

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**Conservação de Energia Elétrica Através da  
Racionalização do Uso Urbano de Água: Uma  
Análise das Possibilidades, Baseando-se na  
Cidade de Campinas-SP.**

**Autor: Máximo Luiz Pompermayer  
Orientador: Gilberto de Martino Jannuzzi  
Co-Orientador: Reinaldo Charnet**

02/96

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE A REDAÇÃO FINAL DA  
TESE DEFENDIDA POR MÁXIMO LUIZ  
POMPERMAYER E APROVADA PELA  
COMISSÃO JULGADORA EM 22/03/96

  
\_\_\_\_\_  
ORIENTADOR

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

P772c

Pompermayer, Máximo Luiz

Conservação de energia elétrica através da  
racionalização do uso urbano de água: uma análise das  
possibilidades, baseando-se na cidade de Campinas - SP /  
Máximo Luiz Pompermayer.--Campinas, SP: [s.n.], 1996.

Orientador: Gilberto de Martino Jannuzzi.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de  
Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica.

1. Energia elétrica - Conservação. 2. Água - Consumo.  
3. Água - Conservação. I. Jannuzzi, Gilberto de Martino.  
II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de  
Engenharia Mecânica. III. Título.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA  
SUB-COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PLANEJAMENTO  
DE SISTEMAS ENERGÉTICOS**

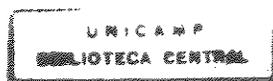
# **Conservação de Energia Elétrica Através da Racionalização do Uso Urbano de Água: Uma Análise das Possibilidades, Baseando-se na Cidade de Campinas-SP.**

**Autor: Máximo Luiz Pompermayer  
Orientador: Gilberto de Martino Jannuzzi  
Co-Orientador: Reinaldo Charnet**

Curso: Planejamento de Sistemas Energéticos

Dissertação de mestrado apresentada à comissão de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Planejamento de Sistemas Energéticos.

Campinas, 1996  
S.P. - Brasil



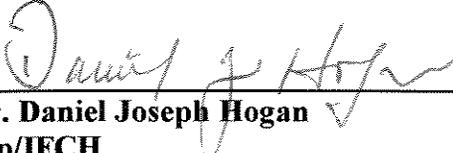
**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA  
SUB-COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PLANEJAMENTO  
DE SISTEMAS ENERGÉTICOS**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Conservação de Energia Elétrica Através da  
Racionalização do Uso Urbano de Água: Uma  
Análise das Possibilidades, Baseando-se na  
Cidade de Campinas-SP.**

Autor: **Máximo Luiz Pompermayer**  
Orientador: **Gilberto de Martino Jannuzzi**  
Co-Orientador: **Reinaldo Charnet**

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Gilberto de Martino Jannuzzi, Presidente**  
**Unicamp/FEM**

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Daniel Joseph Hogan**  
**Unicamp/IFCH**

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Dra. Lucila Labaki**  
**Unicamp/FEC**

Campinas, 16 de fevereiro de 1996.

Campinas, 16 de fevereiro de 1996.

**Dedicatória:**

Dedico este trabalho aos meus pais

## Agradecimentos

Este trabalho não teria sido elaborado, não fosse o auxílio de diversas pessoas e algumas entidades, às quais deixo aqui os meus sinceros agradecimentos:

Primeiramente, ao Prof. Dr. Gilberto de Martino Jannuzzi, pela escolha do tema e orientação exemplar.

Ao Prof. Dr. Reinaldo Charnet, pela contribuição indispensável à elaboração do quarto capítulo.

Aos Prfs. Dr. Daniel Joseph Hogan e Dra. Lucila Labaki, pelo exame minucioso e as valiosas sugestões.

A todos os professores do departamento, em especial, aos Profs. Dr. Arsênio Osvaldo Sevá Filho, Dr. Ennio Peres da Silva, Sérgio Valdir Bajay e Sinclair Mallet-Guy Guerra, pela contribuição na ampliação de meus conhecimentos, através das disciplinas ministradas.

Aos colegas e funcionários do departamento, em especial, à Ester, à Neusa e ao Rodrigues.

À Vanice, pelas sugestões e auxílio na escolha do material bibliográfico.

Aos colegas e amigos do curso, deste e de outros departamentos, pela confiança e amizade, no decorrer da elaboração deste trabalho: Alberto, André, Arsênio, Artur, Ayde, Bárbara, Barrreda, Camila, Cássia, Chan, Claudinei, Cleto, Cristiano, Ednildo, Eduardo, Francisco, Gilberto, Gilmar, Glacir, Gurgel, Hipólito, João Luís, Júlia, Lopes, Lourenço, Luís Fernando, Magnésio, Magri, Marcelo, Márcio, Marco, Maximino, Michel, Miriam, Mirko, Omar, Paulino, Rafael, Ricardo, Roberto, Rodolfo, Ronaldo, Sara, Sargento, Sérgio, Tomás, Valter, Vinícius.

À Unicamp, pela infraestrutura.

À CAPES, pelo apoio financeiro.

À Sanasa, de modo especial, a Clésio e Milton, pela concessão de dados e informações relativas ao abastecimento de água em Campinas, indispensáveis à elaboração deste trabalho.

À CPFL, pelo fornecimento de dados e informações relativas ao consumo de eletricidade no Município de Campinas.

*A vida é a arte de extrair conclusões suficientes de premissas insuficientes.*  
*Samuel Butler*

## Sumário

<b>Cap.1: Introdução.....</b>	<b>01</b>
1.1 Apresentação .....	01
1.2 Contextualização do Problema.....	02
1.3 Definição e Escopo do Trabalho .....	04
<b>Cap.2: Revisão Bibliográfica.....</b>	<b>07</b>
2.1 Introdução .....	07
2.2 Conservação de Energia Elétrica.....	08
2.2.1 Noções Gerais Sobre Conservação de Energia.....	08
2.2.2 A Política de Conservação de Energia Elétrica no Brasil.....	10
2.2.3 O Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica .....	11
2.3 Demanda e Conservação de Água.....	14
2.3.1 Considerações Iniciais .....	14
2.3.2 Estrutura do Consumo Urbano de Água .....	14
2.3.3 Estrutura do Consumo Residencial de Água .....	16
2.3.4 Elementos de Um Programa de Conservação de Água.....	19
2.3.5 O Preço como Um Incentivo à Conservação.....	20
2.3.6 Oportunidades e Medidas de Conservação de Água no Setor Residencial .....	28
2.3.6.1 Redução do Consumo em Aparelhos Sanitários e Equipamentos Domésticos.....	29
2.3.7 Aspectos Econômicos da Conservação de Água .....	35
2.3.7.1 Conservação de Energia a Partir da Conservação de Água.....	36
2.3.8 Planejamento e Gerenciamento da Demanda Residencial de Água.....	39
2.3.9 Relações Estruturais entre Demanda Residencial de Água e Fatores Sócio- Econômicos, Climáticos e Demográficos.....	41
<b>Cap.3: Análise da Evolução e da Estrutura do Consumo de Água e de Energia Elétrica no Município de Campinas .....</b>	<b>52</b>
3.1 Introdução .....	52
3.2 Evolução e Estrutura do Consumo de Água no Município de Campinas ....	53
3.2.1 Evolução do Consumo Total de Água em Campinas.....	53
3.2.2 Consumo de Água por Setor de Atividade.....	57
3.2.3 Análise Comparativa do Consumo de Água por Setor de Atividade.....	62

3.3	Evolução e Estrutura do Consumo de Energia Elétrica no Município de Campinas.....	66
3.3.1	Consideração Preliminares.....	66
3.3.2	Evolução do Consumo Total de Eletricidade no Município de Campinas .....	66
3.3.3	Consumo de Energia Elétrica por Setor de Atividade.....	71
3.3.4	Análise Comparativa do Consumo de Energia Elétrica por Setor de Atividade.....	75
3.4	Análise Comparativa do Consumo de Água e de Energia Elétrica .....	81
3.4.1	Consumo Total de Água <i>versus</i> Consumo Total de Eletricidade .....	81
3.4.2	Análise por Setor de Atividade .....	84
3.5	Resumo das Principais Conclusões do Capítulo .....	91

**Cap.4: Relações Estruturais entre Demanda de Água e de Energia Elétrica: a Influência de Fatores Sócio-Econômicos, Climáticos e Demográficos .....**

	<b>Demográficos .....</b>	<b>92</b>
4.1	Introdução .....	92
4.2	Descrição de Alguns Conceitos e Estatísticas a Serem Utilizadas .....	93
4.2.1	Análise de Regressão.....	93
4.2.2	Rgressão Linear Simples .....	94
4.2.3	Regressão Linear Múltipla.....	95
4.2.4	Outras Estatísticas a Serem Utilizadas Posteriormente.....	95
4.3	Consumo Residencial de Energia Elétrica <i>versus</i> Consumo Residencial de Eletricidade: Conjunto Habitacional "Parque Itajaí" .....	96
4.3.1	Análise Descritiva dos Dados .....	96
4.3.2	Ajuste do Consumo Residencial de Eletricidade, em Função do Consumo Residencial de Água .....	99
4.3.2.1	Considerações Preliminares .....	99
4.3.2.2	Modelo Linear Simples.....	100
4.3.2.3	Modelos Polinomias.....	104
4.4	Consumo de Energia Elétrica <i>versus</i> Consumo de Água: Município de Campinas .....	104
4.4.1	Análise de Forma Integral (Consumo Total) .....	105
4.4.2	Análise por Setor de Atividade .....	109
4.4.3	Análise Através de Índices Médios .....	114
4.5	A Influência de Fatores Sócio-Econômicos, Climáticos e Demográficos na Demanda de Água e de Energia Elétrica .....	116
4.5.1	Fatores Climáticos.....	116
4.5.2	Fatores Sócio-Econômicos e Demográficos.....	123

4.5.2.1	Análise Descritiva dos Dados .....	127
4.5.3	Regressão Linear: Consumo Residencial de Energia Elétrica <i>versus</i> Indicadores Sócio-Econômicos .....	140
4.5.4	Regressão Linear entre o Consumo Residencial de Água e os Demais Indicadores Analisados.....	145
4.6	Resumo das Principais Conclusões do Capítulo .....	149

**Cap.5: Avaliação das Possibilidades de Redução do Consumo de Energia Elétrica, a Partir da Redução do Consumo Urbano de Água e das Perdas Ocorridas no Sistema de Abastecimento..... 151**

5.1	Introdução .....	151
5.2	O Perfil do Sistema de Abastecimento Público de Água e Esgoto Sanitário no Brasil .....	152
5.3	Despesas e Investimentos no Sistema de Abastecimento de Água e Esgoto Sanitário.....	153
5.4	Estrutura do Sistema de Abastecimento Público de Água em Campinas.....	154
5.5	Consumo de Energia Elétrica para Fins de Abastecimento de Água e Esgoto Sanitário.....	155
5.6	Possibilidades de Redução do Consumo Residencial de Água.....	158
5.6.1	Vaso Sanitário.....	158
5.6.2	Outros Componentes.....	159
5.7	Estimativas de Redução do Consumo de Energia Elétrica, a Partir da Redução da Demanda Residencial de Água e das Perdas Ocorridas no Sistema de Abastecimento .....	161
5.7.1	Redução das Perdas de Distribuição .....	163
5.7.2	Redução da Demanda Residencial de Água.....	165
5.7.3	Redução Simultânea da Demanda Residencial de Água e das Perdas de Distribuição.....	167
5.8	Análise dos Resultados .....	169
5.9	Formas de se Aumentar a Eficiência e Racionalidade no Uso Urbano de Água .....	170

<b>Cap.6: Conclusões.....</b>	<b>174</b>
<b>Bibliografia.....</b>	<b>178</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>185</b>
IA: Consumo Residencial de Água (m <sup>3</sup> /Resid.Mês) Verificado no Período entre Julho de 1992 e Abril de 1993; Dados Relativos a 99 Residências do Conjunto Residencial “Parque Itajaí” - Município de Campinas .....	185
IB: Consumo Residencial de Energia Elétrica (kWh/Resid.Mês) Verificado no Período entre Julho de 1992 e Abril de 1993; Dados Relativos a 99 Residências do Conjunto Residencial “Parque Itajaí” - Município de Campinas.....	188
II: Consumo e Número de Consumidores de Água e de Energia Elétrica no Município de Campinas - Índices Mensais Relativos ao Total (Residencial, Industrial, Comercial e Público).....	191
IIIA: Consumo de Água por Setor de Atividade (m <sup>3</sup> ) - Município de Campinas.....	197
IIIB: Participação Relativa de Cada Setor no Consumo Total de Água (%).....	198
IIIC: Número de Consumidores de Água - Município de Campinas.....	199
IIID: Participação Relativa de Cada Setor no Total de Consumidores de Água (%).....	200
IIIE: Consumo Específico de Água por Setor de Atividade (m <sup>3</sup> /Cons.Mês).....	201
IIVA: Consumo de Energia Elétrica (MWh) por Setor - Município de Campinas.....	202
IIVB: Participação Relativa de Cada Setor no Consumo Final de Eletricidade (%).....	203
IIVC: Número de Consumidores de Energia Elétrica - Município de Campinas.....	204
IIVD: Participação Relativa de Cada Setor no Total de Consumid. de Eletricidade (%) .....	205
IIVE: Consumo Específico de Energia Elétrica por Setor (kWh/Cons.Mês).....	206
V: Dados Climáticos, Relativos ao Município de Campinas .....	207

## Lista de Quadros

### Capítulo 2

Quadro 2.1: Participação Relativa dos Setores Industrial e Residencial no Consumo Final de Energia Elétrica, em Algumas Regiões.....	7
Quadro 2.2: Taxas Anuais de Crescimento de Alguns Componentes do Setor Elétrico Brasileiro.....	10
Quadro 2.3: Metas e Resultados Obtidos pelo PROCEL, em 1988, em Conservação de Energia Elétrica (GWh).....	13
Quadro 2.4: Participação Relativa de Cada Setor de Atividade no Consumo Total de Água.....	16
Quadro 2.5: Estrutura do Consumo Residencial Interno de Água em Cinco Cidades Inglesas.....	17
Quadro 2.6: Estrutura do Consumo Residencial Interno de Água, em Quatro Diferentes Países - Litros Per Capita ao Dia ( <i>l/p.dia</i> ).....	17
Quadro 2.7: Estrutura de Consumo Residencial Interno de Água, Verificada no Estado da Califórnia e no Reino Unido.....	18
Quadro 2.8: Consumo Per Capita Diário de Água, em Diferentes Países.....	19
Quadro 2.9: Estrutura Tarifária do Setor Residencial - Cidade de Limeira-SP (1991).....	21
Quadro 2.10: Comparação das Contas D'Água de Quatro Diferentes Consumidores, Segundo a Estrutura Tarifária Praticada na Cidade de Limeira, em 1991 - Impactos da Conservação de Água na Conta D'Água Mensal.....	22
Quadro 2.11: Variações do Consumo Residencial de Água - Galões por Domicílio ao Dia ( <i>gal/dom.dia</i> ).....	23
Quadro 2.12: Consumo Per Capita Diário ( <i>gal/dom.dia</i> ), Segundo as Variações Sazonais da Demanda e a Influência do Fator Climático " <i>Precipitação</i> ".....	24

Quadro 2.13: Consumo de Água (gal/dom.dia) em Função do Preço Marginal e do Valor Comercial (Valor de Mercado) da Residência .....	26
Quadro 2.14: Mudanças na Demanda Residencial de Água com o Preço (40.000 Habitantes 10.000 Domicílios).....	26
Quadro 2.15: Elasticidade-Preço da Demanda Residencial de Água .....	27
Quadro 2.16: Elasticidade-Preço da Demanda Residencial de Água, Verificada em Alguns Países .....	27
Quadro 2.17: Volumes de Caixas de Descarga Típicas em Alguns Países.....	30
Quadro 2.18: Principais Características de Chuveiros Elétricos em Alguns Países .....	31
Quadro 2.19: Duração Média de Banhos, em Função do Nível de Consumo do Usuário .....	31
Quadro 2.20: Dados sobre o Uso de Máquinas de Lavar (Roupas e Louças), na Inglaterra e Escócia .....	32
Quadro 2.21: Reuso Interno de Água em Algumas das Maiores Indústrias Alemãs (1969).....	34
Quadro 2.22: Consumo Semanal de Água, por Uso Final ou Componente - Índices Verificados no Edifício em Consideração.....	36
Quadro 2.23: Consumo Semanal Per Capita (Litros por Ocupante do Edifício).....	37
Quadro 2.24: Economias de Água Alcançadas Através do Dispositivo "Spray Tap" .....	37
Quadro 2.25: Economia Anual, Segundo os Dispositivos de Conservação (US\$/Ano) .....	38
Quadro 2.26: Coeficientes de Regressão (Coeficiente Angular) entre Consumo Residencial de Água e Variáveis Sócio-Econômicas.....	43
Quadro 2.27: Coeficiente de Determinação ( $R^2$ ) na Regressão Simples entre a Variável "Consumo de Água" e Outros Quatro Fatores Seleccionados (1955).....	46
Quadro 2.28: Coeficiente de Regressão (Coeficiente Angular) na Regressão entre a Variável "Consumo de Água" e Outros Três Fatores Seleccionados (1955).....	47
Quadro 2.29: Coeficiente de Correlação entre a Variável "Consumo Residencial de Água" e os Demais Fatores Analisados.....	50

## Capítulo 3

Quadro 3.1: Consumo Total de Água e Número de Consumidores de Água - Município de Campinas (Jan/83 - Jul/94).....	53
Quadro 3.2: Índices Máximos, Médios e Mínimos de Consumo Específico Mensal de água ( $m^3/Cons.Mês$ ).....	55
Quadro 3.3: Consumo de Água, Número de Consumidores e Estimativa da População Residente - Município de Campinas.....	56
Quadro 3.4: Consumo, Número de Consumidores Residenciais, Consumo Específico e Participação Relativa (%) do Setor Residencial no Consumo Total de Água.....	59
Quadro 3.5: Consumo, Número de Consumidores Comerciais, Consumo Específico e Participação Relativa (%) do Setor Comercial no Consumo Total de Água.....	60
Quadro 3.6: Consumo, Número de Consumidores Industriais, Consumo Específico e Participação Relativa (%) do Setor Industrial no Consumo Total de Água.....	61
Quadro 3.7: Consumo, Número de Consumidores Públicos, Consumo Específico e Participação Relativa (%) do Setor Público no Consumo Total de Água.....	62
Quadro 3.8: Índices de Consumo Específico Mensal de Eletricidade ( $kWh/Cons.Mês$ ).....	69
Quadro 3.9: Consumo de Energia Elétrica, Número de Consumidores e População Residente - Município de Campinas.....	70
Quadro 3.10: Consumo, Número de Consumidores Residenciais, Consumo Específico e Participação Relativa (%) do Setor Residencial no Consumo Final de Energia Elétrica.....	71
Quadro 3.11: Consumo, Número de Consumidores Comerciais, Consumo Específico e Participação Relativa (%) do Setor Comercial no Consumo Final de Eletricidade.....	72
Quadro 3.12: Participação Relativa do Consumo Industrial de Energia Elétrica (%).....	73

Quadro 3.13: Consumo, Número de Consumidores Industriais, Consumo Específico e Participação Relativa (%) do Setor Industrial no Consumo Final de Eletricidade .....	74
Quadro 3.14: Consumo, Número de Consumidores Públicos, Consumo Específico e Participação Relativa (%) do Setor Público no Consumo Final de Eletricidade .....	75
Quadro 3.15: Coeficiente de Correlação entre Índices Mensais de Consumo de Energia Elétrica - Município de Campinas - Jan/91 a Jul/94 .....	77
Quadro 3.16: Participação Relativa de Cada Setor de Atividade, no Consumo e Número de Consumidores de Energia Elétrica - Índices Médios Mensais (%).....	80
Quadro 3.17: Consumo Específico Mensal por Setor de Atividade - Índices Médios Mensais ( <i>kWh/Cons.Mês</i> ) .....	82
Quadro 3.18: Índices (Padronizados) de Consumo de Água e de Eletricidade: Valores Médio, Máximo e Mínimo (Mês de Referência: Jan/83 = 100) .....	83

## Capítulo 4

Quadro 4.1: Índices Médios Mensais de Consumo Residencial de Água e de Energia Elétrica, Relativos a 99 Consumidores Analisados .....	97
Quadro 4.2: Índices de Consumo Residencial de Água e de Energia Elétrica Relativos a Cada Consumidor, Verificados no Período entre Jul/92 e Abr/93 .....	98
Quadro 4.3: Resultados da Regressão Entre as Variáveis “Água” e “Eletricidade” .....	103
Quadro 4.4. Resultados da Regressão entre Consumo de Água e Fatores Climáticos.....	121
Quadro 4.5: Relação e Descrição das Variáveis a Serem Utilizadas (Indicadores Sócio-Econômicos e Demográficos).....	125
Quadro 4.6: Índices de Consumo Mensal de Água e de Energia Elétrica e Outros Fatores Sócio-Econômicos e Demográficos de Alguns Municípios do Estado de São Paulo (1993) .....	126

Quadro 4.7: Correlação entre Índices de Consumo Residencial de Água e de Energia Elétrica <i>versus</i> Indicadores Sócio-Econômicos - Coeficiente de Correlação, R (%).....	138
Quadro 4.8: Resultados da Regressão Múltipla entre a Variável "Consumo Residencial de Energia Elétrica" e Outros Fatores Condicionantes .....	142
Quadro 4.9: Síntese dos Resultados da Regressão "Stepwise", entre a Variável Consumo de Energia Elétrica e os Demais Indicadores Considerados.....	143
Quadro 4.10: Resultados da Regressão Múltipla entre a Variável "Consumo de Energia Elétrica" e os Fatores: Índice de Aptos. (IA), Número de Pessoas por Domicílio (NP), Índice de Emprego (IE) e Taxa de Urbanização (TU).....	144
Quadro 4.11: Ajuste do Consumo Residencial de Energia Elétrica em Função do Grau de Urbanização, do Tipo de Domicílio, do Índice de Empr. e do Nº de Pessoas por Domicílio .....	145
Quadro 4.12: Resultados da Regressão Linear entre Consumo Residencial de Água e Indicadores Sócio-Econômicos e Demográficos.....	146
Quadro 4.13: Síntese dos Resultados da Regressão "Stepwise" entre a Variável Consumo de Água e os Demais Indicadores Analisados.....	147
Quadro 4.14: Resultados da Regressão Linear entre Consumo Residencial de Água e as Variáveis Preditoras CE (Consumo de Eletricidade) e DD (Densidade Demográfica) .....	147
Quadro 4.15: Resultados da Regressão Linear entre a Variável " Água" e as Variáveis Preditoras MG (Mortalidade Geral), TU (Taxa de Urbanização) e DD (Densidade Demográfica ).....	148
Quadro 4.16: Ajuste do Consumo de Água em Função do Índice de Mortalidade Geral, do Grau de Urbanização e da Densidade Demográfica .....	149

## Capítulo 5

Quadro 5.1: Índices de Abastecimento Urbano de Água e Esgotamento Sanitário, em Alguns Estados Brasileiros - 1993 .....	152
Quadro 5.2: Movimento Financeiro da Sabesp - Despesas Operacionais Correspondentes ao Ano de 1992.....	153
Quadro 5.3: Movimento Financeiro da Sabesp - Investimentos Realizados - 1992 .....	154
Quadro 5.4: Estrutura do Sistema de Abastecimento Público de Água em Campinas, em Termos de Volumes e Perdas Ocorridas (1.000 m <sup>3</sup> ) .....	155
Quadro 5.5: Energia Elétrica Destinada ao Sistema de Abastecimento Público de água e Esgotamento Sanitário - Município de Campinas.....	157
Quadro 5.6: Estimativa da População Residente, Volumes Produzido e Consumido, e Perdas Ocorridas no Sistema de Abastecimento Público de Água - 1993.....	162
Quadro 5.7: Consumo de Energia Elétrica (Total, Residencial e para Fins de Abastecimento Público de Água e Serviços de Esgoto Sanitário) - 1993 .....	162
Quadro 5.8: Novos Volumes de Água Considerados, Segundo Uma Redução de 50% nas Perdas de Distribuição .....	163
Quadro 5.9: Economias de Água e de Energia Elétrica, Proporcionadas pela Redução de 50% nas Perdas de Distribuição .....	163
Quadro 5.10: Índices de Economias de Eletricidade, Proporcionados pela Redução nas Perdas de Distribuição - Valores Relativos ao Consumo Final de Energia Elétrica (%).....	164
Quadro 5.11: Economias de Energia Elétrica, Proporcionadas pela Redução de 25% na Demanda Residencial de Água.....	165
Quadro 5.12: Índices de Economias de Energia Elétrica, em Função da Redução na Demanda Residencial de Água - Valores Relativos ao Consumo Final (%).....	166
Quadro 5.13: Novos Volumes de Água Considerados, Segundo Uma Redução de 25% na Demanda Residencial de Água e de 50% nas Perdas de Distribuição .....	167

Quadro 5.14: Economias de Água e de Energia Elétrica, Proporcionadas pela Redução de 25% na Demanda Residencial de Água e de 50% nas Perdas de Distribuição.....	167
Quadro 5.15: Economias Indiretas de Energia Elétrica, Proporcionadas pela Redução da Demanda Residencial de Água e do Índice de Perdas Ocorridas no Sistema - Valores Relativos ao Consumo Final de Eletricidade (%)......	168
Quadro 5.16: Comparação entre Equipamentos Convencionais e Eficientes (Vazão/Volume).....	169
Quadro 5.17: Comparação entre Equipamentos Convencionais e Eficientes (Economias Anuais de Água e de Energia Elétrica Proporcionadas Pela Substituição).....	170
Quadro 5.18: Comparação de Tarifas Residenciais (Sabesp x Saned) - Agosto de 1995 .....	172

## Resumo

POMPERMAYER, Máximo Luiz, *Conservação de Energia Elétrica Através da Racionalização do Uso Urbano de Água: Uma Análise das Possibilidades, Baseando-se na Cidade de Campinas*, Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 1995. 207 p. Tese (Mestrado).

Neste trabalho, investiga-se as possibilidades de economias indiretas de eletricidade, proporcionadas pela racionalização do consumo urbano de água. Inicialmente, verifica-se as possibilidades e oportunidades de redução do consumo urbano de água, através de uma revisão e análise de estudos sobre conservação de água no setor residencial. Em seguida, investiga-se as relações estruturais entre demanda de água e de energia elétrica e suas inter-relações com outros fatores condicionantes, tais como, fatores climáticos e indicadores sócio-econômicos e demográficos. Para isso, utiliza-se modelos de regressão linear, baseando-se em séries temporais de dados (relativos ao Município de Campinas) e em séries espaciais (alguns municípios do Estado de São Paulo).

Posteriormente, faz-se uma avaliação dos impactos da conservação de água na conservação de energia elétrica, à luz dos resultados anteriores e algumas considerações adicionais necessárias à análise. Para tanto, considera-se o Município de Campinas, onde se analisa a produção, o consumo de água e o uso de energia elétrica para fins de abastecimento público de água e esgotamento sanitário. Baseando-se nesses dados e no volume de água produzido em 331 municípios do Estado de São Paulo, faz-se uma estimativa da produção e do consumo residencial de água, para a Região Administrativa de Campinas, para o Estado de São Paulo e para o Brasil. A partir desses dados, faz-se algumas simulações sobre índices potenciais de redução da demanda residencial de água e de perdas ocorridas no sistema de distribuição, analisando-se os seus impactos na conservação de energia elétrica. Os resultados são analisados em termos de economias de eletricidade e algumas considerações sobre a viabilidade econômica dessas medidas são discutidas.

## Abstract

POMPERMAYER, Máximo Luiz, *Conservação de Energia Elétrica Através da Racionalização do Uso Urbano de Água: Uma Análise das Possibilidades, Baseando-se na Cidade de Campinas*, Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 1995. 207 p. Tese (Mestrado)

This research analyses the possibilities of indirect electricity savings, through rational using of water. To achieve this objective, firstly, the possibilities and oportunities of water savings are verified, through the review and analisys of studies on residential water conservation. After this, the structural relations between water and eletricity demand and its inter-relations with other conditional factors such as climate and socio-economical indicators are investigated by using linear regression models. These models were based on time-series data of Campinas city and cross-sectional data of some others cities of São Paulo state.

An analysis of the impacts of water conservation in electrical energy saving is made based on previous results and some additional considerations needed for the analysis. For this analysis the Campinas city is considered, where it is analised the production and consumption of water and use of eletrical energy for public supply of water and sanitary sewerage. From this data and the volume of water produced in 331 cities of São Paulo state it was made an evaluation of the household production and consumption of water for Campinas Region, São Paulo state and Brazil. From this data it is made some simulations on household demand reduction and distribution loss, analising its impacts on electrical energy conservation. The results are analised in terms of eletricity savings and some considerations on economical feseability of those measures are discussed.

