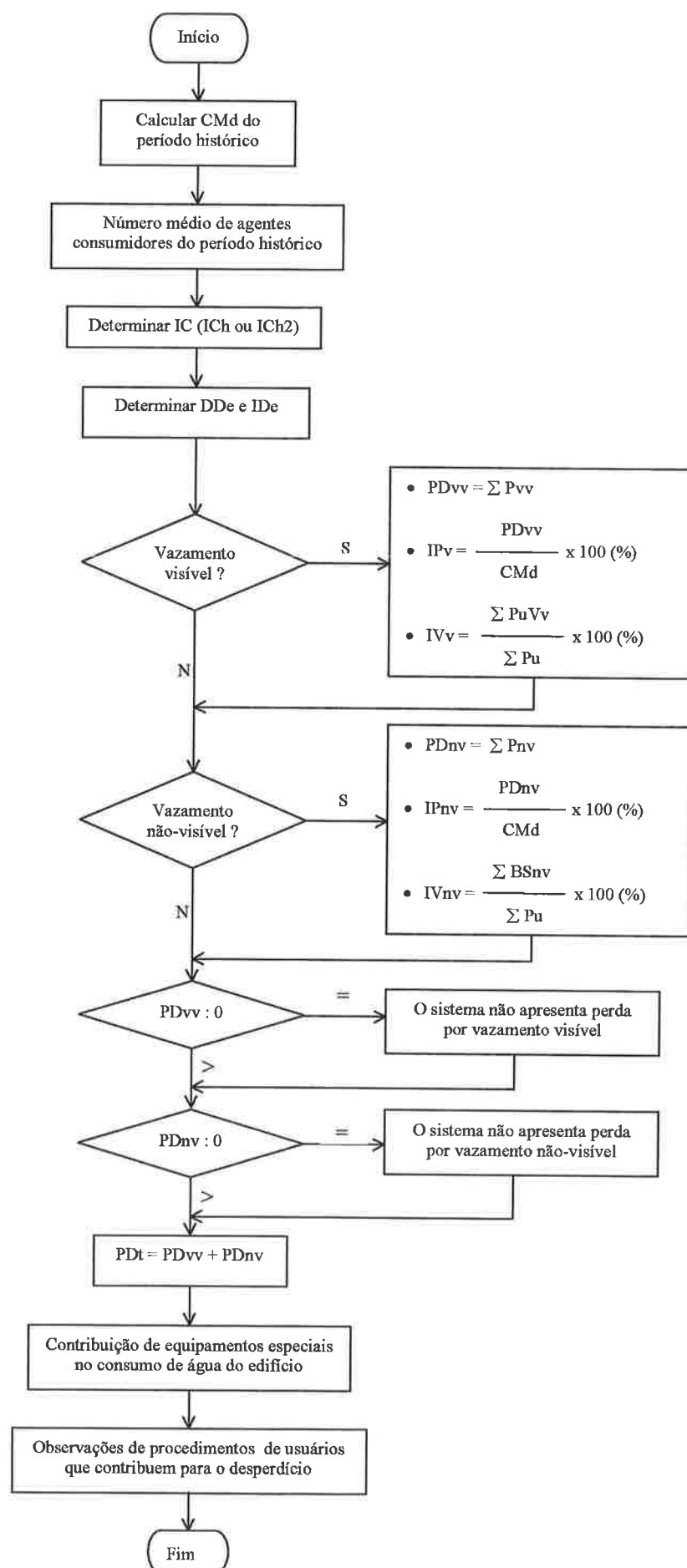


Figura 5.13 – Fluxograma para o diagnóstico do consumo de água no edifício.

5.2.1 Consumo diário de água no período histórico

É a média aritmética dos valores de consumo médio diário obtidos a partir do produto dos valores de indicador de consumo e do número de agentes consumidores do período histórico.

5.2.2 Número de agentes consumidores

Relacionar mês a mês, no período histórico, o número de agentes consumidores, definidos conforme a tipologia do edifício.

5.2.3 Valor do indicador de consumo de água no período histórico

Calcular os valores dos indicadores de consumo no período histórico e determinar o seu valor médio. Caso sejam verificadas dois grupos de valores durante o período histórico, calcular os valores médio dos indicadores de consumo para cada uma desses grupos, conforme item 5.1.2.

5.2.4 Desperdício diário estimado – DDe

O valor de desperdício diário estimado deve ser apresentado no diagnóstico, porque em muitos casos não é possível determinar quantitativamente o desperdício de água em algumas partes do sistema. Ele é obtido através das equações 5.12 e 5.14, para os casos em que os valores de indicador de consumo no período histórico apresentem heterogeneidade formando dois grupos distintos e através da equação 5.16, para os

casos em que o histórico apresente homogeneidade de valores de indicador de consumo, ou seja, o problema no sistema pode ter ocorrido antes do período histórico. Essas equações são aqui reapresentadas:

$$DDe = ICh2 - ICh1$$

$$DDe = ICh2 - ICe$$

$$DDe = ICh - ICe$$

onde:

DDe = desperdício diário estimado;

ICh, ICh1, ICh2 e ICe definidos anteriormente.

5.2.5 Índice de desperdício estimado – IDE

É obtido através das equações 5.13, 5.15 e 5.17 que são reapresentadas:

$$IDE = \frac{ICh2 - ICh1}{ICh2} \times 100 (\%)$$

$$IDE = \frac{ICh2 - ICe}{ICh2} \times 100 (\%)$$

$$IDE = \frac{ICh - ICe}{ICh} \times 100 (\%)$$

onde:

IDE, ICh2, ICh1, ICh e ICe definidos anteriormente.

5.2.6 Perda por vazamento visível

Informar a perda total diária decorrente de vazamentos visíveis, o índice de perda por vazamento visível, conforme a equação 5.18 e o índice de vazamento visível, conforme a equação 5.19, que são rerepresentadas.

a. Perda diária total por a vazamento visível

É a somatória dos volumes de perda diária por vazamentos visíveis detectados, conforme a equação 5.26:

$$PD_{vv} = \sum P_{vv} \quad (5.26)$$

onde:

PD_{vv} = perda diária total por vazamento visível;

P_{vv} = perda diária por vazamento visível.

b. Índice de perda por vazamento visível – IP_v

$$IP_v = \frac{\sum P_{vv}}{CMd} \times 100 (\%)$$

c. Índice de vazamento visível – IV_v

$$IV_v = \frac{\sum P_u V_v}{\sum P_u} \times 100 (\%)$$

5.2.7 Perda por vazamento não-visível

Informar a perda total diária decorrente de vazamentos não-visíveis, o índice de perda por vazamento não-visível, conforme a equação 5.24 e o índice de vazamento não-visível, conforme equação 5.25, que são reapresentadas.

a. Perda diária total por vazamento não-visível – PDnv

É a somatória dos volumes de perda diária de vazamentos não-visíveis detectados, conforme equação 5.27:

$$PD_{nv} = \sum P_{nv} \quad (5.27)$$

onde:

PD_{nv} = perda diária total por vazamento não-visível;

P_{nv} = perda diária por vazamento não-visível.

b. Índice de perda por vazamento não-visível – IPnv

$$IP_{nv} = \frac{\sum P_{nv}}{CMd} \times 100 (\%)$$

c. Índice de vazamento não-visível – IVnv

$$IV_{nv} = \frac{\sum BS_{nv}}{\sum P_u} \times 100 (\%)$$

5.2.8 Perda diária total levantada no sistema – PDt

Informar o volume de perda diária em função dos vazamentos detectados, ou seja, a soma de todas as perdas diárias provenientes dos vazamentos visíveis e não-visíveis, conforme a equação 5.28:

$$PDt = PD_{vv} + PD_{nv} \quad (5.28)$$

onde:

PDt = perda diária total levantada no sistema;

PD_{vv} e PD_{nv} definidos anteriormente.

5.2.9 Consumo diário de água em sistemas hidráulicos especiais

Estimar valores de consumo diário de água para a operação desses sistemas, conforme indicações do item 5.1.3.3. Essa informação permite a verificação do percentual de contribuição no consumo total de água do sistema.

5.2.10 Procedimentos dos usuários

Listar os procedimentos inadequados dos usuários observados durante a realização do levantamento do edifício e que mais contribuem para o desperdício de água.

5.2.11 Divulgação do diagnóstico

É essencial a divulgação do diagnóstico do sistema com o respectivo plano de intervenção a ser implementado para que os usuários tenham maior envolvimento e participação no PURA. Assim, como também, são importantes as informações dos resultados de cada uma das ações implementadas para a redução de consumo de água, como forma de incentivar a continuidade das mudanças comportamentais.

5.3 Plano de Intervenção

Propõe-se que o plano de intervenção seja implementado com cinco ações, conforme apresentado no fluxograma da figura 5.1:

- ação 1 – campanha de conscientização;
- ação 2 – correção de vazamentos;
- ação 3 – substituição de sistemas e componentes convencionais por economizadores de água;
- ação 4 – redução de perdas e indicativos de reaproveitamento de água em sistemas hidráulicos especiais;
- ação 5 – campanha educativa para usuários específicos.

O plano de intervenção, assim estruturado, tem o objetivo de inicialmente, através da campanha de conscientização, informar os usuários do edifício o início do PURA e a motivá-los a participarem do mesmo, bem como a difundir a importância do uso racional da água além das fronteiras daquele edifício.

A correção de vazamentos é, efetivamente, a primeira ação tecnológica que pode provocar um significativo impacto de redução do consumo de água, preparando o sistema para a segunda ação tecnológica – substituição de componentes convencionais por economizadores de água.

Caso o edifício tenha sistemas hidráulicos especiais, a terceira ação tecnológica deve ser implementada em função do estudo de viabilidade técnico-econômica.

Finalmente, a campanha educativa para usuários específicos, que depende somente da adequação dos procedimentos dos usuários é implementada quando todas as ações relativas ao sistema hidráulico tiverem sido concluídas. Desta forma, pode-se verificar qual foi ação do plano de intervenção provocou maior impacto redução no consumo de água.

Com relação a essa proposta para o plano de intervenção, ressaltam-se quatro questões:

- caso a coordenação do PURA não tenha interesse nos resultados parciais, mas somente no resultado final, essas ações podem ser implementadas concomitantemente, portanto com a avaliação do impacto de redução do consumo de água realizada após a conclusão do plano de intervenção. Dessa maneira, ao substituir uma torneira convencional com vazamento por outra economizadora, obtém-se o resultado de duas ações ao mesmo tempo: redução de consumo pela correção do vazamento e pelo componente economizador de água, com a vantagem da agilização do trabalho;
- as ações do plano de intervenção podem ou não serem implementadas, dependendo das características do sistema. Pode ocorrer também a necessidade da

implementação de uma outra ação aqui não prevista. Assim, em um sistema com ótimas condições de operação e sem indícios de desperdícios pode-se propor somente as ações – campanha de conscientização e campanha educativa;

- a proposta de dois tipos de campanha para as ações de comunicação no PURA, uma com abordagem geral – campanha de conscientização e a outra com abordagem específica – campanha educativa, deve-se ao fato de se ter como alvo diferentes objetivos em diferentes momentos do plano de intervenção: informação, na fase inicial e mudança de comportamento, na fase final. Essa flexibilidade é possível tendo-se em vista o conceito de campanha, que segundo RABAÇA; BARBOSA (1996) é o “conjunto de atividades coordenadas em torno de um objetivo comum no decurso da execução de um plano de comunicação”;
- as ações planejadas devem ser implementadas continuamente como condição de manter os níveis mínimos de consumo de água alcançados com a primeira implementação do plano de intervenção. Caso isso não ocorra, o sistema pode retornar às condições iniciais de operação.

Com base no diagnóstico realizado, elaborar o plano de intervenção, cujas ações devem ser iniciadas pelo ponto crítico do sistema, em geral, pela redução de perdas provenientes de vazamentos. Caso o sistema esteja em ótimas condições, ou seja, sem nenhum desperdício de água, pode ser melhorado através da implementação de campanhas de conscientização e de campanhas educativas, além da substituição de componentes de utilização convencionais por economizadores de água.

Uma das alternativas para o controle de consumo de água em grandes sistemas consiste na implantação de sistema de medição setorizada do consumo de água em áreas de

maior intensidade de utilização. Assim, o acompanhamento da solicitação de água nesses diferentes setores agiliza a detecção de vazamento e de consumo excessivo, o que permite a atuação no sistema tão logo o problema seja detectado.

Ao implementar um plano de intervenção para reduzir consumo de água em um edifício propõe-se que o impacto de redução seja calculado considerando-se, no mínimo, 15 dias de avaliação. Esta deve ser iniciada, no mínimo, 15 dias após a implementação de cada ação, conforme item 5.4, tendo-se em vista a obtenção de resultados sem a influência da adaptação dos usuários ao novo sistema.

Ressalta-se a importância da verificação da influência de variáveis e eventos no consumo de água durante o período de avaliação de uma ação implementada. Dessa forma, antes da aplicação do plano de intervenção apresentam-se as possíveis variáveis e eventos que influenciam o consumo de água, as quais devem ser frequentemente observadas e consideradas no cálculo do impacto de redução do consumo de água.

Variáveis e eventos que influenciam o consumo de água

São muitas as variáveis que influenciam o consumo de água em um sistema hidráulico, o que dificulta o estabelecimento de um parâmetro para a avaliação da eficiência de um programa de uso racional de água. Dentre essas variáveis citam-se as seguintes: população ou agente consumidor, número de refeições preparadas, vazão, pressão hidráulica, frequência e procedimentos de manutenção, condições climáticas, procedimentos de atividades relacionadas ao uso da água, aspectos culturais e outros.

A utilização de indicador de consumo, conforme apresentado no item 5.1.1, controla os efeitos da variação populacional na avaliação do consumo de água no sistema, quando a população total é considerada. No entanto, quando parte da população é utilizada no cálculo do indicador de consumo, deve-se verificar a influência dos demais agentes consumidores ao analisar a reação do sistema provocada por uma ação implementada.

A temperatura e a umidade relativa do ar influenciam o consumo de água podendo implicar em maior consumo de água na irrigação de jardins, maior perda de água no sistema de ar condicionado, maior consumo de água em função da mudança de cardápio com mais líquidos e vegetais que consomem mais água na preparação.

A ocorrência de eventos que implicam a variação do consumo de água no período de avaliação também devem ser avaliados, tais como:

- lavagem de reservatórios;
- perda de água por vazamento no sistema;
- início de operação de novo equipamento que consuma água;
- início de operação de uma nova área física do edifício implicando aumento do consumo de água no sistema para higienização do ambiente e de usuários, realização de procedimentos relacionados ao tipo de atividade, etc;
- realização de um evento científico ou social, implicando maior consumo de água em função do aumento populacional naquele período;
- ampliação e reformas do edifício.

Caso tais variáveis e eventos não sejam considerados na avaliação da ação implementada pode-se obter um resultado diferente do ocorrido no sistema. Por essa

razão, ao implantar um PURA, essas variáveis e eventos devem ser controlados para tornar possível a análise da reação do sistema, após a implementação de cada uma das ações, ou seja, possibilitar o cálculo do impacto de redução do consumo de água considerando-se a influência dessas variáveis e eventos no resultado obtido.

A seguir são descritas as ações propostas para o plano de intervenção de um PURA em edifícios, conforme apresentados na figura 5.1.

5.3.1 Campanha de conscientização

A campanha de conscientização tem o objetivo de informar aos usuários do sistema o início, o porquê e os objetivos do PURA. É realizada utilizando-se uma forma de comunicação mais abrangente tanto do ponto de vista de informação como do tipo de usuário, ou seja, essa campanha destina-se a todos os usuários do edifício, com a abordagem dos seguintes tópicos:

- o porquê do uso racional da água;
 - escassez da água;
 - altos custos ambientais e econômicos – grandes volumes de esgotos lançados em recursos hídricos, maior quantidade de produtos químicos extraídos da natureza para o tratamento da água, maior consumo de energia para a produção de água e tratamento de esgoto;
- as vantagens da redução do volume de esgoto tratado;
- os benefícios do maior número de usuários atendidos;
- a redução de gastos com as contas de água podem ser revertidos em melhores condições de trabalho;

- a economia de energia resultante de menores volumes de água e de esgoto tratados.

Essa campanha deve ser realizada de forma mais suave e agradável de tal forma que o usuário se sinta estimulado e não obrigado a economizar água. Algumas sugestões para a realização dessa campanha são:

- palestras;
- fitas de vídeo e CD ROM;
- divulgação de matérias sobre o assunto em jornal interno;
- distribuição de folhetos com sugestões de como economizar água;
- cartazes com abordagem do tema.

Ressalta-se que o inter-relacionamento dos usuários de um sistema é relevante para a participação e cooperação de todos através de mudanças comportamentais que contribuam para a racionalização do uso da água.

5.3.2 Correção de vazamentos

Esta é uma das ações de maior impacto na redução de desperdícios de água do sistema. É de fundamental importância a manutenção do sistema através da correção dos vazamentos antes da substituição de componentes convencionais por economizadores de água, pois caso isto não ocorra pode-se ter o falso resultado da não redução de consumo de água esperada pelo componente economizador, principalmente se o vazamento encontra-se no sistema hidráulico externo.

Quando o vazamento é detectado no sistema hidráulico interno e em pontos de utilização, pode ocorrer que na substituição do componente convencional já resolva a questão do vazamento como, por exemplo, a substituição de uma torneira com vazamento por outra nova economizadora de água. Porém, isto só ocorre se o vazamento for no próprio componente.

Além desses fatores, a manutenção tende a deixar o sistema o mais próximo das suas condições plenas de desempenho. Os resultados dessa ação mostram como o sistema existente pode funcionar satisfatoriamente e com economia. Para facilitar o processo de correção de vazamentos propõe-se que seja realizada em duas etapas. A primeira etapa deve ser realizada no sistema hidráulico externo. Em seguida, após um período para a avaliação do efeito da ação, iniciar os trabalhos no sistema hidráulico interno.

5.3.3 Substituição de sistemas e de componentes convencionais por economizadores de água

O objetivo desta ação é reduzir o consumo de água independentemente da ação do usuário ou de sua disposição em mudar de comportamento para reduzir o consumo de água. Ela deve ser implementada quando o sistema estiver totalmente estável, ou seja, sem nenhum vazamento.

Ressalta-se que é imprescindível o aperfeiçoamento da capacitação técnica dos usuários responsáveis pela manutenção do sistema, tendo-se em vista os novos componentes a serem instalados. Desta forma, esta ação contribui para a adequada manutenção do sistema, portanto para a estabilização de níveis mínimos de consumo de água.

A vantagem econômica da adequação do sistema, realizada pela substituição de componentes convencionais por economizadores de água depende das condições locais. Por essa razão, antes da implementação dessa ação recomenda-se uma avaliação econômica das ações ou das atividades necessárias para a alteração do sistema, que têm por objetivo reduzir o consumo de água. Assim, verificar, com antecedência, os sistemas e componentes a serem especificados, seus respectivos custos, inclusive de mão-de-obra e, ainda verificar a necessidade de obras civis.

Apesar de existirem vários critérios utilizados como ferramenta de decisão da viabilidade econômica de um projeto, apresenta-se a seguir o mais simples e o mais utilizado nesses casos.

5.3.3.1 Avaliação econômica – *payback* atualizado

O critério, aqui apresentado, é o do período de retorno – *payback*, cujo indicador resultante desse critério é o número de períodos – anos, meses, dias ou outro período de tempo definido – necessários para recuperar o investimento nominal despendido em um projeto, que nesse caso trata-se da adequação de sistemas hidráulicos com o objetivo de reduzir o consumo de água.

Conforme, CONTADOR (1997) a vantagem desse critério é a sua simplicidade e cálculo imediato. Os projetos ou as alternativas de intervenções são ordenadas segundo o número de períodos necessários para recuperar os investimentos; quanto menor o *payback*, tanto melhor o projeto ou mais eficiente é a intervenção. A desvantagem desse indicador de não considerar o valor de recursos no tempo é amenizada, nesta

proposição, pela atualização do fluxo de custos e benefícios, através da taxa apropriada de desconto, obtendo-se assim o *payback* atualizado.

Os fluxos atualizados são obtidos pela equação 5.29:

$$AF = \frac{B}{(1+r)^t} \quad (5.29)$$

onde:

B = fluxo de benefício;

AF = fluxo de benefício atualizado;

r = taxa de desconto;

t = período em análise.

Procedimentos de cálculo

- a. Orçar analiticamente todos os componentes economizadores de água, tubos, conexões, materiais e mão-de-obra, necessários para a adequação do sistema hidráulico com o objetivo de economizar água, obtendo-se o valor total – VT;
- b. Estimar um valor de redução do consumo mensal de água após a intervenção. Esse valor deve ser obtido de profissionais especialistas no assunto;
- c. Calcular o fluxo de benefício – B, ou seja, o valor mensal economizado de água com base nas tarifas da concessionária local. O fluxo benefício – B é obtido através da diferença do valor médio da conta de água antes da intervenção (C_1) e o valor esperado da conta de água após a intervenção (C_2), conforme a equação 5.30:

$$B = C_1 - C_2 \quad (5.30)$$

onde:

C_1 = valor médio da conta de água antes da intervenção;

C_2 = valor esperado da conta de água após a intervenção.

Observa-se que o volume de água deve ser multiplicado por 2 para considerar o volume de esgoto, que está incluso no custo do metro cúbico de água.

- d. Calcular os fluxos atualizados e *payback* conforme a equação 5.29 e montar a tabela 5.3.

Tabela 5.3 – Fluxos atualizados e *payback* de intervenção em um sistema.

Período (t)	Custo total da intervenção no sistema hidráulico – VT	Fluxos de benefício atualizados – AF (R\$)
0	- VT (R\$)	---
1	---	+ AF ₁
2	---	+ AF ₂
3	---	+ AF ₃
4	---	+ AF ₄
...	---	...
t	---	+ Af _t

onde:

VT = valor total do investimento;

AF₁ ... Af_t = fluxo atualizado nos períodos 1, 2, 3, ... t;

t = período em análise (ano, mês, dia);

O sinal (-) indica o dispêndio líquido de recursos.

O sinal (+) mostra os benefícios ou receitas líquidas.

O *payback* atualizado é o número de períodos necessários para retornar o investimento.

5.3.3.2 Diretrizes para especificações técnicas de componentes economizadores de água

A especificação de componentes economizadores de água, tendo-se o objetivo de promover a redução do consumo de água, deve ser realizada em função das necessidades dos usuários, obtidas de observações de suas atividades relacionadas ao consumo de água e da avaliação técnico - econômica e, ainda, das condições físicas de cada sistema. GONÇALVES et al. (1998; 1999) apresentam fichas técnicas padronizadas de tais componentes disponíveis nos mercados nacional e internacional e tecnologias poupadoras em sistemas prediais, que podem ser utilizadas como apoio nessa etapa do PURA.

As especificações técnicas dos componentes economizadores de água devem ser realizadas considerando-se as seguintes questões:

- pressão hidráulica disponível no ponto de utilização;
- conforto do usuário;
- higiene;
- atividade do usuário;
- risco de contaminação;
- facilidade de manutenção;
- facilidade de instalação, considerando-se a adequação do sistema;
- vandalismo;
- avaliação técnico-econômica.

São apresentadas a seguir, algumas diretrizes para a realização de especificações técnicas de alguns componentes economizadores de água mais utilizados em diferentes tipologias de edifícios.

a. Mictórios

Os mictórios convencionais, individuais ou coletivos, apresentam grande potencial de desperdício de água porque na maioria dos sistemas são operados com descarga contínua. Isso ocorre porque os usuários não utilizam o registro de pressão para a abertura e fechamento da água antes e após a utilização. Para evitar o mau cheiro dos sanitários, os responsáveis pela manutenção retiram a manopla dos registros deixando-os na posição sempre aberta, ou seja, liberando água ininterruptamente. Para reduzir esse desperdício poder-se-ia fechar os registros durante a noite e finais de semana, mas raramente isso ocorre.

Assim, para reduzir o consumo de água em mictórios, propõe-se a especificação de mictórios com descargas acionadas por válvula hidromecânica, *timer* ou por sensor infravermelho. A decisão final do tipo de descarga para mictório é feita após a avaliação do comportamento do usuário e da frequência de utilização.

a1. Mictório com válvula de descarga hidromecânica

O sistema com válvula de descarga hidromecânica é melhor que o sistema convencional com registro de pressão, pois o usuário substitui as operações de abrir e fechar o registro pela ação de apertar a válvula. Segundo a NBR 13713 (1996) a vazão mínima para esse

componente deve ser de 0,05 ℓ/s e o tempo máximo de fechamento deve ser de 10 segundos.

a2. Mictório com descarga eletrônica

O mictório com descarga eletrônica apresenta melhor desempenho que o mictório com válvula de descarga hidromecânica, pois o acionamento da descarga é realizado sem a necessidade da ação do usuário, portanto melhor também sob o ponto de vista de higiene. A válvula de descarga eletrônica com sensor infravermelho pode ser especificada elétrica ou com bateria, dependendo das condições do sistema. A descarga é acionada após a permanência do usuário em frente ao sensor por um período de 5 a 10 segundos. A vazão pode ser regulada por meio de registro regulador de vazão e o tempo de descarga é regulável no circuito eletrônico, numa faixa de 3 a 40 segundos.

A descarga através de *timer* pode ser programada com vazão, intervalo entre descargas e tempo de duração predeterminados, considerando-se a frequência de utilização. Há casos em que a eficiência pode ser melhorada através da combinação dos dois tipos de descarga: *timer* e sensor infravermelho.

b. Bacias sanitárias

As opções para a especificação de bacias sanitárias são:

- bacia sanitária com válvula de descarga de ciclo fixo e volume de descarga de 6 litros;

- bacia sanitária com caixa de descarga externa ou embutida com volume de descarga de 6 litros;
- bacia sanitária com caixa de descarga pressurizada cujo princípio de funcionamento é uma câmara onde a água entra pela pressão hidráulica do próprio sistema de distribuição comprimindo o ar dessa câmara. Quando a descarga é acionada o ar expulsa a água da caixa em alta velocidade. Ressalta-se que a pressão mínima de operação é de 140 KPa e que apresenta alto nível de ruído;
- bacia sanitária com válvula de descarga eletrônica.

As bacias sanitárias com válvula de descarga eletrônica podem ser especificadas para edifícios comerciais, industriais, terminais rodo-ferroviários, aeroportos, dentre outros sistemas. Em geral, a descarga só é acionada após a permanência do usuário no box por mais de 5 segundos, sendo que para otimizar o consumo de água alguns sistemas dispõem de dupla descarga: descarga parcial e descarga completa. A descarga parcial é acionada após um tempo de utilização de 5 a 120 segundos, enquanto que a descarga completa é acionada após o uso de 120 segundos ou mais. A forma de energia do sistema é bateria. Ressalta-se que a pressão mínima deve ser de 140 KPa.

Observam-se que as intervenções físicas para a substituição da bacia sanitária devem ser precedidas de avaliações das cotas de instalação do novo componente, ou seja, verificar se os pontos de saída de água e de esgoto são coincidentes para os dois modelos - antigo e novo. Caso sejam, facilita bastante o processo, eliminando as obras civis provocadas por quebra de revestimentos de pisos e paredes.

Outra avaliação é a questão da substituição de bacia sanitária com válvula de descarga para bacia sanitária com caixa de descarga, o que implica na alteração do sistema, ou seja, da redução de diâmetro de ramal e, por consequência, a necessidade de intervenção em revestimentos.

c. Torneiras

Todas as torneiras podem receber intervenção parcial ou total, as quais podem ser:

- instalação de arejador convencional e tipo chuveirinho;
- instalação de registro regulador de vazão;
- instalação de esguicho com acionamento mecânico na extremidade da mangueira para a irrigação de jardim, lavagem de pisos e de veículos;
- substituição de torneira convencional por torneira de alavanca;
- substituição de torneira convencional por torneira de pré-lavagem com controle manual de abertura;
- substituição da torneira convencional por torneira hidromecânica ou eletrônica.

c. Arejador

É um componente instalado na extremidade da bica da torneira, o qual reduz a seção de passagem da água através de peças perfuradas ou telas finas e possui orifícios na superfície lateral para a entrada de ar durante o escoamento da água.

- arejador atua de duas formas: controla dispersão do jato e reduz a vazão, portanto o consumo de água. Ressalta-se que o conhecimento da ordem de grandeza da pressão

hidráulica no ponto de utilização é imprescindível para a especificação correta desse componente.

Os arejadores são indicados para todas as torneiras, exceto torneiras de limpeza e torneiras de tanque, onde o usuário, em geral, necessita de maior vazão para reduzir o tempo de realização da atividade.

Em cozinhas, recomenda-se a instalação de arejadores tipo chuveirinho, os quais facilitam ainda mais a realização das atividades nessa área. Existem no mercado componentes com a dupla função: arejador e chuveirinho, proporcionando maior versatilidade para a realização das atividades em pias de cozinha.

c2. Torneiras de alavanca

Este tipo de torneira é indicado para os locais onde as torneiras hidromecânicas ou eletrônicas não apresentam bom desempenho. Ela facilita a utilização, principalmente em cozinhas onde o usuário encontra dificuldade de fechar a torneira convencional por estar com a mão engordurada e acaba deixando-a aberta ou semi-aberta. Como dispõem de alavanca para as operações de abrir e fechar facilitam a sua utilização e possibilitam a redução de perdas.

c3. Torneiras hidromecânicas e eletrônicas

As torneiras de sanitários podem ser substituídas por torneiras hidromecânicas ou eletrônicas. Consideram-se as torneiras hidromecânicas de bom desempenho. Embora as

eletrônicas sejam mais eficientes, tanto no que diz respeito à redução de consumo de água como à questão de higiene. Na opção por elétricas, estas requerem remanejamento do sistema elétrico e, ainda, na falta de energia não funcionam, a não ser que estejam ligadas a um sistema gerador de energia. Na opção por torneira eletrônica com bateria, deve-se solicitar ao serviço de manutenção a inclusão desse componente no estoque do almoxarifado a partir da instalação dessa torneira no sistema.

c4. Registros reguladores de vazão

São componentes que regulam a vazão, no ponto de utilização, desde o valor nulo ao máximo, mantendo-a constante. São utilizados principalmente em torneiras “de mesa”, pois são instalados entre o engate flexível e a conexão do ponto de utilização. Os registros reguladores de vazão são recomendados para atuar junto às torneiras convencionais, eletrônicas e hidromecânicas.

Quando as torneiras convencionais estão em ótimo estado de conservação ou não se dispõem de recursos para a substituição das torneiras, recomenda-se somente a instalação de registro regulador de vazão e da reposição de arejador, caso já tenha sido retirado. Caso o modelo da torneira não disponha de arejador instalar somente o registro regulador de vazão, caso a torneira seja de mesa.

Após a instalação dos componentes economizadores de cujo grupo fazem parte torneiras observa-se que o impacto de redução do consumo de água não é imediato, pois verifica-se a necessidade de um período de adaptação do usuário. Logo após a

instalação, os usuários tendem a acionar repetidas vezes como se estivessem testando o novo componente, o que provoca o aumento do consumo de água.

d. Chuveiros e duchas

Para os chuveiros e duchas há várias alternativas para a redução de vazão, conforme descrito a seguir. No caso de chuveiro elétrico que, tem a potência elétrica utilizada para o aquecimento da água, atuando como fator limitante da vazão, em geral, apresenta pequenos valores de vazão. Todavia, maiores valores de vazão podem ser obtidos em chuveiros de maior potência elétrica.

Em algumas regiões brasileiras, os chuveiros elétricos são utilizados na maior parte do tempo desligados, ou seja, sem aquecimento da água. Assim, os valores de vazão não são limitados pela potência elétrica e variam em função da pressão e do grau de abertura do chuveiro. Nesses casos, verificar os valores da vazão de utilização e verificar a necessidade de restritores de vazão.

d1. Restritores de vazão

São componentes que restringem a vazão a um valor predeterminado. São disponíveis nos valores de 0,10 l/s, 0,13 l/s, 0,17 l/s e 0,20 l/s. No caso de chuveiros não elétricos, para evitar a intermitência de temperatura, recomenda-se a utilização de válvula misturadora termostática ao invés dos dois registros de pressão dos misturadores convencionais. Ressalta-se que são recomendados para valores de pressão hidráulica superiores a 100 KPa.

Há casos em que o restritor de vazão não se adapta ao chuveiro existente. Então, para reduzir o consumo de água deve-se substituir o chuveiro convencional pelo chuveiro com restritor de vazão.

Observa-se que para a especificação de restritores de vazão para chuveiros deve-se verificar a vazão disponível, pois valores de vazão menores que 0,05 ℓ/s são impraticáveis e valores de 0,10 ℓ/s a 0,15 ℓ/s estão numa faixa adequada. Dessa forma, se o chuveiro ou a ducha apresenta vazão na faixa de 0,05 ℓ/s a 0,15 ℓ/s não há necessidade de uma ação de redução da vazão nesses componentes para limitar o consumo, uma vez que a água a uma temperatura adequada é obtida para pequenos valores de vazão.

d2. Chuveiro com fechamento hidromecânico

Outra forma de reduzir o consumo de água proveniente desses componentes é a instalação de chuveiros com fechamento hidromecânico, os quais são fechados automaticamente após 30 segundos do acionamento. Essas válvulas de fechamento hidromecânico são disponíveis para chuveiros com água fria, pré-misturada ou elétrico.

Assim, o usuário aciona o chuveiro cinco vezes por banho, sendo uma para molhar, duas para ensaboar e duas para enxaguar. Esse componente tem encontrado muita resistência por parte dos usuários, principalmente em vestiários de funcionários. Assim, recomenda-se um estudo mais aprofundado do perfil do usuário antes da realização dessa especificação.

d3. Chuveiro eletrônico

A forma de energia desse chuveiro pode ser elétrica ou a bateria. A sua abertura ocorre com a presença do usuário em frente ao sensor infravermelho e o fechamento após o tempo regulado no circuito eletrônico. Pode ser especificado para clubes, indústrias, edifícios públicos e outros.

5.3.4 Redução de perdas e reaproveitamento de água em sistemas hidráulicos especiais

Em geral, a redução de perdas em sistemas hidráulicos especiais é obtida por meio de manutenção adequada evitando-se as perdas por vazamento, mau desempenho do sistema ou por negligência do usuário. No entanto, o maior potencial para a redução de consumo de água nesses sistemas encontra-se na implementação de ações que visem o reaproveitamento de água. Neste item são apresentadas algumas diretrizes para a redução de perdas e reaproveitamento de água de alguns sistemas hidráulicos especiais.

Denomina-se reuso ou reaproveitamento de água a utilização da água efluente de um sistema sem a necessidade de tratamento prévio para novamente ser disponibilizada aos mesmos sistemas ou a pontos de utilização específicos. Ressalta-se que em todos os casos de reaproveitamento da água deve-se verificar a qualidade da água e realizar a análise de viabilidade técnico-econômica para a implementação de tal ação no sistema.

5.3.4.1 Sistema de ar condicionado

Neste sistema, pode-se evitar as perdas de água por arraste nas torres de resfriamento, através da instalação de bandejas coletoras junto às venezianas das bacias das torres. Essas perdas são provocadas por respingos de água que ultrapassam e representam, aproximadamente, 0,1% da vazão de água em circulação nas torres de resfriamento.

Segundo PLOESER et al. (1992), para reduzir o volume de água liberada por drenagem deve-se considerar a qualidade da água de recirculação na torre de resfriamento. A relação entre o volume de água de reposição e o volume de drenagem pode ser expressa como taxa de concentração, também denominada número de ciclos de concentração, ou seja, a relação entre a concentração do total de sólidos dissolvidos, TDS, na água de drenagem e a concentração da água de reposição do sistema. À medida em que a taxa de concentração aumenta o volume de drenagem diminui. O aumento da taxa de concentração de 2 para 4 resulta na conservação da terça parte do volume de água de reposição previamente requerido.

Várias torres de resfriamento dispõem de medidores de condutividade e válvulas solenóide para controlar a drenagem com base no nível de TDS medido na torre. A água de recirculação das torres de resfriamento pode ser quimicamente tratada, em geral, por empresas especializadas. Em alguns casos, o fornecedor do tratamento químico pode não estar motivado em reduzir o volume de drenagem, pois o decréscimo desse volume reduz a quantidade de produtos químicos necessários à reposição pela realização de drenagem.

Pode-se melhorar a eficiência das torres de resfriamento através de gerenciamento mais criterioso. Uma opção é a implantação de sistema de medição setorizada do consumo de água do sistema, o que possibilita uma melhor avaliação do consumo de água de reposição e de drenagem. Esse sistema não é vantajoso se os dados não são rotineiramente coletados e analisados.

Os sólidos em suspensão freqüentemente entram no sistema de resfriamento através da passagem do ar pela torre de resfriamento. Se a água efluente da torre é filtrada, partículas em suspensão indesejáveis podem ser separadas da água de recirculação. A remoção desse material possibilita maior eficiência e reduz a manutenção do sistema.

Ressalta-se, também, que em muitos casos é vantajosa a substituição do sistema de resfriamento a água por outro de resfriamento a ar.

5.3.4.2 Sistema de ar comprimido medicinal

A água efluente do sistema de ar comprimido pode ser reaproveitada pelo próprio sistema da seguinte maneira:

- coletar a água em uma reservatório dimensionado conforme a capacidade do sistema, observando-se que reservatórios de maior capacidade possibilitam o resfriamento natural mais rápido;
- a água efluente do compressor apresenta uma temperatura de, aproximadamente, 35°C e deve ser resfriada até a temperatura de 22°C;
- recalcar a água para realimentar o sistema atendendo à pressão mínima de entrada no compressor, recomendada pelo fabricante.

A água efluente desse sistema pode ser também reaproveitada no sistema de vácuo. Uma outra opção é conduzi-la a um reservatório específico para ser reutilizada em descargas de bacias sanitárias. Nesse caso recomenda-se a coloração da água com o objetivo de alertar ao usuário a não utilizá-la para outro fim.

5.3.4.3 Sistema de vapor com caldeira

Dos efluentes de sistema de vapor com caldeira somente a água de condensado é objeto de reproveitamento, porém deve-se considerar a verificação da qualidade da água através de detector de condensado contaminado.

Conforme PLOESER et al. (1992), a água de condensado de equipamentos tais como autoclaves hospitalares é potencialmente contaminada, portanto não deve ser reaproveitada. Caso seja constatada a qualidade adequada da água, a sua reutilização implica em economia de água e de energia e, ainda economia de tratamento químico da água. Este tratamento é realizado antes de alimentar a caldeira e tem por finalidade evitar incrustação de sais minerais no sistema.

5.3.4.4 Sistema de hemodiálise por osmose reversa

Somente a água efluente obtida no tratamento da água por osmose reversa, ou seja, aquela proveniente da primeira etapa do processo é que pode ser reaproveitada, conforme descrito no item 5.1.3.3.

O reaproveitamento dessa água pode ser feito conduzindo-a a um reservatório específico, sem interligação com o sistema convencional, adicionado-lhe corante e destinando-a, somente para o acionamento de descargas em bacias sanitárias. Observa-se que essa água é rica em sais minerais, o que facilita a sua impregnação nas paredes da bacia sanitária, dificultando a manutenção.

5.3.5 Campanha educativa

A campanha educativa tem o objetivo de alterar os procedimentos dos usuários visando a redução do consumo de água em suas respectivas atividades. É realizada utilizando-se uma forma de comunicação destinada a diferentes grupos de usuários específicos, ou seja, é feita através de palestras dirigidas aos usuários de cozinha e lanchonete, aos usuários de laboratórios, usuários responsáveis da limpeza, aos usuários responsáveis pela manutenção de sistemas prediais e a outros grupos de agentes consumidores de água do edifício, informando-os dos procedimentos corretos para a realização de suas atividades.

Esse trabalho deve ser desenvolvido por profissionais especialistas de cada uma das áreas. Apresentam-se algumas sugestões de atividades que podem ser desenvolvidas nessa campanha:

- curso de pesquisa de vazamento e de manutenção de sistemas prediais, ministrado pelas concessionárias, fabricantes ou por outras entidades;
- palestras sobre procedimentos para higienização de utensílios de cozinha e preparação de alimentos;

- palestras que abordem procedimentos de limpeza geral, limpeza de reservatórios e irrigação de jardins.

Essa etapa pode ser desenvolvida desde o início da implantação do PURA, podendo-se motivar os usuários com prêmios e comendas pela participação efetiva na redução de usos e desperdícios de água. Essa participação pode ser tanto na forma de mudança de procedimento como na atuação do usuário como observador dos problemas hidráulicos do sistema, tais como: torneira com vazamento, “disparo” em válvula de descarga, vazamento em tubulações, quebra de componentes de utilização, dentre outros.

5.4 Avaliação do impacto de redução do consumo de água

A avaliação da redução do consumo de água deve ser feita após a implementação de cada uma das ações fazendo-se a leitura no hidrômetro diária, semanal ou mensalmente e observando-se a redução do consumo de água nos respectivos períodos. É importante conferir o valor do consumo indicado na conta de água que, em geral, apresenta alguma diferença em relação ao consumo levantado no sistema em função das datas de leituras.

Antes de calcular o impacto de redução do consumo de água provocado por uma ação do plano de intervenção é necessária a avaliação da influência das variáveis e eventos no consumo de água do sistema no período de avaliação daquela ação implementada, conforme apresentado no item 5.3. A avaliação do impacto de redução também pode ser realizada após todas as etapas do PURA.

5.4.1 Cálculo do impacto de redução de consumo

Na avaliação é fundamental a consideração do indicador de consumo. Caso a análise seja realizada somente através do valor de consumo, corre-se o risco de se obter resultados enganosos, exceto quando o número de agentes consumidores seja o mesmo antes e durante a implantação do PURA. O impacto de redução do consumo é calculado conforme a equação 5.31:

$$IR = \frac{ICAP - ICDP}{ICAP} \times 100 (\%) \quad (5.31)$$

onde:

IR = impacto de redução de consumo de água por agente consumidor;

ICAP = indicador de consumo antes do PURA – ICh ou ICh2;

ICDP = indicador de consumo depois do PURA.

A informação de redução do consumo de água deve ser sempre repassada aos usuários do sistema, através da campanha de conscientização, que tem a função de informar e incentivar os usuários a economizarem água.