## Lista de Figuras

### Capítulo 2

- Fig. 2.1: Diagrama Esquemático do Consumo Urbano de Água..... 15
- Fig. 2.2: Consumo Residencial de Água ( $m^3/Res.Mês$ ) - Redução da Demanda como Efeito da Medição (Preço)..... 25

### Capítulo 3

- Fig. 3.1: Evolução do Consumo e do Número Total de Consumidores de Água no Município de Campinas (Jan/83 a Jul/94)..... 54
- Fig. 3.2: Índices de Consumo Específico Mensal de Água ( $m^3/Cons.Mês$ )..... 55
- Fig. 3.3: Consumo e Número de Consumidores de Água por Setor de Atividade ..... 63
- Fig. 3.4: Consumo de Água por Setor de Atividade (Índices Padronizados: Jan/91=100)..... 64
- Fig. 3.5: Número de Consumidores de Água por Setor de Atividade (Índices Padronizados: Jan/91=100)..... 65
- Fig. 3.6: Consumo Específico Mensal de Água por Setor de Atividade (Índices Padronizados: Jan/91=100)..... 66
- Fig. 3.7: Evolução do Consumo Total e do Número de Consumidores de Energia Elétrica, no Município de Campinas (Jan/83 a Jul/94) ..... 67
- Fig. 3.8 Índices de Consumo Específico Mensal de Energia Elétrica ( $kWh/Cons. Mês$ )..... 68
- Fig. 3.9: Evolução do Consumo de Eletricidade por Setor de Atividade (Campinas)..... 76
- Fig. 3.10: Consumo Total de Energia Elétrica por Setor de Atividade (Índices Padronizados, Jan/91 = 100)..... 77

Fig. 3.11:	Participação Relativa de Cada Setor de Atividade no Consumo Total Energia Elétrica .....	78
Fig. 3.12:	Consumidores de Energia Elétrica por Setor de Atividade (Índices Padronizados: Jan/91 = 100).....	79
Fig. 3.13:	Consumo Total de Água e de Energia Elétrica - Município de Campinas (Índices Padronizados: Jan/83 = 100) .....	81
Fig. 3.14:	Número de Consumidores de Água e de Energia Elétrica - Índices Padronizados.....	83
Fig. 3.15:	Consumo Específico Mensal de Água e de Energia Elétrica - Índices Padronizados (Jan/83 = 100) .....	84
Fig. 3.16:	Consumo de Água e de Energia Elétrica (Índices Padronizados).....	86
Fig. 3.17:	Consumidores de Água e de Energia Elétrica , por Setor de Atividade (Índices Padronizados: Jan/91= 100) .....	88
Fig. 3.18:	Consumo Específico Mensal de Água e de Energia Elétrica, por Setor de Atividade (Índices Padronizados).....	90

## Capítulo 4

Fig. 4.1:	Consumo Mensal de Energia Elétrica, Segundo o Nível de Consumo Mensal de Água - Índices Médios Verificados entre Jul/92 e Abr/93 .....	98
Fig. 4.2:	Ajuste do Consumo Residencial de Energia Elétrica em Função do Consumo Residencial de Água (1º Caso) .....	100
Fig. 4.3:	Gráfico dos Resíduos da Regressão (1º. caso).....	101
Fig. 4.4:	Ajuste do Consumo Residencial de Energia Elétrica em Função do Consumo de Água (2º. Caso).....	102
Fig. 4.5:	Gráfico dos Resíduos da Regressão (2º. caso).....	102
Fig. 4.6:	Índices Mensais de Consumo de Energia Elétrica, Segundo o Consumo de Água (Jan/83 a Jul/94).....	105

Fig. 4.7:	Ajuste do Consumo de Energia Elétrica, Segundo o Consumo de Água (1º Caso) .....	106
Fig. 4.8:	Gráfico dos Resíduos (1º Caso) .....	107
Fig. 4.9:	Ajuste do Consumo de Energia Elétrica, Segundo o Consumo de Água (2º Caso) .....	108
Fig. 4.10:	Consumo de Energia Elétrica, Segundo o Consumo de Água (Jan/91 a Jul/94).....	109
Fig. 4.11:	Consumo Total de Água e de Energia Elétrica (Índices Mensais).....	110
Fig. 4.12:	Consumo Mensal de Água e de Energia Elétrica, por Setor de Atividade .....	111
Fig. 4.13:	Índices de Consumo Específico Mensal de Água e de Energia Elétrica, por Setor de Atividade.....	113
Fig. 4.14:	Índices Médios de Consumo de Água e de Eeltricidade, por Setor de Atividade.....	115
Fig. 4.15:	Índices Padronizados de Consumo Específico Mensal de Energia Elétrica <i>versus</i> Temperatura Ambiente (Média das Máximas) .....	117
Fig. 4.16:	Índices Padronizados de Consumo Específico Mensal de Energia Elétrica <i>versus</i> Insolação (Horas Diárias de Sol).....	117
Fig. 4.17:	Consumo Específico Mensal de Água <i>versus</i> Temperatura Ambiente (°C).....	118
Fig. 4.18:	Índices Padronizados de Consumo Específico Mensal de Água <i>versus</i> Insolação.....	119
Fig. 4.19:	Consumo Específico Mensal de Água (Índ. Padr.) <i>versus</i> Precipitação (mm).....	119
Fig. 4.20:	Consumo Mensal de Água e de Energia Elétrica (Índices Padronizados) <i>versus</i> Valor Adicionado Per Capita (Mil CR\$/Hab).....	128
Fig. 4.21:	Consumo Mensal de Água e de Energia Elétrica <i>versus</i> Renda Mensal do Chefe do Domicílio.....	130
Fig. 4.22:	Consumo Residencial de Água e de Energia Elétrica <i>versus</i> Índice de Emprego .....	131

Fig. 4.23:	Consumo Mensal de Água e de Energia Elétrica <i>versus</i> Taxa de Urbanização .....	131
Fig. 4.24:	Consumo Mensal de Água e de Energia Elétrica <i>versus</i> Densidade Demográfica (Hab/km <sup>2</sup> ).....	132
Fig. 4.25:	Consumo Residencial de Água e de Energia Elétrica <i>versus</i> Tipo de Domicílio - Percentual de Apartamentos em Relação ao Número Total de Domicílios.....	133
Fig. 4.26:	Consumo Mensal de Água e de Energia Elétrica <i>versus</i> Número de Pessoas por Domicílio .....	135
Fig. 4.27:	Consumo Mensal de Água e de Energia Elétrica <i>versus</i> Mortalidade Infantil.....	136
Fig. 4.28:	Consumo Residencial de Água e de Energia Elétrica <i>versus</i> Mortalidade Geral.....	137
Fig. 4.29:	Consumo Residencial de Energia Elétrica (kWh/Hab.Mês) <i>versus</i> Consumo Residencial de Água (m <sup>3</sup> /Hab.Mês) .....	140
Fig. 4.30:	Ajuste do Consumo de Energia Elétrica, Segundo o Grau de Urbanização, o Índice de Aptos., o Índice de Emprego e o N <sup>o</sup> de Pessoas por Domicílio.....	144
Fig. 4.31:	Ajuste do Consumo de Água, Segundo o Grau de Urbanização, o Índice de Mortalidade Geral e a Densidade Demográfica.....	148

## Capítulo 5

Fig. 5.1:	Índices de Economia de Energia Elétrica <i>versus</i> Índices de redução das perdas de distribuição - Índices Relativos ao Consumo Final de Eletricidade .....	165
Fig. 5.2:	Índices de Economia de Energia Elétrica Proporcionadas pela Redução da Demanda Residencial de Água - Índices Relativos ao Consumo Final de Eletricidade .....	166

Fig. 5.3: Economias Indiretas de Energia Elétrica, Proporcionadas pela Redução da Demanda Residencial de Água e do Índice de Perdas Ocorridas no Sistema - Valores Relativos ao Consumo Final de Eletricidade (%)..... 168

## Nomenclatura

### *Letras Latinas*

- F Estatística ou Teste F (F-value)
- R Coeficiente de correlação
- R<sup>2</sup> Coeficiente de determinação
- t Estatística ou Teste t (t-value)
- X Variável dependente
- Y Variável independente (regressora)

### *Letras Gregas*

- $\alpha$  Coeficiente linear (intercepto)
- $\beta$  Coeficiente angular (coeficiente de regressão)

### *Abreviações*

- CA: Consumo de Água
- CE: Consumo de eletricidade
- C.V.: Coeficiente de variação
- DD: Densidade demográfica
- E.S.P.: Estado de São Paulo
- Fc: Fator de capacidade (geração de energia elétrica)
- GW: Gigawatt
- GWh: Gigawatt-hora
- IA: Índice de apartamentos (porcentagem de apartamentos)
- IE: Índice de emprego
- kW: Quilowatt
- kWh: Quilowatt-hora
- M.C.: Município de Campinas

Máx.:	Valor máximo
Méd.:	Valor médio
MG:	Mortalidade geral
MI:	Mortalidade infantil
Mín.:	Valor mínimo
MW:	Megawatt
MWh:	Megawatt-hora
NP:	Número de pessoas por domicílio
R.A.:	Região Administrativa
R.A.C.:	Região Administrativa de Campinas
R.G.:	Região de Governo
R.M.S.P.:	Região Metropolitana de São Paulo
RC:	Renda do chefe do domicílio
TU:	Taxa de urbanização
TW:	Terawatt
TWh:	Terawatt-hora
VA:	Valor adicionado

### *Siglas*

BEN:	Balanco Energético Nacional
CABES:	Catálogo Brasileiro de Engenharia Sanitária
Casan:	Companhia Catarinense de Água e Saneamento
CESP:	Companhia Energética de São Paulo
Copasa:	Companhia de Saneamento de Minas Gerais
Corsan:	Companhia Riograndense de Saneamento
CPFL:	Companhia Paulista de Força e Luz
Eletropaulo:	Eletricidade de São Paulo
IAC:	Instituto Agrônomo de Campinas
IBAM:	Instituto Brasileiro de Administração Municipal
IBGE:	Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Procel:	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
Sabesp:	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
Sanasa:	Sociedade de Abastecimento e Saneamento S.A.
Saned:	Companhia de Saneamento de Diadema
Sanepar:	Companhia de Saneamento do Estado do Paraná
SEADE:	Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados
SID:	Social Indicators of Development
WRI:	World Resources Institute

# Capítulo 1

## Introdução

### 1.1 - Apresentação

Muito se sabe sobre potenciais e oportunidades de redução dos desperdícios de recursos naturais, notadamente, daqueles em crescente escassez, como recursos hídricos e energéticos. No entanto, pouco se tem feito, efetivamente, nesse sentido.

Sabe-se também, que num futuro muito próximo, sérios problemas terão de ser enfrentados, diante das limitações desses recursos. Não se pode negar ainda, que todo progresso e avanço tecnológico, no sentido de melhorar o nosso conforto e bem-estar social, está, direta ou indiretamente, condicionado a essas limitações.

Num país em desenvolvimento, como o nosso, ainda em busca da prosperidade e já com sérios problemas de escassez de recursos naturais, em várias regiões, todo e qualquer esforço direcionado à eficiência e racionalidade no uso e exploração desses recursos deve ser acatado.

Dada a relevância dos recursos hídricos e energéticos nesse processo de desenvolvimento e as suas inter-relações, além das características sócio-econômicas e geográficas de nossa região (Região de Campinas e outras circunvizinhas), nossa preocupação e interesse, nesse trabalho, diz respeito à água e à energia elétrica.

Várias são as formas e medidas possíveis de redução do consumo de energia elétrica, tendo em vista o seu uso largamente difundido nas mais diversas atividades humanas e as suas formas de utilização. Vários são, também, os fatores e agentes que, de uma forma ou de outra, estão envolvidos nesta questão.

Muito se tem feito no campo da conservação de energia elétrica (pelo menos em nível acadêmico e metodológico), notadamente, nos setores residencial e industrial. Por outro lado, isto é, em relação à conservação de água, apesar da luta e do esforço de alguns pesquisadores do assunto, há muito mais o que se fazer. Quando se trata, então, da intersecção entre as duas questões, isto é, de programas integrados de conservação de água e de energia elétrica (ou eventualmente outro energético), com exceção a alguns poucos trabalhos específicos em

determinados usos finais, como, por exemplo, aquecimento elétrico de água, praticamente nada se tem feito.

Neste contexto, procuramos direcionar nosso trabalho à investigação das inter-relações entre consumo de água e de energia elétrica<sup>1</sup> e suas implicações com outros fatores condicionantes (tais como indicadores sócio-econômicos e demográficos). Nosso objetivo maior é investigar as possibilidades de implantação de programas integrados de conservação de água e de energia elétrica. Isto é, verificar as possibilidades e oportunidades de redução do consumo de energia elétrica, a partir de programas e medidas de conservação de água.

Assim, esperamos contribuir, mesmo que modestamente, nas duas áreas (conservação de água e de energia elétrica), além de reunir informações que possibilitem a integração entre as mesmas, no sentido de melhorar a eficiência e a racionalidade no uso desses indispensáveis recursos.

## 1.2 - Contextualização do Problema

Água e energia elétrica têm sido, nos últimos anos, fatores indispensáveis à evolução e ao bem-estar social de toda comunidade política e economicamente organizada. Apesar disso, não se tem dado o interesse e a atenção que merecem.

O rápido e desordenado crescimento urbano e demográfico da grande maioria dos países em desenvolvimento tem exigido muito mais do que se tem feito, em relação às condições de infra-estrutura, transporte, habitação, serviços de energia elétrica e saneamento básico. O resultado disso são "*os vergonhosos índices de insalubridade ambiental que ostentamos*" [FNU-CUT, 1995], e os péssimos indicadores de saúde pública, como, por exemplo, índices de mortalidade infantil, que colocam o país como um dos piores da América Latina [WORLD BANK, 1990].

A reversão desse quadro exigirá (a médio e longo prazos) vultosos investimentos e grandes esforços na busca da eficiência e racionalidade de recursos destinados a esse fim.

Em 1950, éramos, no mundo todo, cerca de 2,4 bilhões de habitantes. Desse total, 1,6 bilhões em países em desenvolvimento (66,6%). Hoje (1995), somos em torno de 5,6 bilhões, sendo que 4,5 bilhões vivem em países em desenvolvimento (80,36%). As estimativas para o ano 2050 são de aproximadamente 10 bilhões de habitantes em todo o planeta, dos quais 8,6

---

<sup>1</sup> Entenda-se como "*consumo*" de água e de energia elétrica o uso e/ou aplicação desses recursos.

bilhões (86%) em países menos desenvolvidos [UNITED NATIONS, 1994]. Isso significa que, caso medidas eficazes de reversão desse quadro não sejam tomadas, a situação tende ainda a piorar, no futuro.

Segundo o Catálogo Brasileiro de Engenharia Sanitária, em dezembro de 1992, cerca de 33,3% da população brasileira não tinha acesso ao abastecimento público de água e apenas 30,9% dispunham de serviços de esgotamento sanitário. Apesar dessa situação, os investimentos nesse setor têm sido, paulatinamente, reduzidos<sup>2</sup>, por falta de recursos e/ou de uma política integrada de saneamento básico, transporte, habitação, energia, etc. [CABES XVII, 1992].

Paralelamente, o setor elétrico brasileiro, apesar de ter características nitidamente melhores do que as do setor de saneamento básico (pelo menos em termos de eficiência e nível de atendimento à população), se encontra também em situação complicada. Isto, em face às limitações de recursos destinados a sua expansão, além do esgotamento das principais fontes convencionais de energia e a grande dívida acumulada, ao longo dos últimos anos.

Sabe-se também, que diante da atual situação sócio-econômica e demográfica da grande maioria dos países em desenvolvimento, em particular do Brasil, pesados investimentos deverão ser feitos no campo desses recursos (água e energia elétrica), visando a expansão do setor e o atendimento satisfatório da demanda. A necessidade decorre do grande potencial de crescimento urbano, econômico e demográfico dessas regiões, em função de vários fatores, dentre esses, a demanda reprimida e a frugalidade de seus consumidores. Por exemplo, cerca de 3,3% da população brasileira de maior poder aquisitivo consome tanta energia quanto os 56,7% mais pobres [JANNUZZI, 1991]. Nos países desenvolvidos, o consumo per capita de energia primária era, em 1980, cerca de 6,3 kWh; nos demais, apenas 1 kWh [GOLDEMBERG, 1985]. Ainda neste contexto, cerca de 70% de toda a energia primária no mundo é consumida por apenas 25% da população [GRAÇA, 1990].

Todos os países têm buscado melhores condições de vida. E isso tem significado, de modo geral, um aumento no consumo per capita de energia, principalmente em relação à energia elétrica. As estimativas (mais otimistas) de esgotamento das reservas de petróleo são de aproximadamente 5 décadas (2050). As projeções da população mundial para esse ano são de 10 bilhões de habitantes. E ainda hoje, cerca de 85% de toda energia consumida no mundo é de origem essencialmente fóssil.

---

<sup>2</sup> Entre 1968 e 1991, os investimentos foram, em média, de US\$ 530 milhões anualmente. Entre 1991 e 1993, reduziram-se a US\$ 150 milhões apenas.

Segundo GOLDEMBERG (1985), "*mesmo um crescimento modesto do consumo energético apresenta formidáveis desafios*". Imagine-se, agora, a substituição do petróleo e seus derivados por outras fontes alternativas, com 10 bilhões de pessoas requerendo o mesmo nível de consumo de energia verificado nos países mais desenvolvidos.

### 1.3 - Definição e Escopo do Trabalho

Estudos indicam que são grandes os potenciais de conservação, tanto de água, quanto de energia elétrica. Porém, estes geralmente se referem à questão de forma isolada (i.é., considerando-se os dois recursos separadamente).

Nossa preocupação, conforme já mencionada anteriormente, é nesse sentido, porém, de forma integrada. Isto é, quais as implicações da redução do consumo de água na demanda (ou consumo) de energia elétrica. É saber se existe e, caso exista, quais são as possibilidades e oportunidades de economias de energia elétrica, advindas da redução do consumo de água. Saber quais são as relações estruturais entre demanda de água e de energia elétrica e as suas inter-relações com outros fatores condicionantes.

É difícil, entretanto, saber, efetivamente, até que ponto conservar água significa conservar energia. Pois são várias as suas formas de utilização, variando de um setor (ou região) para outro(a). No entanto, sabe-se que, além de alguns usos finais que utilizam concomitantemente água e eletricidade (como, por exemplo, em sistemas de aquecimento elétrico de água), existe uma quantidade apreciável de energia elétrica destinada exclusivamente ao abastecimento público de água.

Na área de concessão da ELETROPAULO (Eletricidade de São Paulo S/A), onde está inserida a Região Metropolitana de São Paulo, em 1989, cerca de 4% de toda a energia elétrica consumida foi destinada a essa finalidade [CESP, 1989]. Na área de concessão da CESP (Companhia Energética de São Paulo), segundo esta mesma fonte, este índice foi de 6,6%. Em nível nacional este índice é, atualmente, em torno de 3% [GONÇALVES, 1995]. Valor esse equivalente à energia elétrica destinada à iluminação pública, que significa, em todo o país, cerca de 8 milhões de MWh, anualmente. Ou seja, em termos de potência instalada, 1.800 MW ( $F_c = 50\%$ ), o que custaria hoje em torno de US\$ 7 bilhões<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup> 1 kW = US\$ 3.500,00.

Considerando-se que existem, em nível nacional, perdas (físicas e administrativas)<sup>4</sup> da ordem de 42% no sistema de abastecimento público de água, apenas a redução de 50% dessas perdas (o que não é somente viável, mas altamente desejável), significaria uma economia anual da ordem de 1,9 milhões de MWh; ou seja, cerca de 450 MW de potência evitada, ou uma economia anual da ordem de US\$ 1,6 bilhões, além de diversos outros benefícios sócio-econômicos e ambientais.

### 1.3.1 - Escopo do Trabalho

Inicialmente, isto é, no Capítulo 2, descreveremos a problemática da conservação de água, seus potenciais e oportunidades de conservação, além de suas implicações e restrições. De forma bem mais resumida, será abordada a questão da conservação de energia, notadamente, eletricidade, em nível nacional, baseando-se essencialmente, na política de conservação de energia elétrica, segundo a metodologia e os objetivos do Procel (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica)<sup>5</sup>.

No Capítulo 3, analisaremos a evolução e a estrutura do consumo de água e de energia elétrica, por setor de atividade (residencial, comercial, industrial e público), utilizando-se, como região de estudo, o Município de Campinas. A finalidade aqui é caracterizar a demanda de água e de energia elétrica, no referido município, bem como verificar as possíveis relações entre ambas as variáveis ("água" e "eletricidade"), suas tendências e inter-relações com outros fatores condicionantes (tais como indicadores sócio-econômicos e demográficos). Para isso utilizaremos duas séries mensais de dados relativos ao consumo e ao número de consumidores de água e de eletricidade, sendo uma, a qual apresenta as respectivas variáveis em termos de consumo final (i.é., sem a desagregação por setor de atividade) correspondente ao período compreendido entre janeiro de 1983 e julho de 1994; a outra, com dados desagregados por setor de atividade, contempla o período entre janeiro de 1991 e julho de 1994.

No quarto capítulo, investigaremos as possíveis relações estruturais entre demanda de água e de energia elétrica, bem como a influência de fatores externos (fatores sócio-econômicos, climáticos e demográficos) na demanda desses recursos. A análise será feita em três seções, utilizando-se, na primeira, dados de consumo residencial de água e de energia elétrica, relativos a um conjunto residencial da Cidade de Campinas. Na segunda seção, estende-se a análise para os demais setores de atividade, com dados relativos ao Município de

---

<sup>4</sup> As perdas físicas referem-se a vazamentos nas tubulações e reservatórios; as perdas administrativas a fraudes, erros de leitura e outros mecanismos.

<sup>5</sup> É dada maior ênfase aos aspectos ligados à conservação de água, por se ter como objetivo a conservação de energia elétrica, a partir da conservação de água.

Campinas e, finalmente, analisa-se, simultaneamente, o comportamento de ambas as variáveis (água e energia elétrica) em resposta às variações de indicadores sócio-econômicos, climáticos e demográficos; utilizando-se, para isso, de um modelo de regressão linear múltipla, o qual envolve municípios de várias regiões do Estado de São Paulo. Para isso, utilizaremos, como ferramenta básica de análise, a técnica e os recursos da regressão estatística, que contempla, basicamente, modelos lineares (regressão linear).

No Capítulo 5, analisaremos, em termos quantitativos, as possibilidades de redução do consumo de energia elétrica, a partir da redução do consumo urbano de água e das perdas ocorridas no sistema de abastecimento, baseando-se nos dados relativos ao Município de Campinas (fornecidos pela Sanasa - Sociedade de Abastecimento e Saneamento S/A) e os municípios operados pela Sabesp (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo). Ainda neste contexto, faz-se inicialmente, um diagnóstico da atual situação do sistema de abastecimento público de água, em nível nacional e em alguns estados brasileiros, focalizando-se índices de atendimento à população e algumas perspectivas do setor, a curto e médio prazos, em termos de investimentos previstos e realizados. Em seguida analisa-se a estrutura do sistema de abastecimento público de água em Campinas, visando verificar as perdas ocorridas no sistema e o consumo de eletricidade destinado essencialmente à operação do sistema. Baseando-se nos dados fornecidos pela Sanasa e pela Sabesp, faz-se então algumas estimativas do volume produzido e das perdas ocorridas no sistema, envolvendo-se também (além do Município de Campinas) a Região Administrativa de Campinas, o Estado de São Paulo e o Brasil. A partir daí, faz-se então algumas simulações, considerando-se possíveis reduções nas perdas de água ocorridas no sistema, bem como em relação à redução da demanda residencial de água e suas implicações na demanda de energia elétrica, como forma indireta de conservação.

No sexto e último capítulo, resgataremos os principais objetivos desta dissertação, a fim de que possamos compará-los aos resultados obtidos, bem como as formas pelas quais foram conseguidos, e as principais conclusões do trabalho.

## Capítulo 2

### Revisão Bibliográfica

#### 2.1 - Introdução

Conforme já comentado anteriormente, vários estudos têm sido feitos no campo da conservação de energia elétrica, sendo dada atenção especial ao setor industrial, tendo em vista o seu grande potencial de conservação, o que decorre basicamente de sua expressividade na participação relativa do consumo final (cerca de 50%, em nível nacional).

O segundo maior setor de atividade, em termos de consumo de energia elétrica, é o residencial; com uma participação relativa da ordem de 25%, apresentando, também, grandes potenciais de conservação.

O que se tem verificado, também, é um aumento da participação relativa do setor residencial, em detrimento ao industrial, conforme se pode verificar no Quadro 2.1, a seguir.

**Quadro 2.1: Participação Relativa dos Setores Industrial e Residencial no Consumo Final de Energia Elétrica, em Algumas Regiões (%).**

Região	Setor de Atividade			
	Industrial		Residencial	
	1980	1992	1980	1992
Brasil	55,57	50,49	18,96	22,62
E. S. P. (1)	56,53	50,15	20,19	24,65
R.A.C. (2)	64,20	60,24	15,31	19,58
Campinas	50,47	45,18	21,96*	28,47

\* *Corresponde ao ano de 1983.*

(1): Estado de São Paulo; (2): Região Administrativa de Campinas.

FONTES: CPFL, CESP e BEN<sup>6</sup>

Embora o trabalho esteja efetivamente preocupado com a conservação de energia elétrica, a partir de medidas e métodos de redução do consumo urbano de água, descreve-se

<sup>6</sup> Balanço Energético Nacional.

inicialmente (seção 2.2), alguns aspectos relevantes da política de conservação de energia elétrica no Brasil, a fim de que se possa compreender a sua necessidade e importância, como forma estratégica de planejamento e gerenciamento da demanda.

Logo em seguida (seção 2.3), faz-se um levantamento bibliográfico dos principais estudos no campo da conservação de água, cuja finalidade é caracterizar o consumo urbano de água (essencialmente doméstico), em termos de estrutura de consumo por uso final (componente), de modo que se possa investigar as possibilidades de redução da demanda, através de medidas racionais de conservação. Ainda nesse sentido, busca-se identificar os principais elementos de um programa de conservação de água e suas inter-relações com outros fatores condicionantes (tais como fatores climáticos e indicadores sócio-econômicos e demográficos).

## **2.2 - Conservação de Energia Elétrica**

### **2.2.1 - Noções Gerais sobre Conservação de Energia**

O termo "*Conservação de Energia*", apesar do consenso entre os diversos analistas e planejadores do setor energético, tem diferentes sentidos entre diferentes usuários e circunstâncias. Para os primeiros, associa-se ao uso eficiente e racional da energia; para os últimos, significa, em geral, poupança, economia, enfim, redução do consumo, sem muita preocupação com a racionalidade e eficiência de tais medidas. Há outros que até mesmo contestam o uso desse termo, em qualquer dos sentidos acima mencionados. Isto, em função da Primeira Lei da Termodinâmica, que garante a "*conservação de energia*" em qualquer processo. Por extensão, nesse sentido, até mesmo o termo "*consumo de energia*" tornar-se-ia indevido, uma vez que "*energia não se consome*"; apenas "*se transforma*".

Dentro do contexto geral de conservação de energia, são vários os parâmetros usualmente utilizados como forma de se mensurar conservação. Dentre esses, os dois mais usados na literatura em geral são "*Racionalização Energética*" e "*Eficiência Energética*". O primeiro surgiu em face da necessidade de se explicar a conservação como forma de redução dos desperdícios de energia; não de desconforto ou de restrições de atividades econômicas [JANNUZZI, 1991].

O termo *Eficiência Energética*, o qual se refere à relação entre energia e grandezas físicas, no sentido de explicar a conservação como forma de redução do consumo específico de um determinado processo de produção ou transformação de bens ou serviços, sem que haja

(na mesma ou maior proporção) redução da qualidade desse produto ou serviço. Ainda, neste contexto, várias outras formas de caracterização e mensuração de conservação de energia podem ser empregadas.

Outro aspecto importante na análise da viabilidade de um programa ou medida de conservação é a sua avaliação econômica, que consiste basicamente de uma análise da relação custo/benefício, onde devem ser ponderados todos os seus componentes sócio-econômicos e ambientais.

Neste estudo, *Conservar Energia* significa, promover o seu uso eficiente e racional, através da criação e implementação de mecanismos (técnicos, econômicos, políticos, etc.) que tenham por finalidade aumentar a eficiência energética dos vários processos de produção ou transformação de bens e serviços. Assim, conservar energia implica, além de adiar obras de expansão do setor energético (muitas delas ainda duvidosas ou predatórias), usar com racionalidade os recursos finitos que a natureza nos oferece.

O interesse pela prática da conservação de energia, principalmente, de energia elétrica, decorre da sua competitividade com outros recursos energéticos disponíveis. Assim, na busca de novas formas e fontes de energia, surge um novo e competitivo recurso energético, como "*fonte alternativa de energia*": *a prática da conservação*. A sua competitividade e prioridade, entre os vários recursos e fontes alternativas de energia, "*justifica-se pelo fato de poder ser praticada em todos os ramos de atividade e seu aproveitamento ser mais fácil, mais rápido e mais 'limpo' do que as demais fontes alternativas*" [NEIVA, 1987].

Neste contexto, e dada a natureza finita de nosso planeta, qualquer estudo prospectivo relacionado ao planejamento do setor energético, em particular, do setor elétrico, deve considerar, necessariamente, as possibilidades e oportunidades de conservação.

Finalizando, diríamos, com o auxílio de várias referências consultadas<sup>7</sup> e utilizando-se as próprias palavras de uma delas [WILSON, 1978], que "*a conservação de energia é de importância vital para o nosso futuro energético*".

---

<sup>7</sup> Ver, por exemplo, ANDRADE (1989); CHIOGIOJI (1979); FERGUSON (1988); FURUGAKI (1988); KETOFF (1988); PAES (1988) e TERADA (1988).

### 2.2.2 - A política de Conservação de Energia Elétrica no Brasil

Os primeiros passos concretos, em busca do uso eficiente e racional de energia, em nível mundial, decorreram do primeiro choque internacional do petróleo, em outubro de 1973, em face às desarticulações das economias dos países altamente dependentes de petróleo.

No Brasil, em certos aspectos, a reação inicial não foi diferente; fazendo com que políticas voltadas ao gerenciamento de nossa economia, promovessem o aumento da produção interna, a substituição de certos derivados de petróleo e a *conservação de energia* [BARBALHO, 1987].

Com a decorrência desses fatos, e tendo em vista o grande potencial hidrelétrico disponível em nosso país, naquele período, passou-se a investir maciçamente no setor elétrico, incentivando-se a eletrificação e a expansão do consumo, através de políticas de incentivos e subsídios.

Embora essa política refletisse crescimento econômico, industrialização e modernização de nossa economia, atrelada ao uso intensivo de eletricidade, principalmente em processos industriais, por outro lado, proporcionou também um aumento da ineficiência no uso da eletricidade; além de ter colocado o setor elétrico em situação econômico-financeira complicada.

Algumas das explicações para a crise do setor elétrico brasileiro, podem ser vistas no Quadro 2.2, a seguir.

**Quadro 2.2 - Taxas Anuais de Crescimento de Alguns Componentes do Setor Elétrico Brasileiro.**

Componentes	1968/1975	1976/1979	1979/1986
Demanda	11,8	11,9	7,8
Investimentos	18,4	11,8	-2,7
Tarifas	6,9	-5,3	-4,3
Remuneração	9,5	8,5	5,9
Juros Internos	4,5	7,4	19,6

FONTE: HOLANDA, 1988.

Conforme se vê, a baixa remuneração do setor, provocada pela defasagem tarifária, e as altas taxas de juros internos, em face à escassez de créditos, provocaram reduções consideráveis nos investimentos, notadamente, no período entre 1979 e 1986. Foi diante desse quadro que a política de conservação de energia elétrica no Brasil começou a ganhar corpo, apesar de seu estágio ainda incipiente.

### 2.2.3 - O Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

Nesse sentido, o Governo Federal criou, no âmbito do Ministério das Minas e Energia e do Ministério da Indústria e Comércio, em Dezembro de 1985 o PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica); órgão subordinado a este e coordenado pela Eletrobrás.