Durante todo o processo de implementação das ações do PURA devem ser observados os eventos que possam aumentar ou reduzir o consumo de água para que o sistema seja avaliado corretamente.

No próximo capítulo apresenta-se a aplicação desta metodologia a duas tipologias de edifícios: um hospital e uma escola.

6 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

Apresenta-se neste capítulo a aplicação da metodologia, desenvolvida para a implantação do PURA, a duas tipologias de edifícios – um hospital e uma escola. O PURA em hospital foi implantado no Instituto do Coração do Complexo do Hospital das Clínicas de São Paulo e denominado PURA InCor. O PURA em escola foi implantado na Escola Estadual de Primeiro e Segundo Graus Fernão Dias Paes e denominado PURA EE.

6.1 Caso 1: PURA InCor

O Instituto do Coração localiza-se à avenida Dr. Enéas de Carvalho Aguiar, no Bairro Cerqueira César, na cidade de São Paulo. Ressalta-se a complexidade desse sistema pelas seguintes características:

- diversidade de sistemas hidráulicos prediais e especiais:
 - sistema de água fria;
 - sistema de água quente;
 - sistema de proteção contra incêndio por hidrantes;
 - sistema de ar condicionado;
 - sistema de caldeira a vapor;
 - sistema de ar comprimido medicinal;
 - sistema de vácuo;
 - sistema de destilação;
- cozinha industrial, com produção de, aproximadamente, 2000 refeições diárias;

- população fixa e população flutuante, num total de, aproximadamente, 5000 usuários;
- é um hospital-escola, ou seja, difere dos demais sistemas de mesma tipologia em função das atividades acadêmicas e de pesquisa;
- está em ampliação há onze anos.

Apesar da complexidade do sistema o PURA InCor foi implantado no período de janeiro/97 a dezembro/98, com resultados satisfatórios, conforme apresenta-se a seguir.

6.1.1 Auditoria do consumo de água

Com o objetivo de conhecer o consumo de água no sistema, tanto usos quanto desperdícios provocados por usuários nas atividades relacionadas à água, foi realizada uma auditoria no InCor no mês de janeiro/97. Essa auditoria propiciou a realização de um diagnóstico o mais próximo da realidade possível e, conseqüentemente, um melhor planejamento do plano de intervenção.

6.1.1.1 Histórico do consumo de água

O histórico do consumo de água do InCor foi fornecido pela Engenharia Hospitalar do Complexo do Hospital das Clínicas, compreendendo o período de janeiro/96 a janeiro/97, portanto um período histórico de treze meses. A partir desses valores, determinaram-se os consumos médios diários dividindo-se o consumo mensal pelo número de dias entre leituras, correspondentes aos dos respectivos meses. A tabela 6.1

apresenta os valores de consumo mensal e de consumo médio diário para o período histórico e a figura 6.1 ilustra os valores de consumo médio para o mesmo período.

Tabela 6.1 – Consumo mensal de água e consumo médio diário no período histórico de janeiro/96 a janeiro/97 no InCor.

Mês	Consumo mensal (m ³)		Consumo médio diário (m ³)	
	1996	1997	1996	1997
jan.	18248	14157	589	457
fev.	16173	---	558	---
mar.	16014	---	517	---
abr.	15021	---	501	---
maio	16484	---	532	---
jun.	15680	---	523	---
jul.	16034	---	517	---
ago.	16034	---	517	---
set.	15759	---	525	---
out.	15537	---	501	---
nov.	13651	---	455	---
dez.	13124	---	423	---
Total	187759	14157	6158	457
Média	15647	14157	513	457

Da tabela 6.1 obtém-se o consumo médio diário do período histórico – 509 m³.

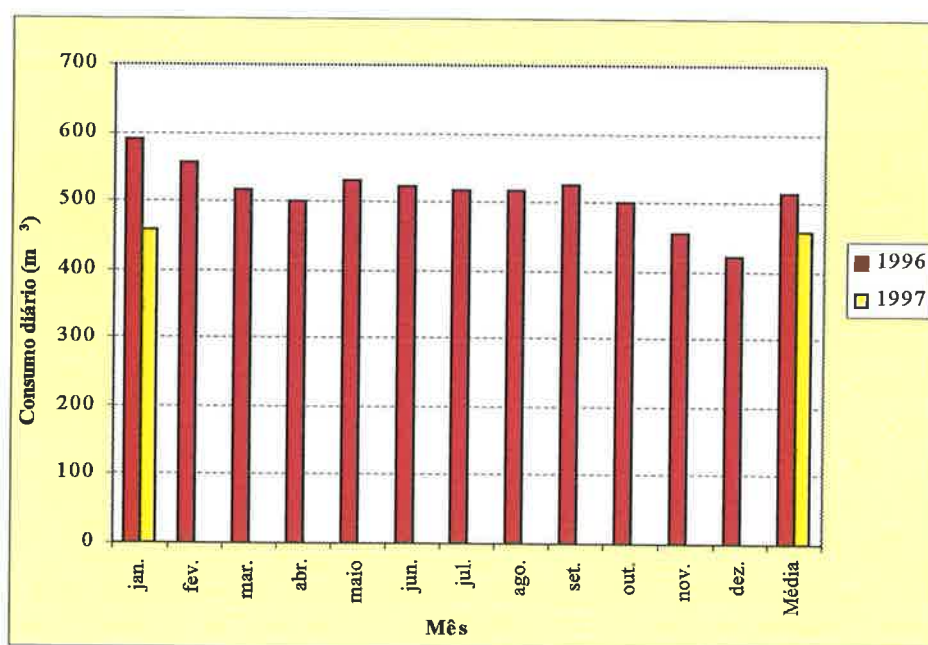


Figura 6.1 – Consumo médio diário de água no InCor no período histórico de janeiro/96 a janeiro/97.

6.1.1.2 Histórico do número de agentes consumidores

Inicialmente, deve-se observar os agentes consumidores do sistema e escolher aquele mais representativo do edifício. Nesse caso, a população é constituída de população fixa e de população flutuante, conforme descrito a seguir.

a. População fixa

Considera-se população fixa o conjunto de médicos, funcionários, leitos funcionantes e acompanhantes dos respectivos leitos. Denomina-se leito funcionante aquele que é ocupado pelo paciente, pois eventualmente um leito é interditado para um serviço de manutenção no próprio leito ou em algum subsistema do quarto – revestimento de piso, hidráulico, elétrico ou outro.

A população de médicos e funcionários constitui-se de: contratados, residentes e estagiários e terceiros – prestadores de serviços de limpeza, de manutenção do sistema de ar condicionado e outros. Desse total subtraem-se os que estão de férias e os afastados por motivos diversos.

b. População flutuante

A população flutuante é obtida pelo número de atendimentos nos diversos setores, que no InCor é o seguinte:

- **consultas médicas:** ambulatório especializado, ambulatório geral, ambulatório convênio/particular, pronto-socorro;

- **consultas multiprofissionais:** enfermagem, farmácia, nutrição, odontologia, psicologia, serviço social;
- **procedimentos:**
 - divisão de diagnóstico por imagem: radiologia, ecocardiologia, ultra-sonografia, radioisótopos, tomografia, radiologia intervencionista, ressonância magnética, endoscopia;
 - divisão de métodos gráficos: eletrocardiografia de repouso, eletrocardiografia de esforço, vetocardiografia, holter, eletrocardiografia de alta resolução, pneumologia, laboratório, procedimentos hemodinâmicos, necrópsias.

Considerando-se que a estatística no InCor é realizada em função do número de procedimentos e que cada procedimento implica consumo de água, propõe-se que a população flutuante seja obtida do número total de consultas e de exames realizados diariamente por pacientes que passam algumas horas no hospital, mas não são internados. Considera-se, também, nesse número, a realização de procedimentos relativos à necrópsia, pois esta é uma atividade que consome muita água. Note-se que nem todos os hospitais realizam essa atividade.

Observando-se os elementos do conjunto populacional desse sistema hospitalar, considera-se que o número de leitos funcionantes é o mais representativo para essa tipologia de edifício, pois todo o corpo de funcionários e médicos está a serviço dos pacientes, aqui representados pelos leitos funcionantes; além disso, a cozinha, grande consumidora de água, prepara refeições para os pacientes dos leitos.

Tal consideração não exige a possibilidade de definição de outro agente consumidor, como por exemplo, toda a população fixa, se for constatada a grande contribuição desta no consumo de água. Por essa razão, cada sistema deve ser analisado para a melhor definição do agente consumidor.

A tabela 6.2 apresenta o número de leitos funcionantes e a tabela 6.3, as populações fixa e flutuante do InCor no período histórico de janeiro/96 a janeiro/97.

Tabela 6.2 – População do InCor no período histórico de janeiro/96 a janeiro/97.

Mês	1996			1997		
	População flutuante (pes/dia)	População fixa (pes/dia)	População total (pes/dia)	População flutuante (pes/dia)	População fixa (pes/dia)	População total (pes/dia)
jan.	2467	2104	4571	2548	2085	4633
fev.	2487	2106	4593	---	---	---
mar.	2593	2290	4883	---	---	---
abr.	2622	2295	4917	---	---	---
maio	2713	2291	5004	---	---	---
jun.	2488	2288	4776	---	---	---
jul.	2931	2281	5212	---	---	---
ago.	2730	2285	5015	---	---	---
set.	2571	2347	4918	---	---	---
out.	2487	2275	4762	---	---	---
nov.	2496	2271	4767	---	---	---
dez.	2162	2084	4246	---	---	---
Total	30747	26917	57664	2548	2085	4633
Média	2562	2243	4805	2548	2085	4633

Tabela 6.3 – Leitos funcionantes do InCor no período histórico de janeiro/96 a janeiro/97.

Mês	Leitos funcionantes (un)	
	1996	1997
jan.	324	305
fev.	326	---
mar.	320	---
abr.	325	---
maio	321	---
jun.	318	---
jul.	311	---
ago.	315	---
set.	308	---
out.	305	---
nov.	301	---
dez.	304	---
Total	3778	305
Média	315	305

Através da tabela 6.3 obtém-se o número médio de agentes consumidores do InCor no período histórico: 314 leitos funcionantes diários.

6.1.1.3 Cálculo do indicador de consumo de água no período histórico

O indicador de consumo a ser utilizado para avaliar a redução do consumo de água após a implementação de cada uma das ações do plano de intervenção é o consumo diário de água por leito funcionante. A avaliação desse parâmetro é fundamental à medida que as ações que visem a redução do consumo de água sejam implementadas, pois é uma das formas de verificar-se o comportamento do sistema face às ações.

Conforme foi explicado no desenvolvimento da metodologia, apresentada no capítulo 5, o período de atividades considerado no cálculo do indicador de consumo varia em

função da tipologia do edifício. Assim, para este caso, considerando-se que o leito funcionante está em operação todos os dias do mês, propõe-se que o indicador de consumo seja calculado conforme a equação 6.1:

$$IC = \frac{C_m}{NL \cdot D_m} \times 1000 \quad (6.1)$$

onde:

IC = indicador de consumo, $\ell/\text{leito}/\text{dia}$;

C_m = Consumo mensal de água, m^3 ;

NL = número de leitos funcionantes do mês relativo ao consumo de água;

D_m = número de dias do mês relativo ao consumo de água.

Assim, os valores de indicadores de consumo de água, obtidos mensalmente no período de janeiro/96 a janeiro/97, são apresentados na tabela 6.4 e na figura 6.2.

Tabela 6.4 – Consumo diário de água por leito funcionante no InCor no período histórico de janeiro/96 a janeiro/97.

Mês	Consumo diário de água por leito ($\ell/\text{leito}/\text{dia}$)	
	1996	1997
jan.	1817	1497
fev.	1711	---
mar.	1614	---
abr.	1541	---
maio	1656	---
jun.	1644	---
jul.	1663	---
ago.	1642	---
set.	1705	---
out.	1643	---
nov.	1512	---
dez.	1393	---
Total	19544	1497
Média	1628	1497

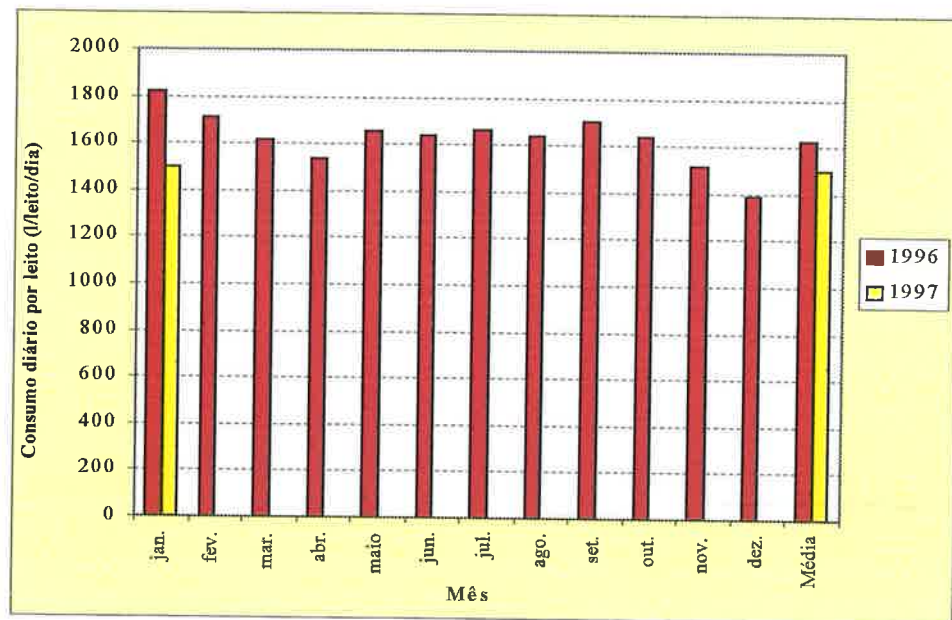


Figura 6.2 – Consumo diário de água por leito no InCor no período histórico de janeiro/96 a janeiro/97.

Da tabela 6.4, obtém-se o consumo médio diário de água por leito funcionando no período histórico, ou seja, 1618 l/leito/dia.

6.1.1.4 Diagnóstico preliminar

Em função da homogeneidade dos valores mensais dos indicadores de consumo apresentados na tabela 6.4, obtém-se o valor do indicador de consumo no período histórico: ICh de 1618 l/leito/dia. Então, calculam-se os valores do indicador de consumo estimado – ICe, após a obtenção dos valores de consumo mensal estimado para esse hospital – Cme, através da equação 5.8, aqui reapresentada:

$$Cme = 2,9 NF + 11,8 BS + 2,5 NL + 280$$

onde:

Cme, NF, BS e NL definidos anteriormente.

Utilizando-se os dados do período histórico obtidos no Departamento de Estatística, número de leitos funcionantes – NL; no Departamento de Recursos Humanos, número de funcionários – NF e na Engenharia Hospitalar, número de bacias sanitárias – 283, pode-se calcular o valor do consumo mensal estimado para esse hospital em condições normais de operação, ou seja, sem desperdício de água, a partir da equação 5.8. A tabela 6.5 apresenta os valores mensais de NL, NF, Cme e de ICe no período histórico. Os valores de ICe são obtidos através da equação 6.2:

$$ICe = \frac{Cme}{NL \cdot Dm} \times 1000 \quad (6.2)$$

onde:

ICe = indicador de consumo estimado, ℓ/leito/dia;

Cme, NL e Dm definidos anteriormente.

Tabela 6.5 – Consumo mensal estimado – Cme e indicador de consumo estimado – ICe, no InCor no período histórico de janeiro/96 a janeiro/97.

Mês	NF	NL	Cme (m ³)	ICe (ℓ/leito/dia)
jan./96	1719	324	9414	937
fev./96	1719	326	9419	996
mar./96	1909	320	9956	1004
abr./96	1909	325	9968	1022
maio/96	1909	321	9958	1001
jun./96	1909	318	9950,5	1043
jul./96	1909	311	9933	1030
ago./96	1909	315	9943	1018
set./96	1978	308	10126	1096
out./96	1909	305	9918	1049
nov./96	1909	301	9908	1097
dez./96	1720	304	9367	994
jan./97	1719	305	9367	991
Total	24127	4083	127227,5	13278
Média	1856	314	9787	1021

Através dos valores da tabela 6.5, obtém-se o valor médio do consumo mensal estimado de água no período histórico, ou seja, 9787 m³ ou de 326 m³ diários, e ainda o valor do consumo médio diário de água por leito – 1021 ℓ/leito/dia.

a. Desperdício diário estimado

Os valores de desperdício diário estimado – DDe no período histórico são obtidos através da equação 5.16, utilizando-se os valores das tabelas 6.4 e 6.5, cujos resultados estão apresentados na tabela 6.6.

b. Índice de desperdício estimado

Os valores dos índices de desperdício estimado – IDe são obtidos através da equação 5.17 e apresentados na tabela 6.6.

Tabela 6.6 – Desperdício diário estimado de água e índice de desperdício estimado verificados no InCor no período histórico de janeiro/96 a janeiro/97.

Mês	DDe (ℓ/leito/dia)	IDe (%)
jan./96	880	48,4
fev./96	715	41,8
mar./96	610	37,8
abr./96	519	33,7
maio/96	655	39,5
jun./96	601	36,6
jul./96	633	38,1
ago./96	624	38,0
set./96	609	35,7
out./96	594	36,1
nov./96	415	27,4
dez./96	399	28,6
jan./97	506	33,8
Média	597	36,6

Da tabela 6.6, obtém-se o valor médio de desperdício diário estimado de 597 ℓ /leito/dia e o índice de desperdício estimado o valor de 36,6%. Considerando-se o número médio de leitos funcionantes do InCor no período histórico – 314, multiplicado pelo valor do desperdício diário por leito, obtém-se o volume de desperdício diário estimado de 187m³.

Esse diagnóstico preliminar indica a possibilidade de se obter um grande impacto de redução após a implementação de ações do PURA que visam à redução de consumo de água no sistema. O próximo item descreve o levantamento de todo o sistema hidráulico para a realização de um diagnóstico preciso, possibilitando a elaboração de uma plano de intervenção adequado às necessidades e às características do sistema.

6.1.1.5 Levantamento do edifício

O levantamento do edifício consiste no cadastramento de suas características físicas e funcionais relacionadas ao consumo de água. Nessa etapa são levantadas as condições de funcionamento de todos os componentes de utilização do sistema hidráulico predial, a pressão hidráulica nos pontos críticos do sistema, os procedimentos dos usuários, os sistemas hidráulicos especiais e realizada a detecção de vazamento em todo o sistema hidráulico.

a. Sistema arquitetônico – caracterização do edifício

O InCor entrou em operação em 1978, está em ampliação há onze anos e apresenta as seguintes áreas:

- área de construção em operação: 48136 m²;
- área em ampliação: 17637 m².

O edifício do InCor possui dois blocos, sendo que o Bloco II está em construção, funcionando parcialmente. O Bloco I tem oito andares e está ocupado da seguinte forma:

- do 5º ao 8º andar – leitos;
- 4º andar – hemodinâmica, área acadêmica, vestiário do centro cirúrgico;
- 3º andar – centro cirúrgico e unidades de terapia intensiva;
- 2º andar – setor administrativo;
- 1º andar – laboratórios;
- Ambulatório I – laboratório clínico;
- Térreo – consultórios, pronto-socorro, lanchonete;
- Subsolo – cozinha, bioengenharia, anatomia patológica, biotério, necrópsia e outros.

O Bloco II está em construção, porém o ambulatório desse bloco já está em operação. A Engenharia Hospitalar também está provisoriamente instalada nesse bloco.

b. Sistema hidráulico predial

O sistema hidráulico predial do InCor dispõe de água quente com sistema central ascendente. O sistema de água fria é descendente, ou seja, após ser armazenada em reservatório inferior, a água é recalçada para o reservatório superior e, deste, distribuída para os pontos de utilização, através de quatro colunas interligadas por uma tubulação em anel na cobertura do edifício e em todos os pavimentos-tipo. Essa concepção do

sistema de distribuição dificulta o trabalho de manutenção, pois todo o fornecimento de água no sistema deve ser interrompido para a intervenção em determinados ramais. Toda a tubulação de água fria do Bloco I foi executada em tubo de aço galvanizado e a de água quente, em cobre.

Considerando-se os 20 anos de operação do hospital, pode-se prever que as condições das tubulações de aço galvanizado estão em condições precárias, apresentando corrosão e incrustação. Assim, a Engenharia Hospitalar está substituindo gradativamente a tubulação de aço galvanizado por cobre em todo o Bloco I.

O InCor não dispõe de lavanderia. As roupas, aproximadamente, 3800 kg diários, são lavadas na lavanderia central do Complexo do Hospital das Clínicas.

c. Sistemas de abastecimento de água e de coleta de esgoto sanitário

O InCor é abastecido por rede pública de água e o esgoto sanitário é coletado pela rede pública de esgoto sanitário.

d. Sistema de medição

O consumo de água é medido por um hidrômetro Sabesp cujo número é 97617520, vazão nominal de 100 m³/h e diâmetro de 100 mm. A área do Bloco II que está em operação é alimentada por um ramal do Bloco I, porém a área que está em construção dispõe de um hidrômetro provisório. Dessa forma, todo o consumo de água do InCor é separado do consumo da obra.

e. Sistema hidráulico externo

A tubulação do sistema hidráulico externo está executada aparente.

e1. Sistema de alimentação

O alimentador predial supre o reservatório da cabina de força e o reservatório inferior.

e2. Sistema de reservação

O InCor possui três reservatórios em operação com capacidade total de 717 m³, distribuídos da seguinte forma:

- inferior – 180 m³;
- superior 1 – 240 m³;
- superior 2 – 278 m³;
- superior 3 – 19 m³.

Está prevista a construção de um reservatório inferior com capacidade de 1300 m³ para atender ao Bloco II.

e3. Detecção de vazamento visível no sistema hidráulico externo

Toda a tubulação e componentes de utilização – 2 torneiras de jardim foram inspecionadas e não foi detectado nenhum vazamento. Os reservatórios inferiores e superiores foram vistoriados e não foi detectado vazamento.

e4. Detecção de vazamento não-visível no sistema hidráulico externo

Considerando-se que o toda a extensão do alimentador predial está executada com a tubulação aparente, não foi necessária a realização do teste do hidrômetro para a detecção de vazamentos não-visíveis. Com relação ao teste de vazamento de reservatórios, não foi possível a sua realização, devido às dificuldades de operação do sistema, porém a Engenharia Hospitalar informou que verifica as paredes internas dos reservatórios todas as vezes que procedem à limpeza e à desinfecção dos mesmos, ou seja, a cada seis meses.

f. Sistema hidráulico interno

O levantamento do sistema hidráulico interno foi realizado através da inspeção de todas as peças de utilização de água, quando foram verificados tipo, características e condições de funcionamento de cada uma das peças de utilização. Ainda, nesse levantamento, foram observados pontos de infiltração em paredes, tetos e pisos, como também questionadas as pessoas do local sobre eventuais vazamentos, difíceis de serem localizados em uma rápida inspeção.

Os resultados desse levantamento mostraram as condições do sistema hidráulico interno, principalmente as relativas aos pontos de utilização, o que possibilitou a implementação de ações específicas para a redução do consumo de água.

f1. Detecção de vazamento visível no sistema hidráulico interno

O InCor apresentava à época do levantamento 1261 pontos de utilização. Desse total, 305 estavam com vazamento – gotejamento ou com escoamento em filete, sendo que as torneiras de lavatórios eram as mais danificadas. Conforme a tabela 5.2 e considerando-se o valor de 189 ℓ /dia de perda de água para válvula de descarga, estimou-se uma perda de, aproximadamente, 12800 ℓ /dia. A figura 6.3 ilustra a quantidade de vazamentos detectados nos principais componentes de utilização do sistema hidráulico interno do InCor, cujas convenções são as mesmas apresentadas no capítulo 5.

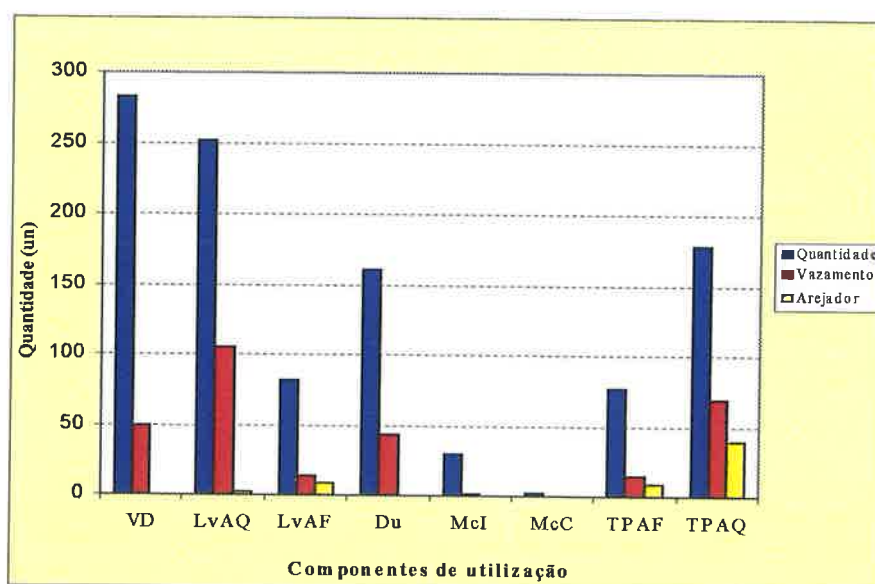


Figura 6.3 – Principais componentes de utilização do InCor com vazamento de água.

Observando-se a figura 6.3, verifica-se que os componentes de utilização apresentam muito vazamento e, além disso, as torneiras que poderiam ter arejador não os possuem. O modelo das torneiras de lavatório instaladas não permite a utilização de arejador e, no caso das torneiras de pia com arejadores, verificou-se que grande parte deles já havia sido retirada.

Os sanitários e os vestiários

Os sanitários públicos, os sanitários de funcionários, os banheiros de pacientes e os vestiários de médicos e funcionários possuem 334 torneiras convencionais de lavatório sendo que, aproximadamente, 4% dispõem de arejadores e 35%, à época, apresentavam vazamento. Foram, também, cadastradas 42 torneiras hidromecânicas e 2 eletrônicas.

As bacias sanitárias do InCor contam todas com válvula de descarga. Os problemas apresentados pelas bacias são:

- entupimentos freqüentes;
- desregulagem de válvula de descarga, cerca de 17% – vazão excessiva, “disparo” e vazamento pelo botão de acionamento.

As duchas, num total de 161 unidades, apresentaram 43 com vazamento, o que corresponde a 27% do total. Dos 13 chuveiros elétricos, nenhum revelou vazamento.

Os mictórios, 30 individuais e 3 coletivos, mostravam bom desempenho, sendo que somente 1 dos individuais denotava vazamento. Os registros de pressão dos mictórios coletivos e alguns dos individuais eram deixados abertos ininterruptamente, provocando grande desperdício de água.

Os laboratórios e os outros ambientes

As bancadas dos laboratórios, das copas e das salas de utilidades dos andares dispõem de torneiras convencionais de pia, sendo que do total de 240 unidades,

aproximadamente, 32% apresentaram vazamento e 20% dispunham de arejador. O centro cirúrgico possui lavatórios coletivos com torneiras de acionamento por pé.

A cozinha

A cozinha tem 17 torneiras de pia convencionais, sendo que nenhuma dispunha, na ocasião do levantamento, de arejador e 50% apresentavam vazamento. Das 4 torneiras que alimentam os panelões com capacidade de 200 litros, 2 estavam com vazamento. A cozinha não dispunha de torneiras específicas para a lavagem de verduras em folhas, nem para a pré-lavagem.

Os horários para o preparo das refeições e higienização da cozinha são:

- preparação de alimentos – das 6 às 11 horas;
- cozimento – das 6 às 11 horas;
- lavagem de pratos – das 9 às 10 horas, das 13 às 14 horas e das 19 às 20 horas;
- higienização geral – das 9 às 10 horas (área das verduras) e das 12 às 13 horas (cozinha geral).

O número de refeições preparadas mensalmente pela cozinha do InCor no período histórico de janeiro/96 a janeiro/97 é apresentado na tabela 6.7.

Tabela 6.7 - Refeições preparadas mensalmente no InCor no período histórico de janeiro/96 a janeiro/97.

Mês	1996	1997
	Refeição (un)	Refeição (un)
jan.	62799	61507
fev.	59195	---
mar.	59909	---
abr.	63063	---
maio	64868	---
jun.	61989	---
jul.	65801	---
ago.	63642	---
set.	63628	---
out.	55278	---
nov.	59150	---
dez.	61400	---
Total	740722	61507
Média	61727	61507

f2. Verificação da pressão hidráulica

Durante o levantamento foi constatado que o sistema redutor de pressão do sistema de água fria apresentava problemas. Então, com o objetivo de verificar o perfil da pressão hidráulica em todos os pavimentos do InCor, tendo-se em vista a influência da pressão hidráulica nas perdas e no desempenho das peças de utilização, e ainda a especificação de novos componentes, monitorou-se cada pavimento por um período mínimo de 24 horas.

Instalação do *data logger*

Foi instalado um *data logger* por andar, configurado para realizar leituras dos valores de pressão em intervalos de 1 segundo e a gravação a cada 15 minutos da média aritmética

dos valores lidos a cada segundo. A escolha dos pontos de utilização para a instalação do *data logger* foi feita considerando-se a sua maior proximidade à coluna de água fria, obtendo-se, assim, maiores valores de pressão e, portanto, mais desfavoráveis com relação ao problema de vazamento, pois nesses locais as perdas de carga são menores e maiores são os valores de pressão, sendo, conseqüentemente, maiores os valores de vazão de utilização e de desperdício. Os locais escolhidos para a monitoração foram os seguintes:

- 8º andar – ponto de torneira de limpeza no banheiro do leito 839;
- 7º andar – ponto de torneira de limpeza no banheiro dos leitos 769 e 771;
- 6º andar – não foi monitorado devido à execução de reforma;
- 5º andar – ponto de torneira de limpeza no banheiro dos leitos 560 e 562;
- 4º andar – torneira de limpeza da varanda externa;
- 3º andar – torneira de bancada na UTI;
- 2º andar – torneira de limpeza de sanitário feminino;
- 1º andar – ponto sob bancada do laboratório;
- AB (nível do Ambulatório) - torneira de copa;
- Térreo – torneira de limpeza de sanitário feminino;
- Subsolo – conexão da tubulação do pátio de recebimento de estoques.

A figura 6.4 ilustra um *data logger* instalado em um dos ramais do subsolo para a monitoração da pressão hidráulica.



Figura 6.4 – *Data logger* instalado em um dos ramais do subsolo do InCor.

Avaliação dos resultados da monitoração da pressão hidráulica

Considerando-se a questão da pressão dinâmica mínima para o funcionamento dos componentes de utilização, o sistema hidráulico do InCor apresentou alta pressão com valor mínimo de 100 KPa e oscilações não variando mais do que 10 KPa no 8º andar.

A pressão hidráulica típica do 7º andar apresentou um valor médio de 130 KPa com pequenas variações. Considerando-se que o 6º andar estava em reforma, não foi possível a sua monitoração naquela ocasião. Os valores de pressão obtidos no 5º andar foram, em média, de 200 KPa com pequenas oscilações de, aproximadamente, 10 KPa.

A figura 6.5 ilustra a pressão hidráulica típica do 4º andar, onde observam-se grandes oscilações. O valor médio verificado foi de, aproximadamente, 210 KPa e as pressões registradas variaram de 70 KPa a 260 KPa. A grande variação de pressão constatada no

período das 6 às 18 horas deve-se à maior intensidade de utilização do sistema nesse período.

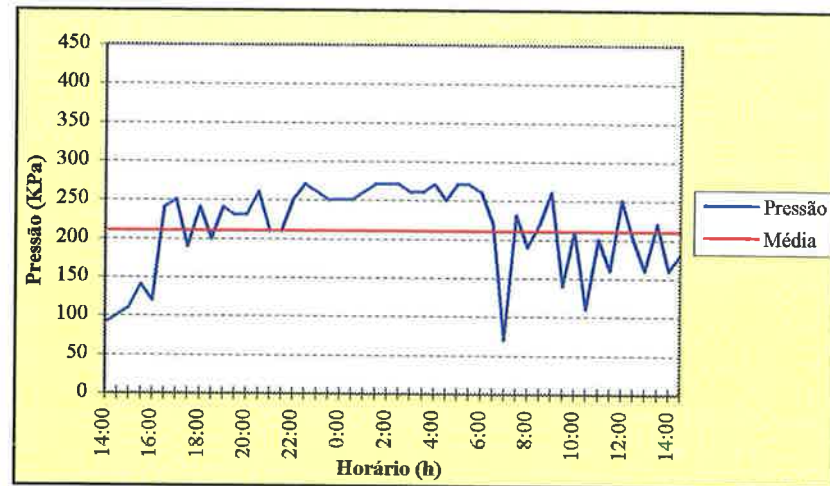


Figura 6.5 - Pressão hidráulica típica no 4º andar.

No 3º andar, a pressão hidráulica no período observado apresentou pequenas variações, tendo-se como média o valor de 300 KPa. Nesse pavimento, pode-se esperar um maior índice de vazamento provocado pela pressão em relação aos andares superiores.

A figura 6.6 apresenta a pressão hidráulica típica do 2º andar, o qual foi monitorado por três dias, de uma sexta-feira à segunda-feira seguinte.

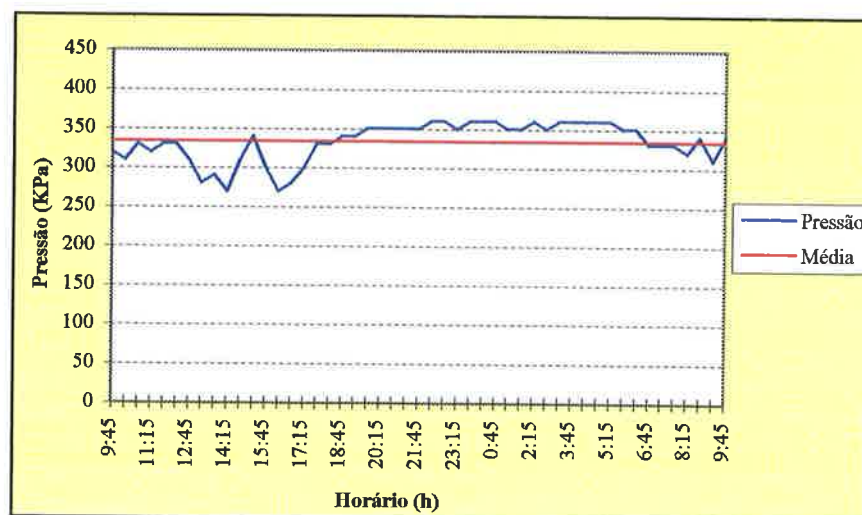


Figura 6.6 - Pressão hidráulica típica no 2º andar.

Observando-se a figura 6.6, verifica-se que o valor máximo de pressão, 360 KPa foi obtido no período das 22 às 5 horas. Dessa forma, observa-se que a probabilidade de vazamentos pode ser muito maior nesse pavimento, em relação aos anteriores, uma vez que se nota maior solicitação do sistema no que diz respeito à pressão hidráulica.

A pressão hidráulica típica no 1º andar mostrou-se bastante constante com o valor médio, obtido no período de três dias, em torno de 400 KPa, o que contribui para maior probabilidade de ocorrência de vazamentos e, também, para maiores valores de desperdício de água.

A figura 6.7 ilustra o perfil da pressão hidráulica no Térreo, a qual apresenta grandes oscilações. A média obtida nesse período foi de, aproximadamente, 340 KPa; no entanto atingiu valores superiores a 400 KPa, até mesmo durante o dia, o que é bastante desfavorável ao sistema. Observou-se, também, que a pressão chegou ao valor zero devido ao fechamento do sistema para manutenção no período das 20h e 30min às 23h.

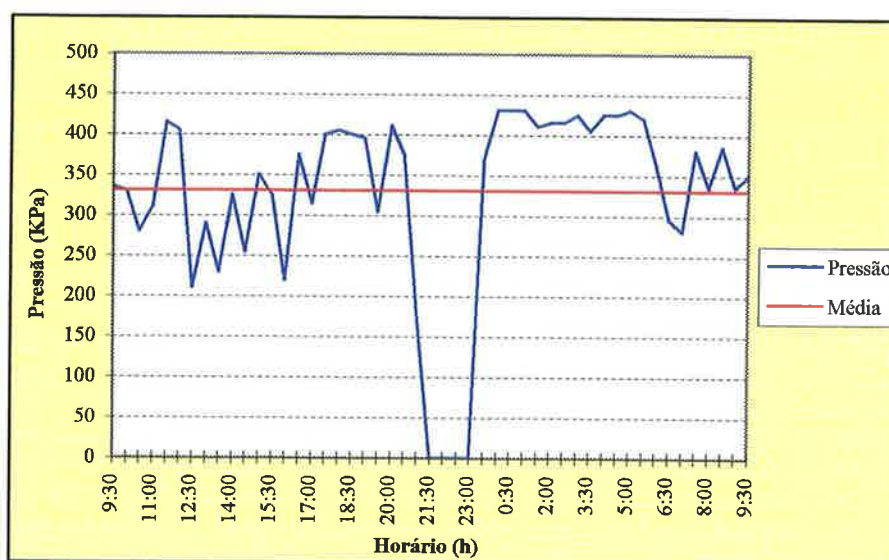


Figura 6.7 - Pressão hidráulica típica no Térreo.

A figura 6.8 apresenta o perfil da pressão hidráulica no nível do ambulatório - AB. A pressão hidráulica neste andar apresentou, no período observado, um valor médio de aproximadamente 380 KPa, porém com vários pontos de valores superiores a 400 KPa, principalmente, no período noturno chegando a atingir valores superiores 450 KPa.

Observa-se, também, que o sistema atingiu valores negativos no período em que o sistema foi fechado para manutenção - das 21h às 22h e 30 min. Tal fato indica a possibilidade de retrossifonagem, caso o sistema não atenda às recomendações de proteção contra o refluxo de água, previstas na NBR 5626 (1998).

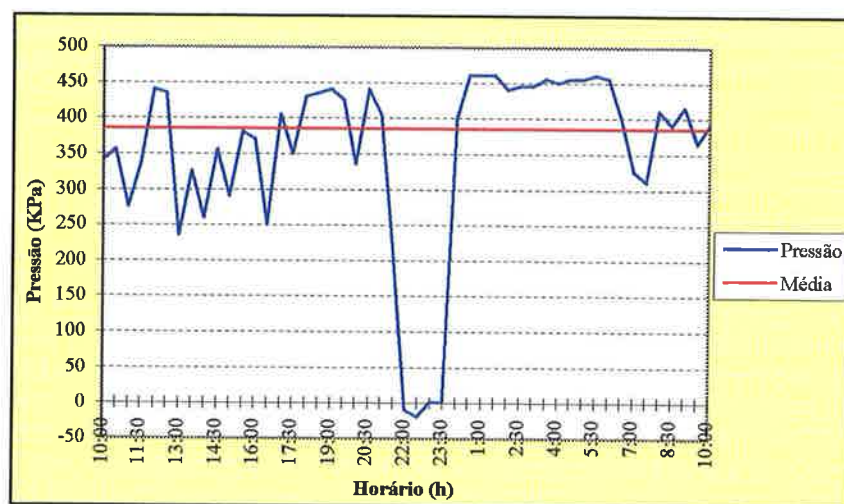


Figura 6.8 - Pressão hidráulica típica no AB – nível dos ambulatórios.

A figura 6.9 representa o perfil da pressão hidráulica verificada no subsolo, a qual apresentou um valor médio de, aproximadamente, 440 KPa e, em grande parte do período observado, valores superiores a 450 KPa. Nesse nível localiza a cozinha, local em que o consumo de água é bastante elevado tendo como agente facilitador a pressão acima do valor recomendado pela NBR 5626 (1998), o que contribui, ainda mais, para o aumento do consumo de água e o aumento do índice de perda no sistema hidráulico.

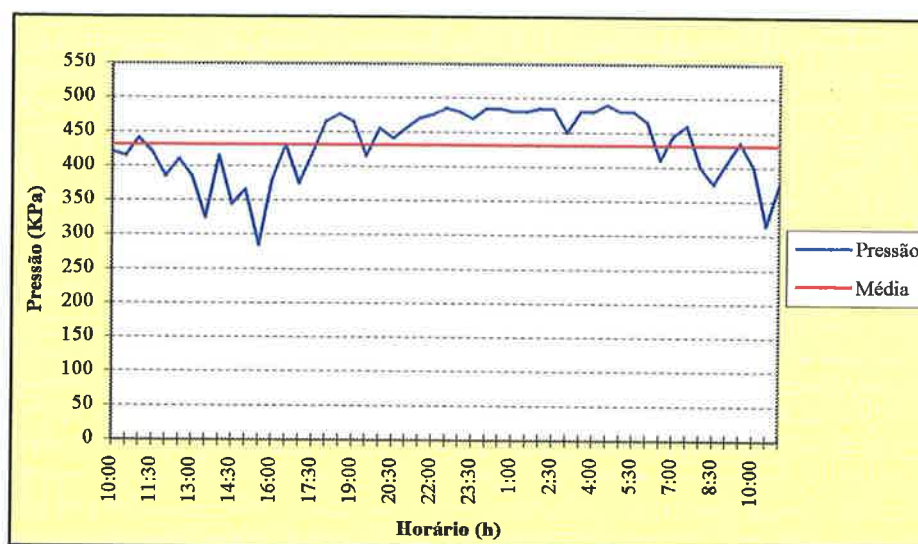


Figura 6.9 - Pressão hidráulica típica do subsolo.

O levantamento indica condições de pressão hidráulica desfavorável, principalmente no 1º andar, no Térreo, no andar dos ambulatorios – AB e no subsolo. Os valores excessivos de pressão prejudicam o desempenho do sistema no que se refere às seguintes questões:

- menor vida útil do sistema hidráulico;
- maior consumo de água, pois maiores valores de pressão implicam maiores valores de vazão de utilização;
- menor desempenho do sistema no que se refere ao conforto do usuário ao utilizar, por exemplo, torneiras sem a possibilidade de respingar-se.

f3. Detecção de vazamento não-visível no sistema hidráulico interno

No período do levantamento, não foi detectado vazamento não-visível no sistema hidráulico interno.

g. Sistemas hidráulicos especiais

Conforme a metodologia, devem ser caracterizados, também, os sistemas hidráulicos especiais instalados no edifício para verificar as respectivas participações no consumo total de água. Os sistemas caracterizados no InCor são: ar condicionado, vácuo, ar comprimido medicinal, caldeira a vapor e destiladores.

g1. Sistema de ar condicionado

O sistema de ar condicionado compõe-se de quatro torres de resfriamento com potência de 1125 TR. O sistema é alimentado por duas bombas cujas vazões são de 50,5 ℓ/s , aproximadamente, 8721 m^3/dia para o sistema. Conforme informações da Engenharia Hospitalar do InCor, estima-se de 1% a 2% da vazão diária de recirculação para as perdas por evaporação, arraste e, ainda, para a drenagem do sistema instalado. Assim, considerando-se 1,5% da vazão diária como consumo, tem-se em torno de 131 m^3/dia . Esse valor representa 25,7% do consumo médio diário e, por essa razão, deve ser considerada, no plano de intervenção, uma investigação proposta para a otimização do consumo de água desse sistema.

As torres de resfriamento não dispõem de bandejas coletoras no entorno das bacias, levando, assim, a maiores perdas por arraste.

g2. Caldeira a vapor

A caldeira do InCor opera somente no período das 22 às 6 horas e com 60% da capacidade máxima de produção de vapor, 1064 kg/h. Portanto, a vazão diária é de,

aproximadamente, $5 \text{ m}^3/\text{dia}$. No período da 6 às 22 horas, o vapor utilizado no InCor é fornecido pela caldeira central do Complexo do Hospital das Clínicas de São Paulo.

g3. Ar comprimido medicinal

O sistema de ar comprimido medicinal é um Duplex da marca NASH, modelo MD-573, e compõe-se de dois compressores, sendo que, em geral, somente uma unidade entra em operação. Conforme o fabricante, a vazão característica do sistema é de $0,25 \text{ l/s}$ e, considerando-se um período de operação de 9 horas diárias, estima-se um consumo diário de $8,1 \text{ m}^3$.

g4. Sistema de vácuo

O consumo de água do sistema de vácuo foi estimado através de testes de vazão, dos quais se obteve o valor médio de $0,31 \text{ l/s}$. Considerando-se um período de operação de 9 horas diárias, estima-se um consumo diário de 10 m^3 .

g5. Sistema de destilação

O InCor dispõe de quatro destiladores que operam durante cerca de 6 horas diárias com vazão estimada em $0,10 \text{ l/s}$. Dessa forma, estima-se um consumo diário de água de, aproximadamente, $8,6 \text{ m}^3$.

Esses dados foram fornecidos pela Engenharia Hospitalar do InCor e através de contatos com fabricantes e visitas *in loco*. As estimativas de consumo diário de água e as respectivas participações no consumo total de água no sistema estão apresentadas na

tabela 6.8, na qual se observa que os sistemas hidráulicos especiais do InCor são responsáveis por 32% do consumo diário total de água.

Tabela 6.8 – Estimativa de consumo diário de água dos sistemas especiais no período histórico de janeiro/96 a janeiro/97.

Sistema	Consumo diário (m ³)	Percentual do consumo diário total (%)
Ar condicionado	131	25,7
Caldeira	5	1,0
Vácuo	10	2,0
Ar comprimido	8,1	1,6
Destilação	8,6	1,7
Consumo total	162,7	32

O sistema de hidrantes apresentava vazamentos no subsolo, porém a substituição de sua tubulação já havia sido prevista. Quanto aos demais sistemas especiais, não foi detectado vazamento no período do levantamento.

h. Procedimentos dos usuários

Foram observados os seguintes procedimentos que influenciam o aumento do consumo de água:

- torneira de lavagem de veículos e de limpeza em geral, no subsolo, freqüentemente deixada aberta;
- torneira de lavatórios mal fechadas;
- na cozinha:
 - preparação de legumes com torneira aberta desnecessariamente;
 - a torneira de pré-lavagem convencional permanece com abertura total enquanto usuário busca o carrinho de utensílios para o início da próxima carga;

- utilização de pano para amortecer o jato de água na bica da torneira evitando-se respingos, ou seja, para funcionar como arejador.
- nos sanitários:
 - obstrução freqüente de bacias sanitárias por causa de lançamento de objetos não-desejáveis.

6.1.2 Diagnóstico

Os dados obtidos através do levantamento mostram que o sistema hidráulico interno está em condições precárias reveladas pelo alto índice de vazamento, ou seja, 24% das peças de utilização apresentam vazamentos visíveis, principalmente os misturadores de lavatórios e de pias. Um dos fatores que contribuem para esta situação são os valores excessivos de pressão hidráulica superiores a 400 KPa verificados no 1º andar, no Térreo, no AB e no Subsolo.

Conforme informações da Engenharia Hospitalar do InCor, a tubulação de água fria do sistema hidráulico interno apresentava-se em péssimas condições, principalmente a localizada no subsolo. Nas mesmas condições encontrava-se a do sistema de hidrantes. Dessa forma, já estavam programadas várias intervenções que coincidiram com a correção de vazamentos planejada pelo PURA InCor.

Os resultados do levantamento mostram, também, que o consumo de água do sistema de ar condicionado é alto, pois representa, aproximadamente, 25,7% do consumo total de água do InCor. Assim, seria conveniente a monitoração desse sistema para verificar-se o consumo estimado é o consumo verificado. Em função dos resultados da monitoração,

ações que contribuam para a redução de consumos nesse sistema seriam implementadas. Após o processamento dos dados obtidos no levantamento do sistema, foi elaborado o diagnóstico do consumo da água no InCor, conforme descrito a seguir:

- a. Consumo médio diário de água no período histórico – 509 m³**
- b. Número médio de agentes consumidores – 314 leitos funcionantes**
- c. Valor do indicador de consumo no período histórico**
 - $ICh = 1618 \text{ ℓ/leito/dia}$
- d. Desperdício diário estimado**
 - $DDe = 597 \text{ ℓ/leito/dia}$
- e. Índice de desperdício diário estimado**
 - $IDe = 36,6\%$
- f. Perda por vazamento visível**

Considerando-se que foi verificada perda por vazamento visível somente no sistema hidráulico interno, a qual foi estimada em 12,8 m³/dia, pode-se calcular o índice de perda por vazamento visível no sistema, utilizando-se o valor de consumo médio diário do período histórico: 509 m³.

- **Perda diária por vazamento visível**
- $Pvv = 12,8 \text{ m}^3/\text{dia}$

- **Índice de perda por vazamento visível**

Aplicando-se os dados obtidos no levantamento na equação 5.18, tem-se:

$$IP_v = \frac{12,8}{509} \times 100$$

$$IP_v = 2,5\%$$

- **Índice de vazamento visível – IV_v**

Conforme resultados do levantamento, foram detectados 305 componentes de utilização com vazamento no sistema com 1261 componentes de utilização em funcionamento.

Aplicando-se os dados obtidos na equação 5.19, tem-se:

$$IV_v = \frac{305}{1261} \times 100$$

$$IV_v = 24\%$$

O índice de vazamento visível indica que as condições de funcionamento das peças de utilização do sistema hidráulico estão ruins e com um volume considerável de perda de água devido a vazamentos visíveis, ou seja, aproximadamente, 12,8 m³/dia.

g. Perda por vazamento não-visível

Conforme apresentado, não foi detectada, no período do levantamento, perda por vazamento não-visível tanto no sistema hidráulico interno, quanto no sistema hidráulico externo. No entanto, a Engenharia Hospitalar do InCor já havia detectado alguns trechos do sistema de água fria com vazamentos; porém não foi possível a sua quantificação pela sua complexidade do sistema.

h. Perda diária total do sistema

É a soma das perdas por vazamentos visíveis e não-visíveis. Considerando-se que no período do levantamento não foi possível estimar as perdas por vazamento não-visível, apresentam-se somente as perdas detectadas por vazamentos visíveis, as quais são estimadas em 12,8 m³ diários, aproximadamente, 6,8% da perda estimada no diagnóstico preliminar, 187 m³ diários.

i. Consumo diário de água em sistemas hidráulicos especiais

Os valores estimados de consumo diário de água dos sistemas hidráulicos especiais e respectivos percentuais do consumo diário total do edifício foram:

- ar condicionado – 131 m³/dia, com 25,7% do consumo diário total;
- caldeira – 5 m³/dia, com 1% do consumo diário total;
- vácuo – 10 m³/dia, com 2% do consumo diário total;
- ar comprimido – 8,1 m³/dia, com 1% do consumo diário total;
- destilação – 8,6 m³/dia, com 1% do consumo diário total.

O consumo de água desses sistemas representa 32% de participação do consumo diário total de água no InCor.

j. Procedimentos dos usuários

Foram observados procedimentos inadequados, principalmente na cozinha e nos sanitários, dentre eles: mal fechamento de torneiras, negligência dos usuários ao deixá-las abertas enquanto realiza outra atividade e utilização de bacias sanitárias como lixeira.

6.1.3 Plano de intervenção

A partir do diagnóstico apontando principalmente para o problema de perdas por vazamento e por más condições de operação dos componentes de utilização, o plano de intervenção para o PURA InCor é elaborado considerando-se, fundamentalmente duas ações: correção de vazamentos e substituição de componentes convencionais por economizadores. Além disso, é solicitada à Engenharia Hospitalar a revisão do sistema redutor de pressão hidráulica do InCor.

Considerando-se que um dos objetivos deste trabalho é a redução do consumo de água através da implementação de ações tecnológicas, não é proposta a implementação da campanha de conscientização que, conforme fluxograma da figura 5.1, é a primeira ação do plano de intervenção. Essa decisão deve-se ao fato de que tal ação influenciaria o usuário a poupar água, o que prejudicaria a análise do impacto de redução do consumo de água resultante das ações subseqüentes. Assim, o plano de intervenção é estruturado conforme descrito a seguir:

1ª ação: correção de vazamentos

- substituir trechos de tubulação dos sistemas de água fria e de hidrantes no subsolo para evitar e eliminar vazamentos não-visíveis;
- realizar a manutenção corretiva dos componentes de utilização para eliminar os vazamentos visíveis do sistema hidráulico interno.

2ª ação: substituição de componentes convencionais por economizadores

- chuveiros com restritores de vazão de 0,13 ℓ/s DECA, em banheiros dos leitos e vestiários do centro cirúrgico e de funcionários – 149 un;

- torneiras eletrônicas Aquamagic a pilha, FABRIMAR, em consultórios, UTI, sala de curativos e lavatório de funcionários da cozinha – 53 un;
- torneiras hidromecânicas Compact, DOCOL, em sanitários públicos, de funcionários e vestiários do centro cirúrgico e de funcionários – 86 un;
- torneiras de alavanca Pratika, FABRIMAR, para a cozinha – 15 un;
- torneira *spray-washer*, TRIDENT, para a cuba de pré-lavagem de utensílios na cozinha – 1 un;
- esguicho com gatilho para a mangueira de lavar veículos, no subsolo – 1 un;
- válvulas hidromecânicas Compact, DOCOL, para mictórios individuais e coletivos nos sanitários públicos e de funcionários – 24 un;
- instalação de arejadores DECA, em torneiras de pias – 142 un;
- instalação de registros reguladores de vazão DOCOL, em torneiras de lavatórios – 269 un.

Observa-se que o número de lavatórios que receberam regulador de vazão foi de 167 unidades e que o número de 269 indica que 102 lavatórios receberam dois reguladores de vazão, ou seja, um no ponto de água quente e outro no ponto de água fria. Os 65 lavatórios restantes receberam um regulador de vazão no ponto de água fria. Salienta-se que não foi proposta nenhuma intervenção para as bacias sanitárias, pois as mesmas têm válvula de descarga, o que demandaria significativas alterações construtivas, inviáveis na ocasião.

Ressalta-se que o número de pontos de utilização que fazem parte do plano de intervenção é de 638 unidades, representando, aproximadamente, 50% dos pontos de utilização do sistema.

6.1.3.1 Correção de vazamentos

Conforme diagnóstico, não foi detectado nenhum vazamento no sistema hidráulico externo. Por essa razão, a correção de vazamentos foi realizada somente no sistema hidráulico interno.

No período de fevereiro/97 a setembro/97, foi realizada a substituição da tubulação de vários trechos dos sistemas de água fria e de hidrantes dos seguintes ambientes: bioengenharia, anatomia patológica e rede de hidrantes no subsolo, vestiários de funcionários masculino e feminino na edícula, circulação e sanitário do ambulatório do Bloco I, cozinha, subsolo, circulação do 7º andar, centro cirúrgico no 3º andar. A tubulação nesses locais apresentava corrosão provocando vazamentos com grande frequência.

No período de 4/9/97 a 21/10/97 foram eliminados os vazamentos visíveis de componentes de utilização através da manutenção corretiva das peças de utilização que apresentavam vazamentos, tais como: torneiras e válvulas de descarga.

a. Avaliação do impacto de redução do consumo de água após a correção de vazamentos

A correção dos vazamentos, realizada no período de fevereiro/97 a outubro/97, provocou um impacto de redução do consumo diário de água por leito de 28,4%, pois reduziu de 1618 ℓ/leito/dia, valor médio do período histórico, para 1158 ℓ/leito/dia, média obtida no período após a correção dos vazamentos de novembro/97 a março/98,

conforme apresentado na tabela 6.9. Observa-se que a inauguração de uma lanchonete no dia 19/9/97 aumentou o consumo de água em aproximadamente 250 m³/mês.

Dessa forma, foi realizada uma correção dos valores de consumos mensais a partir daquela data, para que os resultados obtidos não fossem mascarados. Tal correção foi realizada em função de consumos medidos pelo hidrômetro instalado no ramal da lanchonete. A tabela 6.9 apresenta os valores de consumos mensal e diário e a figura 6.10 ilustra o consumo médio diário de água no InCor no período de janeiro/96 a março/98.

Tabela 6.9 – Consumo mensal de água e consumo médio diário no período de janeiro/96 a março/98 no InCor.

Mês	Consumo mensal (m ³)			Consumo médio diário (m ³)		
	1996	1997	1998	1996	1997	1998
jan.	18248	14157	9860 (*)	589	457	318
fev.	16173	11717	9548 (*)	558	418	338
mar.	16014	14344	10769 (*)	517	463	347
abr.	15021	17273	---	501	576	---
maio	16484	16610	---	532	536	---
jun.	15680	15589	---	523	520	---
jul.	16034	12185	---	517	393	---
ago.	16034	11439	---	517	369	---
set.	15759	10114 (*)	---	525	337	---
out.	15537	10359 (*)	---	501	334	---
nov.	13651	11099 (*)	---	455	370	---
dez.	13124	10677 (*)	---	423	344	---
Total	187759	155563	30177	6158	5117	1003
Média	15647	12964	10059	513	426	334

(*) Valores corrigidos em função da inauguração da lanchonete.

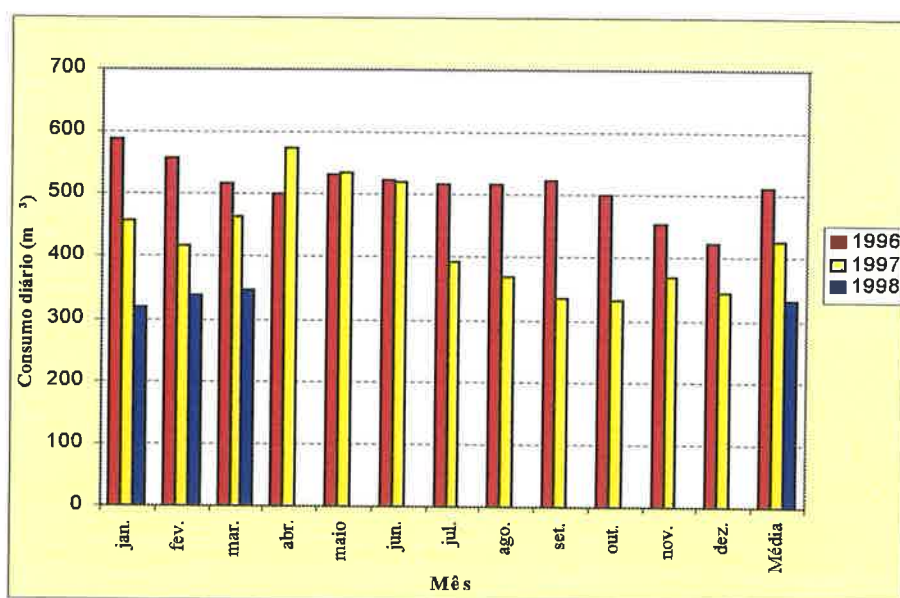


Figura 6.10 – Consumo médio diário de água no InCor no período de janeiro/96 a março/98.

A tabela 6.10 apresenta o número de leitos funcionantes e o consumo diário por leito no período de janeiro/96 a março/98. A figura 6.11 ilustra o consumo diário por leito no mesmo período.

Tabela 6.10 – Número de leitos funcionantes e consumo médio diário por leito no período de janeiro/96 a março/98 no InCor.

Mês	Leitos funcionantes (un)			Consumo diário por leito (ℓ/leito/dia)		
	1996	1997	1998	1996	1997	1998
jan.	324	305	297	1817	1497	1071
fev.	326	309	295	1711	1354	1156
mar.	320	312	295	1614	1483	1178
abr.	325	309	---	1541	1863	---
maio	321	289	---	1656	1854	---
jun.	318	308	---	1644	1687	---
jul.	311	305	---	1663	1289	---
ago.	315	296	---	1642	1247	---
set.	308	298	---	1705	1131	---
out.	305	297	---	1643	1125	---
nov.	301	297	---	1512	1246	---
dez.	304	300	---	1393	1148	---
Total	3778	3625	887	19541	16924	3405
Média	315	302	296	1628	1410	1135

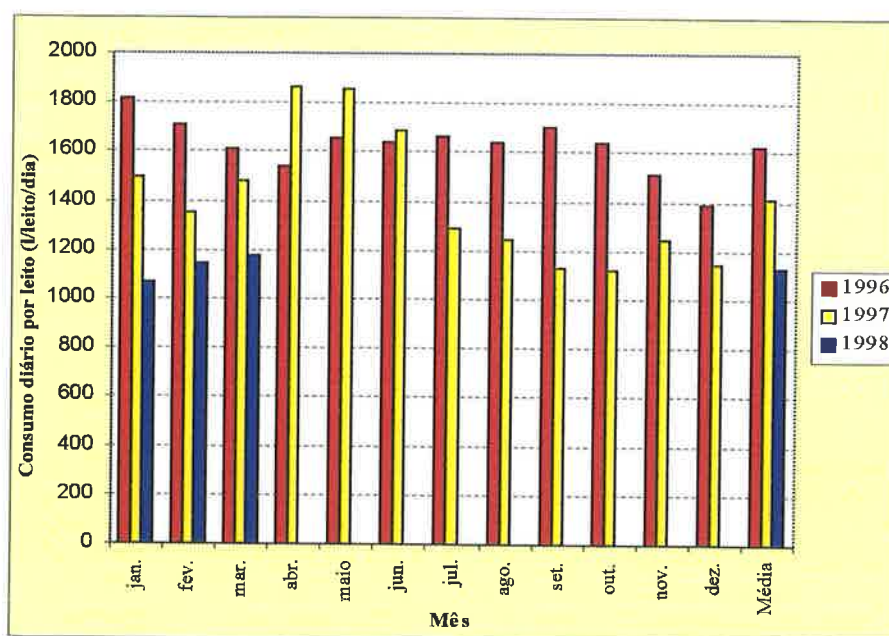


Figura 6.11 – Consumo médio diário de água por leito no InCor no período de janeiro/96 a março/98.

A figura 6.12 apresenta o impacto de redução do consumo de água por leito no InCor, através da comparação desses valores antes e após a correção de vazamentos.

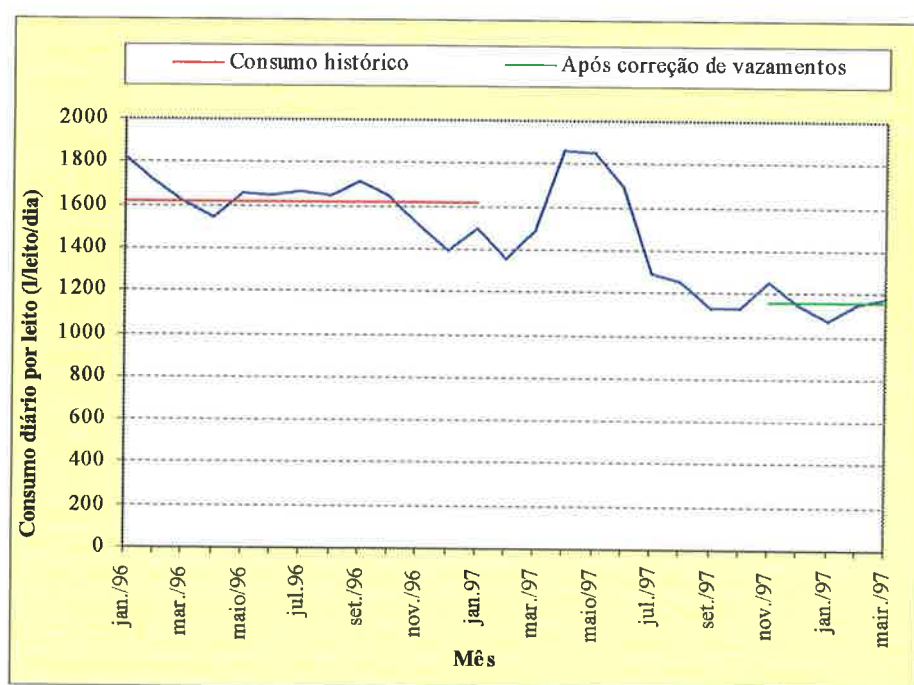


Figura 6.12 – Avaliação do impacto de redução do consumo de água no InCor após a correção de vazamentos.

Observa-se pela figura 6.11 que o consumo diário por leito no ano de 1997 foi menor, em relação ao ano de 1996, em todos os meses, exceto nos meses de abril, maio e junho, quando ocorreram vazamentos no sistema. No entanto, o sistema retornou à redução de consumo de água após a correção dos vazamentos.

O impacto de redução dessa ação é avaliado com base na economia mensal de água projetada pelo indicador de consumo. Multiplicando-se o indicador de consumo do período histórico de janeiro/96 a janeiro/97, 1618 ℓ /leito/dia pelo número médio de leitos funcionantes do mesmo período, 314, e por 30 dias, obtém-se o valor aproximado de 15242 m^3 de consumo médio mensal. O consumo por leito no período de novembro/97 a março/98, após a correção de vazamentos, foi de 1158 ℓ /leito/dia, com uma média de 297 leitos funcionantes e, portanto, com consumo médio mensal de água de 10318 m^3 nesse período.

Assim, considerando-se o valor do consumo médio diário por leito obtido após a ação, 1158 ℓ /leito/dia, multiplicado pelo número médio de leitos do período histórico, 314 leitos funcionantes, e por 30 dias, obtém-se um valor que pode ser comparado ao valor do consumo médio mensal no período histórico, ou seja, aproximadamente, 10908 m^3 .

Agora, nas mesmas condições, pode-se estimar a redução do consumo entre os dois períodos, ou seja: $15242 - 10908 = 4334 m^3$, o que representa um impacto de redução de 28,4% do consumo médio mensal de água. Esse é o valor utilizado na análise econômica, apresentada a seguir.

O volume mensal de água reduzido é calculado em função dos valores médios dos indicadores de consumo do período histórico de janeiro/96 a janeiro/97 e após a correção dos vazamentos de novembro/97 a março/98, conforme segue:

- consumo diário de água por leito no período histórico 1618 ℓ/leito/dia
- consumo diário de água por leito após a correção de vazamentos 1158 ℓ/leito/dia
- economia de consumo diário de água por leito 460 ℓ/leito/dia

Estimando-se os valores de consumos mensais a partir desses indicadores de consumo tem-se:

- consumo médio mensal no período histórico 15242 m³
- consumo médio mensal após a correção dos vazamentos 10908 m³
- economia mensal de água 4334 m³

b. Avaliação econômica da correção de vazamentos – *Payback* atualizado

Calculando-se o custo do consumo mensal de água e de coleta de esgoto sanitário utilizando-se as tarifas da Sabesp, em vigor a partir de 4/7/98, para a classe pública de consumo sem contrato, obtém-se o seguinte valor de economia mensal:

- custo de 15242 m³ de água R\$ 138.265,04
- custo de 10908 m³ de água R\$ 98.912,32
- economia mensal R\$ 39.352,72

Os materiais e os componentes, inclusive a mão-de-obra, utilizados na correção de vazamentos do sistema hidráulico interno do InCor apresentaram o custo, correspondente ao mês de janeiro/99, de R\$ 33.118,84.

Dessa forma, têm-se os seguintes valores:

- custo da correção de vazamentos (material e mão-de-obra) R\$ 33.118,84
- economia mensal de água R\$ 39.352,72

Efetua-se o cálculo dos fluxos atualizados através da equação 5.29:

$$AF = \frac{B}{(1+r)^t}$$

onde:

AF, B, r e t definidos no item 5.3.3.1.

Então, considerando-se uma taxa de desconto mensal $r = 6\%$, o valor do fluxo benefício $B = R\$ 39.352,72$ e t variando mensalmente, obtêm-se os resultados apresentados na tabela 6.11.

Tabela 6.11 – *Payback* atualizado da correção de vazamentos no sistema hidráulico interno do InCor.

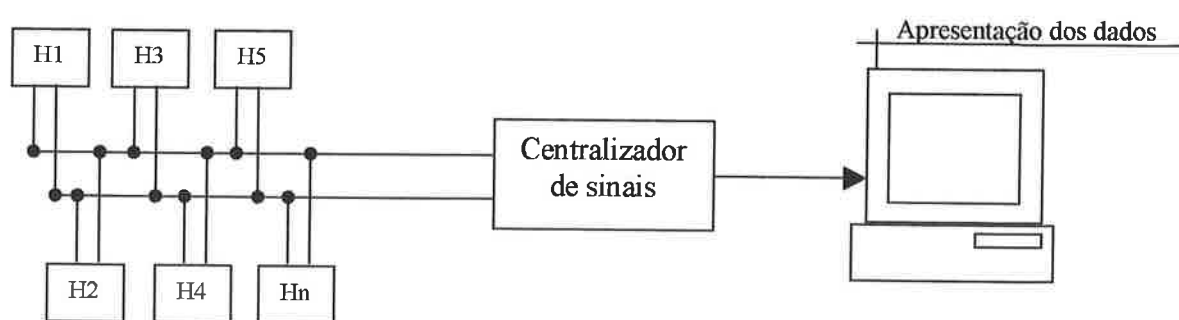
Período (mês)	Valor total da ação – VT (material + mão-de-obra) (R\$)	Fluxos de benefícios atualizados – AF (R\$)	VT – AF (R\$)
0	- 33.118,84	---	---
1	---	+ 37.125,21	+ 4.006,37

Observa-se pela tabela 6.11 que o custo para a implementação da ação foi pago em menos de 1 mês, ou seja, aproximadamente 27 dias.

6.1.3.2 Implantação de sistema de medição setorizada do consumo de água

Embora não fazendo parte do plano de intervenção, mas com o objetivo de identificar o volume de água consumido por alguns setores caracterizados por atividades distintas, foi implantado um sistema eletrônico de medição setorizada do consumo de água, via *M-Bus*, no mês de maio/98. Esse sistema compõe-se de 12 hidrômetros eletrônicos ligados por um par de fios comuns a um centralizador de sinais – *repeater*, que, por sua vez, é conectado a um microcomputador, conforme ilustra a figura 6.13.

A monitoração do consumo de água é realizada por meio de um *software* – PSG-VIS, que recebe pulsos emitidos pelos medidores eletrônicos. Esses pulsos são decodificados pelo *software*. Dessa forma, as leituras de consumo acumulado e de vazão instantânea são realizadas em intervalos preestabelecidos, que nesse caso, com leituras a cada 5 segundos e gravações a cada 5 minutos.



H1, H2, H3,...,Hn = medidores eletrônicos.

Figura 6.13 – Esquema do sistema eletrônico de medição setorizada do consumo de água implantado no InCor.

O sistema de medição setorizada do consumo de água foi fornecido pela empresa ABB Nansen Medidores de Água S.A. e adquirido da empresa alemã Hydrometer, que realizou a calibração desses medidores considerando na vazão mínima erro de $\pm 5\%$, na vazão de transição erro de $\pm 2\%$ e na vazão nominal erro de $\pm 2\%$.

O dimensionamento dos hidrômetros foi realizado em função da vazão de projeto nos pontos de utilização de cada setor monitorado, estimada através do método empírico da raiz quadrada, recomendado pela NBR 5626 (1998). Considerou-se o valor calculado como vazão máxima e como vazão provável, o valor de 70% da vazão máxima.

Esse sistema de monitoração eletrônica do consumo de água facilitou o gerenciamento do sistema, tendo-se em vista os seguintes fatores:

- melhorar o controle de desperdícios nos diferentes setores, pois a monitoração instantânea possibilita a detecção de desperdício de água, quer seja por perda, quer seja por uso excessivo do sistema, como, por exemplo, o esquecimento de uma torneira aberta;
- determinar o fator de contribuição dos diferentes setores para o consumo total do sistema.

a. Setorização do consumo de água no InCor

Os hidrômetros foram instalados em um *by pass*, conforme ilustra a figura 6.14, executado para possibilitar a manutenção dos hidrômetros sem interromper o fornecimento de água quente ou fria do setor.

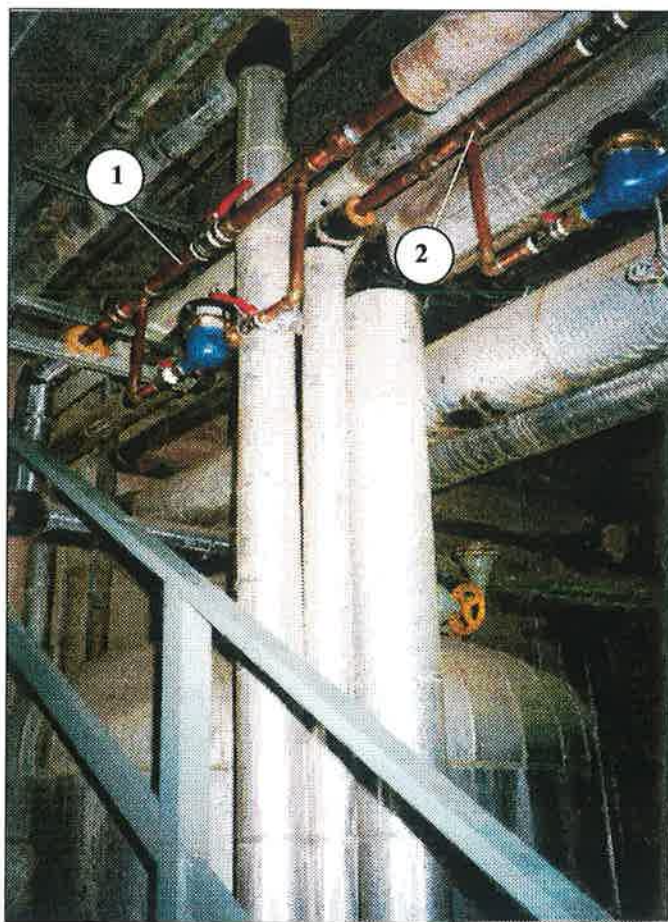


Figura 6.14 – Instalação dos hidrômetros nos ramais de distribuição (1) e de retorno (2) de água quente da cozinha.

Os setores monitorados pelo sistema eletrônico de setorização do consumo de água são descritos a seguir.

a1. Sistema total – Hidrômetro principal

Foi instalado um hidrômetro de precisão classe B, com vazão nominal de 100 m³/h, no cavalete na entrada do edifício, para a monitoração do consumo total de água do sistema hidráulico do InCor.

a2. Sistema de água quente

O sistema de água quente do InCor é composto por dois trocadores de calor que alimentam um reservatório de água quente, com capacidade de 5000 litros que, por sua vez, alimenta o sistema de distribuição de água quente. O sistema de recirculação compõe-se de dois conjuntos motor-bomba e recebe três ramais de retorno de água quente provenientes da cozinha, do pronto-socorro e do restante do edifício. Foram instalados dois hidrômetros classe A, com vazão nominal de $6 \text{ m}^3/\text{h}$ nos ramais de alimentação dos trocadores de calor.

a3. Cozinha

Foram monitorados os sistemas de água fria e água quente, através de três hidrômetros de precisão classe A, sendo um com vazão nominal de $2,5 \text{ m}^3/\text{h}$ para medir o consumo de água fria, outro com vazão nominal de $2,5 \text{ m}^3/\text{h}$ para medir o consumo de água quente e, ainda, outro com vazão nominal de $1,5 \text{ m}^3/\text{h}$ para medir o consumo de água quente não utilizada, no ramal de retorno. Assim, o consumo total de água da cozinha foi obtido pela soma dos consumos de água fria e água quente menos o consumo do ramal de retorno de água quente. A figura 6.14 ilustra os hidrômetros instalados nos ramais de distribuição e de retorno de água quente da cozinha.

a4. Sistema de ar condicionado

Conforme apresentado no item 6.1.1.5.g1, o sistema de ar condicionado compõe-se de quatro torres de resfriamento, que são alimentadas por sub-ramais. Foi, então, instalado

um hidrômetro de precisão classe A, com vazão nominal de 15 m³/h a montante de cada um desses sub-ramais.

a5. Ambulatório do Bloco II – AB II

Esse setor é ocupado por 27 consultórios médicos, alguns laboratórios, copas e sala de espera de pacientes. Todos os pontos de utilização são alimentados por água fria; portanto, esse setor não dispõe de água quente. Foi instalado um hidrômetro classe A, com vazão nominal de 6 m³/h para monitorar o consumo de água desse setor.

a6. Leitos

Tendo-se em vista a complexidade e os custos para a implantação do sistema de medição setorizada em todos os apartamentos do InCor, só foi possível implantar esse sistema em quatro apartamentos com um total de oito leitos. Dessa forma, utilizou-se como ferramenta, para verificar como essa amostra representa as características dessa população, a inferência estatística com amostragem probabilística casual simples. Alguns fatores foram considerados na correção do número de leitos da amostra:

- a amostra consistia em oito leitos, ou seja, uma amostra com menos de 30 elementos; assim, fez-se a correção através da distribuição de Student;
- o tamanho da população era conhecido e o elemento sorteado não seria reposto à população.

Assim, o dimensionamento da amostra da pesquisa foi realizado utilizando-se a equação 6.3, desenvolvida em PRADO (1991), porém considerando-se a distribuição de Student:

$$n = \frac{t_{n,\alpha}^2 \cdot s^2 \cdot N}{(N-1) \cdot e^2 + s^2 \cdot t_{n,\alpha}^2} \quad (6.3)$$

onde:

n = tamanho da amostra;

N = tamanho da população;

s = desvio padrão;

e = amplitude do intervalo de confiança;

$t_{n,\alpha}$ = variável da distribuição de Student.

Para a determinação do tamanho da amostra foram considerados os seguintes valores:

$N = 343$ (média no número de leitos funcionantes no período de maio a dezembro/98);

$s = 42$ (limite superior obtido de medições realizadas nos meses de outubro, novembro e dezembro de 1998);

$e = 25$ (limite do erro);

$t_{n,\alpha} = 1,415$ (para 90%).

Aplicando esses dados na equação 6.3, obtém-se uma amostra de seis leitos. Portanto, a amostra de oito leitos representa as características da população do total de leitos funcionantes do InCor.

A população desses apartamentos monitorados foi controlada diariamente, através de informações do Departamento de Estatística do InCor. No período de sete meses foi monitorado o consumo de água de 524 pacientes do sexo masculino e de 692 pacientes do sexo feminino, ambos os grupos com idade média de 60 anos.

Dessa forma, foram escolhidos dois apartamentos de dois leitos no 7º andar e dois apartamentos de dois leitos no 5º andar. A definição de leitos em andares diferentes foi decorrente dos seguintes fatores:

- condições hidráulicas diferentes: pressão hidráulica dinâmica no 7º andar de, aproximadamente, 130 KPa e no 5º andar de 200 KPa;
- condição socioeconômica da população: no 7º andar atendimentos conveniados e particulares e no 5º andar atendimento pelo Sistema Único de Saúde – SUS.

Foram instalados dois hidrômetros nos ramais de água quente e fria que alimentam dois banheiros de dois apartamentos. Dessa forma, cada conjunto de hidrômetros monitorou o consumo de água quente e fria de quatro leitos no 7º andar e de quatro leitos no 5º andar. Os hidrômetros instalados foram de precisão classe A, com vazões nominais de $6\text{ m}^3/\text{h}$ e $1,5\text{ m}^3/\text{h}$ para água fria e quente, respectivamente. A figura 6.15 ilustra os hidrômetros instalados nos ramais de água quente e fria dos apartamentos do 5º andar.

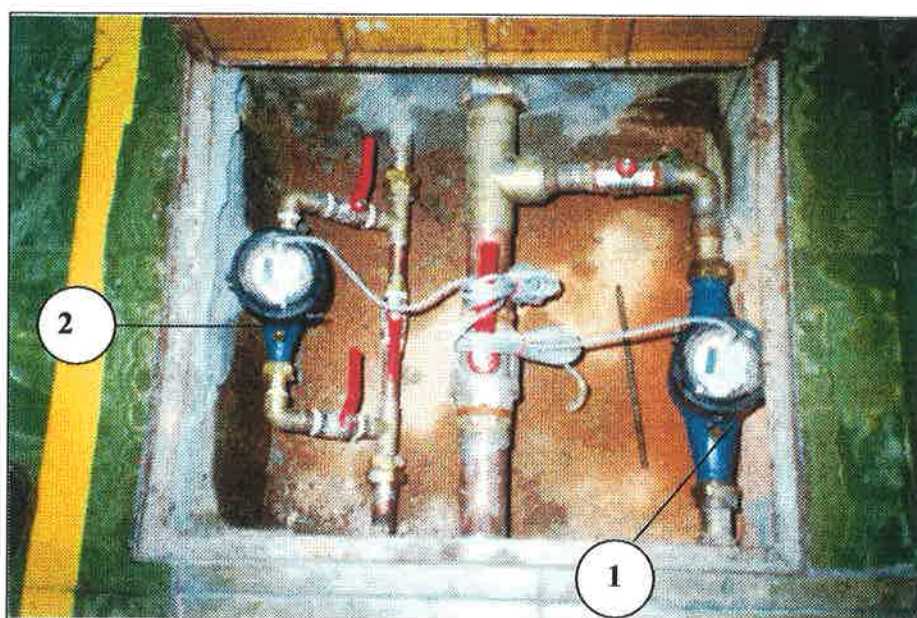


Figura 6.15 – Instalação dos hidrômetros nos ramais de água fria (1) e de água quente (2) dos dois apartamentos do 5º andar.

b. Distribuição do consumo de água no InCor

Além dos consumos de água obtidos dos setores monitorados eletronicamente, o consumo de água da lanchonete foi monitorado através de leituras realizadas no hidrômetro mecânico, com vazão nominal de 3 m³/h.

Para verificar melhor a distribuição do consumo de água no InCor, foram realizados testes de vazão nos sistemas de ar comprimido, de vácuo e de destiladores para compor as diferentes participações no consumo de água do sistema hidráulico do InCor. A tabela 6.12 apresenta os valores médios de consumo dos meses monitorados de junho a dezembro/98.

Tabela 6.12 – Consumo médio mensal de água dos setores monitorados no InCor no período de junho a dezembro/98.

Setor	Consumo médio mensal (m ³) junho a dezembro/98	(%)
Leitos	1602	12,2
Cozinha	1318	10
Sistema de ar condicionado	1126	8,5
Lanchonete	301	2,3
Sistema de vácuo	301	2,3
Ambulatório do Bloco II	282	2,1
Sistema de ar comprimido	243	1,8
Destiladores	190	1,4
Caldeira	153	1,2
Outros usos	7596	57,6
Total	13180	100

O item “outros usos” representa o consumo de água de toda a parte administrativa, do ambulatório do Bloco I, dos laboratórios do 1º andar, do centro cirúrgico, dos vestiários do centro cirúrgico e dos funcionários, do biotério, da sala de autópsia, dentre outros ambientes.

Observa-se pela tabela 6.12 que o consumo médio mensal de água do sistema de ar condicionado medido – 1126 m^3 , ou 38 m^3 diários – é muito menor do que o valor estimado, em função de catálogos de fabricantes e, também, pelos índices fornecidos pela Engenharia Hospitalar no período do levantamento do sistema, quando obteve-se o valor de 131 m^3 diários, apresentado no item 6.1.1.5.g1.

A figura 6.16 ilustra o consumo médio de água nos diferentes setores monitorados no período de junho/98 a dezembro/98, exceto os consumos dos sistemas de ar comprimido, vácuo, destiladores, que foram obtidos através de testes de vazão.

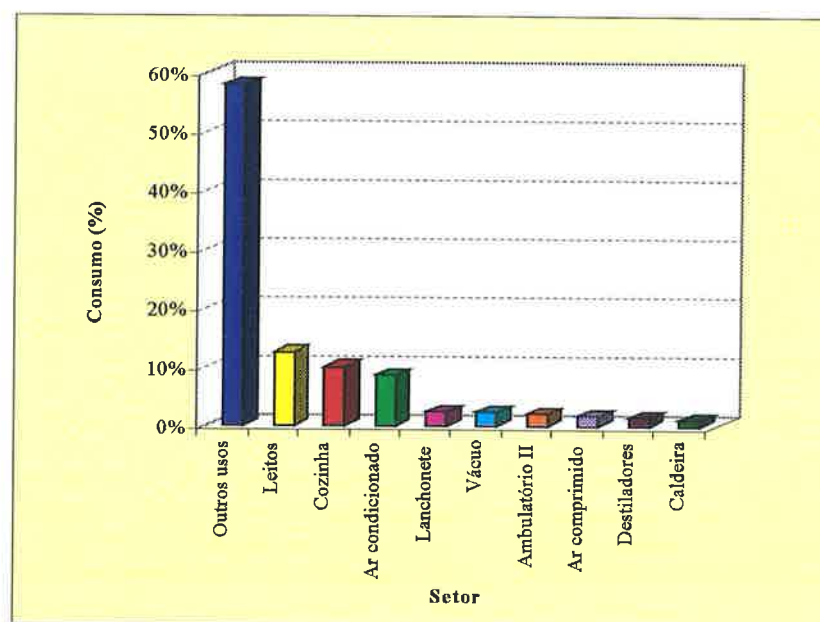


Figura 6.16 – Consumo de água por setor no InCor no período de junho/98 a dezembro/98.