Em linhas gerais, o Procel tem como diretrizes básicas "*o princípio de que devem ser buscadas as oportunidades economicamente justificáveis, no aumento da eficiência do consumidor, tanto do ponto de vista macro (custo de 1 kWh < custo p/ produzir 1 kWh), quanto do ponto de vista micro-econômico (despesa c/ conservação < redução da conta de energia elétrica)*" [HOLANDA, 1988].

Dentro desse contexto, "*busca integrar ações, visando a conservação de energia elétrica no País, dentro de uma visão abrangente e coordenada, utilizando-se de mecanismos a serem propostos no plano institucional, tributário, financeiro, tecnológico, gerencial e promocional*" [MAMMANA, 1994].

As ações do PROCEL, segundo HOLANDA (1988), têm-se concentrado em seis áreas a saber:

**1.Preços Adequados:** uma política de preços adequados de energia elétrica é condição determinante do nível de sucesso e desempenho de um programa de conservação. O consumidor, que, em última análise, é o responsável pela execução do programa, só se sentirá efetivamente motivado, se os preços de energia refletirem custos significativos no seu orçamento (ou sob rígida legislação).

**2.Uso Final:** procura verificar o consumo de energia elétrica por uso final e/ou equipamento, através de informações sobre posse e tipos de equipamentos, hábitos de consumo, distribuição de cargas, etc.

**3. Comunicação:** trata-se do esclarecimento e divulgação de programas de conservação ao consumidor, através dos principais meios de comunicação, no sentido de promover o uso eficiente e racional de energia.

**4. Tecnologia:** criação de centros e institutos de pesquisas, com laboratórios adequados para avaliar o desempenho de equipamentos elétricos e estabelecer normas de eficiência mínima, que devem ser adotadas pelos fabricantes. Um exemplo concreto foi o programa de etiquetagem de refrigeradores.

**5. Legislação:** uma das poucas atuações específicas da área de legislação é a criação de normas e padrões mínimos de eficiência dos principais equipamentos elétricos (em termos de difusão e consumo).

**6. Créditos e Incentivos:** trata-se da parte econômico-financeira dos projetos e programas de conservação, no sentido de promover incentivos de natureza creditícia e fiscal, em conjunto com instituições financeiras e, mesmo com os principais consumidores (indústrias).

Os projetos e subprojetos do PROCEL devem ser realizados com recursos do Programa de Mobilização Energética (P.M.E.), criado em 1979, destaque orçamentário específico do Ministério das Minas e Energia e do Ministério da Indústria e Comércio, por financiamento e linhas de créditos específicos de instituições financeiras oficiais do País e estrangeiras, recursos de concessionárias e incentivos financeiros que venham a ser estabelecidos pelo programa [MAMMANA, 1994].

As principais medidas e ações do PROCEL, desde a sua criação, segundo MAMMANA (1994), foram:

*Programa de etiquetas de consumo de eletrodomésticos (elaboração de normas técnicas, laboratórios de medição, divulgação periódica de tabelas);*

*Pesquisa de posse de eletrodomésticos e hábitos de utilização para identificar ações de conservação de energia no setor residencial;*

*Realização de diagnósticos do potencial de conservação de energia na indústria e no comércio (avaliar oportunidades e investimentos);*

*Substituição de lâmpadas incandescentes por lâmpadas a vapor de sódio e a vapor de mercúrio, para iluminação pública;*

*Orientação ao pessoal das áreas comercial e de distribuição das concessionárias sobre a instrução a ser dada aos consumidores sobre conservação de energia;*

*Palestras a crianças de escolas do primeiro grau;*  
*montagem de feiras no lar e no campo com o objetivo de levar orientações práticas aos consumidores;*  
*Realização de seminários para indústrias, comércio e universidades;*  
*Obtenção de normas e legislação para conservação de energia em edificações;*  
*Otimização e implantação da cogeração em setores industriais;*  
*Inclusão de metas de conservação no planejamento de longo prazo do Setor Elétrico, começando pelo plano 2010;*  
*Orientar as concessionárias na implementação da função de conservação de energia;*  
*Distribuição de exemplares com informações sócio-econômicas e de energia elétrica a banco de desenvolvimento, instituições de pesquisa e órgãos de planejamento regional;*  
*Implantação de critérios objetivos de seleção de projetos submetidos ao PROCEL;*  
*Produção e distribuição de manuais e folhetos de orientação sobre conservação de energia.*

O quadro a seguir mostra algumas das metas e resultados, em termos de energia conservada, obtidos pelo PROCEL em 1988.

**Quadro 2.3 - Metas e Resultados Obtidos pelo PROCEL, em 1988, em Conservação de Energia Elétrica (GWh).**

USO FINAL	META	RESULTADO
Iluminação Pública	80	80
Geladeiras	111	394
Lâmpadas Incandescentes	66	136

FONTE: PROCEL, 1988.

## **2.3 - Demanda e Conservação de Água**

### **2.3.1 - Considerações Iniciais**

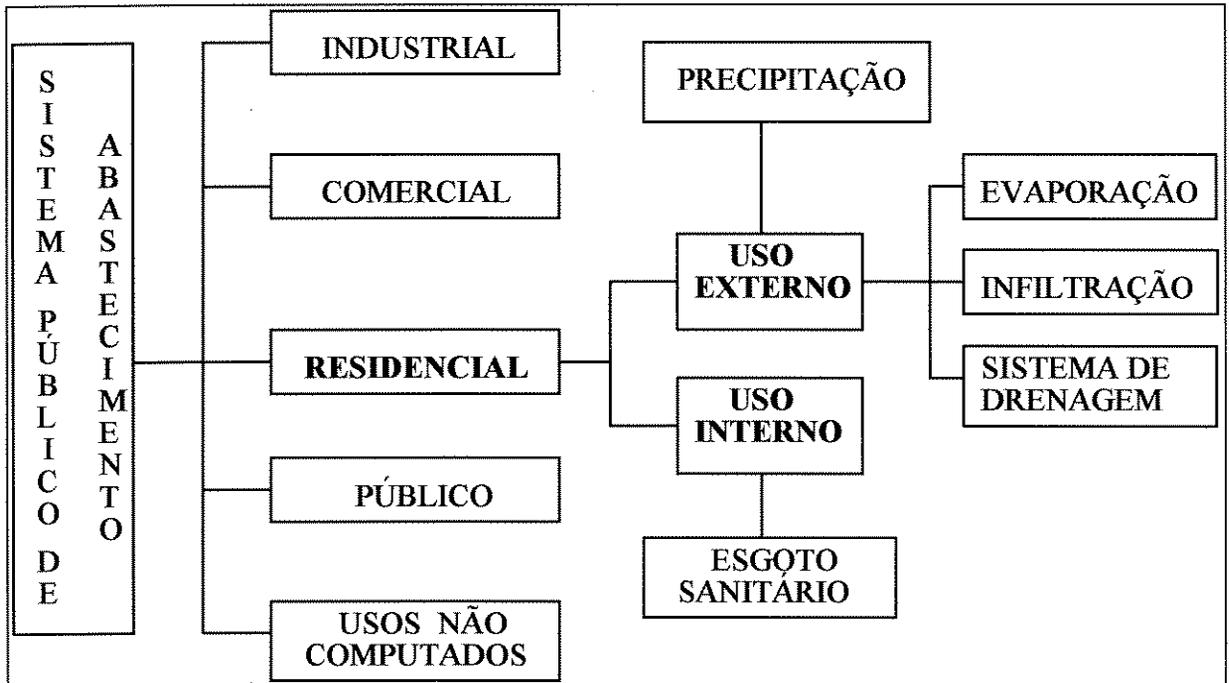
Nesta seção, descreve-se alguns aspectos gerais sobre demanda e conservação de água, abordando-se os seguintes elementos:

- a) Estrutura do consumo urbano de água;
- b) Estrutura do consumo residencial de água;
- c) Elementos de um programa de conservação de água;
- d) O preço como um incentivo à conservação;
- e) Oportunidades e Medidas de conservação de água no setor residencial;
- f) Redução do consumo em aparelhos sanitários e equipamentos domésticos;
- g) Aspectos econômicos da conservação de água;
- h) Conservação de energia a partir da conservação de água;
- i) Planejamento e gerenciamento da demanda residencial de água;
- j) Inter-relações entre demanda residencial de água e fatores condicionantes.

O objetivo principal é verificar as possibilidades e oportunidades de redução do consumo, a partir de medidas e métodos que tenham por finalidade melhorar a eficiência e racionalidade no uso residencial de água. Nesse sentido, é importante que se conheça inicialmente a estrutura do consumo urbano e residencial de água, bem como os principais componentes, em termos de usos finais.

### **2.3.2 - Estrutura do Consumo Urbano de Água**

A estrutura do consumo urbano de água, em termos de setores de consumo, pode ser vista esquematicamente através da Fig. 2.1, a seguir.



FONTE: SANTOS, 1991.

**Fig. 2.1: Diagrama Esquemático do Consumo Urbano de Água.**

Em geral, a grande maioria desse consumo (cerca de 70% a 80%) é destinada a serviços domésticos, essencialmente internos, que, conforme se pode observar (Fig. 2.1), se transforma em efluentes domésticos (águas residuárias).

O *consumo interno* corresponde à água utilizada para higiene pessoal, preparo e cocção de alimentos, lavagem de roupas e louças e limpeza de áreas internas.

O *consumo externo* refere-se à limpeza de áreas externas, à irrigação de jardins, utilização em piscinas e à lavagem de veículos e outros utilitários, sendo seu destino a evaporação, infiltração e/ou drenagem. Sabe-se também, que este componente do uso residencial de água, é fortemente influenciado por fatores climáticos, tais como a precipitação, conforme indicado no diagrama acima (Fig. 2.1).

Quanto aos usos industrial, comercial e público, dadas as suas participações relativas, significativamente menores do que o uso doméstico, conforme se pode verificar abaixo (Quadro 2.4), além do número reduzido de trabalhos sobre demanda e abastecimento público de água, em termos de estrutura de consumo e relações estruturais da demanda, muito pouco se sabe, até o presente momento.

Os usos não computados referem-se a erros de leitura, fraudes, ligações clandestinas, água utilizada em incêndios e outras finalidades.

**Quadro 2.4: Participação Relativa de Cada Setor de Atividade no Consumo Total de Água (%).**

Setor	São Paulo (1984) [1]	São Paulo* (1984) [1]	R.M.S.P.** [1]	Campinas (1994) [2]
Residencial	73,4	78,0	84,5	80,98
Comercial	13,2	14,0	8,6	10,16
Industrial	7,8	5,9	2,3	4,30
Público	5,6	2,1	4,6	4,56
Total	100,0	100,0	100,0	100,00

FONTES: [1] BOAVENTURA, 1986; [2] SANASA, 1994.

\* Excluídas 611 indústrias com consumo superior a 1000 m<sup>3</sup>/mês, as quais significavam apenas 4,6% do total de indústrias supridas por abastecimento público de água.

\*\* Municípios da Região Metropolitana de São Paulo - Mesmo critério anterior.

Conforme se verifica (Quadro 2.4), há uma predominância expressiva do consumo residencial, que, somado ao comercial (que por sua vez, possui hábitos e estrutura de consumo semelhantes aos do setor residencial) significa cerca de 90% de todo o consumo urbano de água proveniente de abastecimento público. Por estas e outras razões, este trabalho será mais direcionado ao setor residencial<sup>8</sup>.

### 2.3.3 - Estrutura do Consumo Residencial de Água

Pesquisas feitas em cinco cidades inglesas, onde se fez leituras diárias do consumo e hábitos de uso da água, considerando-se a proporção de domicílios usando ou possuindo aparelhos sanitários e domésticos, a frequência média de uso e o volume médio por uso, indicam a seguinte estrutura de consumo per capita diário de água [SANTOS, 1991].

<sup>8</sup> Nos próximos capítulos, principalmente no terceiro, justifica-se melhor essa idéia (decisão).

**Quadro 2.5: Estrutura do Consumo Residencial de Água em Cinco Cidades Inglesas (l/p.dia).**

Componente	Malvern (76/77) <sup>1</sup>	Mansfield (76/77) <sup>1</sup>	Severn Trent (76/77) <sup>2</sup>	South West (1977) <sup>2</sup>	Anglian (1977) <sup>2</sup>
Vaso Sanitário	32	33	36	36	40
Chuv./Banheira	17	17	19	19	29
Máq.Lavar Roup.	8	9	14	13	9
Uso Externo	3	2	3	3	3
Diversos	38	37	38	42	29
TOTAL	98	98	110	113	110

FONTE: SANTOS, 1991;(1): *Extraído de TACKRAY et al.,1978*; (2): *Extraído de NWC, 1982*.

Nota-se, assim, a expressividade dos componentes *vaso sanitário* e água utilizada para banho (*chuveiro/banheira*).

Ainda, segundo SANTOS (1991), uma comparação entre quatro diferentes países, em termos de estrutura do consumo residencial interno de água, pode ser feita, analisando-se os dados do Quadro 2.6, a seguir.

**Quadro 2.6: Estrutura do Consumo Residencial Interno de Água, em Quatro Diferentes Países - Litros Per Capita ao Dia (l/p.dia).**

COMPONENTE	Inglaterra	E.U.A. (Califórnia)	Brasil (R.M.S.P.)	África do Sul
Vaso Sanitário	37 (34%)	95 (42%)	67,5 (42%)	48 (30%)
Chuveiro/Banheira	22 (21%)	73 (32%)	51,3 (32%)	65 (41%)
Máquina de Lavar Roupas	12 (11%)	32 (14%)	22,5 (14%)	23 (14%)
Outros*	36 (34%)	27 (12%)	18,7 (12%)	24 (15%)
TOTAL	107(100%)	227 (100%)	160 (100%)	160 (100%)

\**Lavagem de pratos, cocção, bebida, etc.*

FONTE: SANTOS, 1991.

Verifica-se, portanto, que os componentes de maior peso no consumo residencial de água são: o *vaso sanitário*, cuja participação relativa varia de 30% a 42% de toda a demanda residencial interna; o *chuveiro/banheira* (21-41%) e a *máquina de lavar roupas* (11-14%).

Nota-se também, que os E.U.A. (considerando-se o Estado da Califórnia) e o Brasil (Região Metropolitana de São Paulo) apresentam praticamente a mesma estrutura de consumo, apesar de em termos de consumo per capita os E.U.A. apresentarem um índice consideravelmente maior. Observa-se ainda, que na Inglaterra usa-se proporcionalmente menos água para banhos e outras formas de lavagem pessoal do que nos demais países analisados.

Outras comparações podem ser feitas (Quadro 2.7), em termos de estrutura de consumo residencial interno de água, entre o Reino Unido e os Estados Unidos (Califórnia), segundo estudos feitos por MALAN (1984).

**Quadro 2.7: Estrutura de Consumo Residencial Interno de Água, Verificada no Estado da Califórnia e no Reino Unido.**

Componente	Califórnia		Reino Unido	
	(Lit/Hab.dia)	(%)	(Lit/Hab.dia)	(%)
Vaso Sanitário	95	42	22	21
Chuveiro/Banheira	73	32	37	34
Máq. de Lavar Roupas	32	14	12	11
Outros	27	10	36	34
Total	227	100	107	100

FONTE: MALAN, 1984.

Observa-se, assim, que o consumo residencial per capita de água nos Estados Unidos é cerca de duas vezes o índice verificado nos países que compõem o Reino Unido. O autor ressalta que o alto consumo residencial de água nos Estados Unidos decorre do superdimensionamento de certos componentes, como, por exemplo, de caixas de descarga, que tinham na época como padrão um volume de 21 litros; quando já existem, disponíveis no mercado, modelos com 3 litros apenas. Com um uso médio de 4,5 fluxos por pessoa ao dia, somente esse componente é responsável por cerca de 95 *l/p.d* (cerca de 90% de todo consumo residencial interno verificado nos países do Reino Unido).

O Quadro 2.8, a seguir, apresenta índices de consumo per capita diário de água, verificados em alguns países.

**Quadro 2.8: Consumo Per Capita Diário de Água, em Diferentes Países.**

País	Ano	Consumo (l/p.dia)
França	1975	101
Alemanha Ocidental	1977	135
Holanda	1977	137
Áustria	1974	149
Brasil (R.M.S.P.)	1984	160
Dinamarca	1977	176
Luxemburgo	1977	180
Suécia	1978	197
Reino Unido	1977	204
Japão	1978	220
Suíça	1977	225
E.U.A	1976	432

FONTE: SANTOS, 1991.

Nota-se, portanto, que em alguns países o consumo chega a ser duas vezes superior aos índices verificados em outros; sendo que, nos E.U.A., chega a ser superior a quatro vezes a média verificada na França.

#### **2.3.4 - Elementos de Um Programa de Conservação de Água**

O uso racional e eficiente de água envolve diversos aspectos, os quais se relacionam aos seguintes fatores [SANTOS, 1991]:

*Redução das perdas de distribuição, através da detecção e reparo de vazamentos;*

*Substituição de aparelhos sanitários e equipamentos domésticos que usam água de forma ineficiente por novas tecnologias, que permitam o mesmo serviço (ou nível de conforto) com menor quantidade de água;*

*Mudança de hábitos do consumidor, reduzindo, assim, as perdas indesejáveis e desperdícios de água.*

*Caracterização da Demanda, com base no perfil sócio-econômico e demográfico do consumidor;*

*Levantamento do Potencial Provável de Conservação (oportunidades reais de economia);*

*Análise da Atual Estrutura Tarifária, a qual deve ser compatível com os reais custos (social e individual) de cada uso final, que podem envolver os seguintes componentes: Custo de Oportunidade<sup>9</sup>, Captação, Tratamento, armazenagem, distribuição e, eventualmente, Tratamento de Efluentes;*

*Avaliação Econômica dos Programas e Medidas de Conservação, levando-se em conta os diversos aspectos relacionados aos custos e benefícios de cada programa ou medida, inclusive as economias de outros insumos (recursos), como, por exemplo, energia elétrica.*

### **2.3.5 - O Preço como Incentivo à Conservação**

Em qualquer programa de conservação (ou medida de restrição da demanda de um determinado recurso), a presença da variável política "**Preço**"<sup>10</sup>, é de fundamental importância no sucesso ou fracasso do mesmo. O consumidor, por si só, somente se sentirá atraído pela conservação se os preços efetivamente refletirem impactos no seu orçamento familiar. Mesmo assim, os efeitos da conservação podem ocorrer (e geralmente ocorrem) a médio e longo prazos [FREDERICK, 1993].

Antes mesmo de se falar em preço, um fator indispensável à implantação de uma política tarifária compatível com os reais custos de cada uso final, é a **Medição do Consumo**, que, além de cobrar a água de forma proporcional ao nível de consumo do usuário, torna o consumidor mais sensível ao preço pago pela água consumida, incentivando-o a usá-la de forma mais eficiente.

Assim, a estrutura tarifária é de grande importância nos programas de conservação, tendo em vista as diferentes formas alternativas de se cobrar pelos serviços de abastecimento público de água e, em certas regiões, pelos serviços de esgotamento sanitário. Dentre os principais tipos de tarifas praticadas, destacam-se os seguintes:

**Tarifa Única:** é cobrada uma taxa fixa, independente do nível ou faixa de consumo mensal. Este tipo de tarifa é praticada em regiões onde o consumo de água não é medido,

---

<sup>9</sup> Decorre da competitividade entre usos alternativos da água.

<sup>10</sup> Entenda-se como variável política "**preço**" o preço marginal da água, o qual se refere à **tarifa progressiva**, que se baseia na faixa de consumo mensal do consumidor.

como por exemplo, na Inglaterra e na Suécia, onde cerca de 93% do consumo residencial de água não é medido<sup>11</sup>.

**Tarifa Uniforme:** baseia-se única e exclusivamente no volume mensal consumido. Isto é, paga-se uma quantidade fixa por metro cúbico, independente da faixa de consumo (mensal, diária, etc.).

**Tarifa Progressiva:** este tipo de tarifa, que conforme a própria denominação indica, permite que se cobre uma tarifa proporcional à faixa de consumo (isto é, aumentando o preço por metro cúbico segundo esta) é o tipo de tarifa mais praticada atualmente. Este é também o tipo de tarifa que mais atende às expectativas e os propósitos de qualquer programa de conservação.

**Tarifa Regressiva:** exatamente o contrário da tarifa progressiva: cobra-se proporcionalmente menos a medida que a faixa de consumo aumenta. É praticada somente em regiões (ou eventualmente em períodos) onde não há nenhum tipo de problema relacionado ao suprimento e/ou distribuição de água, cuja finalidade é estimular o consumidor a aumentar sua faixa de ou extrato de consumo.

**Tarifa Sazonal:** conforme a própria denominação, é um tipo de tarifa que se baseia nas variações sazonais da demanda e/ou suprimento de água, em face às limitações do suprimento, ocasionadas por fatores hidrológicos ou, eventualmente, de outra natureza. É geralmente utilizada apenas em determinados períodos do ano, notadamente, em épocas de grandes estiagens.

O Quadro 2.9, abaixo, mostra um exemplo de tarifa progressiva, praticada na Cidade de Limeira-SP, no ano de 1991.

**Quadro 2.9: Estrutura Tarifária do Setor Residencial, na Cidade de Limeira-SP (1991).**

Faixa de Consumo (m <sup>3</sup> /mês)	Preço da Tarifa (Cr\$/m <sup>3</sup> )
00 - 15	34,75 (1,00)
16 - 30	76,94 (2,21)
31 - 60	106,33 (3,06)
61 - 100	176,69 (5,08)
Mais do que 100	234,64 (6,75)

FONTE: SANTOS, 1991.

<sup>11</sup> ENVIRONMENTAL HEALTH, 1995.

Para que se possa fazer uma comparação entre a conta de água mensal de diferentes usuários, segundo a faixa mensal de consumo, o Quadro 2.10, a seguir, apresenta uma estrutura tarifária hipotética, baseada naquela verificada no Quadro 2.9, acima (i.é., valores índice proporcionais àqueles da tarifa praticada na Cidade de Limeira, em 1991). Em outras palavras, hipotetizou-se o consumo para quatro diferentes consumidores, em termos de consumo mensal de água.

**Quadro 2.10: Comparação das Contas D'Água de Quatro Diferentes Consumidores, Segundo a Estrutura Tarifária Praticada na Cidade de Limeira, em 1991 - Impactos da Conservação de Água na Conta D'Água Mensal.**

Cons.(m <sup>3</sup> /Mês) (1)	Tarifa Hipotética (2)	Conta D'Água [(1)x(2)]	Valor Índice (3)	Econ. Propor.p/ Red. de 25% no Consumo
15	1,00	15,00	1,00	25,0%
30	2,21	48,15	3,21	34,4%
60	3,06	139,95	9,33	32,8%
100	5,08	343,15	22,88	37,0%

(1): Refere-se ao consumo mensal de cada consumidor;

(2): Índices proporcionais àqueles verificados no quadro anterior (ex.: CR\$ 34,75 = 1,00);

(3): Corresponde ao valor da conta d'água, em termos de valor índice.

Verifica-se assim, que apesar da tarifa de água não ser significativamente tão elevada, a medida que aumenta a faixa de consumo, a conta de água tende a crescer formidavelmente. Assim, consumidores com um índice de consumo de 30 metros cúbicos mensais têm uma conta d'água superior a três vezes o valor de um consumidor com um índice de 15 metros cúbicos mensais (i.é., consome-se o dobro e paga-se mais que o triplo); um consumidor com um extrato de consumo de 100 metros cúbicos mensais consome 6,67 vezes mais do que um com extrato mensal de 15 metros cúbicos, porém, sua conta d'água mensal é cerca de 23 vezes o valor daquele que consome 15 metros cúbicos.

Verifica-se também, que os impactos da conservação de água no valor da conta d'água são consideráveis. Assim, para um consumidor com uma faixa de consumo de 100 metros cúbicos mensais, reduzir em 25% a sua demanda (i.é., para 75 metros cúbicos) significa reduzir em quase 40% a sua conta d'água mensal. Mesmo para aquele que consome apenas 30 metros cúbicos os efeitos da conservação são bastante significativos.

Apesar da tácita suposição de que o nível de consumo de água não é afetado com o preço, por ser a água barata e essencial ao uso residencial e doméstico, estudos indicam grande importância da variável política "*Preço Marginal*", como ferramenta de gerenciamento da demanda, mais precisamente, de redução do consumo [GRIMA, 1972].

O impacto da medição do consumo (associada à variável "preço") pode ser visto, por exemplo, no Quadro 2.11, a seguir, que apresenta um confronto entre algumas regiões onde o consumo era medido e, portanto, cobrado proporcionalmente ao uso, e em outras onde a tarifa era fixa.

Observa-se assim, que a demanda residencial interna (uso essencialmente doméstico) é praticamente inelástica, enquanto a demanda externa é altamente elástica, com variações consideráveis entre áreas com medidores e áreas sem medidores. Em média, o consumo em áreas sem medidores foi cerca de 51% maior.

**Quadro 2.11: Variações do Consumo Residencial de Água - Galões por Domicílio ao Dia (*gal/dom.dia*)<sup>12</sup>.**

Consumo	10 Áreas com Medição e Conectadas à Rede de Esgoto Público	08 Áreas sem Medição e Conectadas à Rede de Esgoto Público
<b>Uso Residencial Interno (Doméstico)</b>		
Médio Anual	247 [1,00]	236 [0,96]
Máximo Diário	454 [1,00]	431 [0,95]
Máximo Horário	1.214 [1,00]	1.016 [0,84]
<b>Uso Residencial Externo</b>		
Médio Anual	186 [1,00]	420 [2,26]
Máximo Diário	707 [1,00]	2.083 [2,95]
Máximo Horário	2.076 [1,00]	4.812 [2,32]
<b>Uso Residencial Total (Interno + Externo)</b>		
Médio Anual	458 [1,00]	692 [1,51]
Máximo Diário	979 [1,00]	2.354 [2,40]
Máximo Horário	2.481 [1,00]	5.170 [2,08]

FONTE: GRIMA, 1972.

<sup>12</sup> 1 Galão = 3,785 litros.

O Quadro 2.12, a seguir, mostra os efeitos da medição associados aos diferentes tipos de demanda, em relação às variações climáticas (inclusive em termos de precipitação).

**Quadro 2.12: Consumo Per Capita Diário (gal/dom.dia), Segundo as Variações Sazonais da Demanda e a Influência do Fator Climático "Precipitação".**

Ano	Medição (%)	Média Anual	Média Inverno	Média Verão
1960	5	243 [1,00]	154 [1,00]	365 [1,00]
1964(1)	100	172 [0,71]	111 [0,72]	257 [0,70]
1965(2)	100	149 [0,61]	107 [0,69]	206 [0,56]

(1): Ano seco; (2): Ano chuvoso

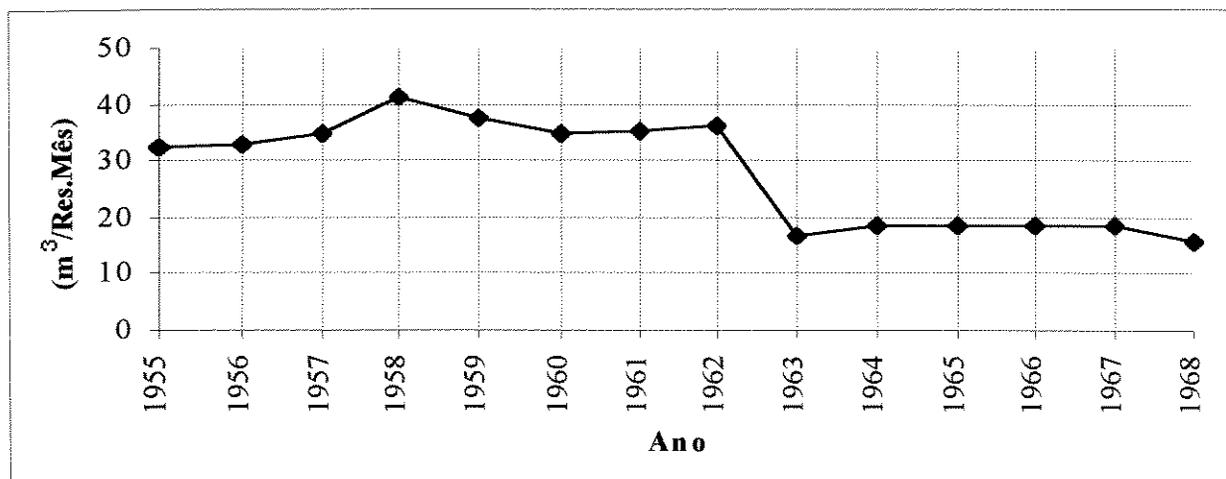
FONTE: GRIMA, 1972.

Verifica-se, assim, que após a implantação de medidores (hidrômetros) a demanda média anual foi reduzida em 29% e 39%, considerando-se os anos de 1964 (ano chuvoso) e de 1965 (ano seco), respectivamente. Considerando-se a demanda média no verão, houve uma redução de 44% comparando-se o índices de consumo verificado em 1965 e o de 1960. Observa-se, portanto, a influência, tanto da variável política "*medição do consumo*" quanto da variável climática "*precipitação*", na demanda residencial de água.

HANKE (1970) analisa o comportamento do consumo residencial de água, em face às mudanças na estrutura tarifária, cuja tarifa passa a ser cobrada, a partir de um determinado período (1963), de forma proporcional ao nível de consumo. O autor procura, através da medição do consumo, mostrar a importância da variável "*Preço*" como ferramenta de redução da demanda residencial de água, especialmente em usos secundários da água, notadamente externos.

O mesmo observa que o consumo externo, principalmente, para irrigação de jardins, é sensivelmente reduzido com a introdução de medidores; a demanda interna doméstica foi reduzida em cerca de 36%, depois da instalação de medidores; e, ao contrário do que alguns autores afirmam, existe uma tendência de continuidade na redução do consumo. Ou seja, o efeito não é simplesmente efêmero.

Os efeitos da medição (preço), como uma política de redução da demanda, podem ser vistos na Fig. 2.2, abaixo.



FONTE: HANKE, 1970.

**Fig. 2.2: Consumo Residencial de Água ( $m^3/Res.Mês$ ) - Redução da Demanda como Efeito da Medição (Preço).**

Nota-se, portanto, uma redução considerável, a partir de 1963, onde se passou a medir o consumo. Verifica-se também que os índices permaneceram, a partir de então, por volta de 20 metros cúbicos mensais por residência, quando eram, anteriormente, cerca de 35; ou seja, houve uma redução de cerca de 43%.

GRIMA (1972), baseando-se em estudos que envolveram diversas equações de regressão e elasticidade-preço da demanda, hipotetizou o consumo residencial de água para uma cidade com 200.000 habitantes, em função do *Valor Comercial da Residência* e do *Preço Marginal da Água*. Os resultados, os quais podem ser vistos no Quadro 2.13, a seguir, apesar de hipotéticos, confirmam a idéia de que a variável política "*Preço Marginal*" pode ser um instrumento útil no gerenciamento da demanda residencial de água, como um incentivo à conservação.

**Quadro 2.13: Consumo de Água (gal/dom.dia) em Função do Preço Marginal e do Valor Comercial (Valor de Mercado) da Residência.**

Preço Marginal (Cents/gal)	Valor Comercial da Residência (US\$)				
	20.000	25.000	30.000	35.000	40.000
0*	274,40	306,40	337,40	366,40	394,40
30	287,73	322,62	354,26	383,41	410,59
40	211,49	237,14	260,39	281,82	301,81
50	166,00	187,00	205,00	222,00	237,00
60	137,00	153,70	168,70	182,50	195,00
70	116,20	130,00	143,00	155,00	165,00
80	100,74	112,96	124,03	134,24	143,75

FONTE: GRIMA, 1972; pág. 161

\*Taxa fixa (sem medição)

De forma análoga aos estudos de Grima, FLACK (1981), baseando-se nos índices de elasticidade-preço da demanda, hipotetizou o consumo residencial de uma cidade com 40.000 habitantes e 10.000 residências (4 pessoas por domicílio). Os resultados podem ser vistos no Quadro 2.14, a seguir.

**Quadro 2.14: Mudanças na Demanda Residencial de Água com o Preço (40.000 Habitantes 10.000 Domicílios).**

Demanda	Consumo (1)	Elasticidade	Consumo (2)	[(1)-(2)]	[(1)-(2)] %
Doméstica	9.690	-0,227	7.494	2.196	22,66
Externa	12.831	-0,395	7.759	5.072	39,53
Total	22.521	-	15.253	7.268	32,28

(1): Consumo (em m<sup>3</sup>), considerando-se uma tarifa média de US\$ 0,11/m<sup>3</sup>.

(2): Consumo (em m<sup>3</sup>), considerando-se a elasticidade-preço da demanda, apresentada na terceira coluna, e uma tarifa média de US\$ 0,22/m<sup>3</sup> (duas vezes superior).

FONTE: FLACK, 1981.

Observa-se, desta forma, que um aumento de 100% no preço da tarifa média proporcionou uma redução de 32,28% na demanda total de água.

O Quadro 2.15, a seguir, apresenta alguns índices de *Elasticidade-Preço* da demanda, para diferentes tipos de demanda, baseados em estudos feitos por FLACK (1981).

**Quadro 1.15: Elasticidade-Preço da Demanda Residencial de Água.**

Demanda	Residencial	Interna	Externa	Méd. Diária	Máx. Diária
Elasticidade	-0,260	-0,225	-0,703	-0,395	-0,388

FONTE: FLACK, 1981.

Os índices indicam, portanto, que um aumento de 10% no preço da tarifa, implica uma redução de cerca de 2,6% na demanda residencial total. Nota-se, também, que a demanda externa é bem mais elástica do que a interna. Isto é, mais sensível à variável preço, em função da maior importância do uso doméstico interno de água.

FREDERICK (1993), analisa o comportamento da demanda residencial de água, em diversos países, em resposta às mudanças na estrutura de preços. Os índices médios de *Elasticidade-Preço* da demanda, verificados em seus estudos, são apresentados no Quadro 2.16, a seguir.

**Quadro 2.16: Elasticidade-Preço da Demanda Residencial de Água, Verificada em Alguns Países.**

País	Austrália	Canadá	R. Unido	Finlândia	Suécia	U.S.A.	Média
Elasticidade	-0,29	-0,61	-0,30	-0,11	-0,15	-0,37	-0,31

FONTE: FREDERICK, 1993.

*Nota: Os valores correspondem às médias verificadas em vários estudos feitos em cada país, envolvendo diferentes períodos e tipos de demanda (uso interno e externo, verão e inverno, etc.)*

Nota-se, portanto, que, em média, os valores encontrados são bastante semelhantes aqueles verificados anteriormente (Quadro 2.15). Segundo o índice médio verificado, conclui-se que um aumento médio de 10% na tarifa de água proporciona uma redução média de cerca de 3,1% na demanda.

### 2.3.6 - Oportunidades e Medidas de Conservação de Água no Setor Residencial

Estudos indicam que são várias as oportunidades (técnica e economicamente viáveis) de redução do consumo residencial de água, notadamente, em *banheiras, vaso sanitário, máquinas de lavar roupas e torneiras de pias e lavatórios*. Além desses componentes (de uso interno), grandes economias podem ser alcançadas em usos externos, muitas vezes, totalmente dispensáveis.

Descreve-se aqui, portanto, as principais oportunidades e medidas de conservação de água, de uso essencialmente doméstico, baseando-se em estudos feitos anteriormente, notadamente, em nível internacional.

Segundo FLACK (1981), o uso mais eficiente de água pode envolver aspectos *estruturais, operacionais, econômicos e políticos*.

**Métodos Estruturais:** a redução da demanda pode ser viabilizada através da medição, dispositivos de controle de fluxo e sistemas de reciclagem. A medição, conforme visto anteriormente, torna o consumidor mais sensível aos preços.

**Métodos Operacionais:** estão mais diretamente ligados aos supridores. Detecção e reparo de vazamentos e a implementação de restrições de certos usos são as principais medidas operacionais de conservação. A redução de perdas por vazamentos é também uma das medidas mais econômicas de conservação.

**Métodos Econômicos:** incluem políticas de preços, incentivos, penalidades e medições da demanda. Os incentivos podem ser por desconto, taxas de crédito ou outras formas de recompensa pela prática da conservação. A medição da demanda como um mecanismo de avaliação, relaciona-se à medida do volume incremental em relação ao tempo de uso. Esta medida preocupa-se mais com a demanda durante horários de pico.

**Métodos Políticos ou Institucionais:** a "educação" do público é fundamental nas técnicas de conservação. Neste sentido, a conscientização do público em geral sobre as reais necessidades e importância da redução da demanda faz-se necessária ao bom andamento do programa. Some-se a isso, o esclarecimento sobre o funcionamento de programas e medidas de conservação, visando instruí-los em como a água deve ser utilizada em cada uso final ou componente e como as várias alternativas e métodos de redução da demanda podem ( e devem) ser viabilizadas.

Nesse sentido, todas as possibilidades de redução da quantidade de água requerida, como alternativas para garantir e aumentar a quantidade e qualidade do suprimento, deveriam ser investigadas.

### **2.3.6.1 - Redução do Consumo em Aparelhos Sanitários e Equipamentos Domésticos**

A redução do consumo doméstico de água, em aparelhos sanitários e demais equipamentos de uso residencial pode ser viabilizada através de campanhas de incentivo aos usuários, no sentido de que haja substituição de aparelhos e equipamentos ineficientes (a medida que novas aquisições se fazem necessárias) e mudança de "maus hábitos" no uso da água, ou por meio de normas, leis e regulamentos.

Dentre os diversos aparelhos e equipamentos (ou componentes) relacionados ao consumo residencial de água, destacam-se, pelas suas participações relativas no consumo total de água, os seguintes: *Vaso Sanitário, Chuveiro/Banheira, Máquina de Lavar Roupas e Torneiras.*

#### **a) Vaso Sanitário**

O vaso sanitário, conforme verificado anteriormente (Quadro 2.7), é responsável, no Brasil, por cerca de 42% de todo consumo residencial interno de água.

A Norma Brasileira NBR 6452/84, estabelece como volume máximo admissível de uma descarga, para que se tenha uma boa limpeza do vaso sanitário, segundo critérios de higiene, 12 litros [SANTOS, 1991]. No entanto, estudos indicam que já existem sistemas que funcionam satisfatoriamente com 3 litros apenas [MONTENEGRO & ROCHA, 1985]. Segundo o autor, experiências internacionais (em particular na Inglaterra e Suécia) apontam economias da ordem de 20% no consumo residencial interno de água, apenas com o melhor dimensionamento e uso correto de caixas de descarga.

Os vários tipos de caixas de descarga, em função de suas posições, volumes, etc., exercem grande influência no consumo desse aparelho, podendo, no entanto, ser melhor dimensionadas e/ou posicionadas [SANTOS, 1991].

O Quadro 2.17, a seguir, apresenta o volume médio de caixas de descarga, verificado em alguns países.

**Quadro 2.17: Volumes de Caixas de Descarga Típicas em Alguns Países.**

País	E.U.A.	Brasil	Afr.Sul	Alemanha	Israel	Suíça	Inglaterra	Holanda	Suécia
Vol. (l)	13 a 30	5 a 17	11 a 13	6 a 9	9	9	6 a 9	6 a 9	6 a 9

FONTE: SANTOS, 1991.

Uma das opções de redução do consumo de água em vasos sanitários é a adoção de sistemas de caixas de descarga com dois fluxos alternativos. Um, com volume maior, para remoção de resíduos sólidos e outros equivalentes; outro, com volume reduzido, para remoção de resíduos líquidos.

Estudos feitos por RUMP (1978), indicam potenciais de reduções de cerca de 26% da quantidade de água utilizada nas descargas de vasos sanitários. Existe também a opção de fluxo controlado pelo usuário, que pode ocasionar reduções de cerca de 40%.

Outra possibilidade de redução do consumo de água (especialmente, água potável) é o uso de água reciclada para descarga do vaso sanitário. Isso exige, no entanto, adaptação de certos aparelhos e equipamentos, como, por exemplo, lavatórios e máquinas de lavar roupas, de forma que a água utilizada por esses componentes seja reaproveitada na descarga do vaso sanitário. Isso significaria economias da ordem de 30% do consumo residencial de água [RUMP, 1978].

#### **b) Chuveiro/Banheira**

O Quadro 2.18, a seguir, apresenta algumas das principais características de chuveiros elétricos, em relação ao consumo de água, em diferentes países.

**Quadro 2.18: Principais Características de Chuveiros Elétricos, em Alguns Países.**

País	Pressão de Alimentação (kPa)	Vazão Média (Litros/s)	Consumo de Água por Banho(Litros)*
África do Sul	100	0,23	69
Israel	100	0,12	36
E.U.A.	100	0,07	21
Brasil	30	0,20	60

\*Banhos com duração média de 5 minutos.

FONTE: SANTOS, 1991.

Em estudos realizados na cidade de Rio Claro-SP, citados por SANTOS (1991), as durações médias por banho estão sumarizadas a seguir:

**Quadro 2.19: Duração Média de Banhos, em Função do Nível de Consumo do Usuário.**

Estrato/Consumo (kWh/mês)	Potência Média		No. de Pessoas por Domicílio	Duraç. Média (minutos)
	Inverno	Verão		
30	2.700	2.000	3,0	5,63
200	2.656	2.379	3,7	7,94
500	2.667	2.472	4,7	9,03
501	3.524	2.497	5,0	10,20

FONTE: SANTOS, 1991.

Estudos realizados pela CESP, indicam durações médias de banhos de 7,6 minutos, com pequenas variações, onde a maioria oscilou entre 3 e 9 minutos (SANTOS, 1991).

RUMP (1978) indica, em seus estudos, vazões de chuveiros de 3 l/min., com uma duração média de banhos de 7,5 min., o que significa 22,5 litros por banho, e de 5 l/min., com duração de 5 a 6 min. (25 a 30 litros).

Dado que água utilizada para banho é, geralmente, aquecida, economia de água em chuveiros elétricos e outras formas de aquecimento de água para banho significa também redução do consumo de energia. RUMP (1978) indica economias que variam de 14% a 16% do consumo residencial interno de água e de 17% a 20% do consumo de energia, pela

substituição de todas as banheiras por chuveiros com "spray" atomizado ("Atomiser Showers"), respectivamente. Maiores detalhes sobre economias simultâneas de água e de energia (essencialmente eletricidade), serão vistos na próxima seção (2.37).

### c) Máquina de Lavar Roupas e Máquina de Lavar Louças

O uso de máquinas de lavar roupas, em detrimento ao processo manual, implica um aumento considerável no consumo doméstico de água [RUMP, 1978].

A conservação de água em máquinas de lavar roupas pode ser feita através da racionalização do seu uso, em função da escolha adequada de cada ciclo operacional ou através de controle automático do nível de água, em função da quantidade (carga) de roupa a ser lavada [SANTOS, 1991].

No Quadro 2.20, a seguir, apresenta-se dados estatísticos sobre máquinas de lavar roupas e máquinas de lavar louças, segundo estudos feitos por RUMP (1978).

**Quadro 2.20: Dados sobre o Uso de Máquinas de Lavar (Roupas e Louças), na Inglaterra e Escócia.**

Equipamentos	Posse (%)	Uso Médio Semanal	Volume Médio*	Volume Médio por Semana
Máq. Lav. Roupas Autom.	29	5,0	115	575
Máq. Lav. Roupas Simples	47	1,9	90	171
Lavagem Manual de Roupas	24	1,9	50	95
Máq. Lav. Louças	3	6	46	276
Lavag. Manual de Louças	97	20	9	180

\*Volume Médio por uso (litros);

FONTE: RUMP, 1978.

Estima-se que cerca de 20% de todo o consumo residencial interno de água, nos E.U.A., são utilizados por máquinas de lavar roupas e louças [PALLA, 1981]. Segundo este autor o potencial de conservação de água nesses dois equipamentos é considerável e grandes economias podem ser alcançadas através da mudança de hábitos do consumidor e do "design" dos equipamentos. Somente pela mudança de hábitos do consumidor, as reduções do consumo

podem chegar a um terço, o que corresponde a cerca de 7% de todo o consumo residencial interno.

#### **d) Torneiras de Lavatórios e Pias**

Os fatores ligados ao consumo de água em torneiras referem-se à forma do jato de água, a sua vazão e ao tempo de duração do uso.

Apesar das dificuldades de controle de tais fatores, existem várias formas e alguns dispositivos de redução do consumo de água em torneiras de pias e lavatórios. Estes são melhor analisados posteriormente (item 2.3.7.1), por estarem ligados também à economia de água quente e, conseqüentemente, de energia elétrica.

#### **e) Revisão de Normas, Leis e Regulamentos**

Segundo SANTOS (1991), *"a revisão de normas, leis e regulamentos compreende adoções ou modificações nos padrões de consumo dos aparelhos e pontos de utilização de água, nos critérios de projetos de instalações e especificações de sistema público de abastecimento, como também na estrutura institucional e legal para implementação de programas de conservação.*

#### **f) Comunicação social**

Consiste em criar mecanismos de incentivo e motivação aos consumidores, no sentido de viabilizar medidas de conservação, através da exposição e divulgação de dados relativos ao suprimento de água e à conscientização da responsabilidade dos usuários sobre a questão.

#### **g) Oportunidades de Conservação pelo Reuso**

A prática do reuso da água, já largamente difundida em alguns países e certos segmentos de nossa economia, particularmente, no Japão, E.U.A. e Alemanha, é uma das ferramentas úteis ao planejamento e gerenciamento da demanda de água, em regiões ou localidades onde os recursos hídricos são escassos.

Além dos benefícios, em termos de conservação, a prática (ou técnica) do reuso, em regiões de crescente escassez, tanto em termos quantitativos quanto qualitativos, como, por

exemplo, na Região Metropolitana de São Paulo - R.M.S.P. (e mesmo em nossa região - Região Administrativa de Campinas - R.A.C.), pode resolver problemas de conflitos entre regiões que necessitam da importação de água de outras bacias hidrográficas (como a R.M.S.P.) [LAVRADOR, 1983].

Segundo o referido autor, a grande maioria dos processos industriais exceto a indústria alimentícia (e demais usos industriais potáveis), não exige grandes padrões de potabilidade da água; podendo, portanto, ser atendida através de água já utilizada em outros processos, tratada de acordo com sua finalidade. Portanto, a viabilidade técnica é altamente comprovada. Quanto aos riscos à saúde humana, medidas simples podem ser tomadas.

A viabilidade econômica deste recurso varia de acordo com as finalidades e particularidades de cada uso ou processo industrial. Portanto, deve ser feita (analisada) em comparação com outras formas alternativas de suprimento. Estudos indicam, no entanto, que em muitos segmentos industriais (onde a água é escassa) isso já é, há muito tempo, uma realidade devidamente consolidada. Um exemplo pode ser visto no Quadro 2.21, a seguir, que apresenta dados sobre o reuso interno<sup>13</sup> de água, em vários segmentos industriais, na Alemanha.

**Quadro 2.21: Reuso Interno de Água em Algumas das Maiores Indústrias Alemãs (1969).**

Segmento Industrial	Consumo Total (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	Reuso (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	Reuso (%)
Carvão	8.746	7.523	86,0
Química	6.309	2.471	39,2
Aço	5.306	3.555	67,0
Refinaria	2.485	2.000	80,5
Papel e Celulose	1.892	969	51,2
Veículos	554	292	52,7
Metalurgia	329	155	41,1
Indústria de Açúcar	262	215	81,9
Cervejaria	217	95	43,7
Elétrica	3.700	1.903	51,4
Total	30.004	19.729	65,75

FONTE: LAVRADOR, 1983.

<sup>13</sup> Efluente da própria indústria ou segmento.

Verifica-se, portanto, que, em média, cerca de 66% do consumo total de água dessas indústrias é proveniente de água já utilizada em outros processos ou finalidades, dentro da própria indústria. Há casos (carvão, por exemplo) em que este índice é de 86%.

#### **h) Água da Chuva como Forma de Suprimento em Usos Específicos**

Apesar de altamente viável em alguns casos específicos, este recurso não deve ser considerado, a curto e médio prazos, como alternativa ao suprimento urbano de água. Isto, em função das variações sazonais em termos de precipitação e de local apropriado para o armazenamento seguro da água, além da própria qualidade da água, que pode, eventualmente, estar altamente comprometida. Entretanto, em casos específicos, pode ser um recurso altamente competitivo. No caso do setor residencial, de forma geral, estima-se que apenas um terço da demanda seria suprida por água da chuva. Vale a pena lembrar que, conforme colocado anteriormente, cerca de um terço do consumo residencial de água não exige praticamente nada em termos de potabilidade; podendo, portanto, ser proveniente de água da chuva.

#### **2.3.7 - Aspectos Econômicos da Conservação de Água**

A necessidade básica da prática da conservação de água decorre do fato de que a água tem se tornado escassa, em muitas regiões de nosso planeta, (em quantidade e, principalmente, qualidade), tendo em vista o aumento crescente da demanda e a forma de sua utilização, que, muitas vezes, compromete certos usos alternativos. Mesmo em regiões onde não há escassez, o seu uso racional e eficiente pode proporcionar grandes benefícios sócio-econômicos e ambientais à comunidade local ou regional. Por exemplo, economias de água de abastecimento público (ou eventualmente de outros sistemas) em qualquer uso final e circunstância, proporcionarão, muito provavelmente, economias diretas e indiretas de outros recursos naturais (muitas vezes em crescente escassez), como, por exemplo, energia elétrica e outros energéticos utilizados nos diversos processos necessários ao abastecimento público de água.

Considerando-se estas e várias outras razões, vê-se, portanto, que a idéia da conservação não é simplesmente justificável, como altamente desejável.

### 2.3.7.1 - Conservação de Energia a Partir da Conservação de Água

O sucesso de um programa de conservação de água será, muito provavelmente, maior, se as economias de água proporcionarem também economias (diretas e indiretas) de energia (geralmente, eletricidade).

A idéia da conservação simultânea de água e de energia, em edificações não é recente (pelo menos em nível internacional). Estudos têm sido feitos há muitos anos e indicam, em muitos casos, grandes vantagens, tanto em termos econômicos como sociais.

CRISP, & SOBOLEV (1956) descreveram um projeto experimental, num Edifício Comercial "*Office Building*", consistindo da substituição dos sistemas convencionais de torneiras de lavatórios por sistemas do tipo "*Spray Taps*" (torneiras tipo *spray*).

O edifício era ocupado por um pessoal permanente de 100 pessoas, das quais cerca de dois terços eram homens. O consumo semanal de água medido é mostrado no Quadro 2.22, a seguir.

**Quadro 2.22: Consumo Semanal de Água, por Uso Final ou Componente - Índices Verificados no Edifício em Consideração.**

Usos	Água Quente(Litros)	Água Fria (Litros)	Total
Lavagem	60.560	22.710	83.270
Limpeza	2.271	757	3.028
Vaso Sanitário	-	135.503	135.503
Mictórios	-	64.345	64.345
Cantina e outros	-	28.008	28.008
Total	62.831	251.324	314.155

FONTE: CRISP & SOBOLEV, 1956.

O consumo médio anual de água quente era, então, em torno de 3,26 milhões de litros (3.260 m<sup>3</sup>), o que exigiria uma quantidade apreciável de energia para fins de aquecimento. Neste estudo, considerou-se uma temperatura média de 105 °F (40,5 °C).

O consumo semanal per capita de água é apresentado no Quadro 2.23, a seguir.

**Quadro 2.23: Consumo Semanal Per Capita (Litros por Ocupante do Edifício).**

Tipo de Lavatório	Quente	%	Fria	%	Total
Lavatório Masculino Normal	37,47	72,80	14,00	27,20	51,47
Lavatório Masculino com Spray	12,87	56,67	9,84	43,33	22,71
Lavatório Feminino Normal	81,38	70,96	33,31	29,04	114,69
Lavatório Feminino com Spray	42,01	66,86	20,82	33,14	62,83

FONTE: CRISP & SOBOLEV, 1956.

Vê-se, portanto, que há uma redução de cerca de 65% do consumo de água quente, em lavatórios masculinos e de cerca de 48%, em lavatórios femininos. Quanto às economias totais de água, estas são de 56% (masculino) e 45% (feminino). Para o edifício todo, os dados são apresentados no Quadro 2.24, a seguir.

**Quadro 2.24: Economias de Água Alcançadas Através do Dispositivo "Spray Tap".**

Tipo de Suprimento	Água Quente	Água Fria	Total
Suites Normais	62.000	23.250	85.250
Suites com Spray*	27.125	15.500	42.625
Economias (Litros)	34.875	7.750	42.625
Economias (%)	56,25	33,33	50,00

\* Em cada apartamento permaneceu uma bacia (torneira) normal

FONTE: CRISP & SOBOLEV, 1956.

Com isso, verifica-se uma economia total de 50%, sendo ainda maior em relação ao uso de água quente (56,25%).

Quanto ao interesse (ou satisfação) da população (pessoal do prédio), foram preenchidos questionários, os quais demonstraram um interesse de 50% do pessoal masculino e de 70% do feminino.

Conforme verificado anteriormente, o chuveiro elétrico em conjunto com o vaso sanitário, são responsáveis por cerca de 70% de todo o consumo residencial interno de água. Em adição, são usos finais que apresentam melhores condições de gerenciamento (controle) do uso da água, por apresentarem variações de consumo, mais ou menos, proporcionais ao

número de moradores do domicílio, e estarem mais sujeitos à regularização do fluxo através de normas técnicas e regulamentos. Portanto, constituem-se em usos finais prioritários na conservação de água. Além do mais, no caso do chuveiro elétrico, que representa cerca de 30% do consumo residencial interno, economia de água significa, geralmente, economia direta de energia elétrica, além de outros benefícios decorrentes da redução da demanda de ambos os recursos, principalmente, por serem usados normalmente, em horários de ponta.

HOPP e DARBY (1980), analisaram a possibilidade de redução do consumo residencial de energia (eletricidade, gás natural e derivados de petróleo) para fins de aquecimento de água, a partir da implantação de dispositivos de conservação de água destinada essencialmente a banhos e à lavagens pessoal, de roupas e de louças.

Para tanto, consideraram somente as vantagens econômicas, sob o ponto de vista do consumidor (usuário). Isto é, considerando-se os custos de aquisição e instalação desses dispositivos e as economias de água e, principalmente, de energia, decorrentes de sua implantação. Como região de estudo, foram utilizadas 23 áreas metropolitanas dos E.U.A.

O Quadro 2.25, a seguir, apresenta resumidamente os resultados, em termos de valores médios verificados, em US\$/ano.

**Quadro 2.25: Economia Anual, Segundo os Dispositivos de Conservação (US\$/Ano).**

Dispositivo de Conservação	Eletricidade	Gás Natural	Deriv. Petróleo
Chuveiro c/ Restritor de Fluxo	43.60	16.55	21.53
Chuveiro de Baixo Fluxo	84.66	30.74	40.51
Torneiras de Baixo Fluxo	7.67	2.48	3.42
Torneiras c/ Arejadores	3.64	1.05	1.52
Máq.Lav.Louça "Tipo Econôm."(Increment.)	11.85	3.03	4.63
Válvula de Pressão Reduzida	18.03	2.79	5.55
Máq.Lav.Roupa "Tipo Econôm."(Increment.)	13.33	1.67	3.78
Chuveiros c/ Sopradores de Ar	57.93	-36.42	-19.32
Isolamento de Tubulações	-0.73	-6.02	-5.06
Válvula de Mistura Termostática	-3.03	-13.81	-11.86
Máq.Lav.Louça "Tipo Econômica" (Nova.)	-20.06	-31.72	-29.61
Máq.Lav.Roupa "Tipo Econômica" (Nova.)	-35.29	-44.10	-42.51

FONTE: HOPP & DARBY, 1980.

Nota-se, portanto, que, dentre os três energéticos analisados, destaca-se a eletricidade, onde 8 dos 12 dispositivos analisados apresentaram-se economicamente viáveis.

De modo geral, isto é, considerando-se todas as 23 regiões de estudo e os três energéticos levados em consideração, verifica-se que, dos 12 dispositivos analisados, 7 são economicamente viáveis.

O estudo indica ainda que qualquer dispositivo com custo inferior a US\$ 1,5 por mil galões (3,785 m<sup>3</sup>) economizados é economicamente viável, com qualquer dos três energéticos considerados.

É importante lembrar que, até então, os preços dos energéticos eram considerados constantes, ao longo da vida útil dos dispositivos analisados (variando de 15 a 20 anos).

No entanto, experiências têm mostrado que isso não se verifica na realidade. Segundo o autor, estudos indicam aumentos anuais da ordem de 10-20% para a eletricidade, 15-20% para o gás natural e 10-15% para os derivados de petróleo.

Considerando-se, então, aumentos de 15% e 20%, nos preços médios dos energéticos, os dispositivos passam a ser economicamente vantajosos a um custo de US\$ 3,73 e US\$ 7,04 por mil galões de água economizados, respectivamente.

Várias são as implicações e variações desses resultados, dependendo das condições sócio-econômicas e geográficas da região em estudo, principalmente, em relação aos preços dos energéticos em consideração. O autor ressalta, como exemplo, a Cidade de New York, onde o aquecimento doméstico de água é feito, predominantemente, através da eletricidade, cuja tarifa média era, em junho de 1978, cerca de US\$ 87/MWh; o que tornava economicamente aceitável qualquer dispositivo de economia de água quente com um custo inferior a US\$ 33,63 por mil galões de água economizados.

Em resumo, os resultados indicam que as economias de energia destinada a esse fim variam de 46% a 62%.

### **2.3.8 - Planejamento e Gerenciamento da Demanda Residencial de Água**

O planejamento e gerenciamento da demanda de fontes e recursos naturais, em particular, de água, tem se tornado crescentemente importante em nossos dias, tendo em vista o seu papel diante da natureza limitada de tais recursos. Dois fatores apenas podem justificar

tal importância: "*As Incertezas Hidrológicas*" e "*Os Aumentos Inesperados da Demanda*" [FREDERICK, 1993].

Na ausência de tais mecanismos (métodos alternativos de planejamento e gerenciamento da demanda), a confiabilidade e eficiência do suprimento são inevitavelmente comprometidas, tendo sido, sob tais circunstâncias, adotadas medidas e restrições de maneira forçada e, muitas vezes, irracionalmente impostas aos usuários.

De um lado, a demanda condicionada a fatores sócio-econômicos e demográficos (entre outros); de outro, a oferta, que, além de restrições políticas, econômicas e institucionais, está incondicionalmente ligada a fatores climáticos, essencialmente, hidrológicos.

No entanto, o planejamento e gerenciamento integrados de tais recursos pode (e deve) racionalmente atender às necessidades humanas, conduzindo a demanda em sintonia com o crescimento urbano, econômico e demográfico, de forma que haja um balanceamento entre demanda e suprimento. A demanda pode ser controlada também através de mudanças tecnológicas que visem o aumento da eficiência e racionalidade no uso de tais recursos.

O ideal seria que, em período algum, a demanda excedesse a oferta. No entanto, as condições geográficas (especialmente climáticas), às quais a água está condicionada, podem subitamente ser alteradas, de forma que haja desbalanceamento entre o suprimento e a demanda. Em tais circunstâncias, mesmo sob gerenciamento contínuo, tanto pelo lado da oferta como da demanda, medidas de restrições podem ser forçadamente impostas. Porém, esta forma de gerenciamento (talvez não muito racional) deveria ser aceita somente sob tais circunstâncias. Isto não representa um método desejável de gerenciamento, a longo prazo. Além do mais, mesmo sob condições climáticas normais, tem havido conflitos entre usuários e fornecedores (e mesmo entre si). Portanto, "*na ausência de métodos alternativos de gerenciamento da demanda, esses conflitos são resolvidos por racionamento forçado*" [FREDERICK, 1993].

Ainda, segundo o referido autor, os conflitos entre mudanças na demanda e suprimento de bens e recursos em escassez, têm sido, geralmente, resolvidos pelos princípios das leis de mercado (preço-oferta-procura). Entretanto, com relação à água, não tem sido, em geral, este o principal mecanismo ou método de solução do problema, dada a sua natureza e forma de suprimento monopolizado. As leis de mercado são, em geral, quebradas em relação ao abastecimento de água, pela ausência de um grande número de fornecedores a um único usuário. A monopolização dos serviços de abastecimento de água e saneamento básico, em função de várias razões, entre elas, a economia de escala, impede a negociação entre compradores e

supridores, sendo os preços fixados pelos supridores ou agências regulatórias, não havendo, portanto, a interação entre oferta e demanda. Contudo, uma empresa pública ou monopólio regulamentado pode suprir água eficientemente e fixar preços compatíveis com os seus reais custos, levando-se em conta os custos individuais e sociais de cada uso.