O consumo médio mensal de água quente para todo o sistema no período de junho a setembro/98 foi de 1532 m^3 representando, aproximadamente, 11,6% do consumo total. Nos leitos, representou, aproximadamente, 27% do consumo total de água por leito e na cozinha, cerca de 31% do consumo de água.

c. Detecção de vazamento

Apresenta-se neste item um exemplo de como o sistema de medição setorizada do consumo de água é importante para o controle de desperdícios de água.

O caso ocorreu no sistema de ar condicionado. Um funcionário lavou o filtro do sistema e esqueceu o registro de gaveta do sub-ramal de uma das torres de resfriamento aberto às 13h e 55min. Somente o funcionário do plantão noturno detectou o vazamento às 22h e 40min, após ter ocorrido uma perda de água de aproximadamente 110 m³, conforme ilustra a figura 6.17.

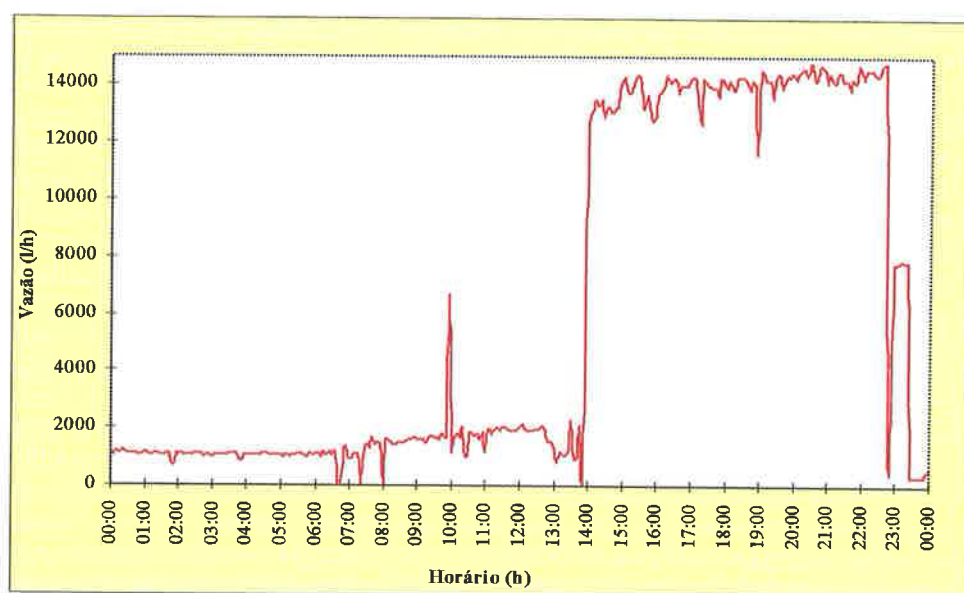


Figura 6.17 – Curva de vazão x tempo do sub-ramal de água fria de uma das torres de resfriamento do sistema de ar condicionado.

Esse caso ilustra a importância da monitoração contínua do sistema para que os desperdícios de água sejam detectados tão logo iniciem. O sistema de medição setorizada do consumo de água facilitou, também, as correções nos valores de consumo diário durante a implementação das ações, uma vez que os valores de consumo são

coletados a cada 5 minutos, o que possibilita verificar o período desde o início do problema até a normalização do sistema, após a manutenção, conforme o caso descrito.

6.1.3.3 Substituição de componentes convencionais por economizadores

Conforme plano de intervenção apresentado no item 6.1.3, foram substituídos os componentes convencionais por economizadores no período de 8/6/98 a 16/10/98. O início dessa ação foi retardado por causa da implantação do sistema de medição setorizada do consumo de água, conforme descrito no item 6.1.3.2.

A substituição do hidrômetro principal do InCor, ou seja, do sistema mecânico de medição pelo sistema eletrônico de medição, provocou um aumento virtual do consumo de água a partir do mês de maio/98. Isso ocorreu em função da maior precisão do sistema eletrônico de medição: primeiro, pelo fato de ser novo, recém-aferido e, segundo, por ser eletrônico.

Para corrigir a diferença de medição do sistema atual, eletrônico e o anterior, mecânico, foi solicitada à Sabesp a aferição do hidrômetro mecânico. A partir dos resultados, os valores dos consumos mensais precedentes ao mês de maio/98 foram majorados em função do erro de medição em desfavor da Sabesp, apresentado pelo hidrômetro mecânico instalado no período anterior a maio/98.

A substituição do sistema de medição coincidiu com a conclusão das obras do 6º andar, que demandou maior consumo de água para a limpeza final da obra, nos meses de maio e junho/98, sem a ocorrência de acréscimo de leitos funcionantes. Assim, o mês de

junho/98 apresentou o maior valor de consumo por leito, 1403 ℓ/leito/dia, registrado após a correção de vazamentos, implementada pelo PURA InCor.

Com a conclusão da obra do 6º andar em 1/7/98, logo foi detectado um problema no sistema de recirculação de água quente. O tempo de espera da água quente estava muito longo e, portanto, implicava um grande volume diário de água quando eram deixados torneiras e chuveiros abertos para a liberação da água fria da tubulação o mais rápido possível. Esse problema gera desperdício de água e de energia e, ainda, a insatisfação do usuário que não dispõe de água na temperatura desejada no momento da utilização. Apesar disso, não havia sido corrigido até a conclusão deste trabalho.

Além do acréscimo de área, atividades e população provenientes do 6º andar, implicando maior consumo de água, considerou-se também, nessa etapa, o consumo de água da lanchonete.

Tais fatos contribuíram para a formação de um novo perfil de consumo de água no InCor, em função das alterações físicas e funcionais ocorridas no sistema. Com esse novo cenário, foi iniciada a implementação da 2ª ação do PURA InCor: substituição de componentes convencionais por economizadores.

Considerando-se o início da operação do sistema eletrônico de medição no dia 20/5/98, o período de referência, ou período histórico, vai de 20/5/98 a 7/6/98. O valor de referência desse período para a análise do impacto de redução após cada substituição é de 1382 ℓ/leito/dia, média dos valores de consumo diário por leito do período histórico dessa etapa quando o número de leitos funcionantes foi de 318 unidades.

Conforme metodologia apresentada no capítulo 5, recomenda-se um período mínimo de 15 dias para a adaptação do usuário ao novo componente e, em seguida a avaliação da resposta do sistema à intervenção por um período mínimo de 15 dias. No entanto, para atender ao cronograma, a avaliação foi realizada imediatamente após a implementação da ação e por um período de 14 dias.

Além disso, vários eventos ocorridos nessa fase do PURA InCor dificultaram a verificação do impacto real de redução do consumo de água depois da substituição de cada tipo de componente economizador de água. Dentre os eventos ocorridos, citam-se:

- limpeza de reservatórios nos dias 20 e 21 de junho/98;
- torneira de bóia do reservatório inferior danificada no período de 11/8 a 27/8/98 e, portanto, perda de água por vazamento;
- vazamento na tubulação de água fria do centro cirúrgico, em agosto/98;
- limpeza das paredes de concreto aparente do edifício da cabina primária, cuja área de construção é de 776 m², no período de 17 a 28/8/98 e, portanto, um evento que aumentou o consumo de água;
- lavagem das bacias das torres de resfriamento do sistema de ar condicionado no meses de agosto e outubro/98.

Tais eventos foram avaliados e os valores das respectivas perdas de água devidamente subtraídas dos valores de consumo diário para não mascarar os resultados alcançados. Nos itens seguintes são apresentados os componentes economizadores instalados no InCor e a avaliação dos respectivos impactos de redução do consumo de água.

a. Chuveiros com restritores de vazão

Foram instalados 149 chuveiros com restritores de vazão de 0,13 ℓ/s em todos os banheiros dos apartamentos de pacientes e dos vestiários dos funcionários, no período de 8/6 a 19/6/98, exceto nos apartamentos monitorados, que tiveram os chuveiros substituídos no dia 2/7/98.

Considerando-se a redução de vazão muito grande, os usuários do vestiário masculino de funcionários retiraram os restritores dos 10 chuveiros alegando desconforto, tanto pela vazão reduzida como pela intermitência de temperatura, ora muito quente, ora fria. Os chuveiros desses vestiários tiveram os restritores de vazão substituídos por outros de vazão de 0,25 ℓ/s em 27/10/98. Esses componentes proporcionam menor impacto na redução do consumo de água, porém fornecem uma redução mais suave na vazão, oferecendo menor desconforto ao usuário acostumado a um banho de chuveiro com uma vazão de aproximadamente 0,5 ℓ/s . Com relação aos demais chuveiros, eventualmente foi registrada uma ou outra reclamação.

Observa-se que, em geral, não há necessidade de substituir o chuveiro por completo, mas somente instalar o restritor de vazão. Nesse caso, a substituição foi realizada porque o restritor de vazão não se adaptou ao chuveiro existente.

a1. Avaliação do impacto de redução do consumo de água após a instalação dos chuveiros com restritores de vazão

Sabe-se que essa ação provocou um impacto de redução de, aproximadamente, 23%, pois o consumo médio diário de água por leito nos apartamentos monitorados foi

reduzido de 207 ℓ /leito/dia para 160 ℓ /leito/dia. Esse valor implica uma redução no consumo total do InCor de cerca de 3% e foi obtido através da monitoração de oito leitos, sendo quatro em dois apartamentos no 5º andar e quatro em dois apartamentos no 7º andar. A figura 6.18 ilustra esse resultado.

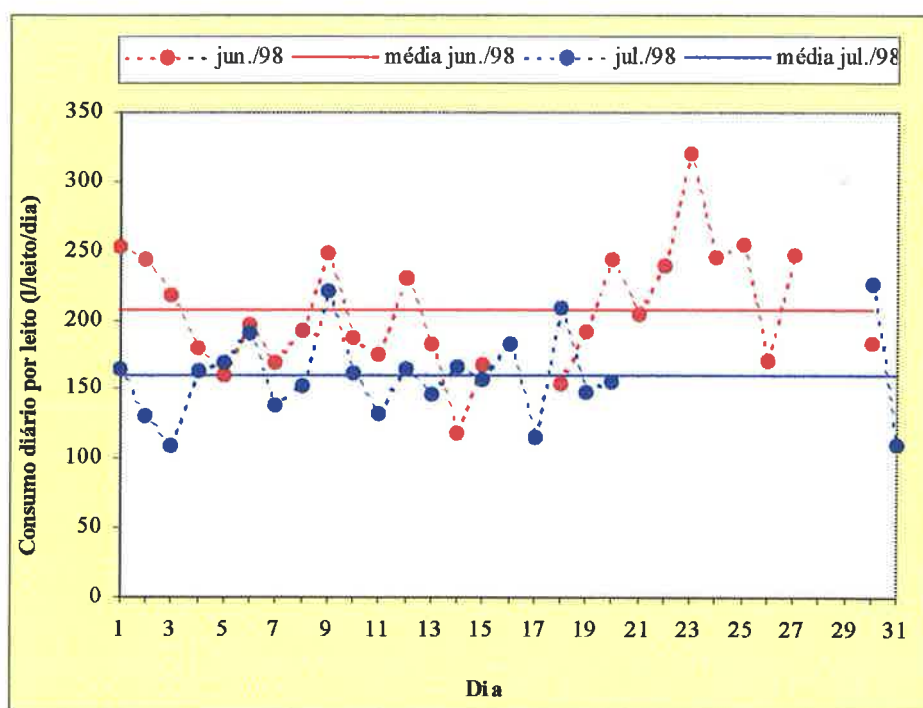


Figura 6.18 - Consumo médio diário de água por leito antes e após a instalação dos chuveiros com restritores de vazão.

A substituição dos chuveiros convencionais por chuveiros com restritores de vazão de 0,13 ℓ /s foi avaliada em todo o sistema no período de 20/6 a 6/7/98 e provocou um impacto de redução do consumo diário por leito de mais ou menos 0,7%, ou seja, passou de 1382 ℓ /leito/dia para 1372 ℓ /leito/dia. Observa-se que o impacto de redução do consumo de água esperado para o sistema total não foi alcançado nesse período de avaliação.

Durante o período de avaliação dessa ação foram analisadas algumas variáveis que influenciaram o consumo de água e que são apresentadas a seguir:

- aumento do consumo diário de água da lanchonete de 2,4%, passando de 8,2 m³ para 8,4 m³;
- redução diária de 0,4% da população flutuante e de funcionários, de 5283 pessoas para 5263 pessoas;
- aumento de 9,3% do consumo diário de água do sistema de ar condicionado, variando de 31,0 m³ para 33,9 m³;
- redução de temperatura média de 16,6°C para 15,6°C;
- diminuição de 0,9% do número diário de refeições preparadas, de 1550 refeições para 1536 refeições.

Nota-se que nesse período o aumento de 9,3% no consumo de água do sistema de ar condicionado representa uma elevação de aproximadamente 0,6% do consumo diário por leito. Além disso, verificou-se um aumento de 2,4% do consumo de água da lanchonete e de 2,6% da população flutuante; dessa forma, pode-se considerar 0,6% de aumento do consumo diário por leito. Em contrapartida, houve uma redução da população de funcionários e das refeições preparadas no período que, provavelmente, em função da ordem de grandeza tem menor influência no consumo de água do que as duas variáveis anteriores. Assim, conclui-se que o impacto de redução do consumo de água por leito poderia ter sido maior do que o calculado.

Considerando-se que a segunda intervenção nos banheiros dos apartamentos de pacientes foi a instalação dos registros reguladores de vazão que ocorreu no mês de outubro/98, teve-se a oportunidade de verificar a continuidade do impacto de redução

no consumo de água dos chuveiros nos meses de julho/98 a setembro/98. A figura 6.19 apresenta os valores de consumo por leito no mês de junho/98 e a média dos meses de julho, agosto e setembro/98, antes e após a instalação dos chuveiros com restritores de vazão, respectivamente.

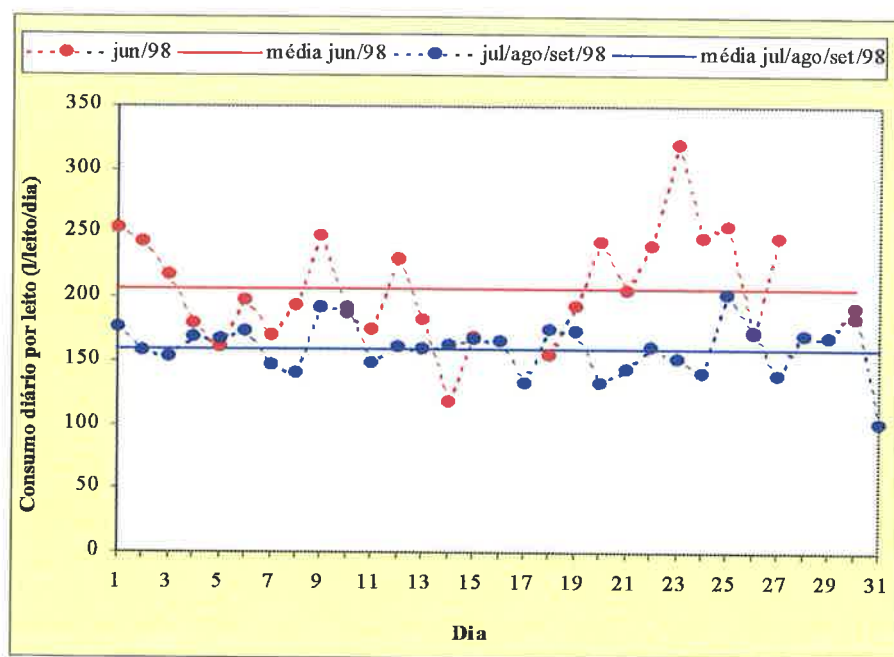


Figura 6.19 - Consumo médio diário de água por leito antes e após três meses da instalação dos chuveiros com restritores de vazão.

Observa-se pela figura 6.19 que o impacto de redução do consumo de água em função da substituição dos chuveiros convencionais por chuveiros com restritores de vazão de 0,13 ℓ/s , verificado no mês de junho/98, foi mantido pelos três meses seguintes, ou seja, ficando o valor médio de consumo diário por leito em 160 $\ell/leito/dia$.

Outra observação realizada foi o impacto de redução em torno de 35,6% no consumo de água quente dos leitos monitorados. O consumo médio diário de água quente por leito com os chuveiros convencionais em junho/98, foi de 62,5 $\ell/leito/dia$ e, nos meses

seguintes da instalação dos chuveiros com restritores de vazão de 0,13 ℓ/s , julho, agosto e setembro, de 40,2 $\ell/leito/dia$, cerca de 25,1% do consumo total de água por leito. A figura 6.20 ilustra as duas fases do sistema antes e após a intervenção.

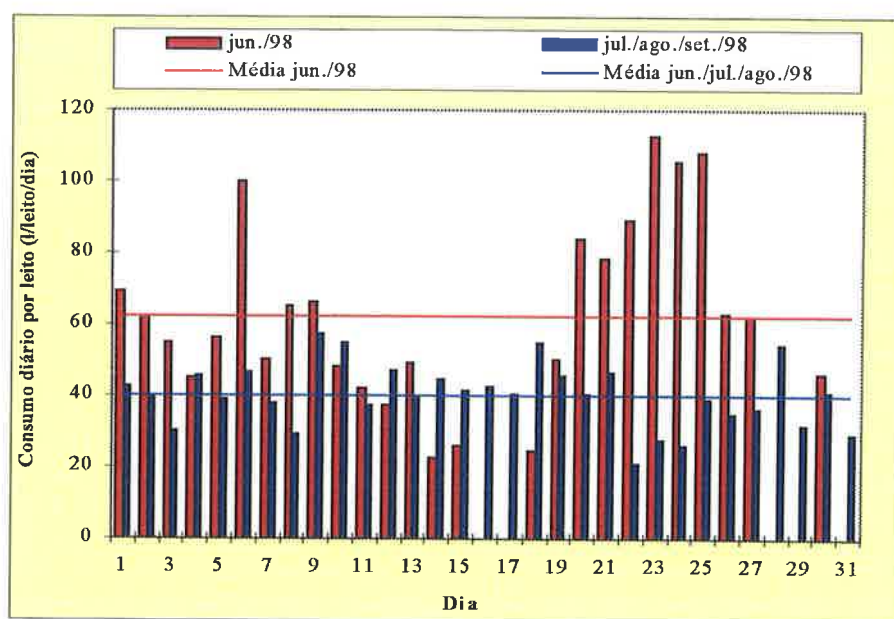


Figura 6.20 – Consumo diário de água quente por leito antes e após a instalação dos chuveiros com restritores de vazão.

b. Torneiras eletrônicas

Após a instalação dos chuveiros com restritores de vazão foram instaladas 46 torneiras eletrônicas no período de 7/7 a 11/7/98, sendo que mais sete torneiras foram colocadas no dia 18/8/98, pois apresentavam problemas no momento da instalação anterior.

b1. Avaliação do impacto de redução do consumo de água após a instalação das torneiras eletrônicas

Essa ação foi avaliada no período de 12/7 a 26/7/98 quando se verificou uma redução de 4,3% no valor do consumo diário por leito, ou seja, ele passou de 1372 $\ell/leito/dia$, valor

alcançado após a substituição dos chuveiros com restritores de vazão de 0,13 ℓ/s , para 1313 ℓ /leitodia.

Nesse período, foi observado somente o acréscimo de 6,9% da variável consumo de água do sistema de ar condicionado, ou seja, ele passou de 29,0 m^3 para 31,0 m^3 diários. Notou-se, também, um aumento na temperatura média diária do ar de 14,1°C para 16°C.

c. Torneiras hidromecânicas e torneiras de alavanca

Após a instalação das torneiras eletrônicas, foram instaladas 86 torneiras hidromecânicas e um esguicho para mangueira de lavar veículos. Essa ação ocorreu no período de 27/7/98 a 10/8/98 e nos locais descritos no item 6.1.3. No período de avaliação dessa ação, 11/8 a 23/8/98, foram substituídas, na cozinha, 10 torneiras convencionais por torneiras de alavanca com arejadores. Esse tipo de torneira é ideal para as atividades na cozinha, pois é fácil de ser manuseada, mesmo com as mãos engorduradas, diminuindo, portanto, a possibilidade de ser deixada mal fechada.

Além dessas torneiras, foi instalada uma torneira específica para a cuba de pré-lavagem da cozinha, a qual só libera água com o aperto de uma alavanca, ou seja, só quando é acionada pelo usuário. Considerando-se que a operação do triturador de lixo, da cuba de pré-lavagem, deve ser realizada sob fluxo permanente de água, foi instalada uma válvula solenóide que libera água somente quando o triturador é ligado. A vazão de água que alimenta o triturador foi regulada através da instalação de um registro de pressão no sub-ramal desse equipamento. Dessa maneira, reduziu-se o consumo de água proveniente da diminuição de vazão do triturador de lixo e através do fechamento

automático dessa torneira nos intervalos entre as atividades – preparação de nova pilha de bandejas e pratos a ser pré-lavados. Anteriormente, a torneira convencional ficava completamente aberta durante até 10 minutos.

c1. Avaliação do impacto de redução do consumo de água após a instalação das torneiras hidromecânicas

O esguicho para a lavagem de veículos foi retirado no dia seguinte e, portanto, não foi utilizado e nem contribuiu para a redução do consumo. A torneira de pré-lavagem da cozinha foi utilizada corretamente somente no período de 19/8/98 a 25/9/98, uma vez que as funcionárias consideraram que a atividade tornou mais difícil e cansativa pois, para que a torneira abrisse, tinham de apertar uma alavanca, exatamente o dispositivo que garante o uso da água somente quando se está realizando uma atividade.

A reação das usuárias foi a de amarrar a alavanca com um pano fazendo com que a torneira ficasse sempre na posição aberta, voltando dessa forma, à condição de torneira convencional, porém com uma vazão menor. No entanto, observou-se uma redução de consumo no pequeno período, de 19/8/98 a 25/9/98, em que utilizaram a torneira adequadamente.

O impacto de redução do consumo de água na cozinha, nesse período, pode ser verificado em função do indicador de consumo ℓ /refeição. Assim, a tabela 6.13 apresenta o número de refeições preparadas no InCor entre junho/98 e outubro/98, uma vez que nenhuma outra ação foi implementada nesse setor.

Tabela 6.13 – Avaliação do impacto de redução do consumo de água na cozinha do InCor após as ações do PURA InCor.

Mês	Refeições	Variação (%)	Consumo/refeição (ℓ)	Variação (%)
jun.	46496	---	28	---
jul.	47605	+ 2,4	31	+ 11
ago.	48912	+ 2,7	28	- 9,7
set.	50485	+ 3,2	23	- 18
out.	50.983	+ 1,0	24	+ 4,3

Nota-se pela tabela 6.13 que, após a instalação das 10 torneiras de alavanca e da torneira da cuba de pré-lavagem em 19/8/98 e de mais 5 torneiras de alavanca de 4/9 a 16/9/98, houve uma redução de aproximadamente 19%. O consumo médio de água por refeição do período histórico de junho/98 a agosto/98 – 29 ℓ/refeição, foi reduzido para 23,5ℓ/refeição, média dos meses de setembro/98 e outubro/98. que essas torneiras foram instaladas com arejadores Variojet da FABRIMAR, que permitem optar pelo tipo de jato: convencional ou chuveirinho.

Para a avaliação em todo o sistema examinou-se a ocorrência de três eventos que tenderam a mascarar o impacto de redução do consumo de água devido a essa ação:

- lavagem das paredes externas de concreto aparente da cabina primária no período de 17 a 21/8/98;
- novamente a torneira de bóia do reservatório inferior apresentou problema no período de 17 a 27/8/98;
- vazamento em tubulação de água fria no centro cirúrgico e lavagem do pátio no 9º andar.

Após desconsiderar os efeitos desses eventos na avaliação do impacto de redução do consumo de água por leito, obteve-se um valor de aproximadamente 4% menor em relação ao valor obtido após a substituição de torneiras convencionais por eletrônicas, ou seja, o consumo por leito passou de 1313 ℓ /leito/dia para 1261 ℓ /leito/dia.

Foram também observadas as seguintes alterações nas variáveis que influenciam o consumo de água no InCor:

- redução de 4,8% do consumo diário de água na lanchonete – de 8,4 m^3 para 8,0 m^3 ;
- aumento de 10,7% do consumo diário de água do sistema de ar condicionado – de 33,7 m^3 para 37,3 m^3 ;
- aumento diário de 0,5% da população flutuante e de funcionários passando de 5263 para 5291 pessoas;
- acréscimo de 2,7% do número de refeições diárias preparadas – de 1536 refeições para 1578;
- acréscimo da temperatura média diária do ar – de 16,9°C para 19,6°C.

Ao analisar tais variáveis, verifica-se que todas elas, exceto a do consumo diário de água da lanchonete que teve uma diminuição de 4,8% contribuíram para o aumento do consumo diário por leito. Isso significa que o impacto de redução conseguido pela implementação dessa ação poderia ter sido superior ao valor obtido. O aumento de 10,7% do consumo diário de água no sistema de ar condicionado representa um acréscimo de 0,9% no valor de consumo diário por leito e a redução de 4,8% no consumo diário da lanchonete significa uma diminuição de cerca de 0,08% no valor de consumo diário por leito; portanto, tem-se um saldo de, aproximadamente, 0,8%.

d. Válvulas de mictório

Após a instalação das torneiras hidromecânicas e das torneiras de alavanca foram instaladas 24 válvulas de descarga de mictório com fechamento hidromecânico no período de 24/08 a 3/9/98 e nos locais especificados no item 6.1.3.

d1. Avaliação do impacto de redução do consumo diário de água por leito após a instalação das válvulas de mictório

Essa ação foi avaliada no período de 4/9 a 15/9/98, observando-se um impacto de redução de consumo diário de água por leito de aproximadamente 5,5%, ou seja, passou de 1261 ℓ /leito/dia, valor alcançado após a substituição das torneiras hidromecânicas e das torneiras da cozinha, para 1191 ℓ /leito/dia. Esse foi um impacto de redução significativo do consumo de água, pois vários mictórios individuais e os 3 mictórios coletivos que ficavam escoando água ininterruptamente, agora só liberam água quando são acionados, isto é, após sua utilização.

As variáveis que influenciaram o consumo de água no sistema, nesse período, foram:

- aumento de 41% do consumo diário da lanchonete, ou seja, de 8,0 m^3 para 11,3 m^3 ;
- aumento diário de 3,8% da população flutuante e de funcionários, de 5291 para 5492 pessoas;
- acréscimo de 6,6% do número diário de refeições preparadas, passando de 1578 para 1683;
- redução de 6,4% do consumo diário de água no sistema de ar condicionado, diminuindo de 37,7 m^3 para 35,3 m^3 ;

- aumento da temperatura média diária, de 18,2°C para 18,6°C.

Observando-se essas variáveis, verifica-se uma forte tendência no aumento do consumo diário por leito nesse período. A redução de 6,4% no consumo diário de água do sistema de ar condicionado implica uma redução de, aproximadamente, 0,5% no valor do consumo diário por leito, enquanto o acréscimo de 41% do consumo diário da lanchonete representa um aumento de cerca de 1% no valor do consumo diário por leito. Assim, verifica-se uma tendência no aumento do consumo diário por leito, além dos outros indicativos de aumento do consumo apresentados pelas outras variáveis. Isso revela que o impacto de redução de consumo verificado, 5,5%, poderia ter sido maior.

e. Arejadores

Foram instalados 142 arejadores convencionais em torneiras de pias de laboratórios, copas, salas de utilidades e 5 arejadores Variojet da FABRIMAR na cozinha. Esses componentes foram colocados no período de 16/9 a 30/9/98. No dia 16/9/98 foram, também, instaladas mais 5 torneiras de alavanca na cozinha, conforme descrito no item 6.1.3.3.c.

e1. Avaliação do impacto de redução do consumo de água após a instalação dos arejadores

Durante o período de avaliação dessa ação, de 1/10 a 12/10/98, foram lavadas as 4 bacias das torres de resfriamento do sistema de ar condicionado nos dias 6 e 7/10/98, o que, portanto, aumentou o consumo médio diário nesses dias. Após desconsiderarem-se

os efeitos desse evento, obteve-se o impacto de redução proporcionado pelos arejadores de, cerca de, 1,8%, ou seja, o consumo diário por leito passou de 1191 ℓ /leito/dia para 1169 ℓ /leito/dia.

As variáveis que influenciaram o consumo de água no sistema, nesse período, foram:

- redução de 2,6% do consumo diário de água da lanchonete, ou seja, de 11,3 m^3 para 11,0 m^3 ;
- aumento de 1,5% do consumo diário de água do sistema de ar condicionado, passando de 32,7 m^3 para 33,2 m^3 ;
- redução diária da população flutuante e de funcionários de 3,1%, ou seja, de 5492 para 5323 pessoas;
- diminuição de 2,2% do número diário de refeições preparadas, passando de 1683 para 1645;
- aumento da temperatura média diária do ar de 18,1°C para 18,2°C.

Analisando-se essas variáveis, observa-se que todas contribuíram para a redução do valor de consumo por leito, exceto o consumo diário de água do sistema de ar condicionado, com um acréscimo de 1,5%, o que representa um aumento de, aproximadamente, 0,1% do consumo diário por leito contra uma diminuição em torno de 0,07% proveniente da redução de 2,6% do consumo diário de água da lanchonete. O saldo de 0,03% a favor do aumento do consumo diário por leito é eliminado em face das outras tendências na redução desse valor do consumo apresentadas pelas outras variáveis. Dessa forma, supõe-se que o impacto de redução do consumo de água verificado, 1,8%, poderia ter sido menor.

f. Registros reguladores de vazão

A última ação foi a calibração dos registros reguladores de vazão, pois eles foram instalados no mesmo período em que o foram as torneiras hidromecânicas. A calibração desses componentes ocorreu entre 13/10 a 16/10/98.

f1. Avaliação do impacto de redução do consumo de água após a calibração dos registros reguladores de vazão

Verificou-se uma redução de, aproximadamente, 2,3% do consumo diário por leito, depois da instalação dos registros reguladores de vazão, pois passou de 1169 ℓ /leito/dia, valor alcançado após a instalação dos arejadores, para 1142 ℓ /leito/dia. Nesse período de avaliação, de 17/10/98 a 13/11/98, foram também instalados novamente os 10 restritores de vazão dos chuveiros dos vestiários dos funcionários, porém com vazão de 0,25 ℓ /s.

As variáveis que influenciaram o consumo de água no sistema nesse período foram:

- redução de 1,4% do consumo diário de água do sistema de ar condicionado, ou seja, de 33,7 m^3 para 33,2 m^3 ;
- diminuição de 2,7% do número diário de refeições preparadas, ou seja, passou de 1645 para 1601.

As demais variáveis, população flutuante e de funcionários, consumo diário de água na lanchonete e temperatura do ar permaneceram com o mesmo valor anterior à implementação da ação.

Ao analisar essas variáveis, verifica-se que todas elas influenciaram a redução do consumo diário por leito. Supõe-se, então, que o impacto de redução de consumo obtido, 2,5%, poderia ter sido inferior a esse valor.

g. Restritores de vazão para chuveiro no 6º andar

Após a conclusão do plano de intervenção, a Engenharia Hospitalar do InCor solicitou a instalação de restritores de vazão de 0,13 ℓ/s nos chuveiros DECA com desviador para ducha manual, instalados nos 35 banheiros do 6º andar. Considerando-se o desviador para ducha manual, foram previstos 70 restritores de vazão, sendo 35 para os chuveiros e 35 para as duchas; no entanto, foram instalados 40 restritores, ou seja, em 20 conjuntos, no dia 13/11/98.

A solicitação desse componente foi realizada tendo-se em vista o fato de a redução de vazão proporcionar maior conforto ao usuário hospitalizado, que necessita de precaução para não molhar a área do corpo com curativo; porém foi verificado o mesmo problema dos vestiários: intermitência da temperatura da água. Dessa forma, esses componentes foram retirados à medida que os usuários foram reclamando.

g1. Avaliação do impacto de redução do consumo de água após a instalação dos restritores de vazão nos chuveiros do 6º andar

Para a avaliação dessa ação no período de 14/11/98 a 31/12/98, observou-se a ocorrência dos seguintes eventos que tenderam a mascarar os resultados dessa ação:

- vazamento no sub-ramal do forno da cozinha devido a problema na válvula solenóide;

- vazamento no sistema de ar condicionado da cozinha, que em dois dias teve o consumo diário duplicado;
- uma das torneiras de alavanca da cozinha teve o eixo da alavanca quebrado, ficando aproximadamente 48 horas com vazamento;
- rompimento de um registro regulador de vazão no 5º andar permanecendo com vazamento por cerca de 30 minutos.

Após desconsiderarem-se os efeitos desses eventos na avaliação do impacto de redução do consumo diário por leito, verificou-se um aumento do consumo de aproximadamente 2,5%, ou seja, passou de 1142 ℓ /leito/dia para 1171 ℓ /leito/dia.

Foram observadas as seguintes alterações nas variáveis que influenciam o consumo de água no InCor:

- redução diária de 6,2% da população flutuante e de funcionários do InCor – de 5325 para 4993 pessoas que utilizam diariamente o sistema;
- uma redução de 4,7% do número diário de refeições preparadas – 1601 para 1525;
- acréscimo de 2,7% do consumo diário de água da lanchonete – de 11,0 m^3 para 11,3 m^3 /dia;
- aumento de 33,6% do consumo diário de água do sistema de ar condicionado – de 36,3 m^3 para 48,5 m^3 ;
- acréscimo da temperatura média do ar – de 19,2°C para 22°C.

A análise dessas variáveis indica uma contribuição para o aumento do consumo de água por leito proveniente do sistema de ar condicionado e da lanchonete. Considerando-se

que foi verificado um aumento de 33,6% do consumo de água pelo sistema de ar condicionado e que este representa cerca de 8% do consumo total, tal acréscimo implica um aumento de, aproximadamente, 2,7% do consumo diário por leito.

O consumo de água na lanchonete representou, no mês de dezembro/98, cerca de 2,2% do consumo total de água no InCor. Esse acréscimo revela um aumento de, aproximadamente, 0,06% do consumo de água por leito. Somando-se as duas contribuições mais representativas, obtém-se um valor de acréscimo de consumo diário por leito de, aproximadamente, 2,8%. No entanto, esse valor pode ter sido menor, pois tanto a população quanto o número de refeições foram menores, o que contribui pra a redução do consumo de água.

O maior aumento de consumo de água verificado nos setores monitorados do InCor em dezembro/98 foi de 33,6% e no sistema de ar condicionado. A participação desse setor no consumo total de água do sistema foi de cerca de 8% nos meses de junho a novembro e em dezembro/98 passou para aproximadamente 12% do consumo total.

Assim, verificou-se uma correlação da temperatura do ar com o consumo diário de água do sistema de ar condicionado em todos os meses, após a instalação do sistema de monitoração do consumo de água, ou seja, de junho/98 a dezembro/98, sendo observada a tendência do aumento do consumo de água com o aumento da temperatura do ar, conforme ilustram as figuras 6.21 e 6.22.

Os valores diários de temperatura média e de umidade relativa do ar foram registrados no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, Bairro da Água Funda, na cidade de São

Paulo, e fornecidos pelo Instituto Astronômico e Geofísico – IAG. Esses valores foram convertidos em temperatura de bulbo úmido do ar, que representa melhor o grau de satisfação do usuário em função da variação da temperatura ambiente.

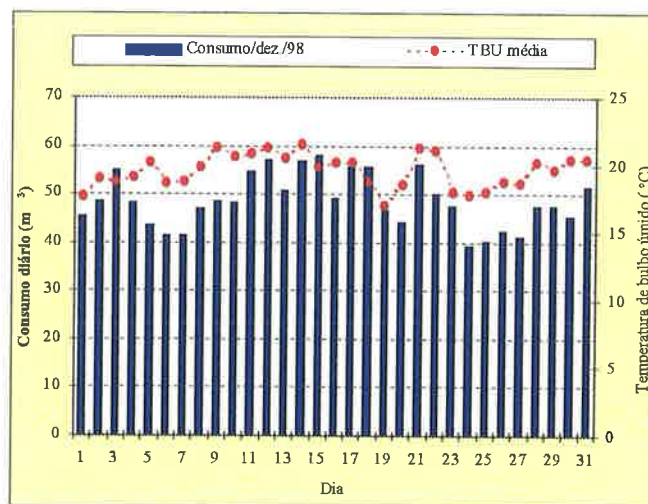


Figura 6.21 – Consumo diário de água do sistema de ar condicionado e temperatura de bulbo úmido do ar no mês de dezembro/98.

A figura 6.22 apresenta a curva de tendência dos valores de consumo diário de água do sistema de ar condicionado, na qual observa-se uma correlação do consumo de água com a variação da temperatura de bulbo úmido do ar.

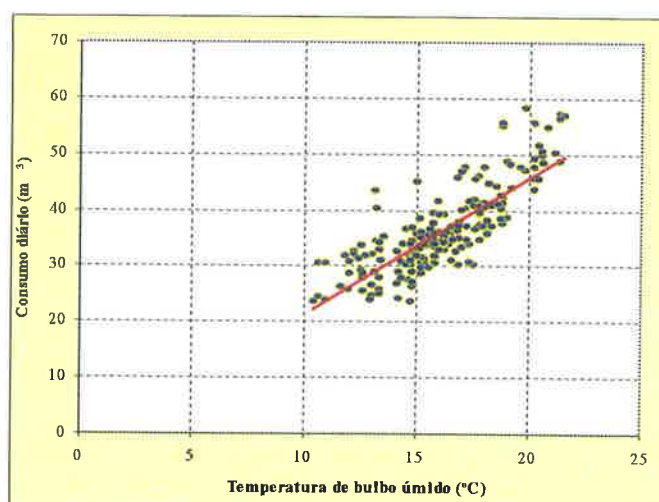


Figura 6.22 – Consumo diário de água do sistema de ar condicionado em função da temperatura de bulbo úmido do ar no período de jun./98 a dez./98.

6.1.3.4 Avaliação do impacto de redução do consumo de água após a substituição dos componentes convencionais por economizadores

Ressalta-se que durante todo o período de implementação de ações na segunda etapa do plano de intervenção foram freqüentemente detectados e corrigidos vazamentos no sistema. A ocorrência de vazamentos foi decorrente de diversos fatores:

- rompimento de tubulação de água fria, causado por corrosão do aço galvanizado;
- defeito em torneira de bóia;
- rompimento de registros reguladores de vazão, causado por pressões elevadas;
- disparo de torneira hidromecânica, por até dois dias, porque o usuário deixou de solicitar os serviços da manutenção imediatamente, o que significa uma perda bastante elevada, uma vez que a torneira funciona totalmente aberta;
- tempo de fechamento muito longo, de 15 segundos, em torneira hidromecânica, proporcionando um volume de água maior do que o necessário para a realização das atividades do usuário;
- vazamento em válvula de descarga;
- perda de água ocasionada por descuido do usuário na realização de atividades com a utilização de componentes de controle manual, como, por exemplo, registro de gaveta;
- estrago de válvula solenóide, utilizada no controle de vazão do forno a vapor da cozinha.

Esses fatos mostram a necessidade de controle permanente de perda de água, principalmente no que diz respeito à manutenção imediata do sistema hidráulico.

Conforme apresentado no item 6.1.3.3, houve uma redução de aproximadamente 15,3% no consumo diário de água por leito, após as substituições de componentes convencionais por economizadores de água, no período de 14/11/98 a 31/12/98; porém não foi verificada redução na mesma proporção no consumo mensal de água, devido às variáveis que influenciaram o consumo de água, conforme demonstram as tabelas 6.14 e 6.15 e ilustram as figuras 6.23 e 6.24.

Tabela 6.14 – Consumo mensal de água e consumo médio diário, no período de janeiro/96 a dezembro/98 no InCor.

Mês	Consumo mensal (m ³)			Consumo médio diário (m ³)		
	1996	1997	1998	1996	1997	1998
jan.	18248	14157	9860 (1)	589	457	318
fev.	16173	11717	9548 (1)	558	418	341
mar.	16014	14344	10769 (1)	517	463	347
abr.	15021	17273	--- (2)	501	576	---
maio	16484	16610	12308	532	536	397
jun.	15680	15589	13385 (3)	523	520	446
jul.	16034	12185	14229	517	393	459
ago.	16034	11439	13636 (3)	517	369	440
set.	15759	10114 (1)	13035	525	337	434
out.	15537	10359 (1)	12896 (3)	501	334	416
nov.	13651	11099 (1)	12119 (3)	455	370	404
dez.	13124	10677 (1)	12961 (3)	423	344	418
Total	187759	155563	134746	6158	5117	4420
Média	15647	12964	12250	513	426	402

(1) Valores corrigidos em função do aumento de consumo devido à inauguração da lanchonete.

(2) Sistema sem hidrômetro.

(3) Valores corrigidos devido a vazamentos no sistema.