A demanda e suprimento de água para abastecimento público envolvem diversos fatores de natureza econômica, social, política, ambiental, cultural, etc., desde a elaboração de projetos, os quais podem envolver barragens, reservatórios, aquedutos, plantas de tratamento, etc., até aspectos institucionais e culturais, tais como leis, costumes, direito de propriedade e folclore. A complexidade das transações e interações entre esses fatores depende das características do ambiente onde isso ocorre; do tamanho e distribuição da população, sua taxa de crescimento, nível de renda, tipo de residência, uso de aparelhos sanitários e eletrodomésticos, do estado tecnológico e do nível de organização administrativa da comunidade envolvida [GRIMA, 1972].

### **2.3.9 - Relações Estruturais entre Demanda Residencial de Água e Fatores Sócio-Econômicos, Climáticos e Demográficos**

Nesta seção, procura-se analisar os diferentes comportamentos da demanda residencial de água, em resposta às mudanças de certos fatores sócio-econômicos, demográficos e climáticos.

Os fatores mais importantes ligados ao consumo residencial de água são:

*Nível de renda* - tem relação direta com a quantidade e variedade de aparelhos sanitários e eletrodomésticos. Relaciona-se também à área edificada do terreno e ao valor comercial da residência, à área cultivada, que pode requerer água para a irrigação de jardins e outros cultivos;

*Número de pessoas por residência* - em geral, há redução do consumo per capita com o aumento do número de moradores;

*Características dos Aparelhos e das Instalações Prediais;*

*Hábitos da População:* como, por exemplo, o número de banhos diários.

*Fatores climáticos:* em geral, períodos mais quentes acarretam maior consumo de água, em função da temperatura ambiente, e redução, em função do aumento da precipitação.

São várias as razões para a preocupação ou interesse pelo conhecimento da estrutura e hábitos de consumo urbano de água, em particular, do consumo residencial, conforme já discutidas anteriormente.

O conhecimento de parâmetros determinantes do nível de consumo do usuário é de fundamental importância nos estudos prospectivos relacionados à previsão da demanda. A falta de conhecimento desses fatores pode levar a resultados equivocados, comprometendo seriamente a confiabilidade e eficiência dos projetos relacionados ao sistema de abastecimento público de água.

Na literatura internacional, notadamente, nos países desenvolvidos, vários estudos têm sido feitos, desde os anos 60. No Brasil, a prática tem sido a aplicação de modelos simplistas de projeção, baseados, quase que exclusivamente, em índices de crescimento urbano e demográfico. Somente a partir dos anos 80, notadamente, 1983, é que pesquisadores brasileiros começaram efetivamente a se preocupar com a questão, em nível nacional e regional. A maioria desses estudos foi feita no Estado de São Paulo, principalmente, na Região Metropolitana de São Paulo (R.M.S.P.). Há, contudo, em nível nacional e regional, um grande déficit neste campo, em face ao número reduzido de pesquisadores do assunto.

Nesta seção, relaciona-se (e se discute) alguns dos principais estudos realizados acerca da questão, tanto em nível nacional quanto internacional.

Segundo SPAULDING (1972), dos diversos fatores sócio-econômicos e demográficos condicionantes da demanda residencial de água, os dois melhores indicadores da quantidade de água consumida num determinado domicílio são o *Valor Comercial da Residência* (valor de mercado) e o *Nível de Renda Familiar*. Essas conclusões foram tiradas de estudos feitos pelo autor, onde se fez uma análise da correlação entre consumo residencial de água e variáveis sócio-econômicas, de forma estratificada (em função da classe social do consumidor, considerando-se três: *alta, média e baixa*), de onde o mesmo tira duas conclusões básicas:

*O consumo residencial de água é consideravelmente maior em domicílios de classe social alta do que em classe média e, principalmente, em classe baixa;*

*Como o valor da residência e o nível de renda familiar refletem a classe social, e o tamanho do domicílio, o estágio no ciclo familiar, as quantidades de água e variações*

*nos seus usos parecem ser mais correlacionadas ao estágio do ciclo familiar, do que a posição da classe social.*

DANIELSON (1979) investiga a demanda residencial de água (considerando-se o uso no verão e inverno), utilizando-se dados de séries temporais "Time-Series", de forma que se pode observar as variações do consumo residencial interno (inverno) e externo (verão), em resposta às mudanças verificadas nas seguintes variáveis:

$X_1$  - média diária de precipitação, durante o período analisado;

$X_2$  - temperatura média verificada;

$X_3$  - valor comercial da residência;

$X_4$  - preço real da água, em cents por 1000 galões (1 galão = 3,785 litros);

$X_5$  - tamanho do domicílio (No. de moradores).

Desta forma, o ajuste do consumo residencial de água pode ser definido como sendo uma função desses fatores, conforme indica a expressão abaixo:

$Y_t = f_t(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5)$ , onde:

$Y_t$  é o consumo diário de água por domicílio e

O consumo médio diário foi de 779 litros por domicílio e a média de moradores por domicílio de 3,07, o que significa 253,85 litros per capita diários. O valor comercial médio da residência foi de US\$ 18.376.

Os resultados, em termos de coeficientes, podem ser vistos no Quadro 2.26, a seguir.

**Quadro 2.26: Coeficientes de Regressão (Coeficiente Angular) entre Consumo Residencial de Água e Variáveis Sócio-Econômicas e Climáticas.**

Demanda	Intercepto	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$
Total	-0,350	-0,018	0,816	0,334	-0,272	0,740
Interna	0,849	*	*	0,352	-0,305	*
Externa	-26,204	-0,206	5,141	0,363	-1,380	0,689

\*Valor não disponível

FONTE: DANIELSON, 1989.

Nota-se, portanto, que as variáveis  $X_1$  (precipitação) e  $X_4$  (preço da água) afetam negativamente a demanda (notadamente no verão), enquanto as demais afetam positivamente. Verifica-se também, que, de forma geral, todas as variáveis apresentam grande influência na demanda, com destaque para o tamanho da residência, com exceção à variável precipitação, que tem maior influência na demanda residencial externa (consumo de água no verão). Observa-se ainda, a influência das variáveis "temperatura" e "preço" na demanda externa.

Ainda, segundo o autor, todos os coeficientes demonstraram-se significantes ao nível de 1% de significância.

O autor analisa também a *elasticidade-preço* e a *elasticidade-renda* da demanda, de forma linear e logarítmica, com dados "*Cross-Sectional*" e "*Time-Series*".

A elasticidade-preço da demanda, sob a forma linear, foi em média -0,41, para dados em séries temporais e de -0,46, em séries espaciais. Sob a forma logarítmica, os valores foram de -0,48 e -0,71, respectivamente; indicando, por exemplo, que um aumento de 10% no preço da tarifa significa uma redução de 4,8% na demanda de água, considerando-se uma mesma região, num determinado período de tempo.

A elasticidade-renda, sob a forma linear, apresentou índices médios de 0,45 e 0,49, com dados em séries temporais e espaciais, respectivamente. Sob a forma logarítmica, os índices foram, respectivamente, de 0,32 e 0,57, o que significa que um aumento de 10% na renda familiar implica um aumento de 3,2% na demanda, sob a forma temporal.

Verifica-se, portanto, que tanto a elasticidade-preço quanto a elasticidade-renda da demanda, tendem a ser maiores em séries espaciais de dados. Ou seja, a influência das variáveis "preço" e "renda" são maiores quando se compara diferentes regiões.

NUCCI (1983), analisa a importância da variável "*Área Edificada*", como fator explicativo das variações no consumo urbano de água, no Município de São Paulo. Segundo este, a importância decorre da necessidade de diferenciação da demanda entre diferentes regiões e setores de atividade. Por exemplo, em regiões onde o consumo residencial de água é predominantemente responsável pelas variações da demanda, pode ocorrer uma forte correlação entre indicadores sócio-econômicos e demográficos (tais como, nível de renda, tamanho e tipo do domicílio, etc.) e índices de consumo específico de água. Por outro lado, em regiões onde existe maior participação de outros setores de atividade, notadamente, comercial, como em algumas áreas da R.M.S.P., tais indicadores podem apresentar coeficientes equivocados ou pouco satisfatórios. Com o uso dessa variável, com exceção a

alguns segmentos industriais, onde o consumo está mais diretamente ligado ao seu processo produtivo, do que à área edificada, tais "distorções" podem ser fortemente reduzidas.

Neste estudo, onde utilizou uma amostra de 91 dos 195 Setores de Renda Imobiliária (SRI)<sup>14</sup> existentes no município, com dados do segundo bimestre de 1976, o referido autor encontrou resultados bastante satisfatórios em relação à área edificada. O consumo específico médio, em termos de litros por metro quadrado ao dia ( $l/m^2.d$ ), para esses 91 setores (os quais envolvem os mais diferenciados tipos de consumidores) foi de  $7,17 l/m^2.d$ , com desvio padrão de  $1,11 l/m^2.d$ , o que significa um Coeficiente de Variação de 15,5%. Os índices máximos e mínimos foram de  $11 l/m^2.d$  e de  $5 l/m^2.d$ . Segundo o autor, admitindo-se uma distribuição normal, pode-se garantir, com 95% de probabilidade, que o consumo médio está contido na faixa entre  $6,77 l/m^2.d$  e  $7,57 l/m^2.d$  (isto é,  $6,77 \leq X \leq 7,57$ ).

O autor recomenda a aprimoração desses estudos, no sentido de se reduzir os efeitos negativos de certos fatores, tais como nível econômico e especificação do uso e ocupação do solo.

NARCHI (1989), utilizando-se de um modelo "*Cross-Sectional*", onde foram considerados 673 unidades de consumo, na Cidade de São Paulo, analisa a demanda residencial de água, em conjunto com diversos fatores sócio-econômicos e demográficos, de forma que se possa estabelecer relações estruturais entre estes e o consumo doméstico de água. As seguintes variáveis explanatórias foram consideradas:

- *Nível de Renda Familiar;*
- *Tamanho do Domicílio (No. de moradores);*
- *Características do Imóvel (área edificada);*
- *Tipo de Ligação (coletiva ou individual).*

A análise foi feita de forma integral e estratificada (em função do tipo de ligação) e a demanda foi considerada em termos de consumo per capita diário e de consumo mensal por domicílio. Os resultados mostraram-se melhores nos casos onde as ligações eram individuais e em termos de consumo per capita diário. No entanto, não foram tão satisfatórios, apresentando Coeficientes de Determinação<sup>15</sup>, que variam de 0,30 a 0,45, apenas.

Nesse estudo, considerou-se também a *elasticidade-preço* da demanda, de forma estratificada, em função do tipo de ligação e do nível de consumo, onde se verificou melhores

---

<sup>14</sup> Definidos pela Prefeitura Municipal de São Paulo.

<sup>15</sup> Estatística que determina a qualidade (ou poder explicativo) do modelo.

resultados em menores faixas de consumo e em ligações onde não havia conexão com a rede pública de esgoto. Os índices variaram de -0,35 a -0,98.

Em resumo, o autor conclui que existem significativas correlações entre a demanda residencial de água e fatores sócio-econômicos e demográficos tais como *Tamanho da Residência, Área Edificada, Tamanho do Terreno, Valor Comercial da Residência e Renda Familiar*.

Como recomendações, sugere o aprofundamento desses estudos, em diversos níveis e instituições, de forma que se possa avaliar efetivamente a importância de cada variável no planejamento e gerenciamento de projetos de sistemas de abastecimento urbano de água.

Em estudos de projeções de demanda residencial de água, citados por GRIMA (1972), utilizando-se modelos "Time-Series" e a técnica de regressão estatística, os seguintes resultados, em termos de correlação entre índices de consumo de água e variáveis explanatórias, foram encontrados:

**Quadro 2.27: Coeficiente de Determinação ( $R^2$ ) na Regressão Linear entre a Variável "Consumo de Água" e Outros Quatro Fatores Seleccionados (1955).**

Regiões	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>
23 Pequenas Cidades (I)	(-) 0,265	(-) 0,483	(-) 0,065	(-) 0,019
21 Grandes Cidades (II)	(-) 0,141	(-) 0,311	(-) 0,373	0,098
44 Cidades Combinadas (III)	(-) 0,201	(-) 0,185	(-) 0,185	0,006

FONTE: GRIMA, 1972, pág. 42.

Onde:

$X_1$  é o preço do pé cúbico (até 1000 pés cúbicos por mês), em US\$ por pé cúbico;

$X_2$  é o número de dias de chuva nos meses de Junho, Julho e Agosto (verão, 1955) e

$X_3$  é o número médio de pessoas por metro quadrado;

$X_4$  é o número correspondente à população total servida.

**Quadro 2.28: Coeficientes de Regressão (Coeficiente Angular) na Regressão entre a Variável "Consumo de Água" e Outros Três Fatores Seleccionados (1955).**

Regiões	Intercepto	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	R <sup>2</sup>
I	5,986	-0,325 (0,131)	-0,053 (0,015)	-0,203 (0,244)	0,619
II	5,329	-0,414 (0,073)	-0,026 (0,007)	-0,339 (0,054)	0,839
III	5,312	-0,386 (0,074)	-0,037 (0,064)	-0,305 (0,064)	0,683

FONTE: GRIMA, 1972, pág. 42.

Nota: Os valores entre parenteses correspondem ao erro padrão do coeficiente.

A equação para o caso III (44 cidades combinadas) é dada por:

$Y = 5,312 - 0,386X_1 - 0,037 X_2 - 0,305 X_3$ , onde Y é o consumo residencial de água, em 1000 pés cúbicos per capita ao ano.

Com isso, nota-se, portanto, além das variações dos resultados entre diferentes tipos de cidades (em relação ao tamanho populacional) que o consumo residencial per capita de água varia inversamente com o preço, número de dias de chuva (no verão) e, em grandes cidades, com a densidade demográfica.

O nível de renda ou poder econômico do domicílio é comumente aceito como fator determinante da demanda residencial de água pela relação direta com a quantidade, variedade e freqüência no uso de aparelhos e utensílios domésticos que usam água (GRIMA, 1972).

Ainda, segundo o referido autor, a seguinte relação entre consumo residencial de água e nível ou poder econômico da população foi estabelecida

$$Q_d = 157 + 3,46 V, \text{ onde:}$$

$Q_d$  é o consumo doméstico médio de água, em galões por domicílio ao dia (gal/dom.dia);

V é o valor comercial (valor de mercado) da residência, em US\$ 1000.

Nesta equação, o coeficiente de correlação, R, foi de 0,76 ( $R^2 = 0,58$ ) e o erro padrão da regressão de 33 gal/dom.dia.

Em relação à renda familiar, as seguintes equações foram encontradas, segundo o modelo "Cross-Sectional" utilizado pelo autor:

$$X_0 = -30,24 + 2,16 X_1 \text{ (1950) (R}^2 = 0,81)$$

(0,30): erro padrão

(7,20): t-value<sup>16</sup>

$$X_0 = - 18,77 + 1,27 X_1 \quad (1959) \quad (R^2 = 0,80)$$

(0,19): erro padrão

(6,68): t-value

onde:

$X_0$  é a quantidade de água adquirida, em galões per capita ao dia e

$X_1$  é a renda média familiar, por ano, em US\$ 1000.

Neste modelo, nota-se que as estimativas do coeficiente angular (2,16 e 1,27) não são significativamente diferentes, para 1950 e 1959. Isto, porque, segundo o autor, o mesmo reflete o comportamento do consumidor a longo prazo.

O mesmo autor, utilizando-se de séries espaciais de dados, indica os seguintes índices de *elasticidade-renda* da demanda, os quais foram calculados sob a forma linear e log-linear:

Tipo de Equação	1950	1959
Equações Lineares (valores médios)	1,49	1,24
Equações Log-Lineares	1,63	1,37

Com base nesses resultados, nota-se que um aumento médio de 10% na renda familiar proporciona um aumento médio de 15% no consumo doméstico de água

O autor ressalta que esses resultados são válidos somente em séries espaciais de dados (modelo "*Cross-Sectional*"), tendo em vista que com dados de séries temporais (modelos "*Time-Series*"), das 11 equações testadas, apenas 2 apresentaram coeficientes (estimadores) significativamente diferentes de zero, a um nível de significância de 10% e nenhuma, a um nível de 5%. A média da elasticidade renda da demanda foi de apenas 0,2.

A explicação do autor, sobre a baixa elasticidade, com relação à séries temporais, é a seguinte: "*Numa localidade com alta renda familiar média, espera-se uma alta porcentagem de famílias com alto índice de posse de equipamentos que utilizam água e grandes jardins para irrigação. No entanto, o aumento da renda, durante um dado período de tempo é, em geral, significativamente maior do que o aumento da demanda. Isto porque existe um certo nível de saturação do consumo de água, em função da saturação do nível de posse de equipamentos; o que não acontece com relação ao nível de renda*".

---

<sup>16</sup> Estatística *t* (teste de Student): Razão entre o coeficiente e seu respectivo erro padrão.

Em estudos relativos à estrutura do uso residencial de água, o referido autor assumiu como hipótese, que a demanda residencial de água pode ser dada em função da seguinte equação:

**WUa**

**DWUs = f (V, L, Np, P, Nb, A, F), ou, mais especificamente,**

**WUw**

**WUa**

**DWUs = b<sub>0</sub> + b<sub>1</sub>V + b<sub>2</sub>L + b<sub>3</sub>Np + b<sub>4</sub>P + b<sub>5</sub>Nb + b<sub>6</sub>A + b<sub>7</sub>F, onde:**

**WUw**

*WUa é o consumo médio anual, em galões por domicílio ao dia (gal/dom.dia);*

*WUs é o consumo médio no verão, em gal/dom.dia;*

*WUw é o consumo médio no inverno, em gal/dom.dia;*

*V é o valor comercial atribuído à residência, em milhares de dólares;*

*L é o tamanho do terreno, em pés quadrados;*

*Np é o número de pessoas por domicílio;*

*P é o preço marginal da água em cents/1000 galões;*

*Nb é o número de medições (leitura) por ano;*

*A é a quantidade de água permitida com a conta mínima, em galões;*

*F é o valor da conta mínima, em cents.*

Para testar a validade dessas suposições, o autor usou dados de três grupos de diferentes municípios, dos quais analisaremos um, o qual envolve 5 municípios e 91 observações. As equações para o ajuste do consumo (médio anual, verão e inverno) são apresentadas a seguir.

**WUa = 178,9 + 0,31V + 0,19L + 22,08Np - 2,66P - 0,80Nb - 0,40A - 0,17F**

Erro Padrão (0,11) (0,13) (3,14) (0,63) (6,79) (0,51) (0,07)

t-value 2,80\*\* 1,48 7,03\*\* -4,21\*\* -0,12 -0,78 2,36\*

R = 0,73\*\*; R<sup>2</sup> = 0,54; F-value = 13,66\*\*

**WUs = 178,7 + 0,34V + 0,19L + 25,49Np - 3,34P + 6,82 Nb - 0,5A - 0,17F**

Erro Padrão (0,13) (0,15) (3,81) (0,77) (8,24) (0,62) (0,09)

t-value 2,55\*\* 1,25 6,7\*\* -4,3\*\* -0,82 -0,82 -2,3\*

R = 0,72\*\*; R<sup>2</sup> = 0,52; F-value = 12,95\*\*

**WUw = 140,39 + 0,21V + 0,12L + 20,48Np - 1,78P - 4,29 Nb - 0,08A - 0,15F**

Erro Padrão (0,10) (0,12) (3,03) (0,61) (6,55) (0,49) (0,07)

t-value 2,03\*\* 0,98 6,67\*\* -2,93\*\* -0,65 -0,15 -2,2\*

$R = 0,69^{**}$ ;  $R^2 = 0,47$ ;  $F\text{-value} = 10,58^{**}$

\* Significante ao nível de 5%;

\*\* Significante ao nível de 1%.

Com base nesses resultados, observa-se que as variáveis **L**, **Nb** e **A** não têm contribuição significativa para o modelo proposto e, portanto, podem ser eliminadas da equação, sem perdas significativas de ajuste. Nota-se também, que, apesar dos melhores resultados obtidos no total (isto é, no consumo médio anual), não há diferença estatisticamente significativa entre os três casos (anual, verão e inverno).

A pequena (ou não significativa) contribuição das variáveis **L**, **Nb** e **A**, pode ser parcialmente explicada através dos resultados do Quadro 2.29, a seguir.

**Quadro 2.29: Coeficiente de Correlação entre a Variável "Consumo Residencial de Água" e os Demais Fatores Analisados.**

	V	L	Np	P	Nb	A	F	WUw	WUs	WUa
V	1,000									
L	<b>0,511</b>	1,000								
Np	0,133	0,173	1,000							
P	0,290	0,091	0,021	1,000						
Nb	0,086	0,279	0,153	0,402	1,000					
A	0,446	0,179	0,111	<b>0,765</b>	0,281	1,000				
F	0,543	0,251	0,135	0,635	0,331	<b>0,725</b>	1,000			
WUw	0,323	0,189	0,555	0,308	0,041	0,324	0,273	1,00		
WUs	0,374	0,236	0,538	0,358	0,049	0,330	0,299	0,839	1,00	
WUa	0,396	0,245	0,549	0,350	0,008	0,329	0,302	0,937	0,96	1,000

FONTE: GRIMA, 1972, pág. 105.

Nota-se, portanto, que **L** (tamanho do terreno) é parcialmente refletido na variável **V** (valor comercial da residência) e a variável **A** (quantidade de água permitida com a conta mínima) tem forte correlação com as variáveis **F** (valor da conta mínima) e **P** (preço marginal da água).

Com relação à variável **Nb** (número de medições anuais), uma explicação seria a sua pequena variância, onde os dois únicos valores encontrados foram 4 e 6.

Assim, ao eliminarmos da equação de regressão essas três variáveis (Nb, A e L) os seguintes resultados são verificados:

$$\mathbf{WUa = 131,26 + 0,37V + 22,15Np - 2,14P - 0,16F}$$

Erro Padrão (0,10) (3,07) (0,48) (0,06)

t-value 3,20\*\* 7,22\*\* -4,5\*\* -2,56\*

R = 0,72\*\*; R<sup>2</sup> = 0,52; F-value = 23,36\*\*

$$\mathbf{WUs = 152,28 + 0,41V + 26,15Np - 2,61P - 0,19F}$$

Erro Padrão (0,12) (3,74) (0,58) (0,08)

t-value 3,51\*\* 6,98\*\* -4,5\*\* -2,4\*

R = 0,71\*\*; R<sup>2</sup> = 0,50; F-value = 21,36\*\*

$$\mathbf{WUw = 115,72 + 0,26V + 20,43Np - 1,74P - 0,13F}$$

Erro Padrão (0,09) (2,93) (0,45) (0,06)

t-value 2,82\*\* 6,9\*\* -3,8\*\* -2,07\*

R = 0,68\*\*; R<sup>2</sup> = 0,46; F-value = 18,6\*\*

Observa-se, com isso, que, de fato, a contribuição das três variáveis retiradas era insignificante.

Outras aproximações (ajustes) foram feitas, utilizando-se equações log-lineares, não se chegando, porém, a resultados significativamente melhores.

Uma análise mais detalhada desses resultados permite afirmar que, dos 7 fatores analisados, apenas 4 se mostraram significativamente importantes na explicação do consumo mensal de água por domicílio (ao nível de 1% de significância). Estes são, por ordem de importância, segundo esses resultados: Np (número de pessoas por domicílio); P (preço marginal da água); V (valor comercial da residência) e F (valor da conta mínima).

## Capítulo 3

### **Análise da Evolução e da Estrutura de Consumo de Água e de Energia Elétrica no Município de Campinas**

#### **3.1 - Introdução**

Este capítulo tem por finalidade descrever a evolução do consumo total de água e de energia elétrica, no Município de Campinas, bem como a estrutura e o perfil de consumo dos principais setores de atividade: *Residencial, Industrial, Comercial e Público*.

Para tanto, faz-se uma análise da evolução recente e sua estrutura de consumo, considerando-se, inicialmente, cada recurso separadamente, de forma integral (i. é., sem a desagregação por setor de atividade) e, posteriormente, analisa-se o consumo de água e de energia elétrica por setor de atividade. Em seguida, analisa-se simultaneamente o comportamento de ambas as variáveis, dentro de cada setor, procurando-se verificar as possíveis e diferentes relações estruturais entre as duas variáveis (água e eletricidade) e suas implicações com outros fatores condicionantes.

Para isso, considera-se, no primeiro caso (análise de forma integral), uma série histórica de dados mensais de consumo e número de consumidores, a qual compreende o período entre janeiro de 1983 (Jan/83) e julho de 1994 (Jul/94). No segundo caso (análise por setor de atividade) a série de dados compreende o período entre Jan/91 e Jul/94. Informações adicionais, bem como dados relativos a outras variáveis e fatores ligados ao consumo de água e de energia elétrica, são considerados de acordo com suas disponibilidade e confiabilidade.

Os dados relativos ao consumo de água foram obtidos juntos à companhia responsável pelo abastecimento público de água em Campinas (SANASA - Sociedade de Abastecimento e Saneamento S/A.), através de relatórios técnicos e informações pessoais. Quanto aos dados sobre consumo de eletricidade (e outros correlatos), estes foram conseguidos através de consultas em anuários estatísticos e boletins de consumo mensal de energia elétrica, na biblioteca e demais departamentos da empresa responsável pelo fornecimento de energia elétrica no Município de Campinas (CPFL - Companhia Paulista de Força e Luz).

Como se trata de séries mensais de dados, sendo uma, relativa ao consumo total envolvendo dados relativos a 139 meses (Jan/83 a Jun/94) e a outra, por setor de atividade, 43

meses (Jan/91 a Jul/94), os dados são resumidos em tabelas (Quadros) e gráficos (Figuras), de acordo com os resultados obtidos.

## 3.2 - Evolução e Estrutura do Consumo de Água no Município de Campinas

### 3.2.1 - Evolução do Consumo Total de Água em Campinas

O Quadro 3.1, a seguir, apresenta dados sobre a evolução do consumo total de água e do número de consumidores, no Município de Campinas, no período de Jan/83 a Jul/94<sup>17</sup>.

**Quadro 3.1: Consumo Total de Água e Número de Consumidores de Água - Município de Campinas (Jan/83 - Jul/94).**

Período	Consumo (m <sup>3</sup> ) <sup>1</sup>	Consumidor <sup>2</sup>	Consumo [(1)/(2)]
JAN83	3.827.074	169.679	22,55
JUL83	4.046.562	176.354	22,95
JAN84	4.032.178	184.190	21,89
JUL84	3.972.781	187.598	21,18
JAN85	3.971.933	189.825	20,92
JUL85	4.044.484	192.590	21,00
JAN86	4.707.773	196.776	23,92
JUL86	4.511.720	200.126	22,54
JAN87	4.951.820	202.861	24,41
JUL87	4.371.142	205.496	21,27
JAN88	4.722.706	208.514	22,65
JUL88	4.413.872	211.850	20,83
JAN89	4.589.121	216.424	21,20
JUL89	4.705.554	223.783	21,03
JAN90	4.991.906	228.244	21,87
JUL90	5.133.085	234.264	21,91
JAN91	5.608.387	240.713	23,30
JUL91	4.919.787	245.508	20,04
JAN92	5.469.577	249.740	21,90
JUL92	5.231.205	253.906	20,60
JAN93	5.238.654	258.371	20,28
JUL93	5.185.744	263.238	19,70
JAN94	5.290.297	267.890	19,75
T.A.C.*	2,7%	3,9%	-
JUL94	5.382.282	274.616	19,60

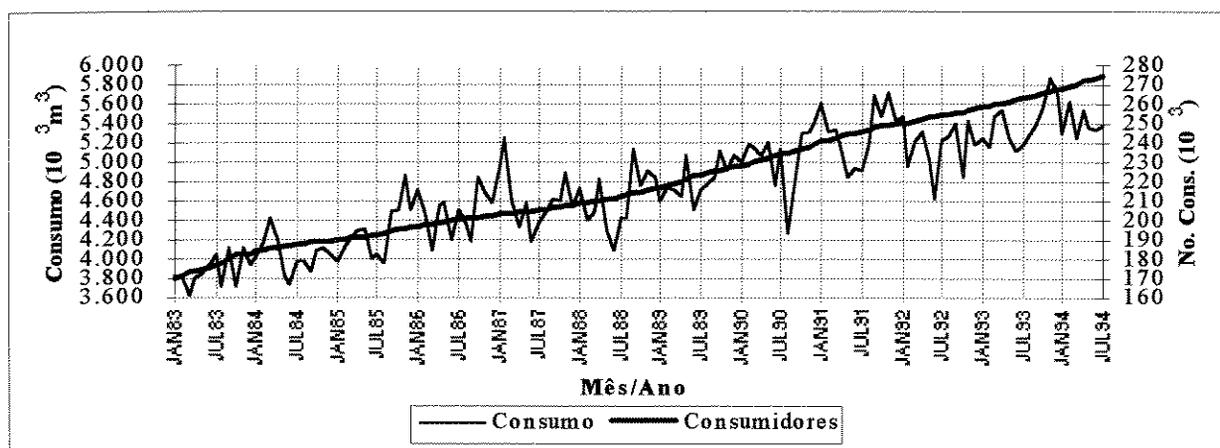
FONTE: SANASA, 1994.

\*Taxa Anual de Crescimento.

<sup>17</sup> Considera-se, para efeitos de análise, o *consumo de água* como sendo o volume final cobrado. Para maiores detalhes sobre os diferentes tipos de volumes envolvidos, ver Capítulo 5, seção 5.4.