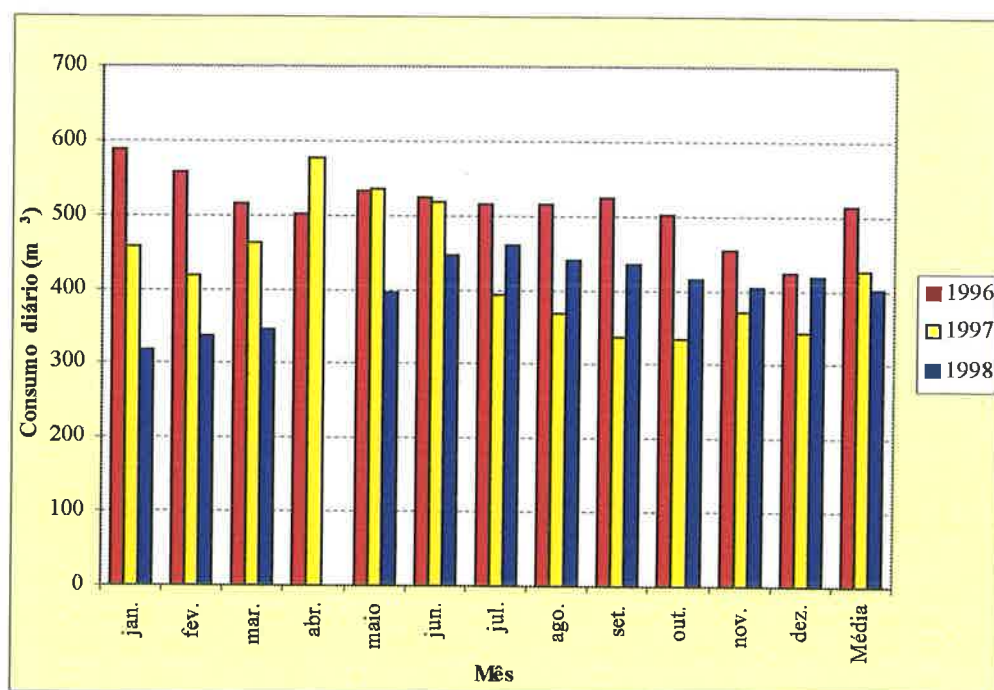


Figura 6.23 – Consumo médio diário de água no InCor nos anos de 1996, 1997 e 1998.

Tabela 6.15 – Número de leitos funcionantes e consumo médio diário por leito, no período de janeiro/96 a dezembro/98 no InCor.

Mês	Leitos funcionantes (un)			Consumo diário por leito (ℓ/leito/dia)		
	1996	1997	1998	1996	1997	1998
jan.	324	305	297	1817	1497	1071
fev.	326	309	295	1711	1354	1156
mar.	320	312	295	1614	1483	1178
abr.	325	309	312	1541	1863	---
maio	321	289	318	1656	1854	1248
jun.	318	308	318	1644	1687	1403
jul.	311	305	347	1663	1289	1323
ago.	315	296	348	1642	1247	1264
set.	308	298	356	1705	1131	1220
out.	305	297	349	1643	1125	1192
nov.	301	297	361	1512	1246	1119
dez.	304	300	349	1393	1148	1198
Total	3778	3625	3945	19541	16924	13372
Média	315	302	329	1628	1410	1216

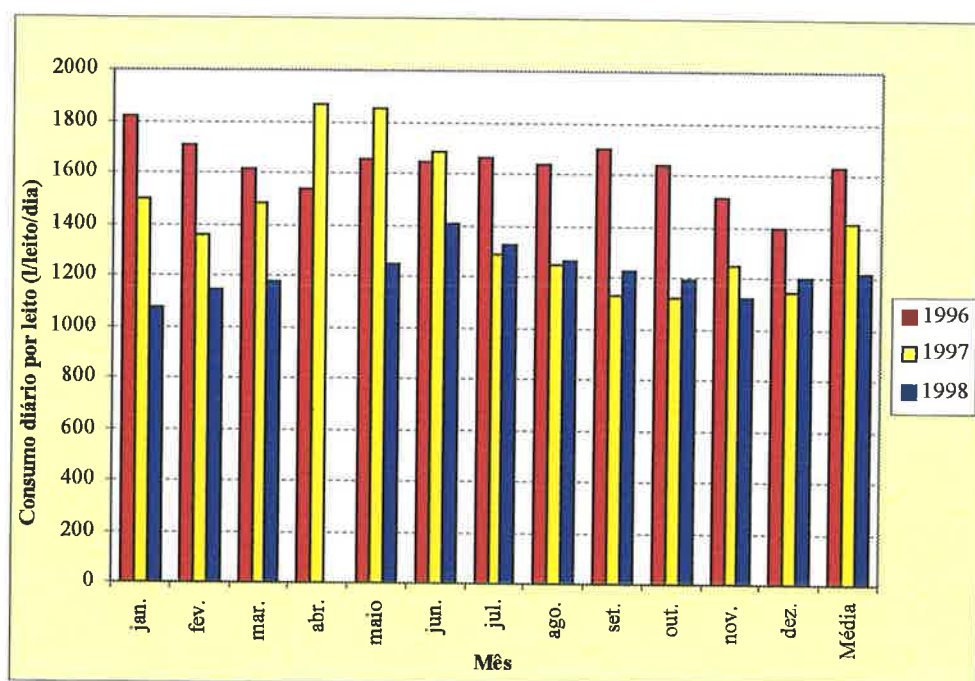


Figura 6.24 - Consumo médio diário de água por leito no InCor nos anos de 1996, 1997 e 1998.

Observa-se, pelas tabelas 6.14 e 6.15, que no mês de julho/98 há um aumento de, aproximadamente, 2,9% no consumo médio diário de água em relação ao mês de junho/98. Isso não significa um aumento do consumo real de água. O que ocorreu foi um aumento de 9,1% do número de leitos funcionantes, ou seja, passaram de 318 no mês de junho para 347 no mês de julho. Esse fato pode ser verificado ao compararem-se os valores de consumo diário por leito dos meses de junho, 1403 ℓ/leito/dia, e de julho, 1323 ℓ/leito/dia; portanto houve uma redução de aproximadamente 5,7%.

No período de 20/5/98 a 7/6/98, antes do início das substituições, o consumo diário por leito era de 1382 ℓ/leito/dia e no período, após as substituições, de 14/11/98 a 31/12/98, esse valor foi reduzido para 1171 ℓ/leito/dia, o que, portanto, possibilitou um impacto de redução de, aproximadamente 15,3% no valor de consumo diário por leito.

A figura 6.25 ilustra os impactos de redução do consumo de água verificados em cada uma das ações da segunda etapa do PURA InCor: substituição de componentes convencionais por economizadores.

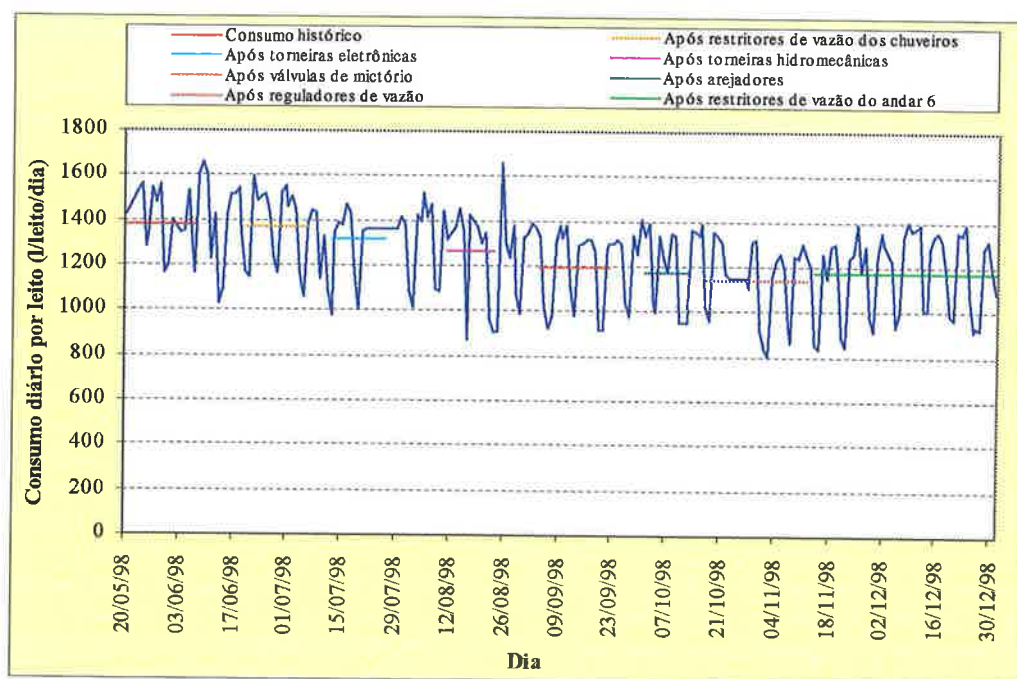


Figura 6.25 – Avaliação do impacto de redução do consumo de água no InCor, após a substituição de componentes convencionais por economizadores.

O impacto de redução dessa etapa é avaliado com base na economia mensal de água projetada pelo indicador de consumo por leito. Considerando-se o período de 20/5/98 a 7/6/98 como referência, antes da substituição dos componentes economizadores, verifica-se um consumo médio diário de 1382 ℓ /leito/dia e um total de 318 leitos funcionantes, o que equivale a um consumo médio mensal de 13184 m^3 de água. No período de 14/11/98 a 31/12/98, após a substituição de componentes convencionais por economizadores, obteve-se um consumo médio diário de 1171 ℓ /leito/dia para 349 leitos funcionantes.

Dessa forma, considerando-se o valor do consumo diário por leito obtido após a ação, 1171 ℓ/leito, multiplicado pelo número de leitos do período de referência, 318, e por 30 dias, obtém-se um valor que pode ser comparado ao consumo médio mensal do período de referência, ou seja, aproximadamente 11171 m³. Agora, nas mesmas condições, pode-se estimar a redução do consumo entre os dois períodos, ou seja: 13184 - 11171 = 2013 m³, o que representa um impacto de redução de 15,3% no consumo de água mensal. Esse é o valor utilizado para a análise econômica.

O volume mensal de água reduzido é calculado em função dos valores dos indicadores de consumo do período anterior à substituição dos componentes convencionais por economizadores, de 20/5/98 a 7/6/98, e após a substituição, de 14/11/98 a 31/12/98, conforme apresentado a seguir:

- consumo diário de água por leito no período histórico
da 2ª etapa do PURA InCor 1382 ℓ/leito/dia
- consumo diário de água por leito após a substituição dos
componentes convencionais por economizadores 1171 ℓ/leito/dia
- economia de consumo diário de água por leito 211 ℓ/leito/dia

Estimando-se os valores dos consumos mensais a partir desses indicadores de consumo, tem-se:

- consumo médio mensal no período histórico da 2ª etapa 13184 m³
- consumo médio mensal após a substituição dos componentes
convencionais por economizadores 11171 m³

- economia mensal de água 2013 m³

a. Avaliação econômica da substituição de componentes convencionais por economizadores – *Payback* atualizado

Calculando-se o custo do consumo mensal de água e de coleta de esgoto sanitário utilizando-se as tarifas da Sabesp, em vigor a partir de 4/7/98, para a classe pública de consumo sem contrato, obtém-se o seguinte valor de economia mensal:

- custo de 13184 m³ de água R\$ 119.578,40
- custo de 11171 m³ de água R\$ 101.300,36
- economia mensal de água R\$ 18.278,04

Os componentes economizadores, inclusive mão-de-obra, cujos preços correspondem aos preços de mercado de janeiro/99, apresentaram o custo de R\$ 46.399,72.

Assim, surgem os seguintes valores:

- custo (material e mão-de-obra) dos componentes
economizadores R\$ 46.399,72
- economia mensal de água R\$ 18.278,04

Efetua-se o cálculo dos fluxos atualizados através da equação 5.29:

$$AF = \frac{B}{(1+r)^t}$$

onde:

AF, B, r e t definidos no item 5.3.3.1.

Então, considerando-se uma taxa de desconto mensal $r = 6\%$, o valor do fluxo benefício $B = R\$ 18.278,04$ e t variando mensalmente, obtêm-se os resultados apresentados na tabela 6.16.

Tabela 6.16 – *Payback* atualizado da substituição de componentes convencionais por economizadores de água no InCor.

Período (mês)	Valor total da ação– VT (material + mão-de-obra) (R\$)	Fluxos de benefícios atualizados – AF (R\$)	VT - AF (R\$)
0	- 46.399,72	---	---
1	---	+ 17.243,43	- 29.156,29
2	---	+ 16.267,39	- 12.888,90
3	---	+ 15.346,59	+ 2.457,69

Verifica-se, pela tabela 6.16, que o custo para a implementação dessa ação foi pago em menos de três meses, ou seja, em aproximadamente 86 dias.

6.1.4 Avaliação geral do PURA InCor

Apresenta-se neste item uma avaliação das ações implementadas pelo PURA InCor utilizando-se o indicador de consumo escolhido para esse caso, consumo diário por leito funcionante e, também, outros dois indicadores que podem ser utilizados: consumo diário por pessoa (população total) e consumo diário por pessoa (população fixa).

Em seguida faz-se uma análise de algumas variáveis que influenciaram o consumo de água durante o período de implantação do PURA InCor e, finalmente, é apresentada uma avaliação econômica considerando-se impacto de redução do consumo diário por leito obtido nas duas ações implementadas pelo PURA InCor – correção de vazamentos e substituição de componentes economizadores de água.

As figuras 6.26, 6.27 e 6.28 ilustram a curva de consumo de água do período histórico de janeiro/96 a janeiro/97 e os consumos de água durante o período de implantação do PURA InCor, ou seja, de fevereiro/97 a dezembro/98.

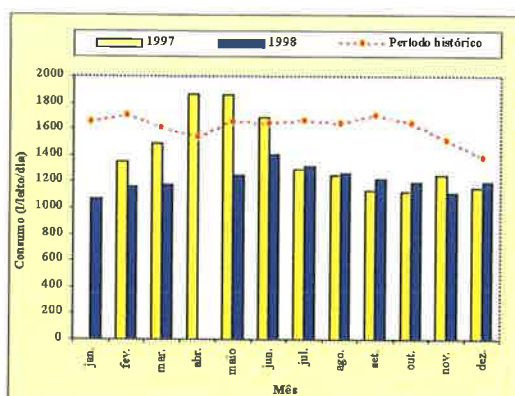


Figura 6.26 – Consumo diário de água por leito funcionando do InCor no período de janeiro/96 a dezembro/98.

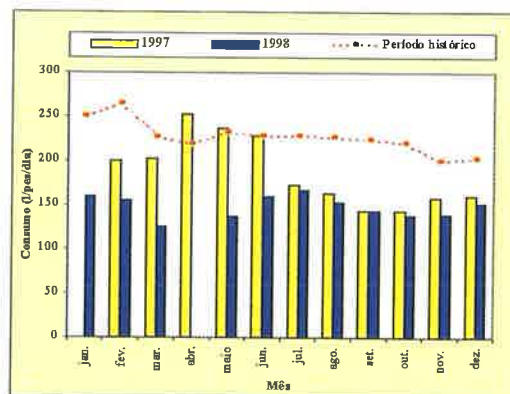


Figura 6.27 – Consumo diário de água por pessoa (população fixa) do InCor no período de janeiro/96 a dezembro/98.

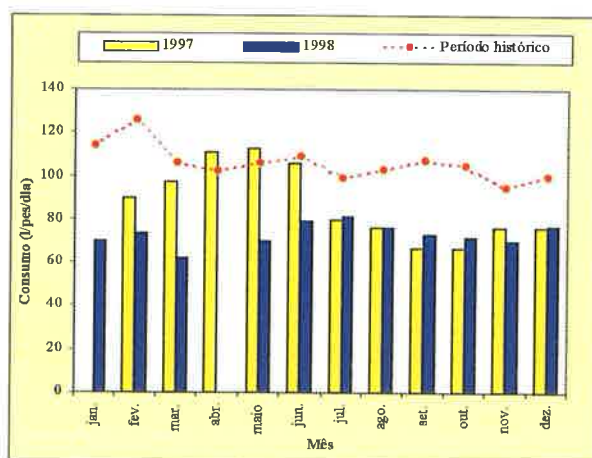


Figura 6.28 – Consumo diário de água por pessoa considerando-se a população total do InCor no período de janeiro/96 a dezembro/98.

Observam-se pelas figuras 6.26, 6.27 e 6.28 que todos os indicadores mostram redução de consumo de água em relação ao período histórico, exceto nos meses de abril, maio e junho, que conforme explicado houve uma grande perda de água por vazamento.

A avaliação do impacto de redução do consumo de água através desses indicadores mostra comportamento bem semelhante. Assim, confirma-se que o indicador adotado para essa tipologia de edifício, consumo diário por leito功能ante, é o mais adequado por relacionar-se com a funcionalidade do edifício.

As figuras 6.29 a 6.33 ilustram a tendência de redução do consumo de água no InCor nas duas formas de análise: consumo ou indicador de consumo. Observa-se que a dispersão dos dados no ano de 1998 é bem menor quando se utiliza os indicadores de consumo.

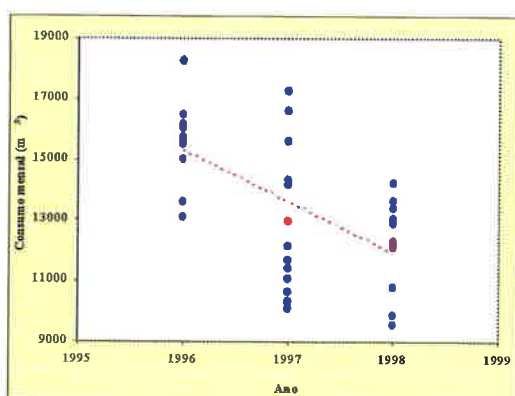


Figura 6.29 – Consumo mensal de água no InCor no período de 1996 a 1998.

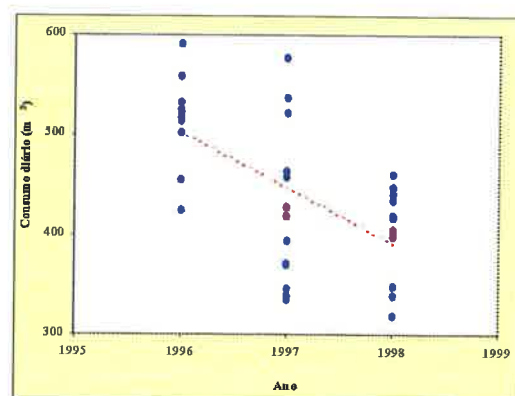


Figura 6.30 – Consumo diário de água no InCor no período de 1996 a 1998.

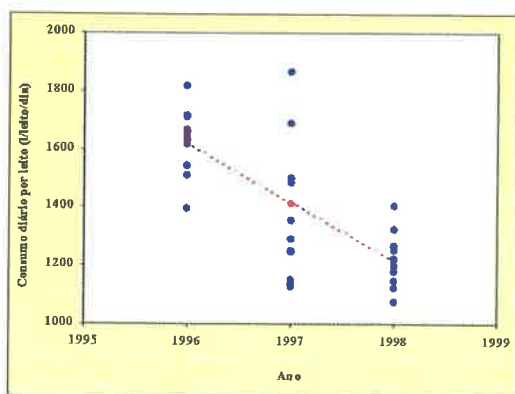


Figura 6.31 – Consumo diário de água por leito no InCor no período de 1996 a 1998.

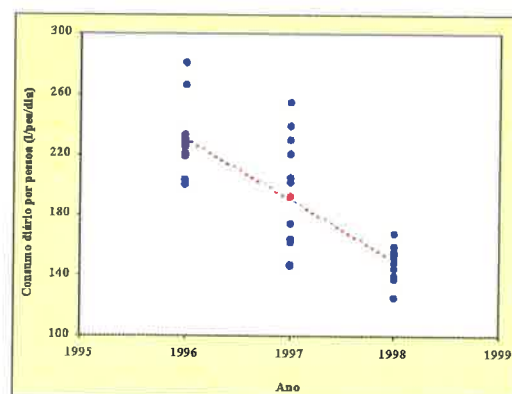


Figura 6.32 – Consumo diário de água por pessoa (população fixa) no InCor no período de 1996 a 1998.

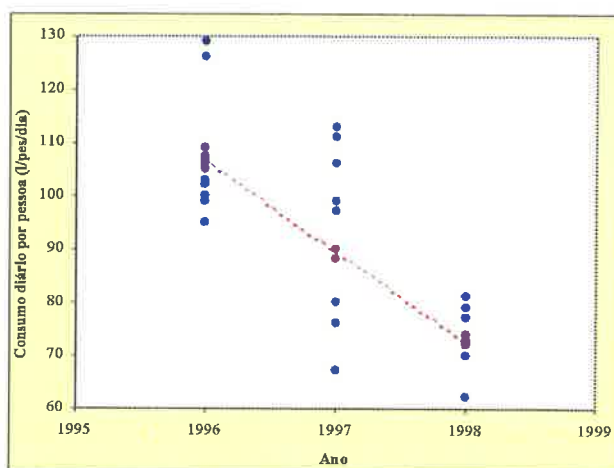


Figura 6.33 – Consumo diário de água por pessoa (população total) no InCor no período de 1996 a 1998.

Para mostrar o comportamento de algumas variáveis que influenciaram o consumo de água durante o período histórico e a implantação do PURA InCor, apresentam-se nas figuras 6.34 a 6.42 os valores mensais dos anos de 1996, 1997 e 1998 das seguintes variáveis nesse período: leitos funcionantes, funcionários, cirurgias, consultas médicas e multiprofissionais, procedimentos, refeições preparadas, população fixa, população flutuante e população total.

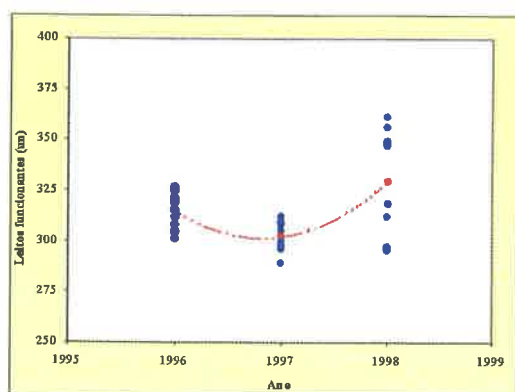


Figura 6.34 – Leitos funcionantes do InCor no período de 1996 a 1998.

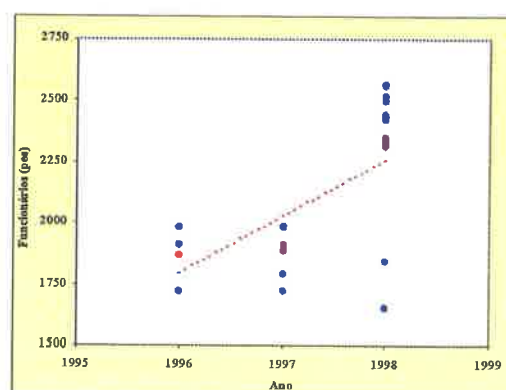


Figura 6.35 – Funcionários do InCor no período de 1996 a 1998.

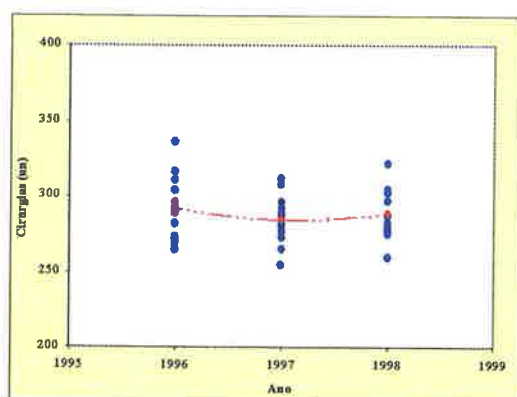


Figura 6.36 – Cirurgias mensais realizadas no InCor no período de 1996 a 1998.

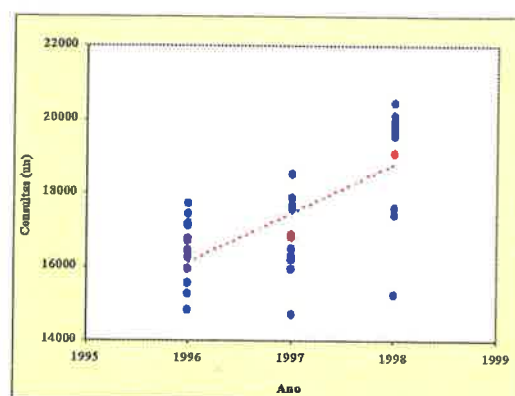


Figura 6.37 – Consultas mensais realizadas no InCor no período de 1996 a 1998.

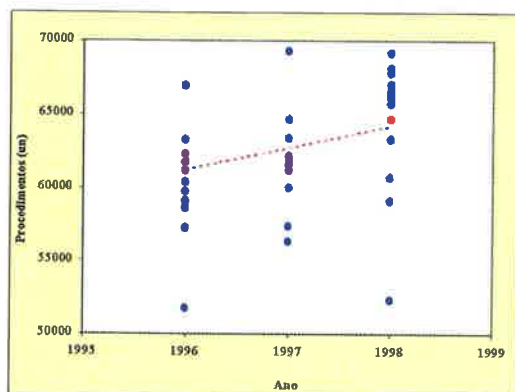


Figura 6.38 – Procedimentos realizados no InCor no período de 1996 a 1998.

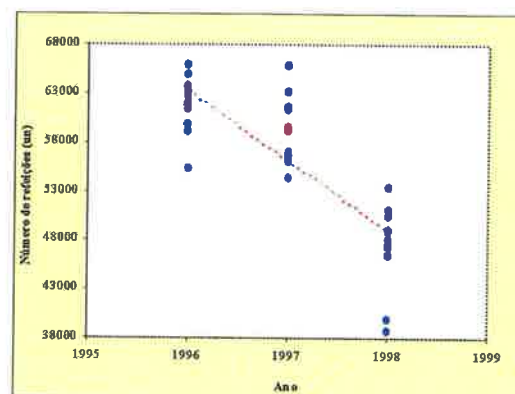


Figura 6.39 – Refeições mensais preparadas no InCor no período de 1996 a 1998.

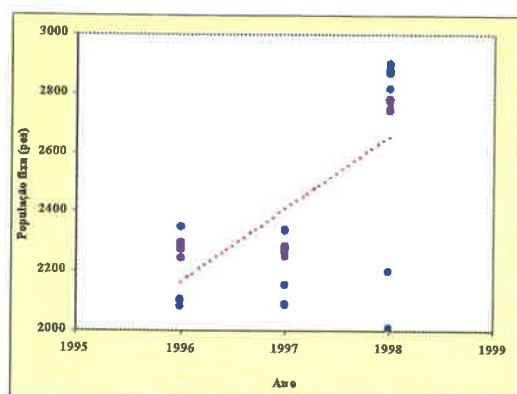


Figura 6.40 – População fixa mensal no InCor no período de 1996 a 1998.

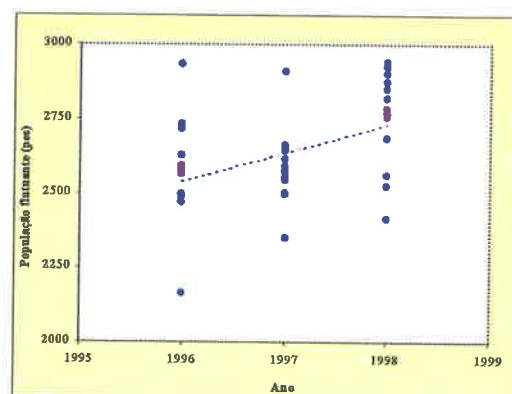


Figura 6.41 – População flutuante mensal no InCor no período de 1996 a 1998.

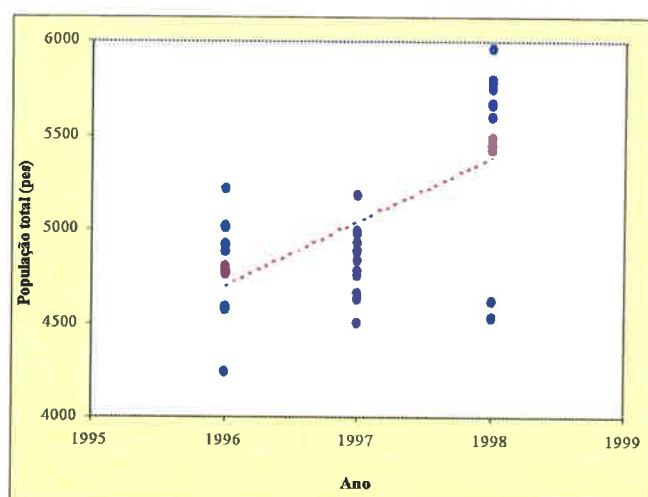


Figura 6.42 – População total mensal no InCor no período de 1996 a 1998.

Observa-se, através das figuras 6.33 a 6.42, uma tendência de acréscimo em todas as variáveis, exceto no número de refeições que a partir de janeiro/98 foi reduzida, pois os funcionários e plantonistas do período noturno passaram a tomar refeições na lanchonete. Apesar do crescimento dessas variáveis durante o período de implantação do PURA InCor, o consumo de água, analisado através de todos os indicadores apresentou um decréscimo.

6.1.4.1 Avaliação econômica do PURA InCor

A avaliação é feita considerando-se os valores de consumo diário por leito nas duas etapas do PURA InCor – correção de vazamentos e substituição de componentes convencionais por economizadores de água.

Conforme apresentado no item 6.1.3.1, a correção dos vazamentos proporcionou um impacto de redução do consumo médio mensal de água de 28,4% na primeira etapa do

PURA InCor e, de acordo com o descrito no item 6.1.3.4, a substituição de componentes convencionais por economizadores de água gerou um impacto de redução do consumo mensal de água de 15,3% na segunda etapa.

Assim, o impacto de redução total do consumo de água, verificado nas duas etapas do PURA InCor, é de 39,3%, o que equivale a um valor de redução do consumo médio mensal de, aproximadamente, 5990 m³ em relação ao consumo médio mensal do período histórico.

Esses dados possibilitam a avaliação econômica do PURA InCor :

- custo total (material e mão-de-obra) R\$ 79.518,56
- economia mensal de água R\$ 54.256,88

O cálculo dos fluxos atualizados, considerando-se uma taxa de desconto mensal de 6%, é apresentado na tabela 6.17.

Tabela 6.17– Payback atualizado da implantação do PURA InCor.

Período (mês)	Valor total da ação (material + mão-de-obra) VT (R\$)	Fluxos de benefícios atualizados – AF (R\$)	VT - AF (R\$)
0	- 79.518,56		---
1	---	+ 51.185,73	- 28.332,82
2	---	+ 48.288,43	+ 19.955,61

Verifica-se, pela tabela 6.17, que o custo para a implantação do PURA InCor foi pago em menos de 2 meses, ou seja, em aproximadamente 48 dias.

6.2 Caso 2: PURA EE

A Escola Estadual de Primeiro e Segundo Graus Fernão Dias Paes, localiza-se à Avenida Pedroso de Moraes, 420, na cidade de São Paulo. Essa escola oferece os cursos de 6^a a 8^a séries do 1^o grau nos turnos matutino e vespertino e de 1^a a 3^a séries do 2^o grau nos turnos matutino, vespertino e noturno. O PURA EE foi implantado no período de outubro/97 a outubro/98.

6.2.1 Auditoria do consumo de água

A auditoria do consumo de água na E.E.P.S.G. Fernão Dias Paes ocorreu no mês de outubro/97, considerando-se como período histórico de agosto/96 a outubro/97, portanto um período de 15 meses, o que é superior ao mínimo recomendado pela metodologia – 12 meses.

6.2.1.1 Histórico do consumo de água

A Sabesp forneceu os valores dos consumos mensais de água, relativos ao período de agosto/96 a outubro/97. A partir desses valores, em geral, determinam-se os consumos médios diários dividindo-se o consumo mensal pelo número de dias entre leituras. Porém, nesse caso, os períodos considerados foram o número de dias dos respectivos meses, uma vez que não foi possível o fornecimento daquele dado pela Sabesp. A tabela 6.18 apresenta os valores de consumo mensal e de consumo médio diário para o período histórico e a figura 6.43 ilustra os valores de consumo médio diário para o mesmo período.

Tabela 6.18 - Consumo mensal e consumo médio diário de água na E.E.P.S.G. Fernão Dias Paes no período histórico de agosto/96 a outubro/97.

Mês	Consumo mensal (m ³)		Consumo médio diário (m ³)	
	1996	1997	1996	1997
jan.	---	4232	---	137
fev.	---	4232	---	151
mar.	---	4130	---	133
abr.	---	4130	---	138
maio	---	4501	---	145
jun.	---	3987	---	133
jul.	---	3922	---	127
ago.	3869	4130	125	133
set.	3764	3928	125	131
out.	4315	3842	139	124
nov.	4130	---	138	---
dez.	4510	---	145	---
Total	20588	41034	672	1352
Média	4118	4103	134	135

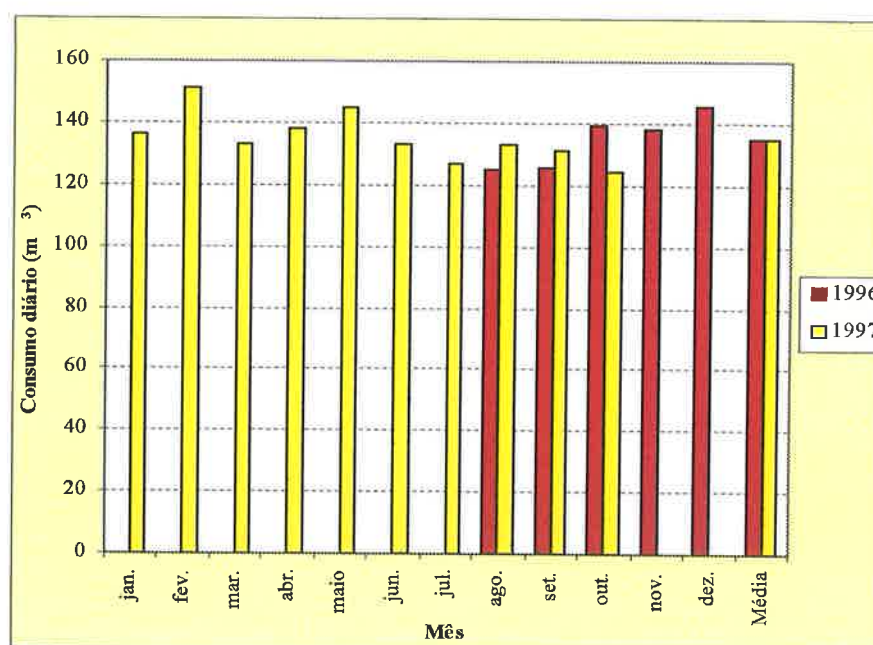


Figura 6.43 – Consumo médio diário de água na E.E.P.S.G. Fernão Dias Paes no período histórico de agosto/96 a outubro/97.

Observa-se pela tabela 6.18 e pela figura 6.43 que o mês de janeiro/97, férias dos alunos, apresenta consumo superior a vários meses de atividades como, por exemplo, março/97, junho/97, agosto/97 e setembro/97 e outubro/97, o que indica a possibilidade

de desperdício de água no sistema. Assim, o consumo médio diário de água nessa escola no período histórico de agosto/96 a outubro/97, com exceção do mês de janeiro/97, é obtido através da média aritmética dos valores da tabela 6.18 e é de 135m³.

6.2.1.2 Histórico do número de agentes consumidores

Inicialmente, deve-se definir o agente consumidor. No caso de edifício escolar, a população é assim apresentada:

- **população fixa** – constituída de funcionários, professores e alunos;
- **população flutuante** – aquela que não tem horário fixo de permanência no sistema.

Nessa escola é usual a disponibilização das quadras esportivas para a comunidade em finais de semana, como também, das instalações internas para a realização de concursos públicos, portanto esses usuários são exemplos de população flutuante.

A população fixa da escola é constituída de alunos, professores e funcionários, conforme apresenta a tabela 6.19 para os anos de 1996 e 1997. Segundo informações da escola, geralmente não há variação anual do número de alunos, pois ela opera com capacidade máxima.

Tabela 6.19 - População fixa da E.E.P.S.G. Fernão Dias Paes relativa aos anos de 1996 e 1997.

Ano	Turno	Alunos	Total de alunos	Professores e funcionários	Total geral
1996 e 1997	Matutino	800	2445	145	2590
	Vespertino	700			
	Noturno	945			

Conforme apresenta a tabela 6.19, a população mais expressiva é a de alunos, representando, aproximadamente, 94% da população fixa. A população flutuante é inexpressiva, sendo neste caso representada por usuários externos que utilizam, o ginásio de esportes aos sábados pela manhã e, também por candidatos de concursos públicos tais como os da FUVEST, que ocorre uma vez por ano. Dessa forma, os agentes consumidores deste sistema são os alunos, exceto para o mês de janeiro, em que os agentes consumidores são os funcionários, pois é mês de férias dos alunos.

6.2.1.3 Cálculo do indicador de consumo de água

O indicador de consumo a ser utilizado para avaliar a redução do consumo de água, após a implementação de cada uma das ações, é o consumo diário por aluno. Conforme foi explicado no capítulo 5, o período de atividades considerado no cálculo do indicador de consumo varia em função da tipologia do edifício.

Assim, para escolas estaduais de primeiro e segundo graus, propõem-se as seguintes considerações:

- para o mês de janeiro – mês de férias dos alunos, considerar no cálculo somente a população de funcionários e um período de 22 dias. É importante ressaltar que este valor não entra no cálculo da média anual, pois nos demais meses os agentes consumidores são os alunos;
- para os meses de fevereiro, julho e dezembro, considerar somente a população de alunos e um período de 15 dias;
- para os demais meses considerar somente a população de alunos e um período de 22 dias.

Então, o indicador de consumo proposto para esta tipologia, é calculado conforme a equação 6.4:

$$IC = \frac{C_m}{NA \cdot D_m} \times 1000 \quad (6.4)$$

onde:

IC = indicador de consumo, ℓ /aluno/dia;

NA = número de alunos do mês relativo ao consumo de água;

C_m e D_m definidos anteriormente.

Observam-se que os períodos são considerados em função do cronograma de atividades da escola. Os números aqui propostos são os praticados por escolas estaduais de primeiro e segundo graus de São Paulo. Assim, os valores de indicadores de consumo de água, obtidos mensalmente no período de agosto/96 a outubro/97, são apresentados na tabela 6.20 e na figura 6.44.

Tabela 6.20 – Consumo diário de água por aluno na E.E.P.S.G. Fernão Dias Paes no período histórico de agosto/96 a outubro/97.

Mês	Consumo diário por aluno (ℓ /aluno/dia)	
	1996	1997
jan.	---	---
fev.	---	115,4
mar.	---	76,8
abr.	---	76,8
maio	---	83,7
jun.	---	74,1
jul.	---	106,9
ago.	71,9	76,8
set.	70,0	73,0
out.	80,2	71,4
nov.	76,8	---
dez.	123,0	---
Média	84,4	83,9

Da tabela 6.20, obtém-se o consumo médio diário de água por aluno no período histórico, ou seja, 81,1 ℓ /aluno/dia. Não são considerados os meses de dezembro e de janeiro, pois o número de agentes consumidores em dezembro é função do número de alunos em recuperação e janeiro é o mês de férias dos alunos.

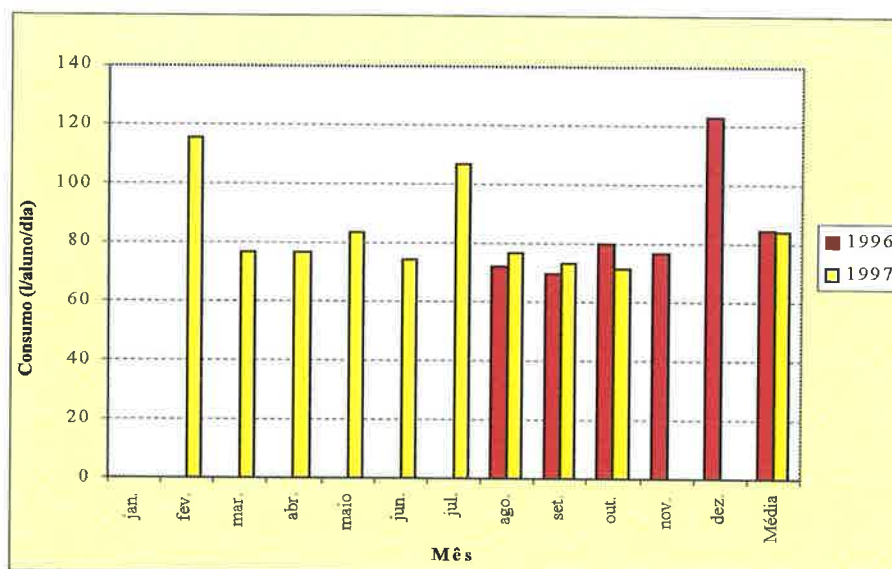


Figura 6.44 – Consumo diário de água por aluno na E.E.P.S.G. Fernão Dias Paes no período histórico de agosto/96 a outubro/97.

6.2.1.4 Diagnóstico preliminar

Observa-se uma homogeneidade dos valores mensais dos indicadores de consumo no período histórico, apresentados na tabela 6.20, exceto nos meses de dezembro/96, fevereiro/97 e julho/97, que são bem maiores porque o período considerado é menor, 15 dias, e os valores de consumo não sofreram redução, conforme indicado na tabela 6.18. Assim, obtém-se o valor do indicador de consumo de água no período histórico – ICh: 81,1 ℓ /aluno/dia e supõe-se que caso tenha havido aumento do consumo de água ele pode ter ocorrido antes dos quinze meses avaliados. Então, através da equação 5.4, calcula-se o valor do consumo médio mensal estimado – Cme para a referida escola:

$$C_{me} = 0,05 AC + 0,1 NV + 0,7 NF + 20$$

onde:

C_{me} , AC, NV e F definidos anteriormente.

Então:

$$C_{me} = 0,05 \times 5184 + 0,1 \times 2445 + 0,7 \times 145 + 20$$

$$C_{me} = 625,2 \text{ m}^3/\text{mês}$$

Considerando-se que o consumo médio mensal estimado é de $625,2 \text{ m}^3$, ou aproximadamente 21 m^3 diários, e que o número de agentes consumidores é de 2445, obtém-se o valor médio do indicador de consumo conforme a equação 6.5:

$$ICe = \frac{C_{me}}{NA \cdot D_m} \times 1000 \quad (6.5)$$

onde:

ICe = indicador de consumo estimado, $\ell/\text{aluno}/\text{dia}$;

C_{me} , NA e D_m definidos anteriormente.

Calculando o valor de ICe tem-se:

$$ICe = \frac{625,2}{2445 \times 22} \times 1000$$

$$ICe = 11,6 \ell/\text{aluno}/\text{dia}$$

Observa-se na tabela 6.20 e na figura 6.44 que o valor do indicador de consumo do período histórico – 81,1 ℓ /aluno/dia é muito maior que o valor do indicador de consumo estimado – 11,6 ℓ /aluno/dia, ou seja, aproximadamente 599% superior. Além disso, é também 62% superior ao valor de 50 ℓ /aluno/dia, apresentado em ILHA; GONÇALVES (1994). A comparação desses valores mostram a possibilidade de estar havendo um grande desperdício de água no sistema, quer seja por vazamento, consumo excessivo ou por procedimentos inadequados.

a. Desperdício diário estimado

O valor do desperdício diário estimado – DDe no período histórico é obtido através da equação 5.16, aqui reapresentada:

$$DDe = ICh - ICe$$

$$DDe = 81,1 - 11,6$$

$$DDe = 69,5 \text{ } \ell/\text{aluno}/\text{dia}$$

Através deste valor pode-se estimar um desperdício diário de água de 170 m^3 para esta escola.

b. Índice de desperdício estimado

O valor do índice de desperdício estimado – IDe é obtido através da equação 5.17, ou seja:

$$IDe = \frac{ICh - ICe}{ICh} \times 100 \text{ (\%)}$$

$$IDe = \frac{81,1 - 11,6}{81,1} \times 100$$

$$IDe = 85,6\%$$

O resultado indica um índice de desperdício de água para o sistema de, aproximadamente, 85,6% do consumo total.

Esse diagnóstico preliminar indica a possibilidade de se obter um grande impacto de redução após a implementação de ações que visam à redução de consumo de água no sistema. A próxima etapa é vistoriar todo o sistema hidráulico em para a realização de um diagnóstico preciso, possibilitando a elaboração de um plano de intervenção adequado às necessidades e às características do sistema..

6.2.1.5 Levantamento do edifício

O levantamento do edifício consiste no cadastramento de suas características físicas e funcionais relacionadas ao consumo de água. Nessa etapa são levantadas as condições de funcionamento de todos os pontos de utilização do sistema hidráulico predial, a pressão hidráulica nos pontos críticos do sistema, os procedimentos dos usuários e realizada a detecção de vazamento de todo o sistema hidráulico.

a. Sistema arquitetônico – caracterização do edifício

O edifício compõe-se de 22 salas de aula, 8 sanitários de alunos e 4 para professores, 4 laboratórios, 1 recreio coberto, 1 ginásio de esportes, 2 quadras poliesportivas e demais dependências de apoio distribuídas em 4 blocos, sendo dois com dois pavimentos. Essa escola entrou em operação em 1947. As áreas de construção e de pavimentação externa são:

- área de construção da escola: 3949 m²;
- área de construção do ginásio de esportes: 1144 m²;
- área de construção da casa do zelador: 91 m²;
- área total de construção: 5184 m²;
- área externa pavimentada: 1334 m²;
- área verde: 1750 m².

b. Sistema hidráulico predial

O sistema hidráulico predial da escola não dispõe de água quente. Os componentes de utilização são convencionais não havendo portanto nenhum componente economizador de água.

c. Sistema de abastecimento de água e de coleta de esgoto sanitário

A E.E.P.S.G. Fernão Dias Paes é provida de rede pública de água e, até o momento, não foi atingida pela intermitência no abastecimento de água, denominado sistema de

rodízio. O destino final do esgoto sanitário é o sistema público de coleta de esgoto sanitário.

d. Sistema de medição

O consumo de água nesta escola é medido por dois hidrômetros cujos números são:

- **H1** – F961001168, com vazão nominal de 15 m³/h;
- **H2** – A821012386, com vazão nominal de 1,5 m³/h.

A localização dos hidrômetros está apresentada na planta de locação, no ANEXO V.

e. Sistema hidráulico externo

O traçado do sistema hidráulico externo foi elaborado com base em informações de um dos funcionários da escola e, também, pela aparência na superfície do piso ou do solo, indicando a presença de tubulação enterrada caracterizada pelas irregularidades do substrato ou trechos de tubulação aparentes. A planta de locação está apresentada no ANEXO V.

e1. Sistema de alimentação

A escola apresenta dois alimentadores prediais: o primeiro, de maior capacidade, interliga o hidrômetro H1 aos reservatórios R1, R2, R3, R4, R5 e R6 e 19 torneiras de usos diversos; o segundo, de menor capacidade, interliga o hidrômetro H2 aos reservatórios R7, R8 e R9 e o sistema de irrigação do jardim, localizado no recuo frontal da escola.

Verificação da pressão hidráulica

Com o objetivo de verificar os valores de pressão no sistema hidráulico externo foram monitorados por 24 horas os dois alimentadores prediais, através da instalação dos *data-loggers* nas torneiras localizadas nos cavaletes dos respectivos hidrômetros H1 e H2. A verificação da pressão hidráulica é importante por dois fatores:

- quando o sistema é solicitado por valores de pressão elevados há maior probabilidade de rupturas na tubulação e, conseqüentemente, a ocorrência de vazamentos tende a ser maior;
- caso seja detectado um vazamento nesse sistema e seja necessária a utilização de equipamentos acústicos é conveniente que se saiba o valor de pressão mínima, uma vez que ela deve ser superior a 103 KPa.

As figura 6.45 e 6.46 ilustram as curvas de pressão hidráulica obtidas da monitoração dos dois alimentadores prediais da escola.

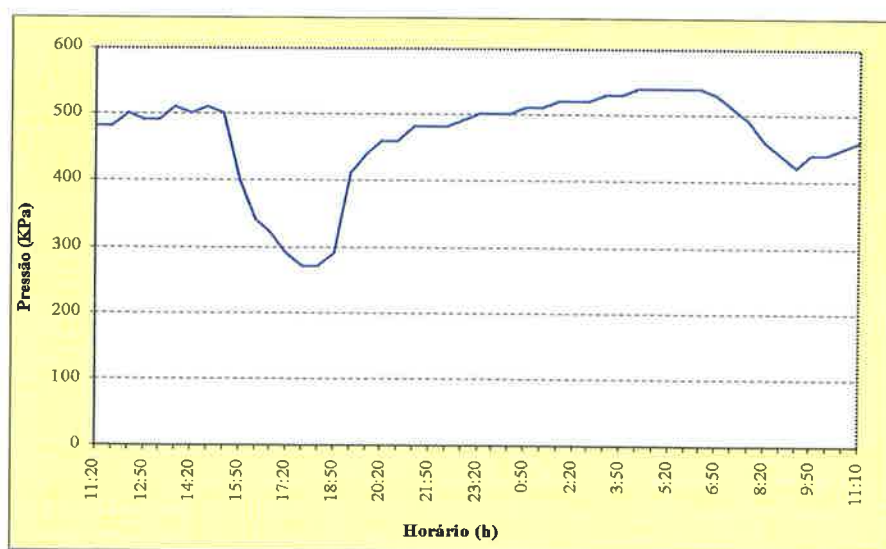


Figura 6.45 – Curva de pressão do sistema hidráulico externo relativo ao hidrômetro H1.

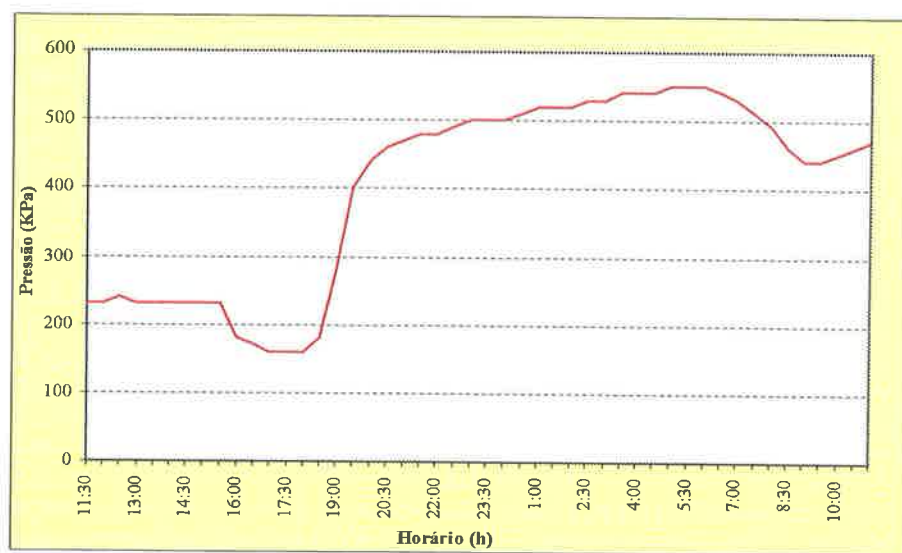


Figura 6.46 – Curva de pressão do sistema hidráulico externo relativo ao hidrômetro H2.

Observam-se pelas figuras 6.45 e 6.46 que a pressão hidráulica nos dois sistemas de alimentação atingiu valores superiores a 400 KPa, principalmente, no período noturno. Esse fato é desfavorável ao sistema hidráulico predial porque implica em pressão elevada nos 19 pontos de utilização alimentados diretamente pela rede pública de água, porém facilita os trabalhos de detecção de vazamento com a utilização de testes especiais.

Observa-se, também, que em nenhum horário a pressão foi inferior a 103 KPa, portanto caso seja necessária a detecção de vazamento com a utilização de equipamentos acústicos ela pode ser realizada em qualquer horário, sendo limitada apenas por ruídos de fundo, de menor intensidade no período noturno.

e2. Sistema de reservação

A escola possui nove reservatórios, distribuídos nos quatro blocos, perfazendo um volume total de 50000 litros de água, conforme descrito a seguir:

- **Bloco 1** – 2 reservatórios com capacidade de 3000 litros e 1 de 1000 litros;
- **Bloco 2** – 2 reservatórios com capacidade de 8000 litros e 1 de 1000 litros;
- **Bloco 3** – 2 reservatórios com capacidade de 3000 litros;
- **Bloco 4** – 1 reservatório com capacidade de 20000 litros.

e3. Detecção de vazamento visível no sistema hidráulico externo

Durante o levantamento do sistema hidráulico externo foram detectados dois vazamentos visíveis em extravasores, sendo um no reservatório R4 e outro no reservatório R2, apresentados na planta de locação – ANEXO V.

O vazamento detectado no extravasor do reservatório R4 foi provocado por um defeito na torneira de bóia, portanto estava ocorrendo uma perda contínua de água através do extravasor. Apresentava, também, outro problema executivo; ele descarregava a água na calha de águas pluviais e esta em uma caixa de inspeção. Assim, não permitia que o usuário percebesse o vazamento, o que estaria gerando perda de água por um longo período.

Com o objetivo de quantificar a perda de água desse vazamento mediu-se a vazão de água que estava sendo liberada pelo extravasor resultando em, aproximadamente,

0,02ℓ/s. Assim, considerando-se esta vazão como permanente, estimou-se um perda diária em torno de 1728 litros ou, aproximadamente 52 m³ de água mensais.

A torneira de bóia do reservatório R4 foi substituída no dia 23/10/97. Foi também corrigido o local de deságüe do extravasor, colocando-o em local de fácil verificação da liberação de água, caso a torneira de bóia seja danificada.

O vazamento indicado pelo extravasor do reservatório R2 era provocado pelo não fechamento do registro de limpeza. A água estava sendo liberada nas proximidades da caixa sifonada de um dos sanitários dos professores, no pavimento superior. A vazão era pequena por causa da grande quantidade de incrustação na tubulação de aço galvanizado. O referido registro foi fechado e o vazamento foi eliminado.

Observam-se que as correções dos vazamentos foram realizadas concomitantemente à detecção, uma vez que não se justifica esperar a próxima etapa para executar esta manutenção tão simples e de grande impacto na redução de desperdícios de água.

e4. Detecção de vazamento não-visível no sistema hidráulico externo

Inicialmente é realizada a detecção de vazamentos no alimentador predial, relativo ao hidrômetro H1. Os componentes de utilização ligados diretamente à rede pública de água são 5 torneiras de jardim, 6 torneiras de bebedouro, 3 torneiras de pia e 1 torneira de tanque na cozinha, 2 torneiras de pia e 1 ponto de alimentação da máquina de refrigerante na cantina e 1 torneira de lavatório, na Sala de Professores.

Antes da realização do teste do hidrômetro H1, inspecionou-se um reservatório enterrado e desativado, indicado no Bloco 1 da Planta de Locação, no ANEXO V. Nesse local foi detectado um vazamento não-visível que estava gerando um grande volume de perda de água devido a uma conexão de PVC quebrada – joelho 90° x 32mm. O volume de água perdido proveniente desse vazamento não foi estimado, pois a sua detecção ocorreu antes da realização do teste do hidrômetro H1. Como a perda era muito grande deu-se prioridade à correção imediata da tubulação no dia 29/10/97

Após a realização de todos os trabalhos de detecção e eliminação de vazamentos no sistema hidráulico externo relativo ao hidrômetro H1 foi realizado o teste do hidrômetro no dia 12/11/97, para verificar se ainda havia algum vazamento naquele alimentador predial, conforme descrito a seguir.

Teste expedito – teste do hidrômetro H1

Para a realização desse teste, foram fechadas as torneiras de bóia dos reservatórios R1, R4, R5 e R6, bem como as torneiras ligadas diretamente à rede pública de água. Os reservatórios R2 e R3 são alimentados pelo reservatório R1, daí não haver necessidade de fechar as suas entradas de água. O teste foi realizado das 10h e 17min às 10h e 50min, não sendo detectado nenhum vazamento.

Teste expedito – teste do hidrômetro H2

Com relação hidrômetro H2, realizou-se o teste de vazamento no dia 12/11/97 para verificar as condições do alimentador predial relativo aos reservatórios R7, R8 e R9 e, ainda, ao sistema de irrigação do jardim.

O teste foi realizado após o fechamento das torneiras de bóia dos reservatórios R7, R8 e R9 e, também, das torneiras de jardim, mantendo-se o registro do cavalete aberto. As leituras no hidrômetro foram feitas com intervalos de 5 minutos. Foi detectado um vazamento no alimentador predial do hidrômetro H2, conforme os resultados apresentados na tabela 6.21.

Tabela 6.21 - Resultados do primeiro teste de vazamento no hidrômetro H2 da E.E.P.S.G. Fernão Dias Paes.

Horário (h)	Leitura (m ³)	Volume (m ³)	Vazão de vazamento (ℓ/s)	Ocorrência
11:20	97,101	---	---	Fechamento dos pontos de utilização
11:25	97,129	0,028	0,09	Vazamento
11:30	97,156	0,027	0,09	
11:35	97,184	0,028	0,09	
11:40	97,218	0,034	0,11	
11:45	97,249	0,031	0,10	
11:50	97,287	0,038	0,13	
11:55	97,328	0,041	0,14	
12:00	97,369	0,041	0,14	

A vazão média de vazamento verificada foi de, aproximadamente, 0,11 ℓ/s e era devido a vazamento da tubulação enterrada que alimenta as torneiras de jardim. Esse vazamento corresponde, aproximadamente, a 9504 litros de perda diária ou a 285 m³ de perda mensal de água.

Após a realização desse teste foi substituída parte da rede enterrada, executada em aço galvanizado e que se encontrava em péssimas condições. Foi, também, eliminado um ramal que se dirigia no sentido do passeio público, uma vez que a escola não possui nenhum ponto de utilização naquelas proximidades.

Para realizar novamente o teste do hidrômetro H2, instalou-se um registro de gaveta com o objetivo de controlar a alimentação de água para o jardim. Dessa forma, o fechamento desse registro permite a verificação dos trechos que alimentam os reservatórios R7, R8 e R9, independentemente do trecho que alimenta o sistema de irrigação do jardim. Esse teste foi realizado no dia 24/11/97, cujos resultados estão apresentados na tabela 6.22.

Tabela 6.22 - Resultados do segundo teste de vazamento no hidrômetro H2 da E.E.P.S.G. Fernão Dias Paes.

Horário (h)	Leitura (m ³)	Volume (m ³)	Vazão de vazamento (ℓ/s)	Ocorrência
9:35	201,472	---	---	Vazão média do sistema: 0,007 ℓ/s
9:40	201,474	0,002	0,007	
9:45	201,475	0,002	0,003	
9:50	201,478	0,003	0,010	
9:55	201,479	0,001	0,003	Fechamento das torneiras de bóia dos reservatórios.
10:00	201,481	0,002	0,007	
10:05	201,483	0,001	0,003	
10:10	201,484	0,001	0,003	Vazamento do sistema. Fechamento do registro de gaveta do jardim
10:15	201,486	0,002	0,007	
10:20	201,486	0,000	0,000	Não há vazamento no sistema.
10:25	201,486	0,000	0,000	
10:30	201,487	0,001	0,003	Início das aberturas do registro de gaveta do jardim e das torneiras de bóia dos reservatórios.
10:35	201,489	0,002	0,007	
10:40	201,498	0,009	0,030	
10:45	201,509	0,011	0,040	
10:50	201,512	0,003	0,010	
10:55	201,514	0,002	0,007	

Observa-se que após o fechamento do registro de gaveta que alimenta o sistema de irrigação do jardim não houve passagem de água. Dessa forma, concluiu-se que o trecho que alimentava os reservatórios não apresentava vazamento, porém o trecho do sistema de irrigação apresentava uma vazão média de vazamento de 0,005 ℓ/s, representando uma perda diária de 432 litros ou mensal de, aproximadamente, 13 m³ de água.

Então o sistema de irrigação foi vistoriado e não foi detectado nenhum vazamento visível. Assim, foram realizado e teste da correlação de ruídos para localizar o vazamento no sistema de irrigação do jardim, o qual fora detectado pelo teste do hidrômetro. A realização desse teste especial foi possível porque a pressão hidráulica no sistema é superior a 103 KPa, conforme apresentado na figura 6.46.

Teste da correlação de ruídos

Com o objetivo de determinar o local do vazamento no sistema de irrigação foi realizada uma pesquisa de vazamento utilizando-se um correlacionador de ruídos LC-2100. As figuras 6.47 e 6.48 ilustram a instalação dos sensores e pré-amplificadores azul e vermelho nos dois pontos extremos do trecho pesquisado e a figura 6.49 ilustra a utilização do correlacionador de ruídos para a determinação da seção com vazamento.



Figura 6.47 – Instalação do pré-amplificador azul e sensor sobre o trecho de tubo de PVC soldável.



Figura 6.48 – Instalação do pré-amplificador vermelho e sensor sobre o registro de gaveta do trecho pesquisado.

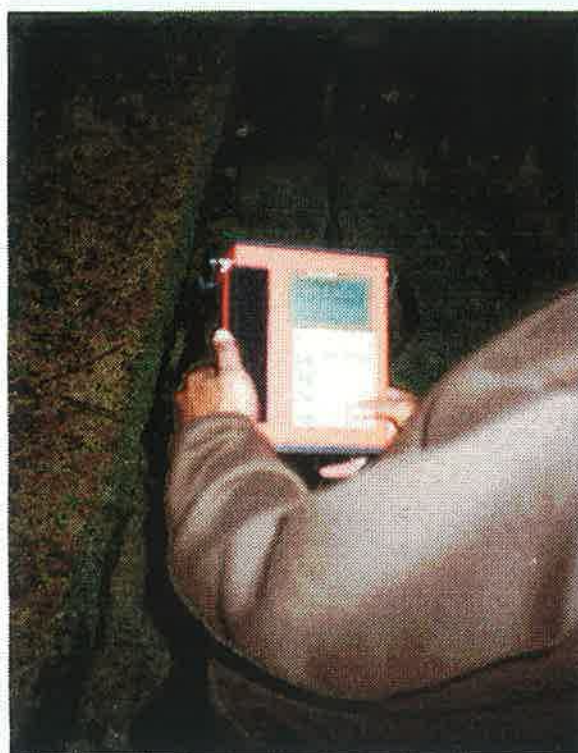


Figura 6.49 – Correlacionador de ruídos utilizado na detecção de vazamentos.

Várias correlações foram realizadas e nenhum vazamento foi detectado, pois a vazão era muito pequena, conforme resultados do teste do hidrômetro H2, apresentados na tabela

Continuação

ANO	MÊS	DIA	HORA	DIREÇÃO VENTO (°)	VELOC. VENTO (m/s)	TEMP (K)	CLAS ESTAB	ALT. MIST. RURAL	ALT. MIST. URBAN
97	01	01	04	323,000	2,575	293,1	6	162,8	547,7
97	01	01	05	343,000	2,575	292,0	6	161,8	548,2
97	01	01	06	342,000	2,575	292,0	5	161,8	548,2
97	01	01	07	345,000	3,090	292,6	4	814,6	1050,7
97	01	01	08	323,000	2,575	294,3	3	838,4	993,7
97	01	01	09	317,000	2,575	295,9	2	960,2	1087,1
97	01	01	10	311,000	2,575	297,0	2	1087,3	1182,9
97	01	01	11	324,000	3,605	298,1	2	1389,9	1535,2
97	01	01	12	316,000	5,150	299,3	3	1770,9	1794,1
97	01	01	13	343,000	6,180	298,7	3	1664,6	2117,9
97	01	01	14	349,000	5,665	299,3	3	2029,9	1955,3
97	01	01	15	342,000	6,180	299,3	4	1657,7	2112,4
97	01	01	16	334,000	7,725	298,1	4	2018,6	2600,4
97	01	01	17	1,000	8,240	297,0	4	2134,1	2760,5
97	01	01	18	357,000	7,725	295,9	4	1993,9	2583,2
97	01	01	19	354,000	6,180	295,4	4	1591,4	2065,9
97	01	01	20	327,000	5,665	294,3	4	2142,4	2323,1
97	01	01	21	320,000	5,665	293,1	4	1391,3	1832,2
97	01	01	22	342,000	5,665	293,7	4	1391,4	1832,2
97	01	01	23	320,000	5,665	293,1	4	1391,3	1832,2
97	01	01	24	340,000	5,150	292,0	4	1254,9	1655,8

3.2.1.4. Relevo

Segundo a (USEPA, 40 CFR, 1999), o terreno é considerado plano, quando as elevações do mesmo são todas menores que o topo da chaminé da fonte em questão. Da mesma forma, considera-se terreno complexo/relevo, quando estas elevações excedem a altura do topo da chaminé.

Desta forma considerando que a chaminé está localizada numa cota de 724m, a sua altura é de 80m; e que na área de influência encontram-se pontos com cotas superiores a 850m, a modelagem do Estudo de Caso foi efetuada considerando-se terreno complexo/relevo.

6.22. Então, para verificar se era problema do equipamento ou de ordem de grandeza da vazão de vazamento, realizou-se nova pesquisa abrindo-se o registro de gaveta do ramal do sistema de irrigação do jardim e, portanto, simulando-se um vazamento maior. As correlações foram realizadas e o vazamento foi detectado, conforme ilustra o gráfico da figura 6.50, obtido da impressora que acompanha o equipamento.

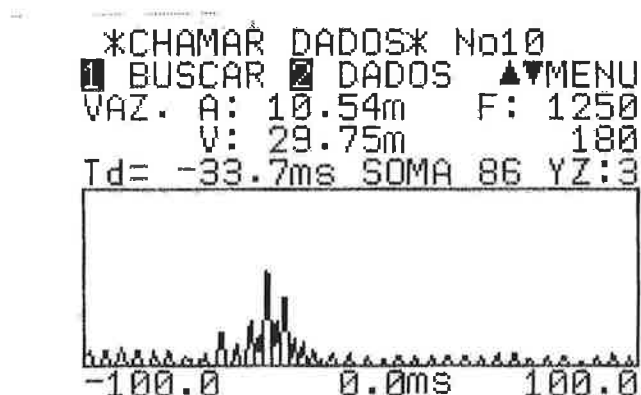


Figura 6.50 - Curva de correlação com indicação de vazamento no trecho pesquisado do sistema de irrigação.

A curva de correlação da figura 6.50 mostra que o vazamento está à distância de 10,54m do pré-amplificador azul (A) e a 29,75 m do pré-amplificador vermelho (V). Após esse resultado, o sistema de irrigação foi novamente inspecionado sendo então, detectados pequenos vazamentos em dois bicos de aspersão e em um registro de gaveta de um dos setores do sistema.

f. Sistema hidráulico interno

O levantamento do sistema hidráulico interno foi realizado através da inspeção de todos os pontos de utilização de água, quando foram verificados o tipo, características e condições de funcionamento de cada um deles.

Nesse levantamento foram também observados pontos de infiltração em paredes, tetos e pisos e, ainda, questionadas as pessoas do local sobre eventuais pontos de vazamentos, difíceis de serem localizados numa rápida inspeção. Os resultados desse levantamento mostraram as condições do sistema hidráulico interno, principalmente relativas aos pontos de utilização, o que possibilitou a implementação de ações específicas para a redução do consumo de água.

f1. Detecção de vazamento visíveis no sistema hidráulico interno

A referida escola apresentava à época do levantamento, 127 pontos de utilização, dos quais 2 não estão sendo utilizados e 19 estavam conectados ao sistema hidráulico externo. Dos 106 pontos restantes, 3 apresentavam vazamento, sendo 2 torneiras e 1 válvula de descarga.

Os vazamentos visíveis no sistema hidráulico interno da E.E.P.S.G. Fernão Dias Paes eram mínimos, tanto em número de pontos quanto em volume de perda de água. Foi verificado somente gotejamento lento nas torneiras. Ressaltam-se que as torneiras dos lavatórios coletivos dos sanitários e vestiários e as torneiras das cubas dos laboratórios estão computadas como torneiras de pia.

Considerando-se que há 2 torneiras e 1 válvula de descarga com vazamento, estima-se uma perda de 201 ℓ /dia, sendo 12 ℓ /dia proveniente das torneiras, conforme estimativa realizada com a utilização da tabela 5.2 e 189 ℓ /dia da válvula de descarga. A figura 6.51 ilustra a quantidade de vazamento nos principais componentes de utilização do sistema hidráulico interno.

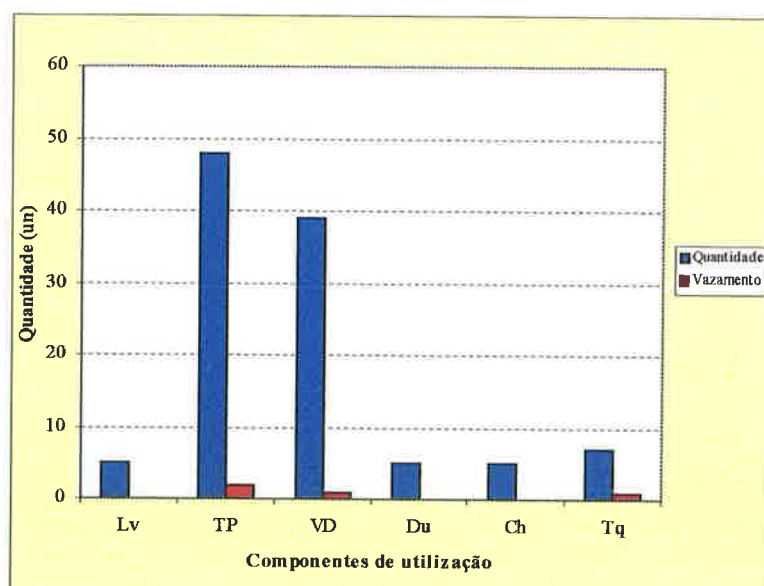


Figura 6.51 - Principais componentes de utilização com vazamento na E.E.P.S.G. Fernão Dias Paes.

Observando-se a figura 6.51 conclui-se que o sistema hidráulico interno apresenta índice de vazamento mínimo. A maior parte dos componentes de utilização estão apresentados a seguir.

Os sanitários e os vestiários

Os sanitários de professores e funcionários e a casa da zeladora dispõem de lavatórios convencionais, porém os sanitários e os vestiários de alunos dispõem de lavatórios coletivos com torneiras de parede, similares às de pia.

As torneiras de lavatórios convencionais são 6, sendo que nenhuma dispunha, na ocasião do levantamento, de arejador e nem apresentavam vazamento. O número total de torneiras de lavatórios coletivos são 48 e nenhuma era dotada de arejador e nem apresentava vazamento.

Todas as bacias sanitárias, um total de 39 unidades, são com válvula de descarga. Neste conjunto foi detectada somente 1 com vazamento.

As duchas existentes estão nos vestiários do ginásio de esportes, mas não são utilizadas, pois estes vestiários estão desativados. O número total de chuveiros é de 5 unidades, porém 2 estão desativados e, dos 3 restantes nenhum apresentava vazamento.

Os laboratórios

O Laboratório de Biologia possui somente 1 torneira e o Laboratório de Química possui 4 unidades. Nenhuma delas dispunha de arejador ou apresentava vazamento.

A cozinha e a cantina

As torneiras desses ambientes não dispunham de arejadores e são em número de 8 unidades, sendo 4 unidades na cozinha. Uma das torneiras da cozinha apresentava vazamento. Um dos tanques está na cozinha e a sua torneira estava com vazamento.

A cantina apresenta 3 torneiras de pia e 1 torneira de limpeza e, também, possui 1 máquina de refrigerante, portanto 1 ponto de água para a alimentação deste equipamento.

A escola não serve refeições convencionais, somente três lanches, sendo um pela manhã – 9h e 30 min, outro a tarde – 15h e 30 min e outro à noite. O número total de usuários que são servidos é de, aproximadamente, 50 alunos. Avaliando-se o consumo de água

na cozinha dessa escola, pode-se dizer que o consumo desse setor não é representativo no consumo total de água do sistema.

f2. Detecção de vazamento não-visível no sistema hidráulico interno

Não foi detectado nenhum vazamento não-visível no sistema hidráulico interno.

g. Procedimentos dos usuários

Foram observados os seguintes procedimentos que influenciam o aumento do consumo de água:

- procedimentos de irrigação do jardim inadequados, pois o jardineiro deixa a mangueira ligada em um mesmo local enquanto realiza outra atividade;
- torneira de lavatórios mal fechadas;
- caixas sifonadas com papéis, pontas de cigarro, etc;
- bacias sanitárias utilizadas como lixeiras.

Os dois últimos procedimentos podem causar entupimento nos ramais e, em geral, um acréscimo no consumo de água para a desobstrução.

6.2.2 Diagnóstico

Os dados obtidos através do levantamento revelam que o sistema hidráulico externo está em condição muito mais desfavorável que o sistema hidráulico interno, mesmo

desconsiderando a perda de água proveniente do alimentador predial do H1, que não foi possível estimar.

Comparando-se o valor do desperdício diário estimado – 69,5 ℓ/aluno/dia, cerca de dez vezes o valor da perda diária total levantada no sistema, conclui-se que o sistema está perdendo um volume altíssimo de água, sendo que tudo indica ser devido às condições da tubulação do sistema hidráulico externo.

Após o processamento dos dados levantados foi elaborado o seguinte diagnóstico do consumo de água na escola, conforme descrito a seguir.

a. Consumo diário de água no período histórico – 135 m³

b. Número de agentes consumidores – 2445 alunos

c. Valor do indicador de consumo no período histórico

- ICh: 81,1 ℓ/aluno/dia

d. Desperdício diário estimado

- DDe = 69,5 ℓ/aluno/dia

e. Índice de desperdício diário estimado

- IDe = 85,6%

f. Perda por vazamento visível

Considerando-se que a perda por vazamento visível no sistema hidráulico externo foi de 1728 ℓ/dia e no sistema hidráulico interno de 201 ℓ/dia, perfazendo um total de aproximadamente 1929 ℓ /dia, pode-se calcular o índice de perda por vazamento visível no sistema utilizando-se o valor de consumo médio diário do período histórico - 135000 litros.

- **Perda diária por vazamento visível**

- $P_{VV} = 1929 \text{ ℓ/dia}$

- **Índice de perda por vazamento visível**

$$IP_v = \frac{(1728 + 201)}{135000} \times 100$$

$$IP_v = 1,4\%$$

- **Índice de vazamento visível - IVv**

Conforme os resultados do levantamento foram detectados somente 3 componentes de utilização com vazamento no sistema com 125 componentes de utilização em funcionamento. Aplicando-se os dados obtidos na equação 5.19, tem-se:

$$IV_v = \frac{3}{125} \times 100$$

$$IV_v = 2,4\%$$

O índice de vazamento visível indica que as condições de funcionamento das peças de utilização do sistema hidráulico estão relativamente boas, porém há um volume considerável de perda de água devido a vazamentos visíveis, ou seja, aproximadamente, 1929 ℓ/dia.

g. Perda por vazamento não-visível

Conforme apresentado, o maior volume de perda de água dessa escola deve-se aos vazamentos detectados no sistema hidráulico externo. Um grande volume de perda, relativo ao hidrômetro H1, não foi estimado porque o vazamento fora detectado antes da realização do teste do hidrômetro. No entanto, o teste do hidrômetro H2 indicou uma perda aproximada de 9504 litros diários em um trecho e de 432 litros diários em outro trecho, um total aproximado de 9936 ℓ/dia. Dessa forma, pode-se estimar o índice de perda por vazamento não-visível e a perda diária por vazamento não-visível.

- **Perda diária por vazamento não-visível**

- $PV_{nv} = 9936 \text{ ℓ/dia}$

- **Índice de perda por vazamento não-visível – IP_{vn}**

$$IP_{vn} = \frac{(9504 + 432)}{135000} \times 100$$

$$IP_{vn} = 7,4\%$$

- **Índice de vazamento não-visível – IV_{nv}**

Não foi detectado vazamento não-visível nas bacias sanitárias da escola.

h. Perda diária total do sistema

É a soma das perdas diárias por vazamentos visíveis e não-visíveis, ou seja, 2102 ℓ /dia de vazamentos visíveis e 9936 ℓ /dia de vazamentos não-visíveis, num total de, aproximadamente, 12 m³ diários ou 6,7 ℓ /aluno/dia.

i. Procedimentos dos usuários

Os procedimentos relacionados ao consumo de água e realizados de forma inadequada foram verificados, principalmente nos sanitários e, dentre eles, citam-se:

- mal fechamento de torneiras;
- utilização de bacias sanitárias e de caixas sifonadas como lixeira.

Ressalta-se ainda a utilização de procedimentos inadequados na irrigação do jardim.

6.2.3 Plano de intervenção

Com base no diagnóstico elabora-se o seguinte plano de intervenção:

- **1ª ação: correção de vazamentos**
 - correção de vazamentos dos sistemas hidráulicos externo e interno.

- **2ª ação: substituição de componentes convencionais por economizadores**
 - substituição de torneiras convencionais por torneiras hidromecânicas ORIENTE nos seguintes locais: sanitários de alunos e de professores, sala de professores e sala do departamento de pessoal – 31 unidades.

O plano de intervenção não propôs a substituição das bacias sanitárias com válvula de descarga devido à necessidade de grande intervenção no sistema como, por exemplo, a quebra de revestimento em azulejo. A alternativa recomendada para a substituição de bacias sanitárias nessa tipologia de edifício são as válvulas de descarga de volume fixo, ou seja, com volume de descarga previamente definido. As bacias sanitárias com caixa de descarga, em geral, ainda são muito frágeis para uso público.

6.2.3.1 Correção de vazamentos

Conforme apresentado no item 6.2.1.5.e3, alguns vazamentos no sistema hidráulico externo eram tão expressivos que as suas correções foram realizadas concomitantemente ao levantamento, evitando-se o grande desperdício de água.

Segundo o diagnóstico, o sistema hidráulico interno ele apresentava-se em boas condições, com 2,4% dos componentes de utilização com vazamento. A manutenção desses componentes ocorreu no dia 05/12/97.

Após a correção dos vazamentos dos sistemas hidráulicos externos e internos fez-se uma verificação do impacto de redução da primeira ação do plano de intervenção.

a. Sistema hidráulico externo

Hidrômetro H1

O vazamento de água mais expressivo foi detectado no hidrômetro H1 e, conforme foi relatado no item 6.2.1.5.e4, a eliminação desse vazamento ocorreu no dia 29/10/97. Conforme a planilha de leituras do referido hidrômetro no mês de outubro, verifica-se que a vazão média de água até o dia 29/10 era de 1,34 ℓ/s e, que após a correção do alimentador predial relativo ao hidrômetro H1, a vazão média passou para 0,19 ℓ/s , ou seja, uma redução de 86%. O mês de novembro, que apresenta uma vazão média de 0,10 ℓ/s , com a presença de oscilações em função da solicitação do sistema. A figura 6.52 ilustra as vazões médias diárias para os meses de outubro e novembro/97.

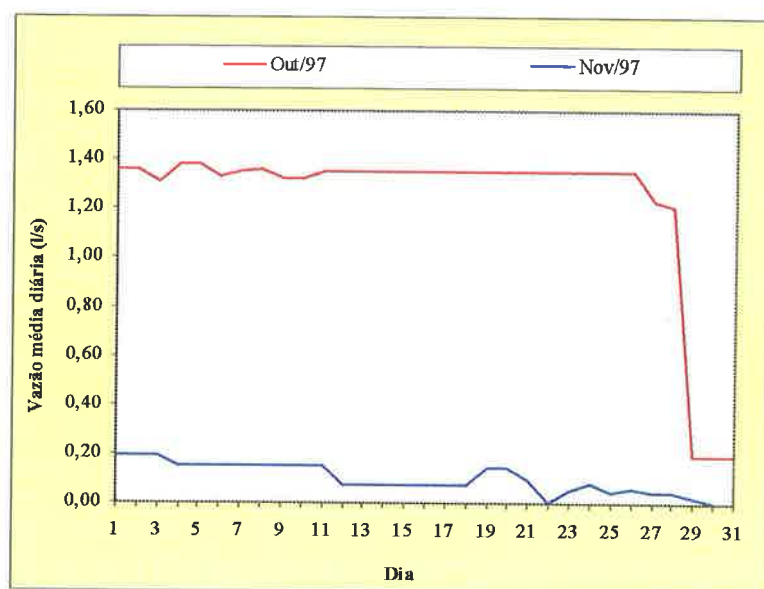


Figura 6.52 - Variação da vazão média diária no hidrômetro H1 da E.E.P.S.G. Fernão Dias Paes nos meses de outubro/97 e novembro/97.

Observa-se pela figura 6.52 que somente após a correção dos vazamentos não-visível no sistema hidráulico externo, relativo ao hidrômetro H1, no dia 29/10/97, é que sistema

apresenta um grande impacto de redução. O comportamento do sistema no mês de novembro mostra pequenas reduções até o dia 12/11, data da conclusão da correção de vazamentos e, após esta data, oscilações normais.

Hidrômetro H2

A conclusão dos trabalhos de detecção e correção de vazamentos da rede externa relativa ao hidrômetro H2 ocorreu no dia 19/11/97. Observa-se, então, que a vazão média de água apresenta uma redução de, aproximadamente 87%, conforme ilustra a figura 6.53.

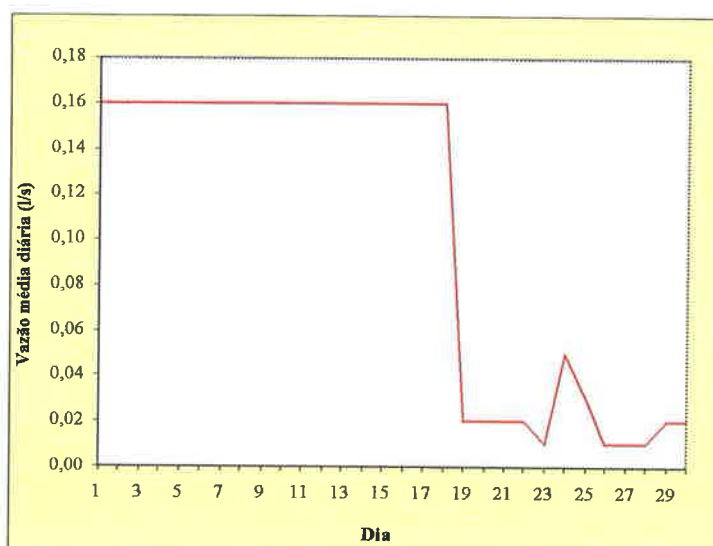


Figura 6.53 - Variação da vazão média diária no hidrômetro H2 da E.E.P.S.G. Fernão Dias Paes no mês de novembro/97.

b. Sistema hidráulico interno

Conforme o diagnóstico, os vazamentos nesse sistema eram mínimos e, por isso, a sua correção não proporcionou um impacto de redução significativo.

c. Avaliação do impacto de redução do consumo de água após a correção de vazamentos

Após a correção dos vazamentos dos sistemas hidráulicos externo e interno o indicador de consumo reduziu de 81,1 ℓ /aluno/dia para 4,5 ℓ /aluno/dia, aproximadamente 94%. Na obtenção desses valores médios não foram considerados os meses de dezembro/97 e 98 e janeiro/97 e 98, porque o número de agentes consumidores no mês de dezembro é função do número de alunos em recuperação e janeiro é o mês de férias dos alunos. Essa medida foi tomada visando uma comparação de meses com as mesmas características. A tabela 6.23 e a figura 6.54 mostram os valores de consumos mensais e diários no período de agosto/96 a março/98.

Tabela 6.23 - Consumo mensal e consumo médio diário de água na E.E.P.S.G. Fernão Dias Paes no período de agosto/96 a março/98.

Mês	Consumo mensal (m^3)			Consumo médio diário (m^3)		
	1996	1997	1998	1996	1997	1998
jan.	---	4232	120	---	137	4
fev.	---	4232	176	---	151	6
mar.	---	4130	232 (*)	---	133	7 (*)
abr.	---	4130	---	---	138	---
maio	---	4501	---	---	145	---
jun.	---	3987	---	---	133	---
jul.	---	3922	---	---	127	---
ago.	3869	4130	---	125	133	---
set.	3764	3928	---	125	131	---
out.	4315	3842	---	139	124	---
nov.	4130	519	---	138	17	---
dez.	4510	135	---	145	4	---
Total	20588	41688	528	672	1373	17
Média	4118	3474	176	134	114	6

(*) Valor obtido do consumo de água no período anterior à instalação das torneiras hidromecânicas, 01/03/98 a 12/03/98.