Conforme se observa, em Jan/83, o Município de Campinas contava com cerca de 170 mil consumidores de água (incluindo consumidores residenciais, comerciais, industriais e institucionais), os quais foram responsáveis por 3,8 milhões de metros cúbicos de água; o que leva a um índice de 22,6 metros cúbicos por consumidor (consumo específico). Em Jan/94 o número de consumidores subiu para aproximadamente 270 mil, o que significa um crescimento médio anual da ordem de 3,9%; o consumo subiu para 5,3 milhões de metros cúbicos, sendo, portanto, seu crescimento médio de 2,7% ao ano, o que provocou uma certa redução no consumo específico, em termos de metros cúbicos por consumidor ( $m^3/cons.$ ), caindo para 19,6  $m^3/cons.$

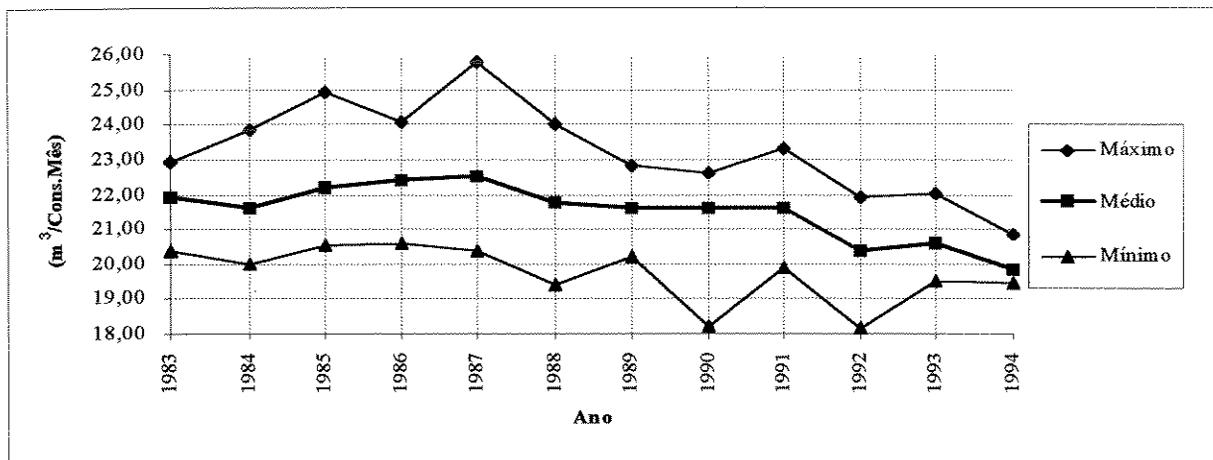
A evolução do consumo total de água e do número de consumidores pode ser vista graficamente, na Fig. 3.1, a seguir.



FONTE: SANASA, 1994.

**Fig. 3.1 - Evolução do Consumo e do Número Total de Consumidores de Água no Município de Campinas (Jan/83 a Jul/94).**

Observa, assim, que o número de consumidores cresce linearmente, enquanto o consumo sofre variações consideráveis, ao longo do período analisado. Nota-se também, que, apesar das flutuações, há uma certa tendência de redução do consumo, a partir de 1987, o que não se verifica em relação ao número de consumidores. Isto, naturalmente, provocará redução nos índices de consumo específico, conforme se pode ver na Fig. 3.2, abaixo, que apresenta as variações nos índices (médios, máximos e mínimos) de consumo específico mensal ( $m^3/Cons.Mês$ ).



FONTE: SANASA, 1994.

**Fig. 3.2 - Índices de Consumo Específico Mensal de Água ( $m^3/Cons.Mês$ ).**

Nota-se, portanto, que, de fato, houve uma redução significativa nos índices, a partir de 1987. Observa-se também, que as variações entre índices máximos, médios e mínimos são consideráveis.

O Quadro 3.2, a seguir, apresenta maiores informações a respeito das flutuações nos índices de consumo específico mensal.

**Quadro 3.2: Índices Máximos, Médios e Mínimos de Consumo Específico Mensal de água ( $m^3/Cons.Mês$ ).**

Ano	Máximo (a)	Médio (b)	Mínimo (c)	Desvio Padrão (d)	Coef. de Variação [[d/b)x100]
1983	22,95	21,93	20,36	0,84	3,84%
1984	23,87	21,59	19,98	1,07	4,94%
1985	24,91	22,17	20,50	1,27	5,73%
1986	24,07	22,43	20,59	1,18	5,24%
1987	25,76	22,49	20,36	1,47	6,56%
1988	24,02	21,73	19,39	1,31	6,04%
1989	22,86	21,59	20,21	0,73	3,40%
1990	22,62	21,60	18,22	1,32	6,13%
1991	23,30	21,60	19,86	1,17	5,41%
1992	21,90	20,35	18,19	1,04	5,09%
1993	22,04	20,54	19,50	0,78	3,80
1994*	20,87	19,87	19,44	0,53	2,67%
<b>Média</b>	<b>23,26</b>	<b>21,49</b>	<b>19,72</b>	<b>1,06</b>	<b>4,90%</b>

\* Somente até o mês de julho.

Observa-se, assim, que as maiores flutuações foram verificadas no ano de 1987 (ano de maior consumo), onde o coeficiente de variação é de 6,56%, contra um índice médio de 4,90%. Nota-se, também, que os anos de maior estabilidade nos índices de consumo específico de água foram 1989, 1993 e 1983, respectivamente. Quanto ao ano de 1994, apesar de se ter verificado um coeficiente de variação relativamente baixo, este não pode ser comparado aos demais, por se ter considerado apenas os sete primeiros meses. Verifica-se, ainda, que o índice médio geral foi de  $21,5 \text{ m}^3/\text{Cons.Mês}$ , com um desvio padrão de 1,06, que corresponde a um coeficiente de variação de 4,9%.

No próximo item (3.2.2), onde se descreve a evolução e o perfil de consumo por setor de atividade, procura-se explicar algumas das variações ocorridas e, principalmente, a redução nos índices de consumo específico.

Para que se possa analisar a evolução do consumo total de água proveniente de abastecimento público, no Município de Campinas, em comparação com a evolução da população correspondente, bem como o número total de consumidores, o Quadro 3.3, a seguir, apresenta uma série anual com as respectivas variáveis, no período compreendido entre 1983 e 1993.

**Quadro 3.3: Consumo de Água, Número de Consumidores e Estimativa da População Residente - Município de Campinas.**

ANO	Consumo ( $\text{m}^3$ ) (1)	Número de Consumidores (2)	População (Habitantes) (3)	Consumo Específico		
				Mensal		Diário
				[(1)/(2)]	[(1)/(3)]	(Lit/Hab)
1983	46.476.083	176.354	709.121	21,96	5,46	182
1984	48.447.131	187.598	725.253	21,52	5,57	186
1985	51.292.231	192.590	741.587	22,19	5,76	192
1986	53.790.064	200.126	758.120	22,40	5,91	197
1987	55.402.596	205.496	774.845	22,47	5,96	199
1988	55.310.429	211.850	791.755	21,76	5,82	194
1989	57.689.037	223.783	808.842	21,48	5,94	198
1990	60.537.328	234.264	826.100	21,53	6,11	204
1991	63.606.959	245.508	843.516	21,59	6,28	209
1992	61.962.408	253.906	860.386	20,34	6,12	204
1993	64.740.800	263.238	877.594	20,50	6,40	213
TAC*	3,37%	4,09%	2,15%	-0,69%	1,59%	1,59%

\*Taxa Média Anual de Crescimento.

FONTES: SANASA & SEADE

Nota-se assim, conforme já verificado anteriormente, que o consumo específico de água, em termos de metros cúbicos por consumidor apresentou uma redução, cujo índice médio de redução é da ordem de 0,7% ao ano. Por outro lado, em termos de metros cúbicos (ou litros) per capita houve um aumento considerável, cuja taxa média anual foi de 1,6%. Isto, porque, conforme se pode verificar, o número de consumidores cresceu mais do que o consumo, (4,09%, contra 3,37%) e este, por sua vez, apresentou um índice de crescimento consideravelmente maior do que o crescimento populacional (3,37%, contra 2,15%).

Desta forma, deduz-se que um maior índice de atendimento à população vem sendo verificado, cuja tendência é de aumento no índice de consumo específico, em termos per capita. Segundo estimativas feitas pela empresa responsável pelo abastecimento público de água, em conjunto com a Prefeitura Municipal, atualmente, cerca de 95% da população é atendida por abastecimento público de Água [SANASA, 1994].

### 3.2.2 - Consumo de Água por Setor de Atividade

Analisa-se, aqui, o comportamento de cada setor de atividade, no que se refere ao consumo de água fornecida por abastecimento público, de acordo com o exposto na introdução e baseando-se numa série histórica mensal de dados, com as mesmas características da anterior, porém, de forma desagregada (por setor de atividade), a qual compreende o período entre janeiro de 1991 e julho de 1994.

O abastecimento público de água, na Cidade de Campinas (assim como o fornecimento de energia elétrica e outros serviços públicos), é dividido em quatro categorias de consumidores, as quais serão denominadas, neste trabalho, "*Setores de Atividade*". Estes são, por ordem de importância, em termos de consumo de água, *Residencial, Comercial, Industrial e Público*, respectivamente.

A categoria de consumidores residenciais inclui, segundo dados fornecidos pela SANASA, os seguintes consumidores:

1. Associação de Moradores de Bairros
2. Clubes
3. Entidades beneficiadas pela Lei 7577/93
4. Residência simples
5. República
6. Residência com comércio vago

7. Terreno vago
8. Construção de residência
9. Residência coletiva
10. Residência com pequeno comércio
11. Residência com piscina
12. Associações Culturais
13. Associações Religiosas, Instituições de Caridade e Igrejas
14. Horta Comunitária

A categoria de consumidores comerciais é composta pelos seguintes estabelecimentos:

1. Postos de Combustível
2. Escolas Particulares
3. Comercial Coletivo
4. Empresas de Transportes
5. Estacionamento e Ferro Velho
6. Cemitério Particular
7. Construção de comércio
8. Hospitais Particulares
9. Bares, Restaurantes, Hotéis e Pensões
10. Cinemas e Casas de Diversões
11. Piscinas
12. Comércio com residência

O setor institucional (público) é constituído por:

1. Associações Esportivas
2. Associações Sindicais
3. Repartições Públicas Estaduais
4. Repartições Públicas Federais
5. Repartições Públicas Municipais
6. Escolas Públicas
7. Hospitais Públicos
8. Teatros Públicos
9. Praças e Jardins Públicos

O setor industrial contempla estabelecimentos que se caracterizam como indústrias, não tendo sido fornecido, pela Sanasa, informações sobre sua definição e caracterização.

### 3.2.2.1 - Setor Residencial

O Quadro 3.4, abaixo, apresenta algumas informações a respeito do consumo residencial de água no Município de Campinas, no período entre Jan/91 e Jul/94.

**Quadro 3.4: Consumo, Número de Consumidores Residenciais, Consumo Específico e Participação Relativa (%) do Setor Residencial no Consumo Total de Água.**

Mês	Consumo (m <sup>3</sup> )	Consumidores (Residências)	Consumo Específico (m <sup>3</sup> /Cons)	Participação <sup>1</sup> (%)	Participação <sup>2</sup> (%)
JAN91	4.461.517	216.282	20,63	79,55	89,85
JUL91	3.864.101	220.590	17,57	78,54	89,85
JAN92	4.502.994	225.089	20,08	82,33	90,13
JUL92	4.243.402	229.349	18,50	81,12	90,33
JAN93	4.350.948	233.438	18,64	83,05	90,35
JUL93	4.285.721	237.775	18,02	82,64	90,33
JAN94	4.365.043	242.054	18,03	82,51	90,36
JUL94	4.443.307	248.137	17,91	82,55	90,36
<b>Valor Máximo</b>			<b>20,63</b>	<b>83,62</b>	<b>90,41</b>
<b>Valor Mínimo</b>			<b>16,53</b>	<b>78,15</b>	<b>89,85</b>
<b>Valor Médio (a)</b>			<b>18,57</b>	<b>80,96</b>	<b>90,19</b>
<b>Desvio Padrão (b)</b>			<b>0,92</b>	<b>1,69</b>	<b>0,21</b>
<b>Coeficiente de Variação [(b/a)x100]</b>			<b>4,98</b>	<b>2,08</b>	<b>0,24</b>

(1): Em relação ao consumo; (2): Em relação aos consumidores.

FONTE: SANASA, 1994.

Uma análise desses dados permite as seguintes afirmações:

a) Em relação ao consumo específico, verifica-se um índice médio da ordem de 18,57 m<sup>3</sup>/Cons.Mês, com um desvio padrão de 0,92, o que corresponde a um coeficiente de variação de cerca de 5%. Nota-se também, que as variações, em termos de índices máximos e mínimos são consideráveis.

b) Quanto à participação relativa do setor residencial no consumo total de água, observa-se que o mesmo detém cerca de 80% de todo o consumo urbano de água, cujo índice apresentou tendências de aumento. Nota-se ainda, que o valor mínimo observado foi de 78,15%, com um máximo de 83,62%.

c) Em relação à participação relativa em termos de número de consumidores, verifica-se que cerca de 90% de todas as economias (consumidores individuais), são residenciais. Nota-se, também, uma pequena tendência de aumento neste índice.

### 3.2.2.2 - Setor Comercial

O setor comercial é o segundo maior consumidor de água, no Município de Campinas (e, em geral, em toda região urbanizada), com uma participação relativa de cerca de 10% no consumo e de 9% no número de consumidores. Maiores detalhes podem ser vistos no Quadro 3.5, abaixo.

**Quadro 3.5: Consumo, Número de Consumidores Comerciais, Consumo Específico e Participação Relativa (%) do Setor Comercial no Consumo Total de Água.**

Mês	Consumo (m <sup>3</sup> )	Consumidores (Estab. Com.)	Consumo Específico (m <sup>3</sup> /Cons)	Participação <sup>1</sup> (%)	Participação <sup>2</sup> (%)
JAN91	614.230	22.027	27,89	10,95	9,15
JUL91	538.305	22.466	24,00	10,94	9,15
JAN92	508.933	22.254	22,90	9,30	8,91
JUL92	533.900	22.147	24,10	10,21	8,72
JAN93	502.261	22.585	22,20	9,59	8,74
JUL93	505.353	23.135	21,80	9,75	8,79
JAN94	521.119	23.649	22,00	9,85	8,83
JUL94	529.472	24.274	21,80	9,84	8,84
<b>Valor Máximo</b>			<b>27,89</b>	<b>11,71</b>	<b>9,15</b>
<b>Valor Mínimo</b>			<b>18,43</b>	<b>8,85</b>	<b>8,71</b>
<b>Valor Médio (a)</b>			<b>23,63</b>	<b>10,16</b>	<b>8,89</b>
<b>Desvio Padrão (b)</b>			<b>1,90</b>	<b>0,62</b>	<b>0,16</b>
<b>Coefficiente de Variação [(b/a)x100]</b>			<b>8,05</b>	<b>6,12</b>	<b>1,83</b>

(1): Em relação ao consumo; (2): Em relação aos consumidores.

FONTE: SANASA, 1994.

Verifica-se, assim, que o índice médio de consumo específico mensal foi da ordem de 23,63 metros cúbicos por consumidor (estabelecimento comercial), com desvio padrão de 1,90 m<sup>3</sup>/Cons.Mês, o que leva a um coeficiente de variação de 8,05% (índice esse que é quase duas vezes aquele verificado anteriormente, em relação ao setor residencial).

Quanto aos índices de participação relativa no consumo total e número de consumidores, nota-se que existem variações significativas em relação à participação no consumo.

### 3.2.2.3 - Setor Industrial

Ao contrário do que se verificou nos setores comercial e, principalmente, residencial, neste setor, tanto o consumo quanto o número de consumidores de água apresentaram reduções significativas em seus índices (ver Quadro 3.6, abaixo).

**Quadro 3.6: Consumo, Número de Consumidores Industriais, Consumo Específico e Participação Relativa (%) do Setor Industrial no Consumo Total de Água.**

Mês	Consumo (m <sup>3</sup> )	Consumidores (Estab. Indust.)	Consumo Específico (m <sup>3</sup> /Cons)	Participação <sup>1</sup> (%)	Participação <sup>2</sup> (%)
JAN91	310.857	900	345,40	5,54	0,37
JUL91	255.967	918	278,80	5,20	0,37
JAN92	265.659	877	302,90	4,86	0,35
JUL92	238.745	856	278,90	4,56	0,34
JAN93	209.863	751	279,40	4,01	0,29
JUL93	180.302	695	259,40	3,48	0,26
JAN94	172.506	547	315,40	3,26	0,20
JUL94	164.295	539	304,80	3,05	0,20
<b>Valor Máximo</b>			<b>345,40</b>	<b>5,94</b>	<b>0,37</b>
<b>Valor Mínimo</b>			<b>244,53</b>	<b>2,79</b>	<b>0,20</b>
<b>Valor Médio (a)</b>			<b>297,18</b>	<b>4,31</b>	<b>0,30</b>
<b>Desvio Padrão (b)</b>			<b>23,79</b>	<b>0,92</b>	<b>0,06</b>
<b>Coefficiente de Variação [(b/a)x100]</b>			<b>8,01</b>	<b>21,44</b>	<b>21,50</b>

(1): Em relação ao consumo; (2): Em relação aos consumidores.

FONTE: SANASA, 1994.

Nota-se, portanto, que houve uma redução significativa de sua participação relativa, tanto em relação ao consumo quanto em relação ao número de consumidores; cujos índices reduziram-se de 5,54% para 3,05% e de 0,37% para 0,20%, respectivamente. Nota-se também, um índice máximo de aproximadamente 6% de participação no consumo total de água, contra um mínimo de 2,8% apenas. Verifica-se ainda, que há grandes variações nos índices de consumo específico, em termos de metros cúbicos por consumidor.

### 3.2.2.4 - Setor Público

O setor público, responsável por apenas cerca de 4,5% do consumo total de água e em torno de 0,6% do número de consumidores, caracteriza-se como o mais instável dos quatro,

principalmente, em relação aos índices de consumo específico, que, conforme se verifica abaixo (Quadro 3.7) apresentou grandes flutuações, no período analisado.

**Quadro 3.7: Consumo, Número de Consumidores Públicos, Consumo Específico e Participação Relativa (%) do Setor Público no Consumo Total de Água.**

<b>Mês</b>	<b>Consumo (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Consumidores (Estab. Indust.)</b>	<b>Consumo Específico (m<sup>3</sup>/Cons)</b>	<b>Participação<sup>1</sup> (%)</b>	<b>Participação<sup>2</sup> (%)</b>
JAN91	221.783	1.504	147,50	3,95	0,62
JUL91	261.414	1.534	170,40	5,31	0,62
JAN92	191.991	1.520	126,30	3,51	0,61
JUL92	215.158	1.554	138,50	4,11	0,61
JAN93	175.582	1.597	109,90	3,35	0,62
JUL93	214.368	1.633	131,30	4,13	0,62
JAN94	231.629	1.640	141,20	4,38	0,61
JUL94	245.208	1.666	147,20	4,56	0,61
<b>Valor Máximo</b>			<b>201,55</b>	<b>5,89</b>	<b>0,64</b>
<b>Valor Mínimo</b>			<b>109,94</b>	<b>3,35</b>	<b>0,60</b>
<b>Valor Médio (a)</b>			<b>152,95</b>	<b>4,56</b>	<b>0,62</b>
<b>Desvio Padrão (b)</b>			<b>21,68</b>	<b>0,58</b>	<b>0,01</b>
<b>Coefficiente de Variação [(b/a)x100]</b>			<b>14,18</b>	<b>12,69</b>	<b>1,25</b>

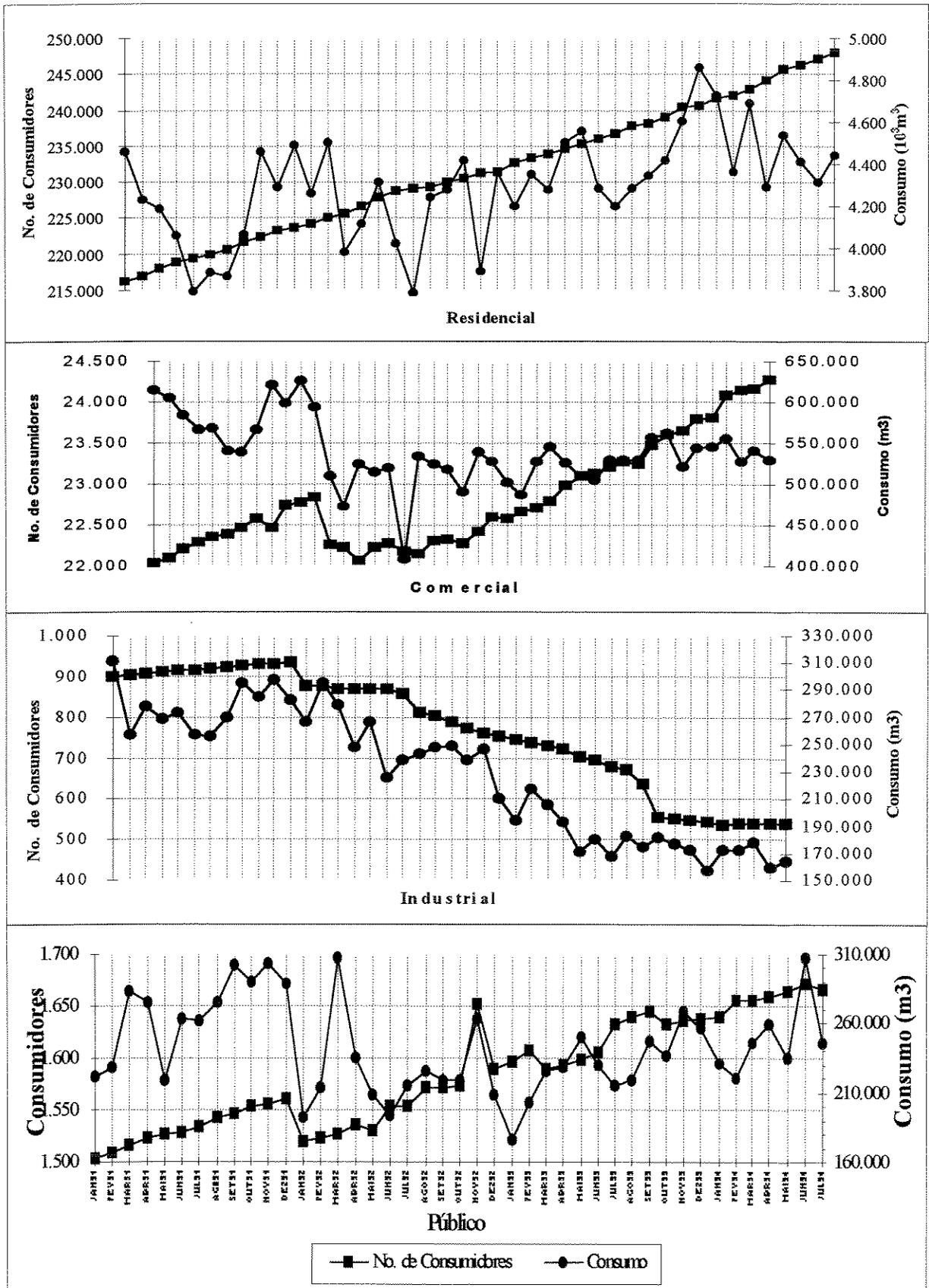
(1): Em relação ao consumo; (2): Em relação aos consumidores.

FONTE: SANASA, 1994.

Observa-se, assim, que, além de um alto coeficiente de variação (cerca de 14%), o valor máximo de consumo específico chega a ser praticamente duas vezes superior ao índice mínimo. Em relação à participação relativa no consumo total de água, também se verifica grandes variações.

### 3.2.3 - Análise Comparativa do Consumo de Água entre Setores de Atividade

A Fig. 3.3, a seguir, permite uma visualização gráfica de alguns dos resultados já discutidos na subseção anterior, entre os quatro setores considerados, em termos de consumo e número de consumidores de água.

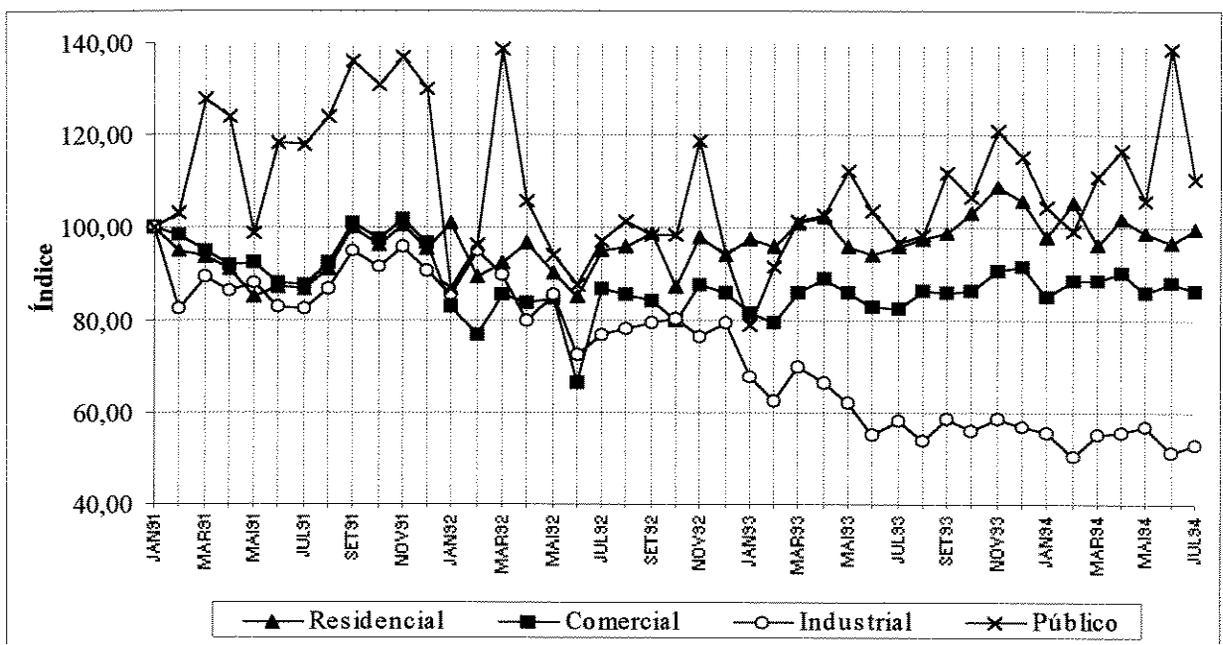


FONTE: SANASA, 1994

Fig. 3.3: Consumo e Número de Consumidores de Água por Setor de Atividade.

Quanto às reduções do número de consumidores industriais, segundo informações da empresa responsável pelo abastecimento público de água em Campinas - SANASA, houve abertura de poços artesianos, em algumas indústrias, as quais tornaram-se independentes do sistema público de abastecimento de água. Em relação às reduções do consumo específico (isto é, maior redução do consumo do que do número de consumidores), neste mesmo setor, uma das explicações é que houve, por parte de algumas indústrias de grande consumo, grandes investimentos em programas de conservação.

A fim de que se possa observar simultaneamente o comportamento de cada setor de atividade, em relação ao consumo, número de consumidores e consumo específico de água, fez-se uma padronização dos valores, sob a forma de índices adimensionais, tomando-se como base o mês de janeiro de 1983 (isto é, Jan/83 = 100). Os dados relativos ao consumo absoluto são apresentados na Fig. 3.4, a seguir.



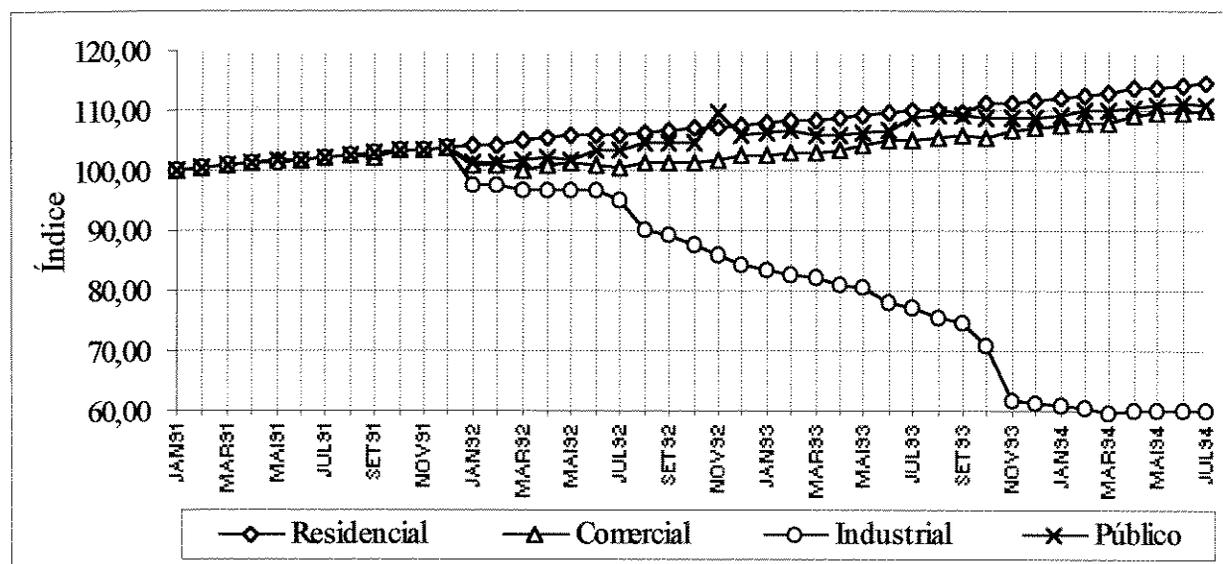
FONTE: SANASA, 1994.

**Fig. 3.4: Consumo de Água por Setor de Atividade (Índices Padronizados: Jan/91=100).**

Verifica-se, desta forma, que, enquanto os índices relativos aos setores residencial e comercial oscilaram, basicamente, entre 80 e 100 (ou seja, em média, variações da ordem de 20%), o setor público apresenta variações de 80 a 140, notadamente, entre Jan/91 e Jun/92. Já o setor industrial, apesar de não apresentar grandes variações, em períodos relativamente

curtos (isto é, de um mês para outro), apresentou, ao longo da série analisada, uma redução da ordem de 50%.

Quanto ao número de consumidores, os dados, em termos de índices padronizados, são apresentados na Fig. 3.5, a seguir.

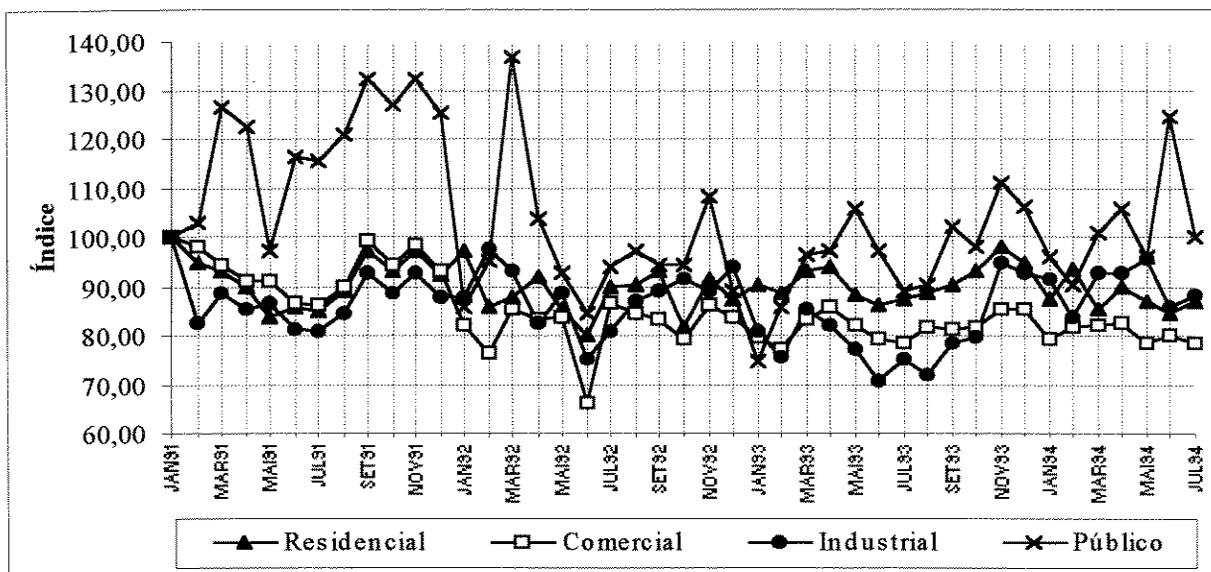


FONTE: SANASA, 1994.

**Fig. 3.5: Número de Consumidores de Água por Setor de Atividade (Índices Padronizados: Jan/91=100).**

Destaca-se, portanto, conforme já visto anteriormente, a redução do número de consumidores industriais, que chegou a casa dos 40%, no final da série analisada (Jul/94). Quanto aos demais setores, nota-se uma forte correlação entre as três variáveis, destacando-se, em termos de estabilidade, o setor residencial.

Em termos de consumo específico, verifica-se (Fig. 3.6) grandes flutuações nos índices relativos ao setor público e uma certa estabilidade nos demais. Nota-se também, que houve uma redução considerável nos índices relativos ao consumo específico, nos setores residencial, comercial e industrial.



FONTE: SANASA, 1994.

**Fig. 3.6: Consumo Específico Mensal de Água por Setor de Atividade (Índices Padronizados: Jan/91=100).**

### 3.3 - Evolução e Estrutura do Consumo de Energia Elétrica no Município de Campinas

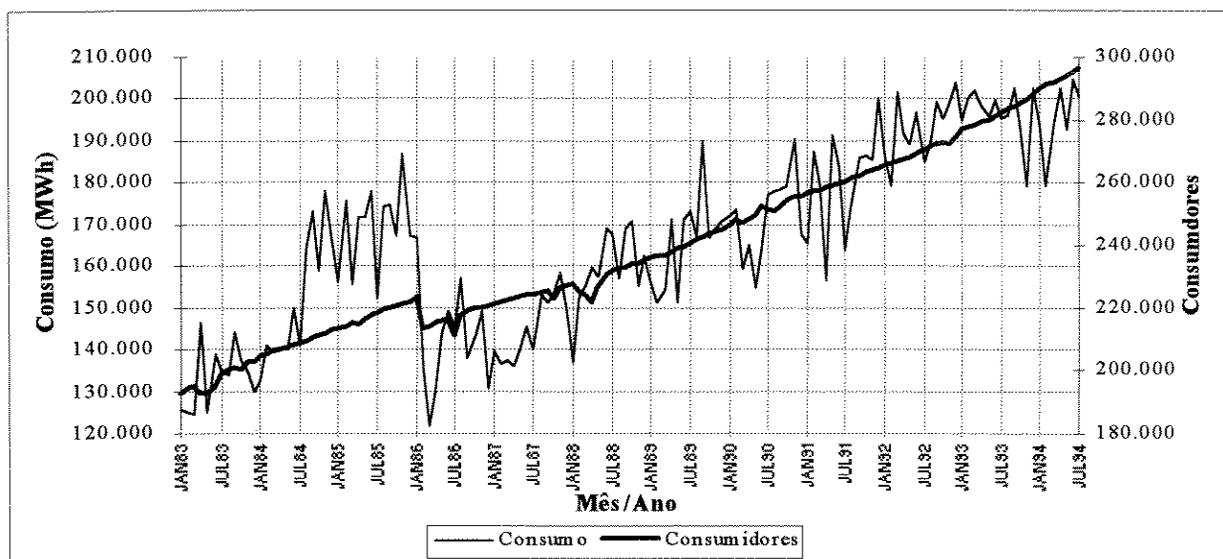
#### 3.3.1 - Considerações Preliminares

Será analisado, nesta seção, o consumo de eletricidade no Município de Campinas, de forma análoga àquela feita anteriormente com o consumo de água, inclusive em relação aos períodos considerados e setores considerados.

Os dados de consumo mensal de energia elétrica (total e por setor de atividade), bem como demais informações relativas a estes, foram coletados junto à biblioteca e demais departamentos da companhia responsável pelo fornecimento de energia elétrica no Município de Campinas (CPFL - Companhia Paulista de Força e Luz).

#### 3.3.2 - Evolução do Consumo de Energia Elétrica no Município de Campinas

A Fig. 3.7, a seguir, apresenta a evolução do consumo e do número total de consumidores de energia elétrica, no Município de Campinas, no período entre Jan/83 e Jul/94.



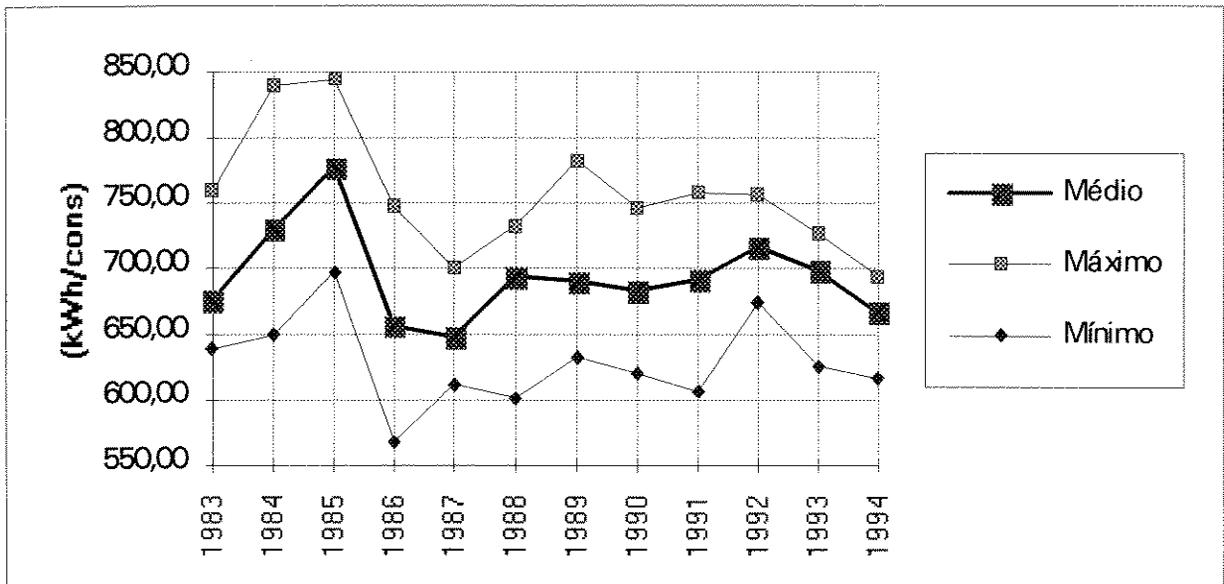
FONTE: CPFL - Companhia Paulista de Força e Luz.

**Fig. 3.7: Evolução do Consumo Total e do Número de Consumidores de Energia Elétrica, no Município de Campinas (Jan/83 a Jul/94).**

Observa-se, assim, uma certa "explosão" do consumo, entre Jul/84 e Jan/86, seguida de uma queda brusca, a partir da qual há uma certa estabilidade, em termos de variações. Nota-se, também, uma redução do número de consumidores, nesse mesmo período, porém, de forma bem menos acentuada do que o consumo. Essa redução brusca no consumo total de eletricidade, neste período, pode ter sido acarretada pelos efeitos do Plano Cruzado, que provocou, inicialmente, redução nas atividades econômicas, notadamente, na indústria, que é o setor de maior peso no consumo final de eletricidade.

Notou-se, entretanto, que isso não ocorreu em relação ao consumo urbano de água. Isto, por que o setor de maior peso no consumo final de água é o residencial, cujas atividades são bem menos condicionadas às variações econômicas, do que as atividades industriais e/ou comerciais.

Conforme se verificou acima (Fig. 3.7), o consumo sofreu uma maior redução do que o número de consumidores, o que proporcionou uma redução no índice de consumo específico (kWh/Cons.Mês), conforme se pode observar parcialmente (i.é, em relação à média anual), na Fig. 3.8, a seguir.



FONTE: CPFL - Companhia Paulista de Força e Luz.

**Fig. 3.8 - Índices de Consumo Específico Mensal de Energia Elétrica (kWh/Cons. Mês).**

Vê-se, portanto, que houve uma tendência de aumento nos índices de consumo específico, entre 1983 e 1985, caindo, logo em seguida, a índices inferiores aos de 1983 e, a partir daí, estabiliza-se em torno de 700 kWh mensais por consumidor. Nota-se, também, que, ao contrário do que se verificou em relação ao consumo de água, não se observa nenhuma tendência de aumento ou redução nos índices de consumo específico mensal, em termos de kWh por consumidor, com exceção a períodos relativamente curtos. Na próxima seção, onde se analisa a evolução do consumo por setor de atividade, serão discutidas as causas dessa tendência.

O Quadro 3.8, a seguir, apresenta maiores informações, em relação aos índices de consumo específico mensal (kWh/Cons.Mês).

**Quadro 3.7: Índices de Consumo Específico Mensal de Eletricidade (kWh/Cons.Mês).**

Ano	Máximo (1)	Médio (2)	Mínimo (3)	Des. Pad. (4)	C.V.(%) [(4)/(2)]	Var.Máx. [(1)-(3)] (5)	Var.(%) [(5)/(2)]
1983	760,28	676,07	639,54	37,30	5,52	120,74	17,86
1984	839,99	729,25	649,35	65,58	8,99	190,64	26,14
1985	844,20	777,86	697,69	44,05	5,66	146,51	18,84
1986	746,67	656,54	568,23	52,64	8,02	178,44	27,18
1987	700,03	648,28	612,00	30,70	4,74	88,03	13,58
1988	732,53	693,64	601,58	37,64	5,43	130,95	18,88
1989	782,86	690,64	633,03	41,73	6,04	149,83	21,69
1990	746,08	683,14	620,02	36,08	5,28	126,05	18,45
1991	757,47	691,58	606,25	45,53	6,58	151,23	21,87
1992	756,43	716,21	674,52	23,85	3,33	81,91	11,44
1993	726,65	698,01	626,10	26,45	3,79	100,55	14,41
1994	694,17	666,50	616,09	26,27	3,94	78,07	11,71
Média	757,28	693,98	628,70	38,99	5,61	128,58	18,50

FONTE: CPFL - Companhia Paulista de Força e Luz.

Nota-se, portanto, que houve grandes flutuações entre índices máximos e mínimos, notadamente, nos anos de 1984 e 1986, onde as variações máximas (diferenças entre maior e menor índice) foram, em relação ao índice médio, de 26,14% e 27,18%, respectivamente, sendo de 18,50% a média verificada, ao longo do período em consideração. Observa-se, também, um coeficiente de variação médio de 5,61%. Esses índices, se comparados aos da seção anterior, isto é, aos de consumo de água, são em torno de 15% superiores, o que significa uma maior estabilidade nos índices de consumo de água. Isto será visto, com maior detalhe, mais adiante.

Para que se possa analisar a evolução do consumo total de eletricidade, em comparação com a evolução da população correspondente, o Quadro 3.8, a seguir, apresenta as respectivas variáveis.

**Quadro 3.8: Consumo de Energia Elétrica, Número de Consumidores e População Residente - Município de Campinas.**

Ano	Consumo (MWh) (1)	Número de Consumidores (2)	População (Habitantes) (3)	Consumo Específico Mensal (kWh)	
				[(1)/(2)]	[(1)/(3)]
1983	1.599.768	197.210	709.121	676,00	188,00
1984	1.824.865	208.346	725.253	729,90	209,68
1985	2.030.301	217.485	741.587	777,95	228,15
1986	1.710.333	217.013	758.120	656,77	188,00
1987	1.740.208	223.645	774.845	648,43	187,16
1988	1.911.846	229.665	791.755	693,71	201,22
1989	1.991.398	240.195	808.842	690,90	205,17
1990	2.058.407	251.050	826.100	683,27	207,64
1991	2.160.123	260.228	843.516	691,74	213,40
1992	2.317.474	269.616	860.386	716,29	224,46
1993	2.359.395	281.761	877.594	697,81	224,04
TAC*	3,96%	3,63%	2,15%	0,32%	1,77%

\* Taxa Média Anual de Crescimento.

FONTES: CPFL & SEADE.

Verifica-se, portanto, que, ao contrário do que acontece em relação ao consumo de água, há uma maior paridade entre crescimento do consumo e do número de consumidores, verificando-se um pequeno crescimento da variável consumo específico, em termos de quilovatt-hora por consumidor, cujo índice de crescimento médio é da ordem de 0,32% ao ano, contra um decréscimo médio anual de 0,70% em relação ao consumo de água.

Nota-se, entretanto, que em termos de consumo per capita (i.é., kWh/Cons.Mês), o índice de crescimento é da ordem de 1,77%, o qual está bastante próximo daquele verificado em relação ao consumo per capita de água (1,59% ao ano).

### 3.3.3 - Consumo de Energia Elétrica por Setor de Atividade

#### 3.3.3.1 - Setor Residencial

O setor residencial é responsável, no Município de Campinas, por cerca de 28% do consumo total de energia elétrica, e 90% do total de consumidores, sendo assim, o segundo maior consumidor de eletricidade.

O mesmo tipo de análise feita anteriormente pode ser feita aqui, segundo os dados apresentados no Quadro 3.9, a seguir.

**Quadro 3.9: Consumo, Número de Consumidores Residenciais, Consumo Específico e Participação Relativa (%) do Setor Residencial no Consumo Final de Eletricidade.**

Mês	Consumo (MWh)	Consumidores (Residências)	Consumo Específico (kWh/Cons)	Participação <sup>1</sup> (%)	Participação <sup>2</sup> (%)
JAN91	51.285	229.223	223,73	31,01	89,29
JUL91	46.359	232.579	199,33	28,32	89,25
JAN92	53.074	236.591	224,33	28,47	89,14
JUL92	54.093	241.418	224,06	29,21	89,23
JAN93	54.389	247.278	219,95	27,90	89,37
JUL93	54.580	251.981	216,60	27,96	89,29
JAN94	57.771	258.878	223,16	29,87	89,26
JUL94	58.710	264.817	221,70	29,23	89,30
<b>Valor Máximo</b>			<b>241,42</b>	<b>32,09</b>	<b>89,37</b>
<b>Valor Mínimo</b>			<b>195,63</b>	<b>26,65</b>	<b>89,14</b>
<b>Valor Médio (a)</b>			<b>223,15</b>	<b>28,65</b>	<b>89,26</b>
<b>Desvio Padrão (b)</b>			<b>9,84</b>	<b>1,04</b>	<b>0,06</b>
<b>Coefficiente de Variação [(b/a)x100]</b>			<b>4,41</b>	<b>3,64</b>	<b>0,07</b>

(1): Em relação ao consumo; (2): Em relação aos consumidores.

FONTE: CPFL, 1994.

Nota-se, assim, que o índice médio de consumo específico residencial foi de 223 kWh/Cons.Mês, com um desvio padrão de 9,84 kWh/Cons.Mês, o que corresponde a um coeficiente de variação de 4,41%, cujo índice está bastante próximo daquele verificado anteriormente em relação ao consumo de água (4,98%).

Quanto à participação relativa, tanto em relação ao consumo quanto no total de consumidores, nota-se também que não houve grandes variações, assim como em relação ao consumo de água.

O setor residencial tem apresentado, na grande maioria das regiões do Estado e, principalmente, em nível nacional, aumento nos índices de consumo específico (tanto em termos de kWh por residência, quanto em kWh per capita). No caso do Município de Campinas, o qual se apresenta com índices relativamente altos (em torno de 220 kWh mensais por residência), não se verifica, a curto prazo (como este em análise) tendências de crescimento. No entanto, apenas como exemplo, em 1983, o consumo residencial de eletricidade, em termos de kWh por residência ao mês, foi de 179 kWh; em 1993, este mesmo índice subiu para 222 kWh, o que significa um crescimento médio anual da ordem de 2,17%.

### 3.3.3.2 - Setor Comercial

O setor comercial é responsável por cerca de 15% do consumo total de energia elétrica, no Município de Campinas, e, em nível estadual (Estado de São Paulo) e nacional, a sua participação relativa é da ordem de 11% e 12%, respectivamente.

O Quadro 3.10, abaixo, apresenta dados sobre consumo, número de consumidores e a participação relativa do setor comercial, no consumo e número de consumidores finais.

**Quadro 3.10: Consumo, Número de Consumidores Comerciais, Consumo Específico e Participação Relativa (%) do Setor Comercial no Consumo Final de Eletricidade.**

Mês	Consumo (MWh)	Consumidores (Estab. Com.)	Consumo Específico (kWh/Cons)	Participação <sup>1</sup> (%)	Participação <sup>2</sup> (%)
JAN91	27.860	21.146	1.318	16,85	8,24
JUL91	24.933	21.531	1.158	15,23	8,26
JAN92	27.206	21.979	1.238	14,59	8,28
JUL92	25.205	22.376	1.126	13,61	8,27
JAN93	26.997	22.673	1.191	13,85	8,19
JUL93	29.683	23.188	1.280	15,20	8,22
JAN94	32.840	23.777	1.381	16,98	8,20
JUL94	29.757	24.205	1.229	14,82	8,16
<b>Valor Máximo</b>			1.457	17,13	8,29
<b>Valor Mínimo</b>			1.126	13,22	8,16
<b>Valor Médio (a)</b>			1.289	15,27	8,23
<b>Desvio Padrão (b)</b>			77,81	1,01	0,04
<b>Coefficiente de Variação [(b/a)x100]</b>			6,04	6,64	0,46

(1): Em relação ao consumo; (2): Em relação aos consumidores.

FONTE: CPFL, 1994.

Verifica-se, desta forma, que o consumo específico mensal médio verificado neste período foi de 1.289 kWh por consumidor, com desvio padrão de 77,81 kWh, o que leva a um coeficiente de variação de 6,04%, índice este que está um pouco abaixo daquele verificado em relação ao consumo de água (cerca de 8%).

Nota-se também, que neste período não se observa tendência de redução ou aumento nos índices de consumo específico, nem de redução nos índices de participação relativa no consumo e número total de consumidores, cujos índices não são muito flutuantes.

### 3.3.3.3 - Setor Industrial

O setor industrial é o principal consumidor de energia elétrica, em regiões relativamente industrializadas, como no caso do Município de Campinas, onde a sua participação relativa gira em torno de 43%. Novamente, não se observa, neste curto intervalo de tempo (Jan/91 a Jul/94), tendência de aumento ou redução de sua participação relativa, no consumo total de eletricidade, porém, se verifica, ao longo dos últimos dez anos, uma redução significativa de sua participação relativa, que era, por exemplo, em 1983, da ordem de 50%. Essa tendência é também verificada em níveis regional, estadual e nacional, conforme se pode ver, no Quadro 3.11, a seguir.

**Quadro 3.11: Participação Relativa do Consumo Industrial de Energia Elétrica (%).**

Região	1980	1992
Brasil	55,57	50,49
Estado de São Paulo	56,53	50,15
Região Administrativa de Campinas	64,20	60,24
Município de Campinas	50,47	45,18

FONTES: BEN, CESP e CPFL.

O Quadro 3.12, a seguir, apresenta dados sobre o consumo, número de consumidores e a participação relativa do setor industrial, no consumo final de eletricidade e no número de consumidores.

**Quadro 3.12: Consumo, Número de Consumidores Industriais, Consumo Específico e Participação Relativa (%) do Setor Industrial no Consumo Final de Eletricidade.**

<b>Mês</b>	<b>Consumo (MWh)</b>	<b>Consumidores (Estab. Indust.)</b>	<b>Consumo Específico (kWh/Cons)</b>	<b>Participação<sup>1</sup> (%)</b>	<b>Participação<sup>2</sup> (%)</b>
JAN91	65.337	4.960	13.173	39,51	1,93
JUL91	69.800	5.080	13.740	42,64	1,95
JAN92	81.419	5.399	15.080	43,68	2,03
JUL92	82.532	5.290	15.602	44,57	1,96
JAN93	89.072	5.259	16.937	45,69	1,90
JUL93	84.504	5.519	15.311	43,29	1,96
JAN94	80.717	5.820	13.869	41,73	2,01
JUL94	90.796	5.967	15.216	45,21	2,01
<b>Valor Máximo</b>			<b>17.325</b>	<b>46,85</b>	<b>2,05</b>
<b>Valor Mínimo</b>			<b>11.173</b>	<b>35,53</b>	<b>1,90</b>
<b>Valor Médio (a)</b>			<b>15.160</b>	<b>42,82</b>	<b>1,97</b>
<b>Desvio Padrão (b)</b>			<b>1.293</b>	<b>2,22</b>	<b>0,04</b>
<b>Coefficiente de Variação [(b/a)x100]</b>			<b>8,53</b>	<b>5,18</b>	<b>1,99</b>

(1): Em relação ao consumo; (2): Em relação aos consumidores.

FONTE: CPFL, 1994.

Nota-se, assim, que houve aumento tanto no consumo quanto no número de consumidores, no período analisado. Nota-se, também, que o índice médio de consumo específico por consumidor (estabelecimento industrial) foi de 15.160 kWh, com um desvio padrão de 1.293 kWh, cujo coeficiente de variação é de 8,53% (praticamente o mesmo verificado anteriormente em relação ao consumo de água, 8,01%).

Quanto à participação relativa nota-se grandes variações entre os índices, com índices máximo e mínimo de 46,85% e 35,53%, respectivamente.

### 3.3.3.4 - Setor Público

O setor público é responsável, no Município de Campinas, por cerca de 13% do consumo final de energia elétrica, e de 0,55%, em relação ao total de consumidores finais de eletricidade.

No Quadro 3.13, a seguir, apresenta-se os dados relativos ao consumo, ao número de consumidores e os índices de participação relativa no consumo e no total de consumidores.

**Quadro 3.13: Consumo, Número de Consumidores Públicos, Consumo Específico e Participação Relativa (%) do Setor Público no Consumo Final de Eletricidade.**

Mês	Consumo (MWh)	Consumidores (Estab. Púb.)	Consumo Específico (kWh/Cons)	Participação <sup>1</sup> (%)	Participação <sup>2</sup> (%)
JAN91	20.896	1.401	14.915	12,64	0,55
JUL91	22.618	1.404	16.110	13,82	0,54
JAN92	24.720	1.437	17.203	13,26	0,54
JUL92	23.361	1.462	15.979	12,61	0,54
JAN93	24.508	1.488	16.470	12,57	0,54
JUL93	26.455	1.519	17.416	13,55	0,54
JAN94	22.094	1.545	14.300	11,42	0,53
JUL94	21.580	1.545	13.968	10,74	0,52
<b>Valor Máximo</b>			<b>20.785</b>	<b>16,01</b>	<b>0,55</b>
<b>Valor Mínimo</b>			<b>12.687</b>	<b>10,20</b>	<b>0,52</b>
<b>Valor Médio (a)</b>			<b>17.178</b>	<b>13,26</b>	<b>0,54</b>
<b>Desvio Padrão (b)</b>			<b>1.954</b>	<b>1,32</b>	<b>0,01</b>
<b>Coefficiente de Variação [(b/a)x100]</b>			<b>11,37</b>	<b>9,93</b>	<b>1,23</b>

(1): Em relação ao consumo; (2): Em relação aos consumidores.

FONTE: CPFL, 1994.

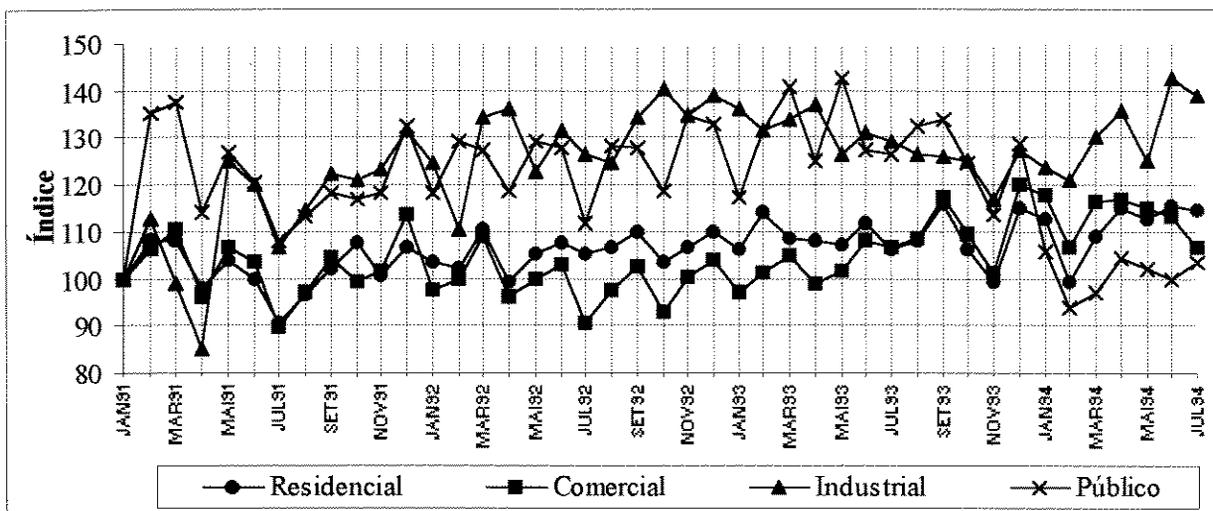
Verifica-se, portanto, que houve um aumento nos índices, tanto em relação ao consumo quanto ao número de consumidores, cujo índice médio de consumo específico, em termos de kWh por consumidor, foi de 17.178, com desvio padrão de 1.954 kWh, o que leva a um coeficiente de variação de 11,37%. Apesar de um pouco abaixo do índice verificado em relação ao consumo de água (14,18%), confirma-se, portanto, a instabilidade deste setor, tanto em termos de consumo de água, quanto em relação ao consumo de energia elétrica.

### 3.3.4 - Análise Comparativa do Consumo de Eletricidade entre Setores de Atividade

A Fig. 3.9, a seguir, apresenta a evolução do consumo e do número de consumidores de eletricidade, para cada setor de atividade considerado.



Na Fig. 3.10, a seguir, apresenta-se o consumo total de energia elétrica de cada setor de atividade, em função de índices padronizados (Jan/91 = 100).



**Fig. 3.10: Consumo Total de Energia Elétrica por Setor de Atividade (Índices Padronizados, Jan/91 = 100).**

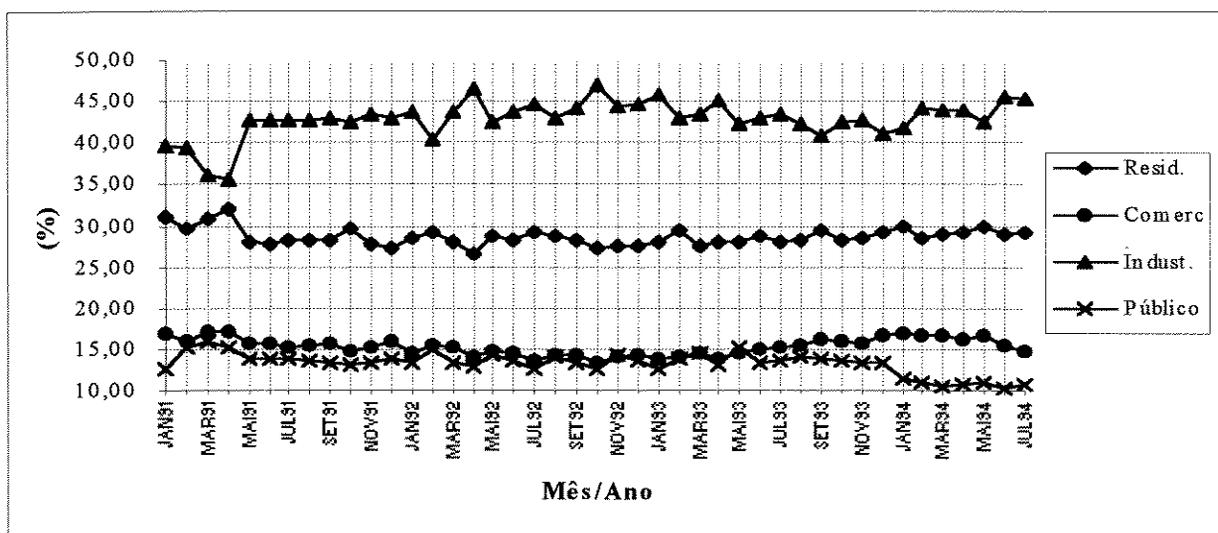
Nota-se, assim, que os setores mais estáveis são o residencial e o comercial, verificando-se grandes variações no consumo industrial e público, principalmente, no primeiro semestre de 1991. Apesar dessas flutuações, nota-se que, em geral, os quatro setores têm comportamento semelhante, em relação às tendências de aumento e redução do consumo. Em outras palavras, existe uma certa relação linear entre as quatro variáveis envolvidas, conforme se pode ver também, através do *Coefficiente de Correlação*, ( $R$ ), apresentado no Quadro 3.14, a seguir.

**Quadro 3.14: Coeficiente de Correlação entre Índices Mensais de Consumo de Energia Elétrica - Município de Campinas - Jan/91 a Jul/94.**

	Residencial	Comercial	Industrial	Público
Residencial	1,000	-	-	-
Comercial	0,682	1,000	-	-
Industrial	0,551	0,204	1,000	-
Público	0,175	0,047	0,851	1,000

Observa-se, com isso, conforme era de se esperar, tendo em vista os resultados da Fig. 10 acima, que há maior afinidade entre os setores residencial e comercial, e entre público e industrial, apesar do comportamento atípico do setor público.