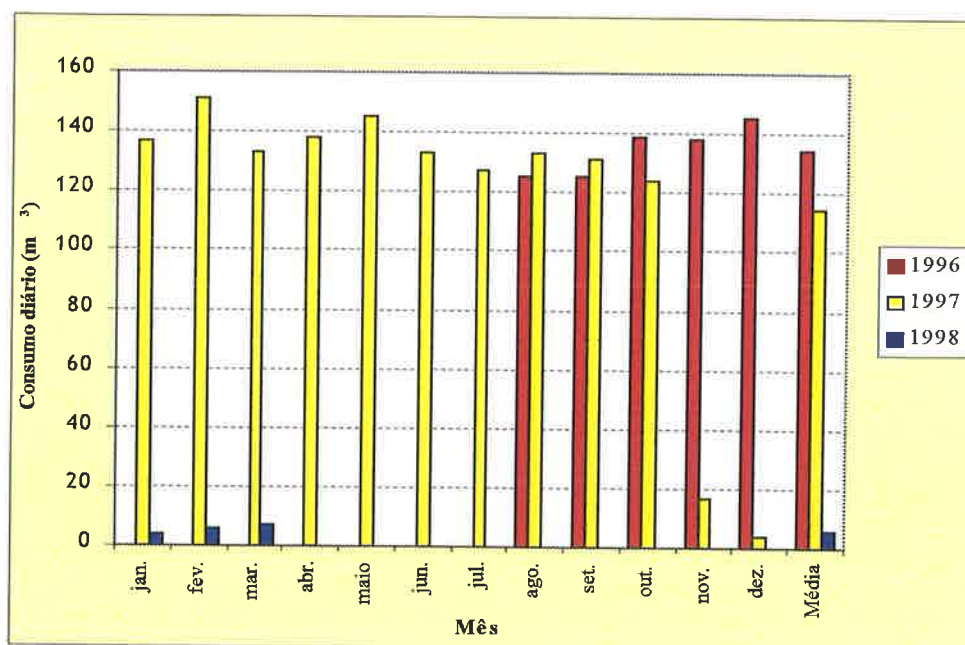


Figura 6.54 - Consumo médio diário de água na E.E.P.S.G. Fernão Dias Paes no período de agosto/96 a março/98.

Observa-se pela tabela 6.23 e figura 6.54 que após a correção dos vazamentos, janeiro a março/98, os valores de consumos já são influenciados pela presença de agentes consumidores no sistema. Verifica-se um aumento crescente do consumo de água a partir do mês de janeiro/98, o que não ocorreu no período histórico.

Ressalta-se, também, que o consumo médio mensal obtido considerando-se somente o mês de março – 232 m³ é de aproximadamente 37% do consumo mensal estimado – 625,2 m³, apresentado no diagnóstico preliminar. Esse fato significa que a reação desse sistema à detecção de vazamento foi muito maior do que a estimada. A tabela 6.24 e a figura 6.55 mostram os valores dos indicadores de consumo no período de agosto/96 a março/98.

Tabela 6.24 – Consumo diário de água por aluno na E.E.P.S.G. Fernão Dias Paes no período de agosto/96 a março/98.

Mês	Consumo médio diário (ℓ/aluno/dia)		
	1996	1997	1998
jan.	---	---	---
fev.	---	115,4	4,8
mar.	---	76,8	4,3
abr.	---	76,8	---
maio	---	83,7	---
jun.	---	74,1	---
jul.	---	106,9	---
ago.	71,9	76,8	---
set.	70,0	73,0	---
out.	80,2	71,4	---
nov.	76,8	9,6	---
dez.	123,0	3,7	---
Média	84,4	69,8	4,5

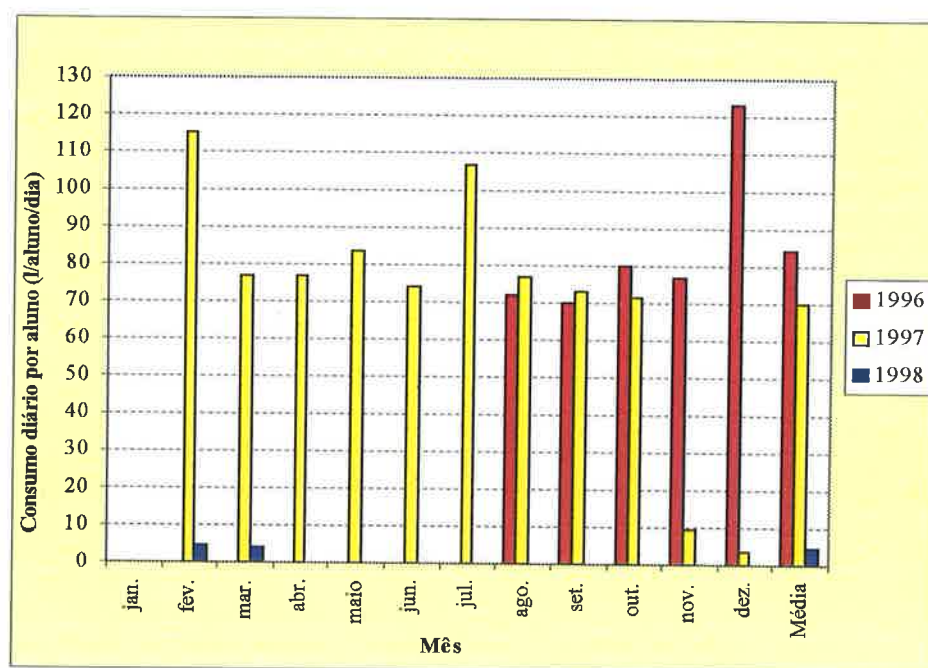


Figura 6.55 - Consumo diário de água por aluno na E.E.P.S.G. Fernão Dias Paes no período de agosto/96 a março/98.

Observa-se pela tabela 6.24 e figura 6.55 que a perda real de água no sistema era de 76,6 ℓ/aluno/dia, aproximadamente 10% superior ao valor estimado no diagnóstico

preliminar – 69,5 ℓ /aluno/dia. Ressalta-se, também, a importância da detecção e correção de vazamentos para a economia de água em um sistema.

O volume mensal de água reduzido é calculado em função dos valores médios dos indicadores de consumo do período histórico e após a correção dos vazamentos, fevereiro/98 e março/98, conforme segue:

- consumo diário de água por aluno no período histórico 81,1 ℓ /aluno/dia
- consumo diário de água por aluno após a correção dos vazamentos .. 4,5 ℓ /aluno/dia
- economia de consumo diário de água por aluno 76,6 ℓ /aluno/dia

Estimando-se os valores de consumos mensais a partir desses indicadores de consumo e para um período de 22 dias, tem-se:

- consumo médio mensal no período histórico 4362 m^3
- consumo médio mensal após a correção dos vazamentos 242 m^3
- economia mensal de água 4120 m^3

d. Avaliação econômica da correção dos vazamentos – *Payback* atualizado

Calculando-se o custo do consumo mensal de água e de coleta de esgoto sanitário utilizando-se as tarifas da Sabesp, em vigor a partir de 4/7/98, para a classe pública de consumo sem contrato, obtém-se o seguinte valor de economia mensal:

- custo de 4362 m^3 de água R\$ 39.474,64
- custo de 242 m^3 de água R\$ 2.065,04
- economia mensal R\$ 37.409,60

Os materiais e os componentes, com seus respectivos custos, inclusive a mão-de-obra, utilizados na correção de vazamentos dos sistemas hidráulicos externo e interno apresentaram o custo, correspondente ao mês de janeiro/99, de R\$ 2.645,95.

Dessa forma, têm-se os seguintes valores:

- custo da correção dos vazamentos (material e mão-de-obra) R\$ 2.645,95
- economia mensal de água R\$ 37.409,60

Efetua-se o cálculo dos fluxos atualizados, através da equação 5.29:

$$AF = \frac{B}{(1+r)^t}$$

onde:

AF, B, r e t definidos no item 5.3.3.1.

Então, considerando-se uma taxa de desconto mensal $r = 6\%$, o valor do fluxo benefício $B = R\$ 37.409,60$ e t variando mensalmente, obtém-se o seguinte resultado:

- Para $t = 1$ mês

$$AF = \frac{37.409,60}{(1+0,06)^1} \Rightarrow AF = 35.292,07 \text{ ou seja, o } \textit{payback} \text{ atualizado é obtido no}$$

primeiro mês, ou seja, em 3 dias.

6.2.3.2 Substituição de componentes convencionais por economizadores

Foram substituídas 31 torneiras convencionais por hidromecânicas nos seguintes locais: sanitários de alunos, sanitários de professores, sala de professores e sala do departamento de pessoal. Essa ação ocorreu nos dias 12 e 13 de março/98, tendo as torneiras sido revisadas no dia 30/3/98.

Além dessas torneiras foram, também, instalados 2 mictórios individuais com válvula de descarga hidromecânica DOCOL no sanitário masculino do pavimento inferior dia 4/5/98. Apesar da não existência de mictório na escola, durante o levantamento, estes aparelhos contribuíram para a redução do consumo de água, pois substituíram o volume de descarga da bacia sanitária, cerca de 12 ℓ/descarga, por um volume de descarga de, aproximadamente, 1,5 ℓ/descarga.

a. Avaliação do impacto de redução do consumo de água após a substituição de torneiras convencionais por economizadores

Após a instalação das torneiras hidromecânicas, abril/98 e maio/98, ocorreu um vazamento no sistema de irrigação do jardim. Por esta razão o consumo de água, neste período, foi corrigido para que a avaliação pudesse ser realizada. Esta correção foi facilitada devido à monitoração do sistema através de leituras diárias dos hidrômetros. As tabelas 6.25 e 6.26 e as figuras 6.56 e 6.57 apresentam os valores de consumo mensal, médio diário e de consumo diário por aluno no período de agosto/96 a outubro/98.

Tabela 6.25 - Consumo mensal e consumo médio diário de água na E.E.P.S.G. Fernão Dias Paes no período de agosto/96 a outubro/98.

Mês	Consumo mensal (m ³)			Consumo médio diário (m ³)		
	1996	1997	1998	1996	1997	1998
jan.	---	4232	120	---	137	4
fev.	---	4232	176	---	151	6
mar.	---	4130	232	---	133	7
abr.	---	4130	222 (1)	---	138	7 (1)
maio	---	4501	242 (1)	---	145	8 (1)
jun.	---	3987	176	---	133	6
jul.	---	3922	127	---	127	4
ago.	3869	4130	242	125	133	8
set.	3764	3928	254 (2)	125	131	8 (2)
out.	4315	3842	232	139	124	7
nov.	4130	519	---	138	17	---
dez.	4510	135	---	145	4	---
Total	20588	41688	2023	672	1373	65
Média	4118	3474	202	134	114	7

(1) Valores corrigidos devido a vazamento no sistema de irrigação.

(2) Valor corrigido devido a vazamento em válvulas de descarga do sanitário de professores.

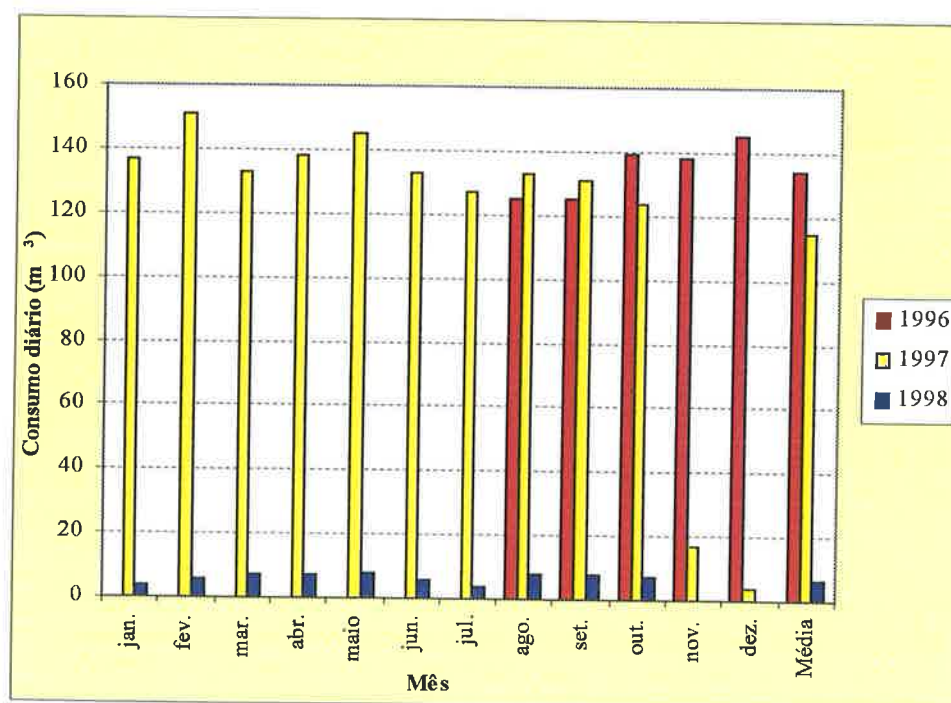


Figura 6.56 - Consumo médio diário de água na E.E.P.S.G. Fernão Dias Paes no período de agosto/96 a outubro/98.

Tabela 6.26 – Consumo diário de água por aluno da E.E.P.S.G. Fernão Dias Paes no período de agosto/96 a outubro/98.

Mês	Consumo médio diário (ℓ/aluno/dia)		
	1996	1997	1998
jan.	---	---	---
fev.	---	115,4	4,8
mar.	---	76,8	4,3
abr.	---	76,8	4,1
maio	---	83,7	4,5
jun.	---	74,1	3,3
jul.	---	106,9	3,5
ago.	71,9	76,8	4,5
set.	70,0	73,0	4,7
out.	80,2	71,4	4,3
nov.	76,8	9,6	---
dez.	123,0	3,7	---
Média	84,4	69,8	4,2

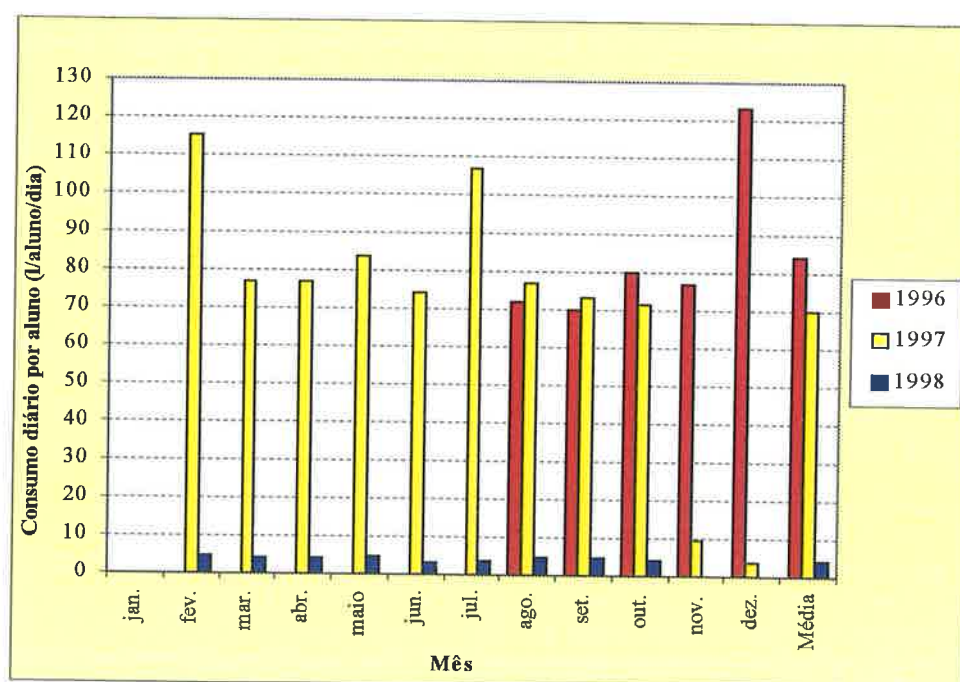


Figura 6.57 - Consumo diário de água por aluno na E.E.P.S.G. Fernão Dias Paes no período de agosto/96 a outubro/98.

Observa-se pela tabela 6.26 e pela figura 6.57 que o impacto de redução de consumo obtido devido à substituição de componentes convencionais por economizadores foi de

aproximadamente 8,9%, ou seja, reduziu de 4,5 ℓ/aluno/dia, no período de fevereiro/98 e março/98 para 4,1 ℓ/aluno/dia, no período de abril/98 a outubro/98.

Aparentemente, a redução de consumo obtida é mínima, no entanto foram substituídos, aproximadamente, 24% do número total de componentes de utilização. Ressalta-se ainda que um dos componentes que possibilita maior impacto de redução em um sistema, bacia sanitária, não foi substituído.

O volume mensal de água reduzido é calculado em função dos valores médios dos indicadores de consumo após a correção dos vazamentos e a substituição dos componentes economizadores de água, conforme segue:

- consumo diário de água por aluno após a correção de vazamentos 4,5 ℓ/aluno/dia
- consumo diário de água por aluno após a substituição de
componentes convencionais por economizadores de água 4,1 ℓ/aluno/dia
- economia de consumo diário de água por aluno 0,4 ℓ/aluno/dia

Estimando-se estes valores para consumos mensais tem-se:

- consumo médio mensal após a correção de vazamentos 242 m³
- consumo médio mensal de água após a substituição de componentes
convencionais por economizadores de água 220 m³
- economia mensal de água 22 m³

b. Avaliação econômica da substituição de componentes convencionais por economizadores de água

Calculando-se o custo do consumo mensal de água e de coleta de esgoto sanitário utilizando-se as tarifas da Sabesp, em vigor a partir de 4/7/98, para a classe pública de consumo sem contrato, obtém-se o seguinte valor de economia mensal:

- custo de 242 m³ de água R\$ 2.065,04
- custo de 220 m³ de água R\$ 1865,28
- economia mensal R\$ 199,76

As torneiras e as válvulas de descarga dos mictórios, inclusive da mão-de-obra para a instalação, apresentaram o custo de R\$ 1.938,58, valor correspondente aos preços de mercado do mês de janeiro/99.

Efetua-se o cálculo dos fluxos atualizados, através da equação 5.29:

$$AF = \frac{B}{(1+r)^t}$$

onde:

AF, B, r e t definidos no item 5.3.3.1.

Então, considerando-se uma taxa de desconto mensal $r = 6\%$, o valor do fluxo benefício, $B = R\$ 199,76$ e t variando mensalmente, obtêm-se os resultados apresentados na tabela 6.27.

Tabela 6.27 – *Payback* atualizado da substituição de componentes convencionais por economizadores na E.E.P.S.G. Fernão Dias Paes.

Período (mês)	Valor Total da Ação - VT (material + mão-de-obra) (R\$)	Fluxos de Benefícios Atualizados – AF (R\$)	VT – AF (R\$)
0	- 1.938,51	---	---
1		+ 188,45	- 1.750,06
2		+ 177,78	-1.572,28
3		+ 167,72	-1.404,56
4		+ 158,23	-1.246,33
5		+ 149,27	-1.097,06
6		+ 140,82	- 956,78
7		+ 132,85	- 823,93
8		+ 125,33	- 698,60
9		+ 118,23	- 580,37
10		+ 111,54	- 468,83
11		+ 105,23	- 363,60
12		+ 99,27	- 264,33
13		+ 93,65	- 170,68
14		+ 88,35	- 82,33
15		+ 83,35	+ 1,02

Observa-se, pela tabela 6.27, que o custo para a implementação dessa ação foi pago em aproximadamente 15 meses.

6.2.4 Avaliação geral do PURA EE

Os resultados obtidos mostram a importância da detecção e correção de vazamentos, atividade realizada em um processo normal de manutenção e que pode ser aprimorada pela monitoração do consumo de água, através de leituras sistemáticas no hidrômetro, como por exemplo, semanalmente.

A figura 6.58 ilustra o consumo diário de água por aluno durante todo o período de implantação do PURA na E.E.P.S.G. Fernão Dias Paes.

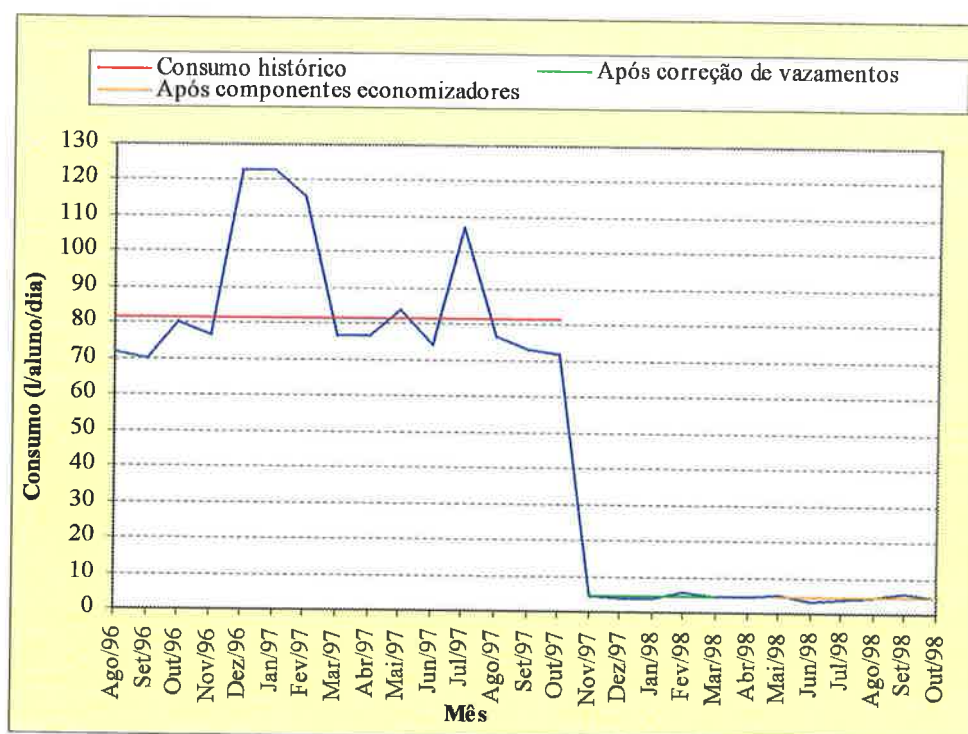


Figura 6.58 – Consumo diário de água por aluno na E.E.P.S.G. Fernão Dias Paes.

Conforme ilustra a figura 6.58, a implantação do PURA EE proporcionou as seguintes reduções no consumo de água:

- consumo diário por aluno no período histórico..... 81,1 l/aluno/dia
- consumo diário por aluno após a correção de vazamentos 4,5 l/aluno/dia
- impacto de redução consumo diário por aluno após a correção de vazamentos 94%
- consumo diário por aluno após a substituição de componentes convencionais por hidromecânicas 4,1 l/aluno/dia
- impacto de redução do consumo diário por aluno após a substituição de torneiras convencionais por hidromecânicas 8,9%
- impacto de redução total no sistema após a implementação do PURA EE 95%

Assim, o impacto de redução total do consumo de água verificado nas duas etapas do PURA EE é de 95%, o que equivale a um valor de redução do consumo médio mensal de, aproximadamente, 4142 m³ em relação ao consumo médio do mensal de água do período histórico. Considerando-se que os custos para a implantação do PURA EE foi de R\$ 4.584,53, pode-se fazer a seguinte avaliação econômica:

- custo total (material e mão-de-obra) R\$ 4.584,53
- economia mensal de água R\$ 37.477,04

O cálculo dos fluxos atualizados considerando-se uma taxa de desconto mensal de 6%, é apresentado na tabela 6.28.

Tabela 6.28 – *Payback* atualizado da implantação do PURA EE.

Período (mês)	Valor Total da Ação – VT (material + mão-de-obra) (R\$)	Fluxos de Benefícios Atualizados – AF (R\$)	VT - AF (R\$)
0	- 4.584,53	---	---
1		+ 35.355,70	30.771,17

Verifica-se, pela tabela 6.28, que o custo para a implantação do PURA EE foi pago em menos de 1 mês, ou seja, em 4 dias.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao realizar este trabalho com o principal objetivo de desenvolver uma metodologia para a implantação de Programa de Uso Racional da Água – PURA em edifícios, estudamos com maior ênfase as ações tecnológicas que influenciam a redução dos desperdícios e dos volumes de água utilizados em sistemas prediais.

Assim, ao concluir este trabalho, gostaríamos de sintetizar as principais conclusões obtidas e, também, de sugerir algumas propostas de pesquisas que poderão contribuir para o avanço do tema “uso racional da água em edifícios” e, conseqüentemente, para a preservação dos recursos hídricos.

7.1 Conclusões

- o conhecimento do sistema através do levantamento de suas características físicas e funcionais, ou seja, a abordagem sistêmica ao problema, é fundamental para o entendimento de suas condições de operação, o que possibilita um diagnóstico mais preciso e um planejamento de ações mais adequadas, resultando em consumo de água em níveis mínimos desejáveis;
- ao desenvolver e aplicar a metodologia a duas tipologias de edifício verificamos que o maior impacto de redução em ambos os edifícios foi obtido com a ação de correção de vazamentos. Esse resultado mostra a importância do controle permanente de desperdícios no sistema e da atuação imediata que vise a correção do

problema detectado, em geral vazamento, tanto em sistemas convencionais como em sistemas economizadores de água; tarefa que é imprescindível nas atividades de manutenção de sistemas hidráulicos;

- apesar da importância da implantação de ações tecnológicas, é relevante a participação dos usuários sobretudo, através da adequação de procedimentos que visem a redução do consumo de água no desenvolvimento de suas atividades;
- os valores de impacto de redução do consumo de água obtidos em casos desenvolvidos no Brasil, em outros países e nas duas aplicações da metodologia variaram em função das condições físicas e funcionais do edifício e, portanto, eles dão uma noção de grandeza dos valores possíveis de redução do consumo de água e não uma precisão elevada, que possa ser generalizada a todos os casos;
- os componentes economizadores de água que não dispõem de controladores de vazão – registro regulador de vazão, podem apresentar consumo de água superior aos componentes convencionais, em função da pressão disponível no ponto de utilização, mesmo considerando-se o tempo mínimo para fechamento. Assim, recomenda-se sejam propostos na normalização brasileira valores de vazão mínima e máxima para esses componentes, vinculados aos valores de pressão estática nos dois extremos, ou seja:
- componentes tais como torneira para lavatório e válvula para mictório, com vazão mínima de 0,05 ℓ/s para pressão mínima, em geral, 20 KPa e vazão máxima de 0,15 ℓ/s para pressão máxima, em geral, de 400 KPa.

7.2 Propostas de pesquisas que avancem o conhecimento do uso racional da água em edifícios

- desenvolvimento de pesquisas com o objetivo de determinar a ordem de grandeza ou de valores de perdas de água em bacias sanitárias brasileiras e de diferentes tipos, o que possibilitaria uma estimativa perda por vazamento nesses componentes mais próxima da realidade e, portanto um diagnóstico mais preciso;
- investigar a questão da intermitência de vazão e de temperatura ocasionada pela instalação de restritores de vazão em chuveiros, conforme verificado na aplicação da metodologia no InCor, bem como em casos apresentados no capítulo 4;
- em função das diferenças de sistemas prediais do Brasil e países com experiência acumulada nessa área, ressaltamos que pesquisas devam ser realizadas em sistemas hidráulicos prediais de diversas regiões brasileiras para que sejam avaliados o desempenho de componentes economizadores e, em função dessa avaliação, retroalimentar a indústria nacional para a melhoria de qualidade antes de serem aplicados em massa;
- é necessária a realização de pesquisas, com metodologia adequada, com o objetivo de levantar o perfil de consumo de água de usuários em diversas tipologias de edifício das regiões brasileiras, caracterizadas pelos diferentes aspectos culturais, socioeconômicos e climáticos.

- pesquisar o desempenho de sistemas de recirculação de água quente, pois supõe-se que são responsáveis por grande parte dos desperdícios de água e de energia dos sistemas utilizados atualmente.

Assim, esperamos ter contribuído para o avanço do conhecimento no que se refere ao uso racional da água em edifícios brasileiros, através da metodologia desenvolvida, como também com os projetistas de sistemas prediais que poderão utilizar as diretrizes para a especificação de componentes economizadores de água em função da tipologia do edifício.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHER, A. et al. **East Bay Municipal Utility District water conservation study**. Oakland, California, October, 1991. (Report n. 219, prepared for East Bay Municipality District, Oakland, California.).
- AKKAD, A. A. Conservation in the Arabian Gulf countries. **Journal AWWA**, v.82, p.40-50, May 1990.
- ALPINA EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS LTDA. Perdas de água em torres de resfriamento. 2p., sd.
- AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS. **Plumbing fixtures fittings – ASME A112.18.1M-1996**. New York, 1996.
- AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. **Water conservation guidebook for small and medium - sized utilities**. August 1993.
- AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. Committee report: water accountability. **Journal AWWA**, v.88, p.108-111, July 1996.
- ANDERSON, D.L.; SIEGRIST, R.L. The performance of ultra-low-volume flush toilets in Phoenix. **Journal AWWA**, v.81, p.52-57, March 1989.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Instalação predial de água fria – NBR 5626**. Rio de Janeiro, 1998.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Aparelhos hidráulicos acionados manualmente e com ciclo de fechamento automático – NBR 13713**. Rio de Janeiro, 1996.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Aparelhos sanitários de material cerâmico – NBR 6452**. Rio de Janeiro, 1997.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Bacia sanitária – verificação do funcionamento – NBR 9060**. Rio de Janeiro, 1994.
- ÁVILA, C.D. et al. **Análise comparativa do desempenho da torneira automática (pressmatic) em relação à torneira convencional (comum)**. Santa Maria, RS, Universidade Federal de Santa Maria/Centro de Hidráulica e Saneamento/Laboratório de Hidráulica e Pequenos Aproveitamentos Elétricos, dezembro, 1991. (Relatório de Pesquisa).

- AYRES ASSOCIATES. **The impact of water conserving plumbing fixtures on institutional and multi-family water use.** Tampa, Florida, October 1993. (Report prepared for: The City of Tampa Water Department Water Conservation Section).
- BALLANCO, J. The great 1.6 gpf experiment. **Plumbing & Mechanical**, v.13, n.4 p.45-48, June 1996.
- BARRETO, D. **Economia de água em edifícios: uma questão do programa de necessidades. "Contribuição metodológica para implantação de programas de economia de água em edifícios. O caso do Instituto da Criança do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da USP".** São Paulo, 1998. Tese (Doutorado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo.
- BERENHAUSER, J.C.B.; PULICI, C. Previsão de consumo de água por tipo de ocupação do imóvel. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 12., Balneário de Camboriú, 1983. **Anais.** Balneário de Camboriú, novembro 1983. 34p.
- CARDIA, N.; ALUCCI, M.P.; VARGAS, M.C. **Campanhas de educação voltadas à economia de água.** São Paulo, novembro, 1998. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. (DTA – Documento Técnico de Apoio nº B2).
- CESAR, B.G. Medição do consumo de água por economia em condomínios. In: III SIMPÓSIO NACIONAL DE INSTALAÇÕES PREDIAIS: INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS II, São Paulo, 1987. **Anais.** São Paulo, setembro 1987. 31p.
- CHAN, W.S. Demand management. **Water Supply**, v.15, n.1, p.35-39, 1997.
- CHOUTHAI, A.; VIJAPUR, B.; KONEN, T. **A laboratoy and field evaluation of 1.6 gpf water closets in a commercial setting.** Hoboken, New Jersey, August, 1992. (Report n. 246, prepared for Denver Water Department, Denver, Colorado.).
- COÊLHO, A.C.; MAYNARD, J.C.B. **Medição individualizada de água em apartamentos.** Recife, Editora Comunicarte, 1999. 172 p.
- CONTADOR, C.R. **Projetos sociais.** 3.ed. São Paulo, Atlas S.A., 1997.
- CORTÉS, F.A. Water conservation in cities. In: CONSERV 93, 1993. **Proceedings.** Las Vegas, December 1993, p.31-42.
- DEIBERT, L.E. Fiscal Planning and water conservation in Madison, Wis. **Journal AWWA**, v.70, p.2-5, January 1978.
- DeHART, D. Conservation: a benefit of good management. **Journal NEWWA**, v.105, n.1, p.43-45, March 1991.
- DeOREO, W.B.; HEANEY, J.P.; MAYER, P.W. Flow trace analysis to assess water use. **Journal AWWA**, v.88, p.79-90, January 1996.

- ENVIROVAC SYSTEMS. **Vacuum toilet systems. Application & design.** U.S.A., s.d. 12p. (Catálogo do fabricante).
- ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Programa de uso racional da água da Universidade de São Paulo – PURA-USP.** São Paulo, LSP/PCC/EPUSP, abril, 1998. (Relatório nº 1).
- FALDAGER, I. Effects of low flush water closets on transportation in the drainage system. In: CIB-W62 SYMPOSIUM YOKOHAMA JAPAN, 1997. **Proceedings.** Yokohama, November 1997, 10p.
- FORTMAN, W.G. New technology in pumping systems. **Plumbing Engineer**, v.24, n.4, p.31-34, April 1996.
- FREIRE, C.C.A.; PRADO, R.T.A. Collective urinals instrumentation and the water conservation issue. In: CIB-W62 SYMPOSIUM ROTTERDAM, 1998. **Proceedings.** Rotterdam, Sept. 1998, 11p.
- FUJI TECOM. **Manual de operação – correlacionador de ruídos LC-2100.** 41p. s.d.
- GALVIN, J.J. Low water flow and the american shower experience. **Plumbing Engineer**, v.24, n.3, p.43-44, 46, 59, March 1996.
- GEOGE, R.; TONTI, P. High volume restrooms: designing to meet demand. **Plumbing Engineer**, v.26, n.5, p.25-27, May 1998.
- GLEICK, P.H. **Water in crisis. A guide to the world's fresh water resources.** Oxford University Press, 1993.
- GONÇALVES, O.M. **Formulação de modelo para o estabelecimento de vazões de projeto em sistemas prediais de distribuição de água fria.** São Paulo, 1986. 369p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- GONÇALVES, O.M.; IOSHIMOTO, E; OLIVEIRA, L.H. **Fichas técnicas padronizadas.** São Paulo, outubro, 1998. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. (DTA – Documento Técnico de Apoio nº F2).
- GONÇALVES, O.M.; IOSHIMOTO, E; OLIVEIRA, L.H. **Tecnologias poupadoras em sistemas prediais.** São Paulo, janeiro, 1999. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. (DTA – Documento Técnico de Apoio nº F1).
- GONÇALVES, O.M.; OLIVEIRA, L.H. **Metodologia para a detecção e correção de perdas de água por vazamento em sistemas hidráulicos prediais.** São Paulo, LSP/PCC/EPUSP, maio, 1998. (Relatório Preliminar – Projeto Fapesp).
- GONÇALVES, P.M. **Bases metodológicas para a racionalização do uso de água e energia no abastecimento público de água de São Paulo.** São Paulo, 1995. 330p. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

- GRIGGS, J.C. et al. Water conservation: a guide for design of low-flush WCs. **Information paper**, part 1 and part 2, August 1997.
- GRIGGS, J.C.; HEALY, A.; HALL, J. Discharges from WCs – should pipework smaller than DN 100 be used? In: CIB-W62 SYMPOSIUM, 1998. **Proceedings**. Rotterdam, The Netherlands, 1998, 18p.
- GRIGGS, J.C.; SHOULER, M.C. An examination of water conservation measures. In: CIB-W62 SEMINAR, 1994. **Proceedings**. England, 1994, 11p.
- GRISHAM, A.; FLEMING, W.M. Long-term options for municipal water conservation. **Journal AWWA**, v.81, p.34-42, March 1989.
- HEIM, P. M. Conducting a leak detection search. **Journal AWWA**, v.71, p.66-69, February 1979.
- ILHA, M.S.O.; GONÇALVES, O. M. **Sistemas Prediais de Água Fria**. Texto Técnico. TT/PCC/08. São Paulo 1994.
- JUNIOR, R. ONU prevê escassez de água antes de 2025. **O Estado de São Paulo**, São Paulo, 19 mar. 1998. p. A14
- KONEN, T.P.; ANDERSON, D.L. **The impact of water conserving plumbing fixtures on residential water use characteristics: a case study in Tampa, Florida**. Tampa, Florida, February, 1993. (Report prepared for the city of Tampa water Department Water Conservation Section).
- KONEN, T.P. Water supply and drainage developments in the United States. A Survey of activities 1994-1997. In: CIB-W62 SYMPOSIUM YOKOHAMA JAPAN, 1997. **Proceedings**. Yokohama, November 1997, 19p.
- LISTON, D. A.; LISTON, J. D. Leak detection techniques. **Journal NEWWA**, v.106, n.2, p.103-108, June 1992.
- MALAN, G.J. Towards urban water conservation in south Africa. In: CIB W62 SEMINAR, South Africa, 1980. **Proceedings**. South Africa, Sept. 1980, 7p.
- MALAN, G.J. CRABTREE, P.R. The effect of individual meters on the water consumption in apartment buildings. In: CIB-W62 SYMPOSIUM BRAZIL, 1987. **Proceedings**. São Paulo, 1987, 17p.
- MASSACHUSETTS WATER RESOURCES AUTHORITY. **Reducing costs in hospitals: a case study of Norwood Hospital**. Boston, MRWA's ICI Program, 4p., Feb. 1996.
- MASSACHUSETTS WATER RESOURCES AUTHORITY. **Water efficiency & management for hospitals**. Boston, MRWA's ICI Program, 3p., April 1994.

- MASSACHUSETTS WATER RESOURCES AUTHORITY. **Stop leaks/save water.** Boston, s.d.
- MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO E ORÇAMENTO. **Meta da área de habitação.** Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade – PBQP. Brasília, julho 1998.
- NATIONAL WATER COUNCIL. **Leakage control policy and practice.** London. Department of the Environment, 1980. (Standing Technical Committee reports. Number 26).
- NELSON, J.O. Water audit encourages residents to reduce consumption. **Journal AWWA**, v.84, p.59-64, October 1992.
- OLIVEIRA, L.H. **Estudo do escoamento em condutores horizontais de sistemas de coleta de esgotos sanitários de edifícios residenciais.** São Paulo, 1991. 302p. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- OLSSON, E. Especial drainage equipment for saving water. In: CIB-W62 SYMPOSIUM, Tokio, Japan, 1985. **Proceedings.** Tokio, April 1985, 33p.
- PLOESER, J.H.; PIKE, W.C.; KOBRICK, J.D. Nonresidential water conservation: a good investment. **Journal AWWA**, v.84, n.10, p.65-73, October 1992.
- PRADO, R.T.A. **Gerenciamento da demanda e consumo de energia elétrica para aquecimento de água em habitações de interesse social.** São Paulo, 1991. 226p. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- PLUMBING & MECHANICAL. High-tech, hands free fittings revolutionize restroom maintenance. **Plumbing & Mechanical**, v.10, n.11, p. 84, January 1994.
- RABAÇA, C. A.; BARBOSA, G. **Marketing – segredos & estratégias.** 2.ed. São Paulo, Editora Saraiva, 1996. 271p.
- REGIONAL MUNICIPALITY OF WATERLOO. **Toilet replacement program of 1995.** Regional Municipality of Waterloo, Ontario, 1996.
- ROCHA, A.L. **Estudo para identificação e avaliação de parâmetros de projeto de bacias sanitárias de ação sifônica tendo em vista o consumo de água.** São Paulo, 1990. 197p. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- ROCHA, A.L.; MONTENEGRO, M.H.F. Conservação de água no uso doméstico: esforço brasileiro. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE ECONOMIA DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO PÚBLICO, São Paulo, 1986. **Anais.** São Paulo, outubro 1986. p.289-315.

- RUMP, M.E. **Potential water economy measures in dwellings: their feasibility and economics.** Building Research Establishment. BRE Current Paper 65/78. October 1978.
- SALTZBERG, E. Are ultra low flow shower heads suitable for all existing applications? **Plumbing Engineer**, v.26, n.9, p.47-50, September 1998.
- SÃO PAULO. Lei nº 12638, de 06 de maio de 1998. Institui a obrigatoriedade da instalação de hidrômetros em cada uma das unidades habitacionais dos prédios de apartamentos. **Diário Oficial do Município**, p.44, São Paulo, 15 maio 1998.
- SHARPE, W. E. Water conservation devices for new or existing dwellings. **Journal AWWA**, v.73, n.3, p.144-149, March 1991.
- SILVA, R.T. **Inserção dos programas de uso racional e conservação da água nas políticas regionais, urbanas e setoriais.** Apresentado no Encontro Técnico sobre Uso e Conservação dos Recursos Hídricos. MMA e MPO. Brasília, junho 1996.
- SILVA, R.T.; CONEJO, J.G.L.; GONÇALVES, O.M. **Apresentação do programa.** Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. Brasília, 1998 (DTA – Documento Técnico de Apoio nº A1).
- SILVA, R.T.; CONEJO, J.G.L. **Definições de perdas nos sistemas públicos de abastecimento.** Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. Brasília, 1998 (DTA – Documento Técnico de Apoio nº A2).
- SMITH, S. Low opinions of low flow flush. **Plumbing & Mechanical**, v.14, n.5, p.65-70, July 1997.
- SMITH, S. Water making it last. **Plumbing & Mechanical**, v.15, n.5, p.73-74,76, July 1998.
- SPHINX GUSTAVSBERG. Wasser-spar-system. 12p. (Catálogo do fabricante).
- SWAFFIELD, J.A. Conservação de água no uso doméstico: esforço brasileiro. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE ECONOMIA DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO PÚBLICO, São Paulo, 1986. **Anais**. São Paulo, outubro 1986. p.208-225.
- SWAFFIELD, J.A. Post-privatization development and introduction of the UK Water regulations – the impact upon water conservation. In: CONSERV 99, 1999. **Proceedings**. Monterey, California, Jan. 31 – Feb. 3, 1999, 12p.
- SWAFFIELD, J.A. United Kingdom water regulations – updating and upgrading the Water ByeLaws to aid an European perspective. In: CIB-W62 SYMPOSIUM ROTTERDAM, 1998. **Proceedings**. Rotterdam, September 1998, 11p.

- TESIS – Tecnologia de Sistemas em engenharia S/C Ltda. **Projeto específico de economia de água em edifícios. Uso racional da água – PURA – Projeto n.6. Estudo de caso - Cozinhas industriais de restaurantes e bares.** São Paulo, agosto, 1998. (Relatório Técnico 2 – RT2).
- TOILETOLOGY 101. Capturado em 02 set. 1997. Online. Disponível na Internet <http://www.toiletology.com/leaking.sht>.
- UNITED STATES OF AMERICA. Energy Policy Act of 1992. Energy conservation for certain lamps and plumbing products. **LEGI-SLATE Report** for the 102nd Congress, October 23, 1992.
- VICKERS, A. The energy policy act: assessing its impact on utilities. **Journal AWWA**, v.85, p. 56-62, August 1993.
- WESTAT, I. **Evaluation of New York City's toilet rebate program.** New York City, May, 1997. (Final Report prepared for New York City Department of Environmental Protection).
- WESTAT, I. **Customer satisfaction survey.** New York City, December, 1996. (Final Report prepared for New York City Department of Environmental Protection).
- WATERFRONT. Capturado em 22 set. 1997. Online. Disponível na Internet
- WATERLESS CO. The Waterless advantage. USA, 1998. (Folder do produto).
- WATERWISER CONFERENCE. Capturado em 16 jan. 1998. Online. Disponível na Internet <http://www.waterwiser.org/forums>.
- WATERWISER. Capturado em 05 out. 1998. Online. Disponível na Internet <http://www.waterwiser.org/wtruse98/indoor.html>.
- WHITCOMB, J.B. Water use reductions from retrofitting indoor water fixtures. **Water Resources Bulletin**, v.26, n.6, p.921-926, December 1990.
- WISE, A.F.E.; SWAFFIELD, J.A. **Water, sanitary and services for buildings.** 4th ed. England, Longman Scientific & Technical, 1995.

ANEXO I

TESAURO

Agente consumidor – a variável mais representativa do consumo de água em um sistema, a qual depende não só da tipologia do edifício, mas também, das características funcionais do sistema.

Arejador – componente instalado na extremidade da bica da torneira, que reduz a seção de passagem da água através de peças perfuradas ou telas finas, possui orifícios na superfície lateral para a entrada de ar durante o escoamento da água.

Auditoria do consumo de água – o conjunto de informações e observações preliminares do sistema hidráulico e dos procedimentos dos usuários nas atividades que utilizam a água.

Consumo – quantidade de água utilizada para atender às necessidades dos usuários incluindo os desperdícios verificados no sistema.

Consumo excessivo – toda a água que esteja disponível em um sistema hidráulico predial e seja perdida antes de ser utilizada para uma atividade fim ou então quando utilizada para uma atividade fim, o é de forma excessiva. Conforme apresentado, o conceito de desperdício engloba perda e uso excessivo.

Desperdício – toda a água que esteja disponível em um sistema hidráulico e seja perdida antes de ser utilizada para uma atividade fim ou então quando utilizada para uma atividade fim o é de forma excessiva.

Desperdício diário estimado – DDe – diferença entre indicadores de consumo histórico ou entre indicadores de consumo histórico e estimado.

Deteção de vazamento – detecção de vazamento o processo de constatar a existência e localizar vazamentos.

Diagnóstico – é a síntese organizada das informações, obtidas na auditoria do consumo de água, que identifica as condições de operação, os problemas e pontos frágeis do sistema de forma quantitativa e qualitativa, tornando-se assim, ferramenta indispensável para o planejamento de ações compatíveis com as condições de operação do sistema.

Indicador de consumo – IC – a relação entre o volume de água consumido em um determinado período e o número de agentes consumidores desse mesmo período.

Indicador de consumo estimado – ICe – relação entre o volume de água estimado para um determinado período e o número de agentes consumidores desse mesmo período.

Indicador de consumo histórico – ICh – indicador de consumo obtido da média aritmética dos indicadores de consumo do período histórico.

Índice de desperdício estimado – IDe – relação entre a diferença de indicadores de consumo históricos ou de indicador de consumo histórico e estimado e o maior valor do indicador de consumo, histórico ou estimado.

Índice de perda – IP – relação entre o volume de água perdido por um vazamento em tubulações, reservatórios e em pontos de utilização, em um determinado período, e o volume total de água consumido ou medido pelo sistema no mesmo período.

Índice de perda por vazamento visível – IPv – relação da soma das perdas diárias por vazamentos visíveis observadas em componentes de utilização, reservatórios e tubulações e o consumo médio diário de água.

Índice de perda por vazamento não-visível – IPvn – relação da soma das perdas diárias por vazamentos não-visíveis e o consumo médio diário de água.

Índice de vazamento – IV - relação entre o número de pontos de utilização com vazamento e o número total de pontos de utilização do sistema. Esse índice é utilizado somente para pontos de utilização. Caso um ponto de utilização apresente dois locais com vazamento, considera-se somente um local, ou seja, somente a presença de vazamento no ponto de utilização.

Índice de vazamento não-visível – IVnv – relação entre o número de bacias sanitárias com vazamento e o total de pontos de utilização do sistema vezes cem.

Índice de vazamento visível – IVv - relação entre o número de pontos de utilização com vazamento e o total de pontos de utilização do sistema vezes cem.

Histórico do consumo de água – consumos mensais dos últimos doze meses para os edifícios com sistema de medição, ou consumos diários dos últimos trinta dias para os edifícios que não possuíam este sistema até o início do PURA.

Histórico do número de agentes consumidores – número de agentes consumidores para o mesmo período do histórico do consumo de água.

Perda – a água que escapa do sistema antes de ser utilizada para uma atividade fim. Em geral, as perdas ocorrem devido aos seguintes fatores:

- **vazamento** – fuga de água de um sistema hidráulico, quer seja em tubulações – tubos e conexões, componentes de utilização, reservatórios e, ainda, em equipamentos – conjunto motor bomba e outros.
- **mau desempenho do sistema** – por exemplo, um sistema de recirculação de água quente operando inadequadamente, ou seja, com o tempo de espera longo, portanto gerando perda de água antes de ser utilizada pelo usuário;
- **negligência do usuário** – torneira deixada mal fechada após o uso por displicência ou porque o usuário não quer trocar a torneira.

Perda diária total do sistema – soma das perdas diárias por vazamentos visíveis e não-visíveis.

Perda diária total por vazamento visível – soma das perdas diárias por vazamentos visíveis.

Perda diária total por vazamento não-visível – soma das perdas diárias por vazamentos não-visíveis.

Plano de intervenção – é o conjunto de ações, definidas em função do diagnóstico e das condições técnico-econômicas, com o objetivo de reduzir usos e desperdícios de água no sistema predial, sem contudo diminuir o nível de conforto e de higiene e, principalmente, colocar em risco a saúde do usuário, através do menor volume de água a ser utilizado no sistema.

População fixa – aquela que é usuária do sistema com frequência e permanência contínua, portanto sem a consideração dos usuários que estão de férias ou afastados.

População flutuante – aquela que utiliza o sistema eventualmente, sem frequência ou horário fixos.

Registro regulador de vazão – componente que regula a vazão de um ponto de utilização desde o valor nulo ao máximo, mantendo-a constante. É utilizado, principalmente, em torneiras de mesa, pois é instalado entre o engate flexível e a conexão do ponto de utilização.

Restritor de vazão – componente que restringe o valor da vazão de componentes de utilização, principalmente de chuveiros e torneiras a um valor predeterminado. São disponíveis nos valores de 0,10 l/s, 0,13 l/s, 0,17 l/s e 0,20 l/s.

Reuso ou reaproveitamento de água – utilização da água efluente de um sistema sem a necessidade de tratamento prévio para novamente ser disponibilizada ao mesmo sistema ou a pontos de utilização específicos.

Sistema hidráulico externo - subsistema de água fria compreendido entre o hidrômetro e o reservatório superior, ou seja, os subsistemas de alimentação e de reservação, inclusive.

Sistema hidráulico interno o subsistema de água fria localizado a jusante do reservatório superior, ou seja, o subsistema de distribuição, compreendendo colunas, ramais, sub-ramais e pontos de utilização.

Sistema hidráulico predial –aquele que conduz água fria ou quente até os pontos terminais de consumo, denominados pontos de utilização.

Sistema hidráulico especial – aquele que utiliza a água como insumo para a realização de suas funções como, por exemplo, os sistemas de ar condicionado, de vapor, de ar comprimido e outros.

Subsistema de alimentação – compreendido entre o medidor principal e o reservatório inferior ou superior, conforme a configuração do sistema.

Subsistema de distribuição – compreendido entre o reservatório e os pontos terminais de consumo tendo a função de conduzir a água do reservatório, geralmente superior, aos pontos de utilização.

Subsistema de reservação – compreende o reservatório inferior, o recalque e o reservatório superior e cuja função é armazenar água para garantir a sua disponibilidade no caso de uma intermitência ou falha no fornecimento de água pelo sistema público;

Uso excessivo – utilização da água para uma atividade fim de forma perdulária, ou seja, através de um procedimento inadequado, ou por mau desempenho do sistema. São exemplos de uso excessivo:

- **procedimentos inadequados** – banho prolongado, varredura de passeio público com água;
- **mau desempenho do sistema** – um sistema cujos pontos de utilização sejam projetados para vazões superiores às necessárias à realização das atividades relacionadas ao uso da água, tais como torneiras com vazões elevadas que, além de desperdício, causam desconforto aos usuários através de respingos de água.

Vazamento – fuga de água de um sistema hidráulico, quer seja em tubulações – tubos e conexões, componentes de utilização, reservatórios e, ainda, em equipamentos – conjunto motor bomba e outros.

Vazamento visível – vazamento que se manifesta de forma direta, ou seja, através de escoamento ou gotejamento de água e, por esta razão, é rapidamente detectado pelos usuários. Ocorre principalmente em componentes de utilização.

Vazamento não-visível – vazamento que se manifesta de forma indireta, em geral, através dos seguintes indícios:

- manchas de umidade ou com aspecto esponjoso ou descolorido nos revestimentos de paredes ou de pisos;
- som de escoamento de água quando nenhum ponto de utilização está aberto;
- a presença de vegetação em juntas de assentamento de pisos externos, onde não deveria ocorrer;
- o sistema de recalque está continuamente ligado;
- constante entrada de água em reservatórios.

Uso racional da água – a otimização de seu uso considerando-se duas ações operacionais no sistema:

- **atuação** – ação que influencia a redução de consumo, como por exemplo a instalação de componentes economizadores de água;
- **controle** – ação que auxilia a estabilização do consumo de água nos níveis mínimos alcançados, como por exemplo a monitoração sistemática do consumo de água no de sistema.

ANEXO II

ENSAIO DE VAZAMENTO EM TUBOS DE PVC EM PAINÉIS DE ALVENARIA BLOCOS CERÂMICO E DE CONCRETO

A detecção de vazamento por processo não destrutivo é fundamental para o controle de perdas em sistemas prediais, pois reduz os custos devido à ausência de quebras de revestimentos, o que estimula o usuário a corrigir o vazamento o mais rápido possível. Assim, os principais objetivos deste trabalho experimental são:

- determinação da curva pressão x vazão de vazamento para verificar se o descrito para sistemas públicos, citado no item 4.1.5, também ocorre em sistemas hidráulicos prediais, com menores diâmetros e solicitações;
- verificar a eficiência do geofone eletrônico FD-7, para sistemas hidráulicos internos, ou seja, a partir de que valor de vazão de vazamento e de pressão ele detecta com precisão.

1. Metodologia

Para a realização deste ensaio foram construídos dois painéis simulando uma parede hidráulica com um ponto de vazamento. O diâmetro do furo no tubo foi realizado várias vezes até a obtenção de um diâmetro que evitasse o entupimento do furo pela argamassa. Foram também colocados cacos do bloco do painel no entorno do furo com o objetivo de produzir vazamento com nível de ruído que possibilitasse a detecção através de geofone eletrônico. Quando o vazamento é muito pequeno e não existe um vazio no painel é impossível a detecção do vazamento através do geofone, pois o ruído não é detectado pelo equipamento.

Os painéis apresentam as seguintes características descritas a seguir:

Painel 1:

- alvenaria de ½ vez em bloco cerâmico furado;
- revestimento em azulejo na face em que são instaladas duas torneiras e na outra face emboço paulista;
- espessura da parede acabada: 19 cm
- ramal e sub-ramais em PVC soldável, diâmetro de 25 mm.

Painel 2:

- em alvenaria de bloco de concreto 14x19x39 cm;
- revestimento em azulejo na face em que são instaladas duas torneiras e na outra face emboço paulista;
- espessura da parede acabada: 17,5 cm;
- ramal e sub-ramais em PVC soldável, diâmetro de 25 mm;

Equipamentos de monitoração

A figura II.1 ilustra os equipamentos utilizados na realização do ensaio, ou seja:

- medidor de vazão eletromagnético – (1);
- transdutor de pressão *strain gauge* – transforma uma deformação mecânica em sinal elétrico – (2);
- condicionador de sinal - transforma o sinal elétrico (amplifica) e permite fazer a leitura da pressão na unidade de pressão desejada – (3);
- válvula redutora de pressão – (4);
- geofone eletrônico FD-7.

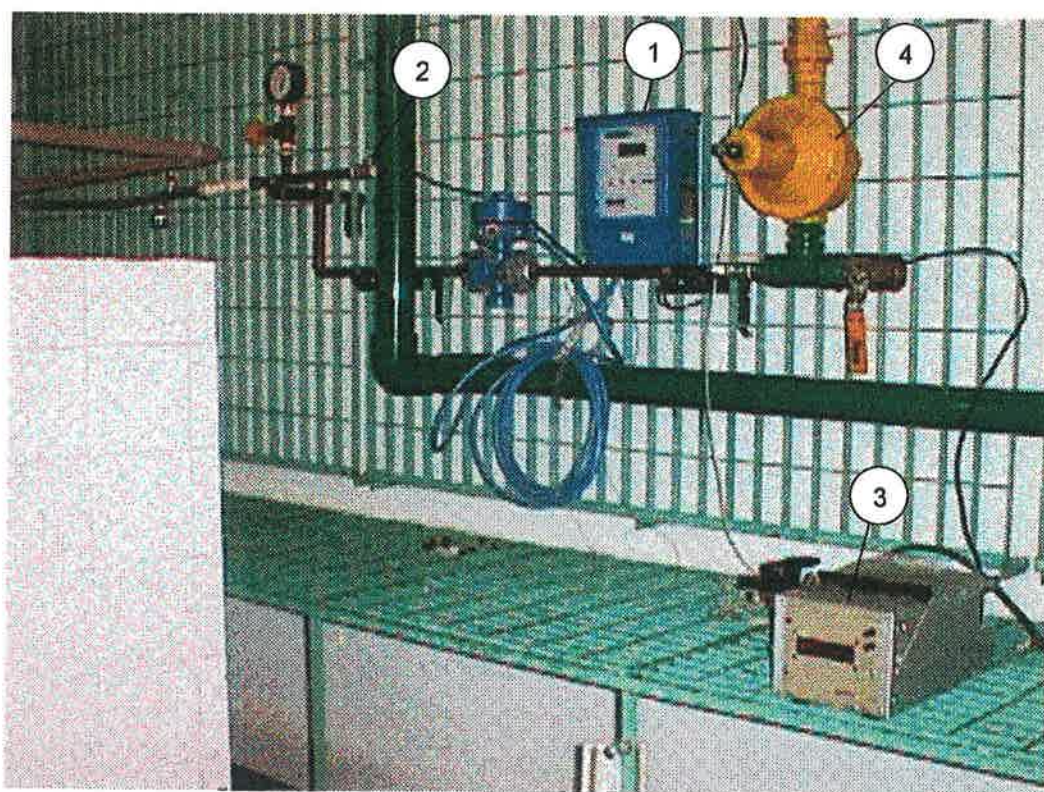


Figura II.1 – Equipamentos utilizados no ensaio de vazamento.

A figura II.2 ilustra a montagem da configuração para a realização do ensaio. Após a realização do furo no sub-ramal, indicado pela seta, o painel foi revestido com azulejo.



Figura II.2 – Painel hidráulico com vazamento.

A figura II.3 ilustra os dois painéis revestidos com azulejo prontos para a realização dos testes. A figura II.4 ilustra a realização do teste de vazamento no painel de alvenaria de bloco cerâmico com a utilização do geofone eletrônico FD-7. O registro de cada ramal foi aberto somente quando da realização do ensaio no respectivo painel, para evitar a interferência do som do vazamento no painel em estudo.



Figura II.3 – Painéis hidráulicos preparados para o ensaio de vazamento.

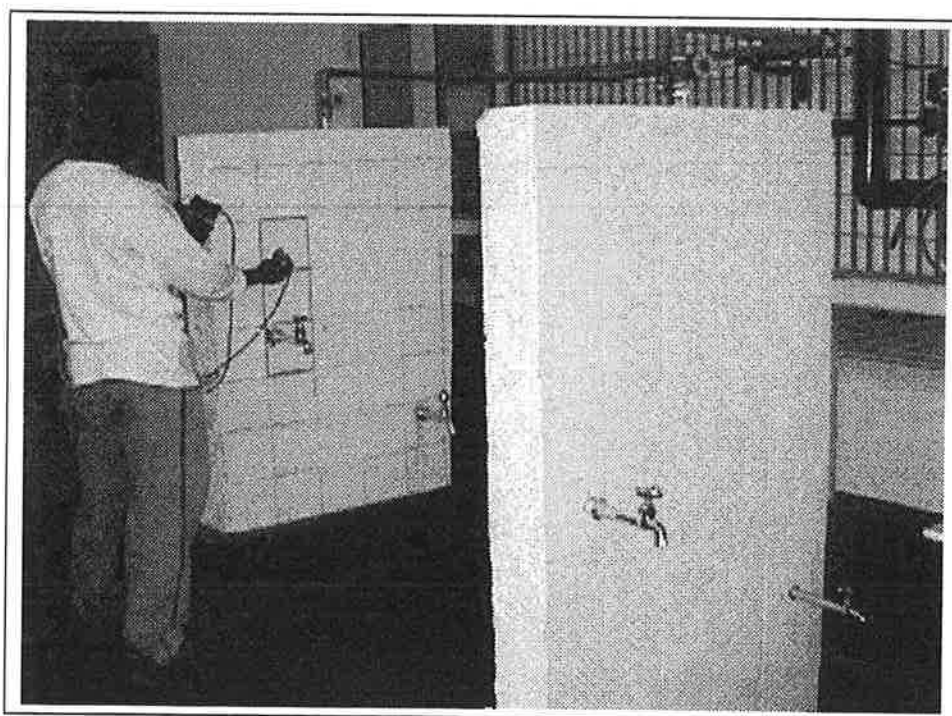


Figura II.4 – Realização do ensaio de vazamento no painel de bloco cerâmico, com a utilização de geofone eletrônico.

O ensaio foi realizado deixando-se o registro do ramal do painel em estudo totalmente aberto e abrindo-se o registro de entrada da água no sistema gradativamente e fazendo-se as leituras dos respectivos valores de vazão e de pressão do vazamento.

2. Resultados

Os resultados verificados para os dois casos são os seguintes:

- para os dois painéis verifica-se a relação teórica conforme equação 4.3 e figuras II.5 e II.6 e, portanto diferente do resultado obtido pelo NATIONAL WATER COUNCIL (1980) e apresentado na figura 4.3;
- foi possível ouvir o som do vazamento para valores de vazão desde 0,001 ℓ/s , porém o painel foi preparado para tal, conforme descrito na metodologia. Isto significa que pequenos vazamentos não são detectados através de geofone eletrônico. Este vazamento, correspondente a uma perda diária de aproximadamente 86 ℓ/dia , pode permanecer no sistema por um longo período sem ser detectado, até que se forme condições propícias para a propagação do som ou manche a parede com umidade.

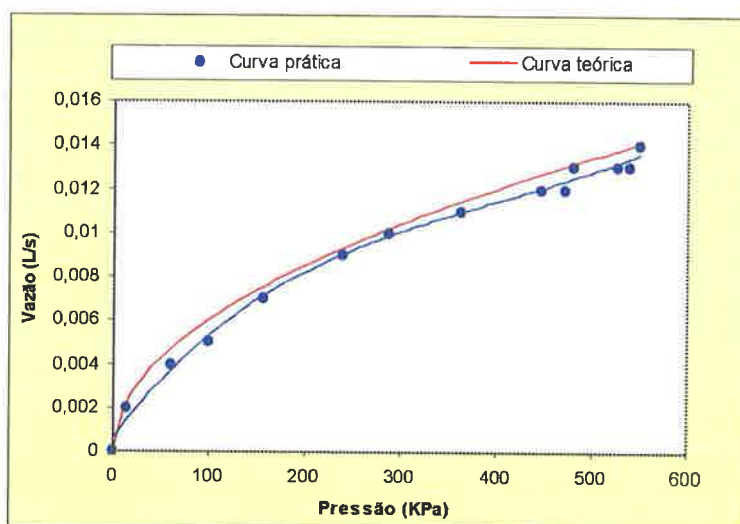


Figura II.5 – Curvas teórica e prática de pressão x vazão do vazamento em tubo de PVC instalado em alvenaria de bloco cerâmico.

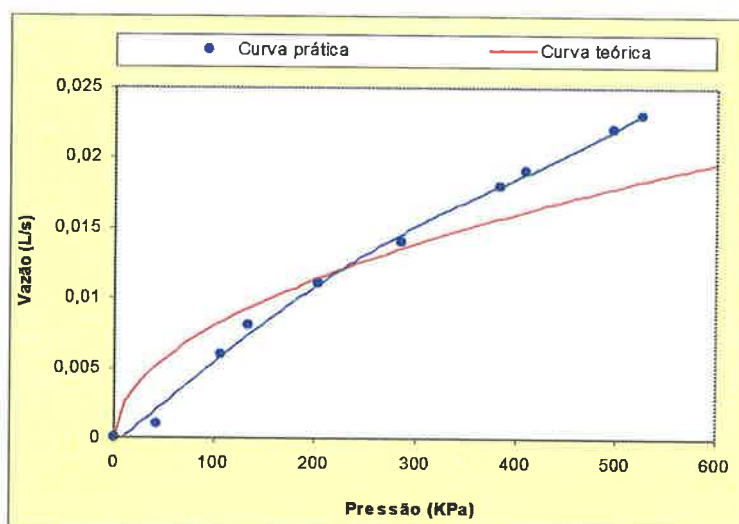


Figura II.6 – Curvas teórica e prática de pressão x vazão do vazamento em tubo de PVC instalado em alvenaria de bloco de concreto.

Conforme observa-se nas figuras II.5 e II.6, o valor máximo de vazão para o vazamento do painel em alvenaria de bloco de concreto é maior que o valor do vazamento verificado no painel de alvenaria de bloco cerâmico para valores aproximados de pressão. Esse fato deve-se ao maior diâmetro do furo no tubo do painel de concreto, realizado aleatoriamente.

EDIFÍCIO:

[illegible]

ANEXO IV

PROCEDIMENTOS PARA A REALIZAÇÃO DE TESTES UTILIZADOS NA DETECÇÃO DE VAZAMENTOS

1. Testes expeditos

1.1 Testes para detecção de vazamento em alimentador predial

Estes vazamentos ocorrem devido à corrosão, trincas, má execução de juntas, transmissão de algum esforço que atingiu a tubulação ou, ainda, pelo conjunto destes fatores.

a. Teste do hidrômetro

Este teste consiste em verificar a passagem de água pelo hidrômetro, quando todos os pontos de utilização supridos diretamente pelo sistema público de água estejam fechados. Este vazamento é detectado pela movimentação dos ponteiros do hidrômetro ou do aumento do valor do número apresentado no *display* do hidrômetro.

Procedimentos

- a. Fechar todos os pontos de utilização que recebam água diretamente da rede pública, geralmente torneiras de jardim e de tanque.
- b. Amarrar a torneira de bóia do reservatório inferior ou superior, impedindo a entrada de água da rede pública. Quando a alimentação do reservatório apresentar registro de gaveta, optar por amarrar a torneira de bóia, porque o registro pode permitir a passagem de água e mascarar o resultado.
- c. Com o registro do cavalete totalmente aberto, fazer uma leitura a cada cinco minutos, por um período mínimo de trinta minutos.
- d. Caso seja verificada a passagem de água, observada através do aumento dos valores dos números, apresentados no *display* do hidrômetro, há vazamento.

A ordem de grandeza do vazamento pode ser determinada calculando-se a vazão de cada intervalo de leitura, ou seja:

- calcular o volume de água, em metros cúbicos, no intervalo de cinco minutos, subtraindo do valor da segunda leitura o valor da primeira;
- multiplicar por 1000 litros e dividir por 300 segundos, obtendo-se a vazão em ℓ/s ;
- calcular este valor a cada intervalo de leitura e, portanto, ter-se-ão sete leituras no final de trinta minutos;

- calcular o valor da vazão média de perda em ℓ/s , através da média aritmética dos sete valores obtidos.

Este teste pode ser realizado no período noturno com apenas duas leituras, sendo uma às 22 horas e outra às 6 horas, permitindo detectar com maior precisão um vazamento devido, ao maior período de observação. No período noturno a pressão da rede pública, geralmente é maior e, portanto, maiores serão os valores das vazões de perda. Fazer a leitura do hidrômetro às 22 horas e novamente às 6 horas. Caso a segunda leitura - 6 horas - seja maior que a primeira - 22 horas - há vazamento, cujo volume de água perdido é obtido pela diferença dos dois valores. Observar que nenhum ponto de utilização que receba água diretamente da rede pública pode ser utilizado nesse período, e, ainda, que a entrada de água no reservatório esteja fechada.

b. Teste de sucção

Uma outra forma de verificar vazamento em alimentador predial é através da realização do teste de sucção. Este teste é indicado quando a acessibilidade ao reservatório superior está complicada, dificultando o fechamento da torneira de bóia para a realização do teste do hidrômetro. Desta forma, o teste de sucção indica a presença de vazamento no alimentador predial sem o fechamento da entrada de água no reservatório superior.

Procedimentos

- Verificar qual a torneira, alimentada diretamente da rede pública de água e que esteja instalada na cota mais alta em relação ao piso, em geral torneira de tanque ou de jardim.
- Ir até ao local e encher um copo de água.
- Não abrir nenhuma torneira e nem acionar descarga de bacia sanitária.
- Caso tenha reservatório que esteja abaixo do nível do alimentador predial, como por exemplo no subsolo, amarrar a torneira de bóia deste, impedindo a entrada de água.
- Fechar o registro do cavalete.
- Reabrir a torneira escolhida e esperar toda a água da tubulação escoar.
- Colocar o copo cheio de água na bica da torneira.
- Se houver sucção da água do copo pela torneira, há vazamento no alimentador predial.

Para a determinação exata do local de vazamento no alimentador predial recorre-se aos testes especiais, apresentados no item 2.

1.2 Detecção de vazamento em reservatórios

Os vazamentos não-visíveis em reservatórios podem ocorrer devido às seguintes causas:

- **trincas ou impermeabilização inadequada** - a água é perdida por infiltração no solo, para o caso de reservatório enterrado, e no caso de reservatório elevado a água pode escoar para um ralo de águas pluviais ou provocar infiltração na laje imediatamente abaixo do reservatório e, desta forma, atuar patologicamente no sistema estrutural do edifício.

a. Teste para a detecção de vazamento em reservatório inferior

Geralmente os reservatórios inferiores são enterrados ou semi-enterrados, os quais apresentam vazamentos que podem ser decorrentes de problemas no sistema de impermeabilização ou no sistema estrutural, ou ainda, da passagem de água pelo registro da tubulação de limpeza. Para detectar estes vazamentos realiza-se o teste com o registro do cavalete aberto e conforme os procedimentos descritos a seguir.

Procedimentos

- a. Fechar o registro da tubulação de limpeza e caso existir alguma saída deste reservatório que alimente algum ponto de utilização, deve ser também fechado.
- b. Desligar o conjunto moto-bomba do sistema de recalque.
- c. Quando a água atingir o nível máximo, amarrar a torneira de bóia ou fechar o registro de alimentação do reservatório de tal forma a impedir a entrada de água. Não é necessário o nível máximo de água no reservatório, porém quanto mais alto o nível, maior a pressão hidráulica no sistema e, portanto, mais fácil é a detecção do vazamento.
- d. Medir o nível da água no reservatório com o auxílio de uma peça de madeira - ripa ou caibro – marcando-o com um lápis ou giz.
- e. Esperar, no mínimo, duas horas e medir novamente o nível da água com a peça de madeira. Caso esta medida tenha sido inferior à primeira, há ocorrência de vazamento.

b. Teste para a detecção de vazamento em reservatório superior

Este teste tem por objetivo detectar vazamento não visível no sistema de distribuição e, também, verificar se há passagem de água pelo registro de limpeza, caso o destino final do efluente da tubulação de limpeza não ocorra em local visível. No entanto, se a acessibilidade ao registro da tubulação de limpeza for adequada, o mais eficaz é ir até o local de despejo desta água e verificar se não está havendo perda de água, mesmo com o registro de limpeza fechado.

Para algumas tipologias de edifício como por exemplo hotéis, hospitais e edifícios residenciais, é praticamente impossível a realização deste teste, devido às peculiaridades de tais sistemas - tempo integral de operação e diversidade de usuários. Contudo, para outras tipologias, mesmo de grande porte, tais como escolas e edifícios comerciais, esse teste pode ser realizado aos finais de semana e feriados.

Procedimentos

- a. Fechar todos os registros do sistema de distribuição localizados no barrilete e todos os pontos de utilização, pois nenhum ponto pode ser utilizado durante este teste. Esperar até que o nível máximo de água no reservatório seja alcançado. Não é necessário o nível máximo de água no reservatório, porém quanto mais alto o nível, maior a pressão hidráulica no sistema e, portanto, mais fácil é a detecção do vazamento.
- b. Com o registro de limpeza fechado e o conjunto motor-bomba desligado ou com a torneira de bóia amarrada (sistema hidráulico não dotado de sistema de recalque) marcar, com o auxílio de um lápis ou de giz, o nível da água no reservatório ou em uma peça de madeira: ripa ou caibro.
- c. Abrir somente os registros do sistema de distribuição, aguardar, no mínimo, duas horas e verificar novamente o nível da água.
- d. Caso o nível da água esteja inferior ao inicial há vazamento na tubulação, ou em pontos de utilização, ou passagem de água pelo registro da tubulação de limpeza.

Para localizar o vazamento inspecionar o sistema na seguinte sequência:

- registro de limpeza;
- todos os pontos de utilização do sistema hidráulico interno.

Caso não seja detectado nenhum vazamento nesses locais é provável a existência de um vazamento não-visível na tubulação de colunas, ramais ou sub-ramais.

1.3 Detecção de vazamento em bacias sanitárias

Os vazamentos em bacias sanitárias podem ocorrer tanto em bacias com válvula de descarga como em bacias com caixa de descarga. As causas mais frequentes de vazamentos em bacias sanitárias com caixa de descarga são defeitos nos seguintes componentes: torneira de bóia, obturador semi-flutuante, também conhecido como comporta ou *flapper*, conforme ilustra a figura IV.1.

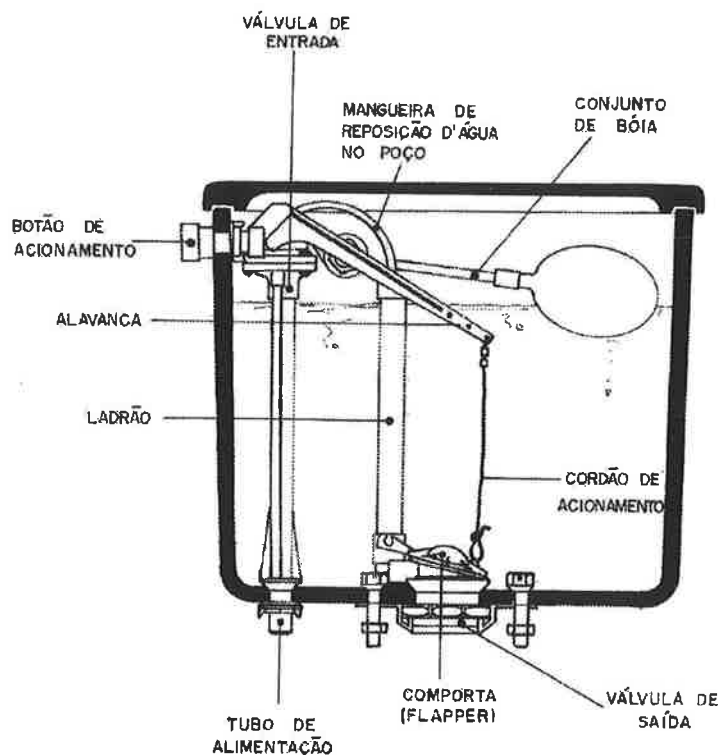


Figura IV.1 – Componentes da caixa de descarga.

Para garantir o êxito da detecção de vazamento há alguns testes específicos para bacias sanitárias. Dentre os testes, geralmente, recomendados citam-se os testes da cinza de cigarro, do papel higiênico e o teste da retirada de água do poço de bacia sanitária.

Consideram-se que esses três testes possam ser substituídos por um único; o teste do corante, pois os vazamentos em bacias sanitárias ocorrem através do escoamento de água pelos furos do colar, principais pontos de entrada de água para todos os modelos de bacia sanitária, conforme ilustra a figura IV.2. Desta forma, não é necessária a realização de todos os testes mencionados anteriormente, para a detecção de vazamento em bacia sanitária.

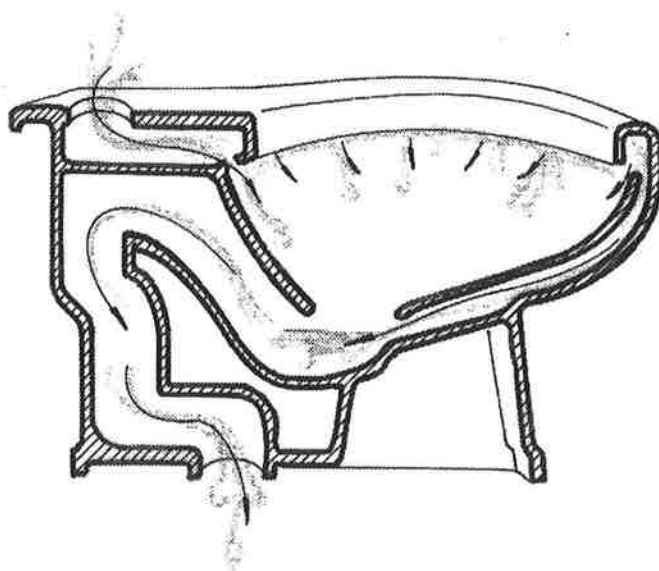


Figura IV.2 - Entradas de água na bacia sanitária.

O teste do corante pode ser realizado tanto em bacias sanitárias com caixa de descarga como em bacias sanitárias com válvula de descarga. O corante pode ser em solução, em pó ou em tablete. A solução azul de metileno é bastante utilizada em laboratório, mas para uso doméstico deve ser substituída por café solúvel, refresco em pó ou xarope de cor forte, como por exemplo o de groselha ou de uva, uma vez que a solução azul de metileno causa muitas manchas na louça sanitária.

Procedimentos

- a. Preparar a solução de corante em um copo de água dissolvendo bem, se for em pó.
- b. Adicionar a solução no poço da bacia sanitária até que a cor da água fique bem escura.
- c. Retirar, com o auxílio de um copo transparente e incolor, uma amostra padrão.
- d. Esperar, no mínimo, trinta minutos e comparar a cor da água da bacia com a cor da amostra padrão. Caso a água da bacia esteja mais clara, há vazamento.

Uma outra forma de realizar este teste em bacia sanitária com caixa de descarga é através da adição da solução de corante na água da caixa, conforme ilustra a figura IV.3. Esperar alguns minutos e verificar a presença de água colorida escoando nas paredes internas da bacia sanitária em direção ao poço da bacia, caso haja vazamento.

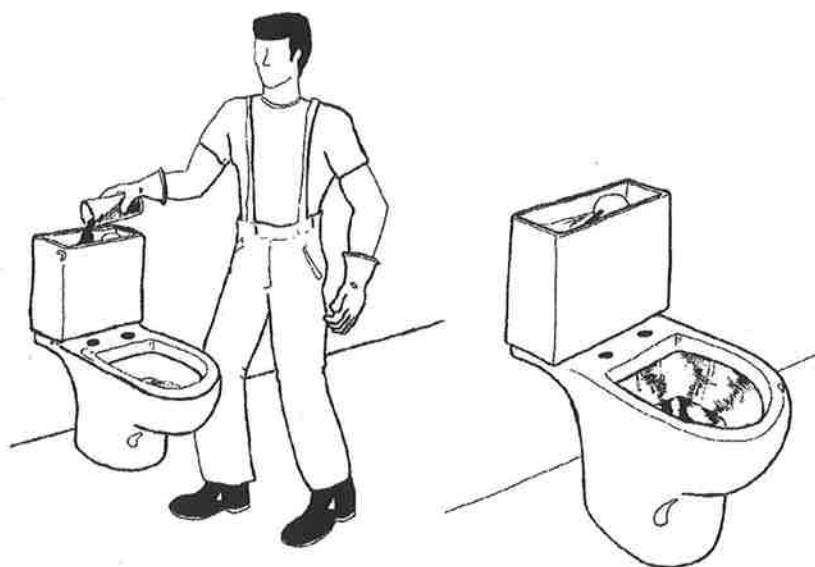


Figura IV.3 – Detecção de vazamento em bacia sanitária com caixa acoplada.

2. Testes especiais

Apresentam-se a seguir os procedimentos gerais para a realização de testes especiais.

Procedimentos gerais

- a. Caso o sistema apresente trechos de tubulação aparente, ou registros de fácil acesso, se conheça o traçado da rede, o tipo de material, os comprimentos e os diâmetros dos trechos, iniciar a pesquisa de vazamento com o teste da correlação de ruídos, instalando-se os dois sensores em duas seções extremas não superior a vinte metros.
- b. Fazer as correlações e caso o teste indique uma seção com vazamento, ir até ao local e confirmá-lo através do geofone eletrônico. As faixas de frequência do filtro do amplificador devem ser ajustadas através das combinações de baixa e de alta frequência e conforme o material da tubulação. Quando o sensor se aproxima do vazamento o nível de ruído aumenta mudando de faixa imediatamente e aumentando o som.
- c. Querendo ainda confirmar o vazamento através da haste de escuta, pode-se conectá-la a um registro, uma torneira ou, até mesmo, o piso na área previamente pesquisada e com indicações de vazamento. A haste de escuta, apesar de simples é precisa na propagação do som do vazamento.
- d. Uma vez localizado o vazamento, utilizar a haste de perfuração para fazer um pequeno furo e retirar uma amostra de solo que deve estar com alto índice de umidade ou, até mesmo, possibilitar o afloramento da água proveniente do vazamento.

- e. Uma vez confirmado o local exato do vazamento escavar tentando não danificar a tubulação para que se veja exatamente o que provocou o vazamento: uma trinca no tubo ou na conexão, uma falha na soldagem ou outro problema.

2.1 Processo da correlação de ruídos

O resultado da pesquisa de vazamento apresentado pela figura IV.4 indica que o vazamento foi localizado em uma seção do trecho pesquisado, distante 10,54 m do pré-amplificador azul e 29,75 m do pré-amplificador vermelho. Informa, também, que o tempo de retardo – Td foi de 33,7 ms e, ainda, que foram realizadas 86 correlações para a obtenção deste resultado.

Procedimentos

- Instalar os dois sensores em dois pontos extremos de parte exposta sobre registros, hidrantes ou outro componente do sistema. Recomendam-se um comprimento de tubulação não superior a 20 m.
- Montar os pré-amplificadores conectando os sensores e ligá-los.
- Entrar os dados: material, diâmetro e comprimento do trecho da tubulação pesquisada.
- Ligar o processador e definir:
 - o tempo de retardo - Td;
 - a faixa de filtro de frequência, que depende do material da tubulação, sendo recomendado para tubos termoplásticos a faixa de 180 Hz a 1250 Hz e metálicos a faixa de 2500 Hz a 3800 Hz.
- Iniciar o modo trabalho.

Após este comando, as correlações são iniciadas, ou seja, o cálculo da distância do ponto com vazamento. Ao concluir as correlações, o resultado da pesquisa de vazamento é apresentado, conforme ilustra a figura IV.4.

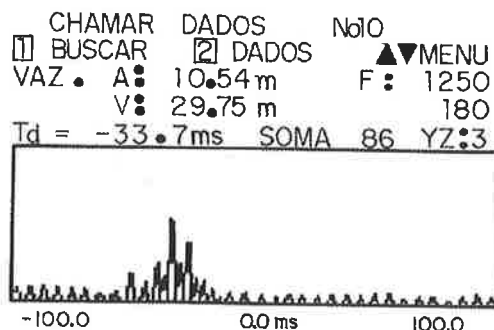


Figura IV.4 – Pico de correlação de ruídos indicando vazamento.

2.2. Processo da geofonia eletrônica

Procedimentos

- a. Colocar os fones de ouvido e conectá-los através do pino ao amplificador, que deve estar a tiracolo, e o sensor em uma das mãos.
- b. Posicionar o sensor o mais próximo possível da tubulação enterrada. Quando ouvir o som de vazamento, ajustar o nível do som através do botão de controle de volume, o mais baixo que puder ser ouvido, pois o som muito alto causa fadiga durante uma longa jornada de trabalho de pesquisa.
- c. Quanto mais próximo da tubulação o sensor é colocado, maior sucesso se terá na pesquisa de vazamento.
- d. Quando o sensor é colocado próximo ao ponto do vazamento, esse som pode ser ouvido imediatamente nos fones. Nesse caso, deve-se eliminar os ruídos do solo, com o auxílio das combinações de filtros e identificar o som do vazamento.
- e. Conforme as características da tubulação - material e diâmetro, tamanho do vazamento, pressão da água, características do solo e do piso, etc., o som do vazamento é alterado e alcança a superfície do substrato.
- f. Para tubos metálicos, tais como os de ferro fundido e os de aço galvanizado, a tendência é obter o som do vazamento em alta frequência. Então, recomendam-se combinações de filtro de frequência alta para tubos de tais materiais.
- g. Para tubos termoplásticos, tais como o PVC e o polietileno PE, o som geralmente é produzido em baixa frequência. Então, recomendam-se combinações de filtro de frequência baixa para tubos de tais materiais.
- h. Detectado o local do vazamento, perfurar o piso utilizando a haste de perfuração ou escavar para confirmar o vazamento e realizar a manutenção do trecho de tubulação danificado.

2.3. Detecção de vazamento com a utilização da haste de escuta

Procedimentos

- a. Fechar todos os pontos de utilização ligados à tubulação pesquisada, durante a realização do teste.
- b. Encostar a haste de escuta em alguma conexão, válvula ou outro componente ligado à tubulação de água.
- c. Ao ouvir o som de vazamento de água, fechar o registro. Caso o som do vazamento seja interrompido é provável que exista um vazamento no trecho pesquisado.