O comportamento de cada setor de atividade, ao longo da série analisada, em relação à participação relativa no consumo total de energia elétrica, pode ser visto graficamente, através da Fig. 3.11, abaixo.



FONTE: CPFL, 1991-1994.

**Fig. 3.11: Participação Relativa, no Consumo Total de Energia Elétrica, de Cada Setor de Atividade.**

Nota-se, portanto, que a participação do setor industrial gira em torno de 45%, observando-se, porém, uma queda considerável, nos primeiros quatro meses de 1991, o que aumenta, automaticamente, a participação dos demais. Observa-se, também, o declínio da participação relativa do setor público, a partir de Jan/94.

O Quadro 3.15, a seguir, apresenta os índices médios anuais de participação relativa de cada setor de atividade, tanto em termos de consumo como em relação ao número de consumidores de energia elétrica, no Município de Campinas.

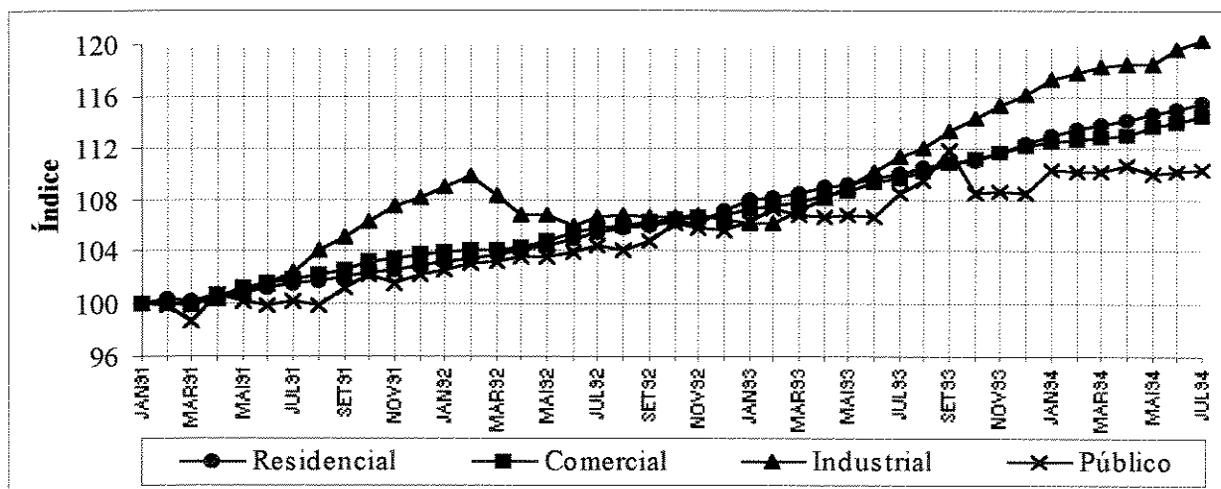
**Quadro 3.15 - Participação Relativa de Cada Setor de Atividade, no Consumo e Número de Consumidores de Energia Elétrica - Índices Médios Mensais (%).**

ANO	Residencial		Comercial		Industrial		Público	
	Consumo	Consumid	Consumo	Consumid	Consumo	Consumid	Consumo	Consumid
1991	29,44	89,29	16,07	8,26	41,60	1,96	12,89	0,49
1992	28,47	89,27	14,52	8,26	44,45	1,97	12,56	0,49
1993	28,75	89,34	15,23	8,22	43,35	1,95	12,67	0,49
1994	29,38	89,34	16,27	8,17	44,09	2,01	10,26	0,48
<b>Média (1)</b>	<b>28,97</b>	<b>89,31</b>	<b>15,44</b>	<b>8,23</b>	<b>43,29</b>	<b>1,97</b>	<b>12,31</b>	<b>0,49</b>
<b>Máx.(2)</b>	<b>32,54</b>	<b>89,41</b>	<b>17,37</b>	<b>8,30</b>	<b>47,37</b>	<b>2,05</b>	<b>14,88</b>	<b>0,51</b>
<b>Mín. (3)</b>	<b>26,95</b>	<b>89,18</b>	<b>13,37</b>	<b>8,16</b>	<b>36,02</b>	<b>1,90</b>	<b>9,41</b>	<b>0,48</b>
<b>Var.[(2)-(3)/1]</b>	<b>19,29%</b>	<b>-</b>	<b>25,9%</b>	<b>-</b>	<b>26,22%</b>	<b>-</b>	<b>44,44%</b>	<b>-</b>

FONTE: CPFL - Companhia Paulista de Força e Luz.

Com isso, observa-se, também, a maior estabilidade (em termos relativos) do setor residencial, que apresentou variação máxima de sua participação relativa (em termos de consumo) de apenas 19%, enquanto os demais apresentam índices ligeiramente superiores, notadamente, o setor público (44%).

Uma análise comparativa entre consumidores de energia elétrica, por setor de atividade, pode ser feita observando-se os dados da Fig. 3.12, a seguir, que apresenta índices relativos aos mesmos, de forma padronizada, tomando-se como base, o mês de Jan/91.



Confirma-se, portanto, a estabilidade em relação aos setores residencial e comercial, a redução do número de consumidores industriais, no período entre Fev/92 e Jun/93, e a instabilidade do setor público, que, inclusive, foi o único que apresentou redução do número de consumidores, em relação a Jan/91.

Com relação ao consumo específico mensal (*kWh/Cons.Mês*), observa-se, conforme era de se esperar (tendo em vista os resultados anteriores), novamente, maior estabilidade no setor residencial, que apresentou, nesse período, uma média de 223,14 kWh mensais por consumidor (residência); sendo os setores público e industrial os menos estáveis, os quais apresentaram, nesse período, variações máximas da ordem de 26,5% e 26,3%, respectivamente, enquanto, nos setores residencial e comercial, essas variações foram de apenas 12% e 13%, respectivamente. Verifica-se, também, um índice relativamente alto de consumo residencial de eletricidade, se comparado a outras regiões ou municípios do estado e, principalmente, do Brasil, onde o índice médio mensal é da ordem de 150 kWh por residência.

O Quadro 3.16, a seguir, apresenta maiores informações a respeito do consumo específico mensal de eletricidade.

**Quadro 3.16 - Consumo Específico Mensal por Setor de Atividade - Índices Médios Mensais (*kWh/Cons.Mês*).**

Ano	Residencial	Comercial	Industrial	Público
1991	224,81	1.328	14.490	17.837
1992	225,61	1.244	15.975	17.966
1993	222,04	1.277	15.373	17.793
1994	217,94	1.318	14.551	14.130
<b>Médio (1)</b>	<b>223,14</b>	<b>1.289</b>	<b>15.161</b>	<b>17.257</b>
Máximo (2)	241,42	1.457	17.325	20.785
Mínimo (3)	195,63	1.126	11.174	12.688
Desvio Padrão	9,85	77,81	1.290	1.890
Coefic. de Variação	4,41%	6,04%	8,51%	11,02%
Var.Máx.[(2)-(3)/(1)]	20,52%	25,68%	40,57%	46,92%

FONTE: CPFL - Companhia Paulista de Força e Luz.

Confirma-se, portanto (através das variações), a afirmação do que foi dito a respeito da variabilidade ou dispersão dos dados.

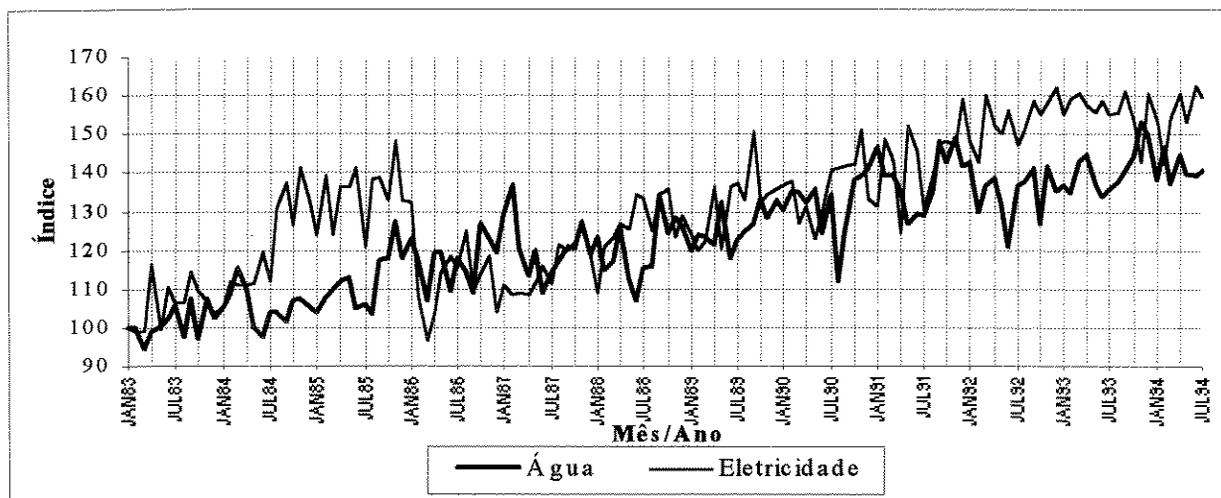
### 3.4 - Análise Comparativa entre Consumo de Água e de Energia Elétrica

Com a finalidade de verificar simultaneamente o comportamento entre as duas variáveis (água e energia elétrica), tanto em termos de consumo quanto em relação ao número de consumidores, faz-se, nesta seção, um confronto entre ambas as variáveis, de forma que se possa tirar algumas conclusões mais elucidativas.

Da mesma forma anterior, analisa-se, inicialmente, o comportamento em termos globais, isto é, do consumo total de água e de energia elétrica e, logo em seguida, por setor de atividade.

#### 3.4.1 - Consumo Total de Água Versus Consumo Total de Energia Elétrica

Considerou-se, conforme já feito anteriormente, índices padronizados (adimensionais), tomando-se como referência o mês de janeiro de 1983 (isto é, Jan/83 = 100). Os dados relativos ao consumo total são apresentados na Fig. 3.13, a seguir.



FONTES: SANASA & CPFL.

**Fig. 3.13: Consumo Total de Água e de Energia Elétrica - Município de Campinas (Índices Padronizados: Jan/83 = 100).**

Percebe-se, desta forma, conforme já observado anteriormente (de forma isolada), que ambas as variáveis apresentam, geralmente, comportamento análogo, principalmente, em relação ao crescimento, que tem a forma linear em função do tempo. No entanto, ao se analisar

períodos mais curtos, como, por exemplo, Abr/84-Jul/85 e Nov/92-Jul/94, nota-se, comportamentos um tanto diferenciados, notadamente, no primeiro caso (Abr/84-Jul/85), onde o consumo de eletricidade apresentou crescimento substancial e o de água decresceu.

Em relação às variações (flutuações nos índices de consumo), o Quadro 3.17, a seguir, permite algumas conclusões.

**Quadro 3.17: Índices (Padronizados) de Consumo de Água e de Eletricidade: Valores Médio, Máximo e Mínimo (Mês de Referência: Jan/83 = 100).**

Índices	Água (1)	Eletricidade (2)	Variação [(2)-(1)]	Variação (%)*
Médio	123,50	131,84	8,34	6,32
Máximo	153,34	162,64	9,30	5,72
Mínimo	94,39	96,62	2,23	2,31
Desvio Padrão	14,39	17,88	3,49	19,52
Coef. de Variação	11,66%	13,56%	1,90%	14,01%

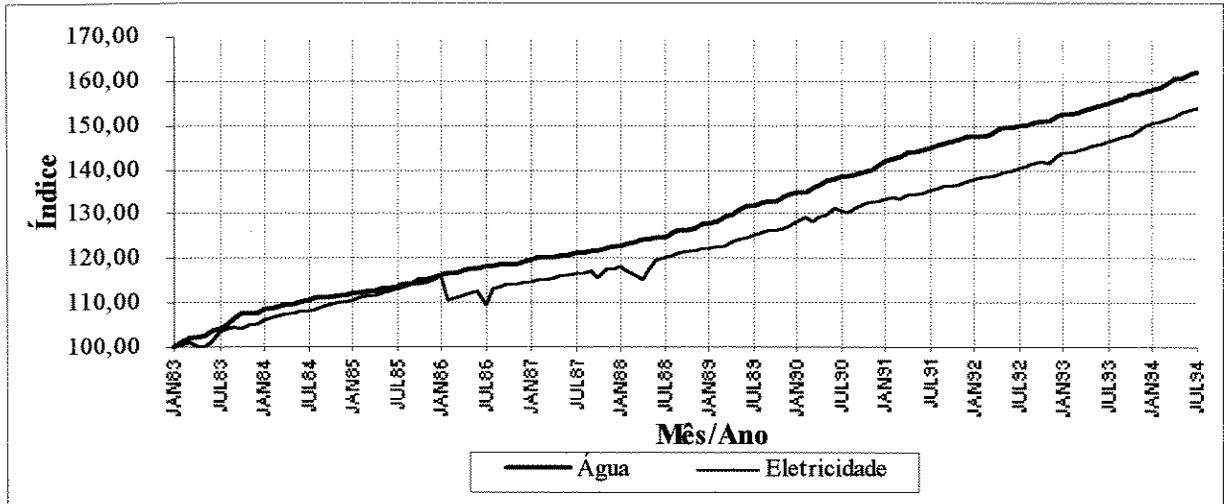
\* Em relação Eletricidade.

Nota-se, assim, uma pequena vantagem da variável "*Consumo de Água*", que apresentou um índice médio de 123,5, com desvio padrão de 14,39 e um coeficiente de variação de 11,39%, contra um índice médio de 131,84, em relação à eletricidade, cujo desvio padrão foi de 17,88% e o coeficiente de variação de 13,56%. Nota-se, também, que a variável "eletricidade" apresentou maiores índices (máximo, médio e mínimo), conforme se verifica, também, através da Fig. 13, onde o consumo de eletricidade está, em geral, acima do consumo de água.

Quanto aos consumidores, há uma maior homogeneidade entre as duas variáveis, tendo em vista a menor influência de certos fatores, que afetam muito mais o consumo do que o número de consumidores.

Praticamente, não se observa variações (aumentos ou reduções) significativas em nenhuma das variáveis, com raríssimas exceções, entre elas, no mês de Fev/86, onde houve uma redução de 9.756 consumidores de energia elétrica. Verificou-se, também, menor variabilidade nos índices relativos à variável "*água*", que apresentou índice médio de 161,84, com desvio padrão de 17,21, contra um índice médio de 153,89, em relação à variável

"eletricidade", com desvio padrão de 14,63. O comportamento de cada variável pode ser visto graficamente na Fig. 3.14, a seguir.



**Fig. 3.14: Número de Consumidores de Água e de Energia Elétrica - Índices Padronizados.**

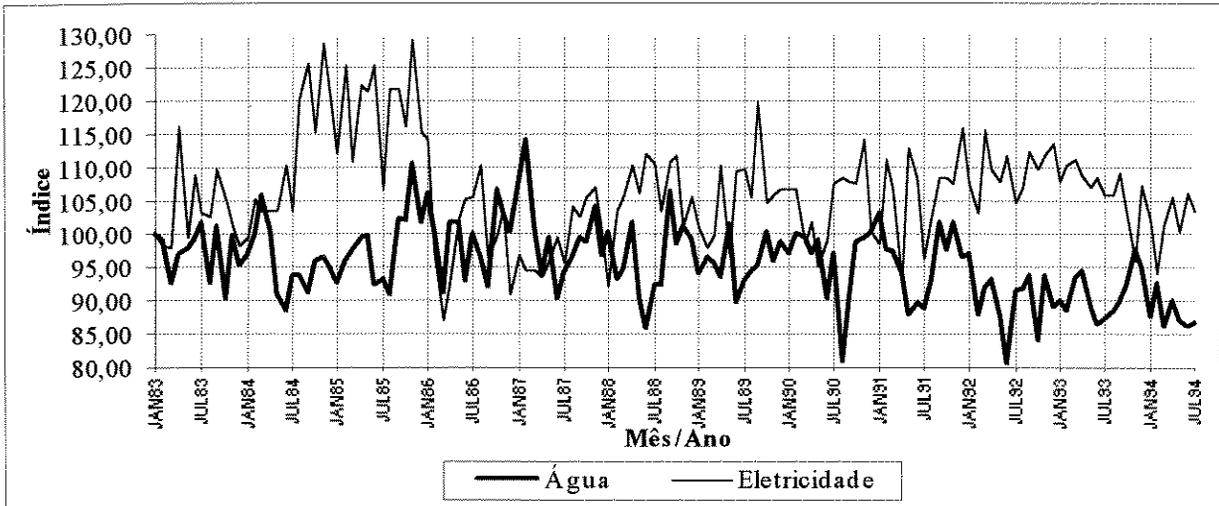
Quanto ao consumo específico, analisando-se, novamente, em função de índices padronizados (Jan/83 = 100), nota-se, conforme já observado anteriormente, uma tendência de redução nos índices relativos ao consumo de água, não se verificando o mesmo, porém, em relação à variável eletricidade.

Com relação a variabilidade dos índices, observa-se também maior estabilidade nos índices de consumo de água, que apresentaram média de 95,54, com um coeficiente de variação de 5,04%, contra um índices médio de 106,32, em relação à eletricidade, cujo coeficiente de variação foi de 6,16%. O Quadro 4.18, a seguir, apresenta maiores detalhes.

**Quadro 4.18: Índices (Padronizados) de Consumo Específico de Água e de Eletricidade: Valores Médio, Máximo e Mínimo (Mês de Referência: Jan/83 = 100).**

Parâmetros	Água (1)	Eletricidade (2)	Varição [(2)-(1)]
Média	95,54	106,32	10,78
Valor Máximo	114,22	129,16	14,94
Valor Mínimo	80,64	86,93	6,29
Desvio Padrão	5,76	7,95	2,19
Coef. de Variação (%)	5,04	6,16	1,12

Nota-se, novamente, menor variabilidade nos índices relativos ao consumo de água, os quais estão, geralmente, abaixo dos índices de consumo de eletricidade, conforme se pode ver, também, através da Fig. 3.15, a seguir.



FONTES: SANASA & CPFL.

**Fig. 3.15: Consumo Específico Mensal de Água e de Energia Elétrica - Índices Padronizados (Jan/83 = 100).**

Tendo em vista os resultados relativos ao consumo e ao número de consumidores, observa-se que o comportamento dos índices relativos ao consumo específico é praticamente o mesmo verificado em relação ao consumo absoluto, em termos de variabilidade.

### 3.4.2 - Análise por Setor de Atividade

#### 3.4.2.1 - Consumo

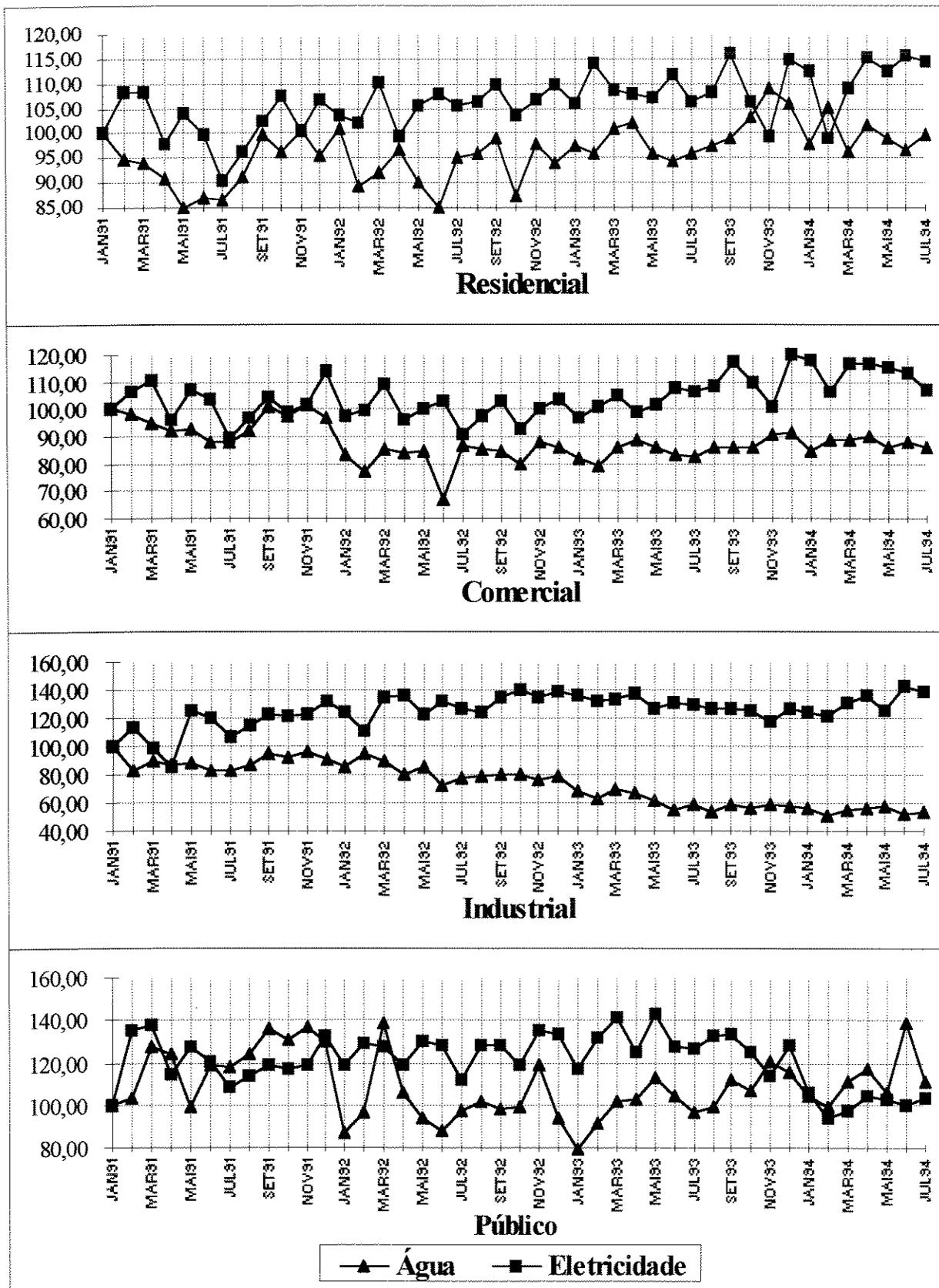
Quanto ao setor residencial, nota-se uma certa diferença de comportamento entre as duas variáveis, no sentido em que o consumo de eletricidade manteve-se, geralmente, acima do índice base (100), com apenas uma observação significativamente menor (Jul/91  $\cong$  90), ocorrendo exatamente o inverso em relação ao consumo de água, que, desprezando-se as flutuações, saiu de Jan/91 com índice igual a 100 e chegou em Jul/94 com praticamente o mesmo índice, enquanto o consumo de eletricidade apresentou, sob as mesmas condições, um crescimento absoluto da ordem de 15%.

Essa diferença de comportamento entre as variáveis, deve-se, em grande parte, à sazonalidade do consumo residencial de água, em função de fatores climáticos (notadamente, temperatura ambiente), que, conforme se pode ver (Fig. 3.16), apresenta, em geral, redução do consumo em meses de menor temperatura (geralmente entre maio e julho), que chegaram a ser da ordem de 15%. O que não acontece em relação à variável "eletricidade". A influência desses fatores será analisada no próximo capítulo.

Já em relação ao setor comercial, nota-se que há uma certa estabilidade do consumo de eletricidade, durante quase todo o período analisado, onde os índices oscilaram entre 90 e 110, ocorrendo um acréscimo a partir de Set/93, chegando-se ao final da série com um aumento de cerca de 10%. Por outro lado, em relação ao consumo de água, observa-se uma nítida redução, chegando-se ao final com um índice médio em torno de 15%, verificando-se, porém, índices bastante inferiores, como em Jun/92, onde a redução chegou a casa dos 35% (Fig. 3.16).

No setor industrial, as duas variáveis (consumo de água e consumo de eletricidade), apresentaram comportamentos opostos, em relação à tendências de crescimento, onde o consumo de eletricidade apresentou um aumento absoluto médio da ordem de 40% e o de água uma redução em torno desse mesmo índice. Isto, entretanto, pelo fato de ter ocorrido praticamente o mesmo, em relação ao número de consumidores (Fig. 3.16).

Ao se correlacionar índices de consumo de água e de energia elétrica (e, mesmo em relação ao número de consumidores), o setor que apresenta, em geral, menor grau de correlação é o público, que apresenta grandes variações, principalmente, em relação ao consumo de água (Fig. 16). Nota-se, assim, que os índices de consumo de água oscilaram, neste período, entre 80 e 140, não apresentando nenhuma tendência de redução ou aumento. Com relação aos índices de consumo de eletricidade, observa-se uma certa tendência de crescimento, entre Jan/91 e Mai/93 (onde o índice máximo chega a 140), caindo, porém, logo em seguida, chegando ao final da série analisada (Jul/94), com o mesmo nível inicial (em torno de 100).



FONTES: SANASA & CPFL.

Fig. 3.16: Consumo de Água e de Energia Elétrica (Índices Padronizados).

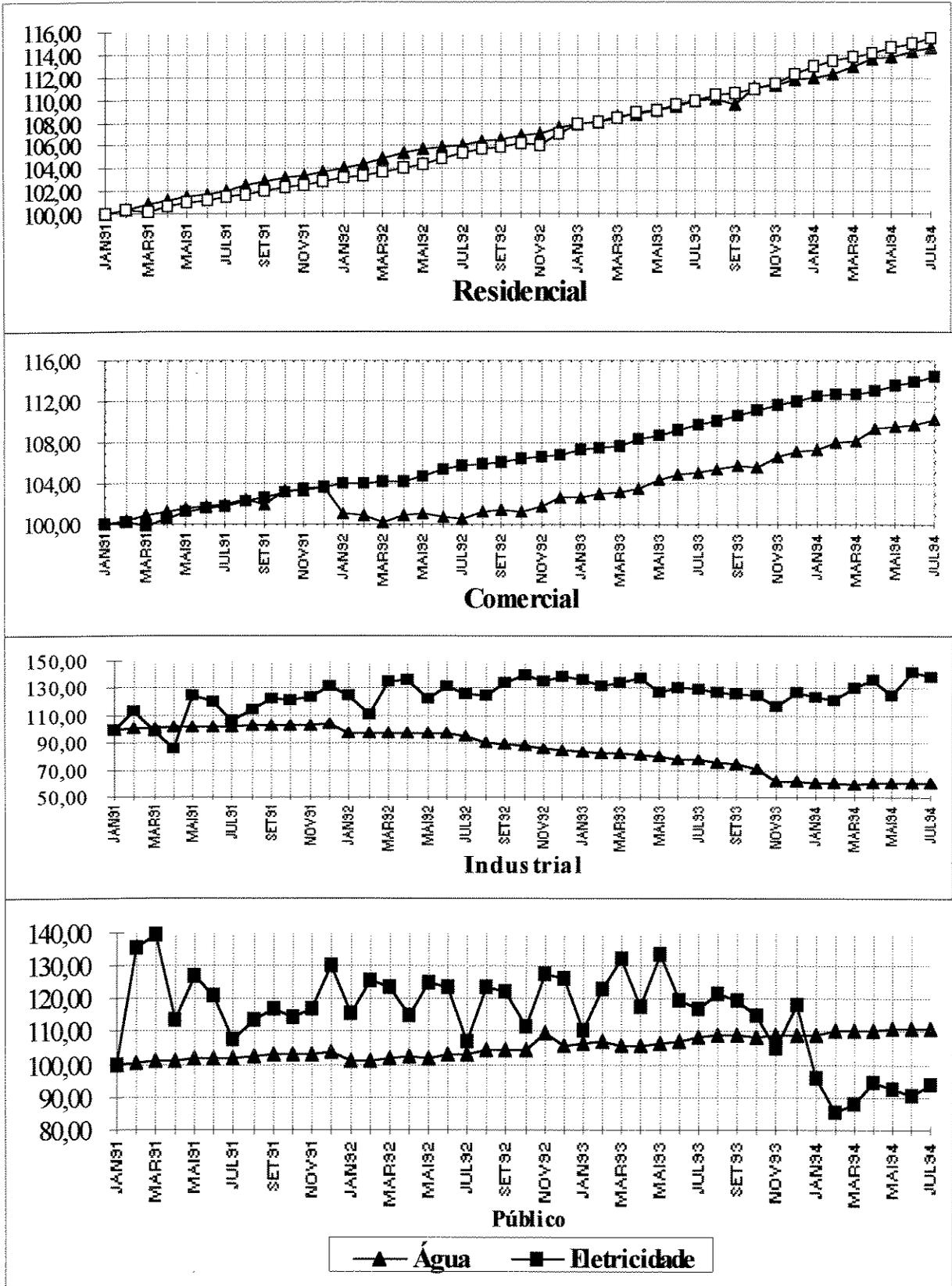
### 3.4.2.2 - Consumidores

No setor residencial, nota-se que há uma estreita correlação entre as duas variáveis (água e eletricidade), de onde se pode inferir que praticamente, todo consumidor residencial de água é também consumidor de energia elétrica (Fig. 3.17).

Quanto ao setor comercial, observa-se que, apesar da forte correlação entre as duas variáveis, há uma redução considerável nos índices relativos à variável "água", a partir de Dez/91, retomando seu crescimento, a partir de Mar/92; o que não ocorre em relação à variável "eletricidade", que tem o mesmo comportamento, em termos de variações, do setor residencial. Os dados são apresentados graficamente, na Fig. 3.17, a seguir.

Em se tratando de consumidores industriais, verifica-se (Fig. 3.17), quatro períodos marcantes. No primeiro (Jan/91 a Dez/91), há um pequeno crescimento, caindo um pouco, logo em seguida, onde se mantém até Jul/92, voltando a cair mensalmente e de forma considerável, até Nov/93 (cerca de 40%, em relação a Jan/91), mantendo-se nesse nível até Jul/94. Já em relação à eletricidade ocorre, conforme no caso anterior (consumo), o inverso, porém, com maior instabilidade.

Quanto ao setor público, nota-se o maior contraste entre consumidores de água e de energia elétrica, tendo em vista a grande instabilidade no número de consumidores de energia elétrica, e grande estabilidade em relação a consumidores de água, os quais apresentaram um crescimento absoluto e linear, ao longo do período analisado, em torno de 10% (Fig. 3.17).



FONTES: SANASA & CPFL.

**Fig. 3.17: Consumidores de Água e de Energia Elétrica, por Setor de Atividade (Índices Padronizados: Jan/91= 100).**

### 3.4.2.3 - Consumo Específico

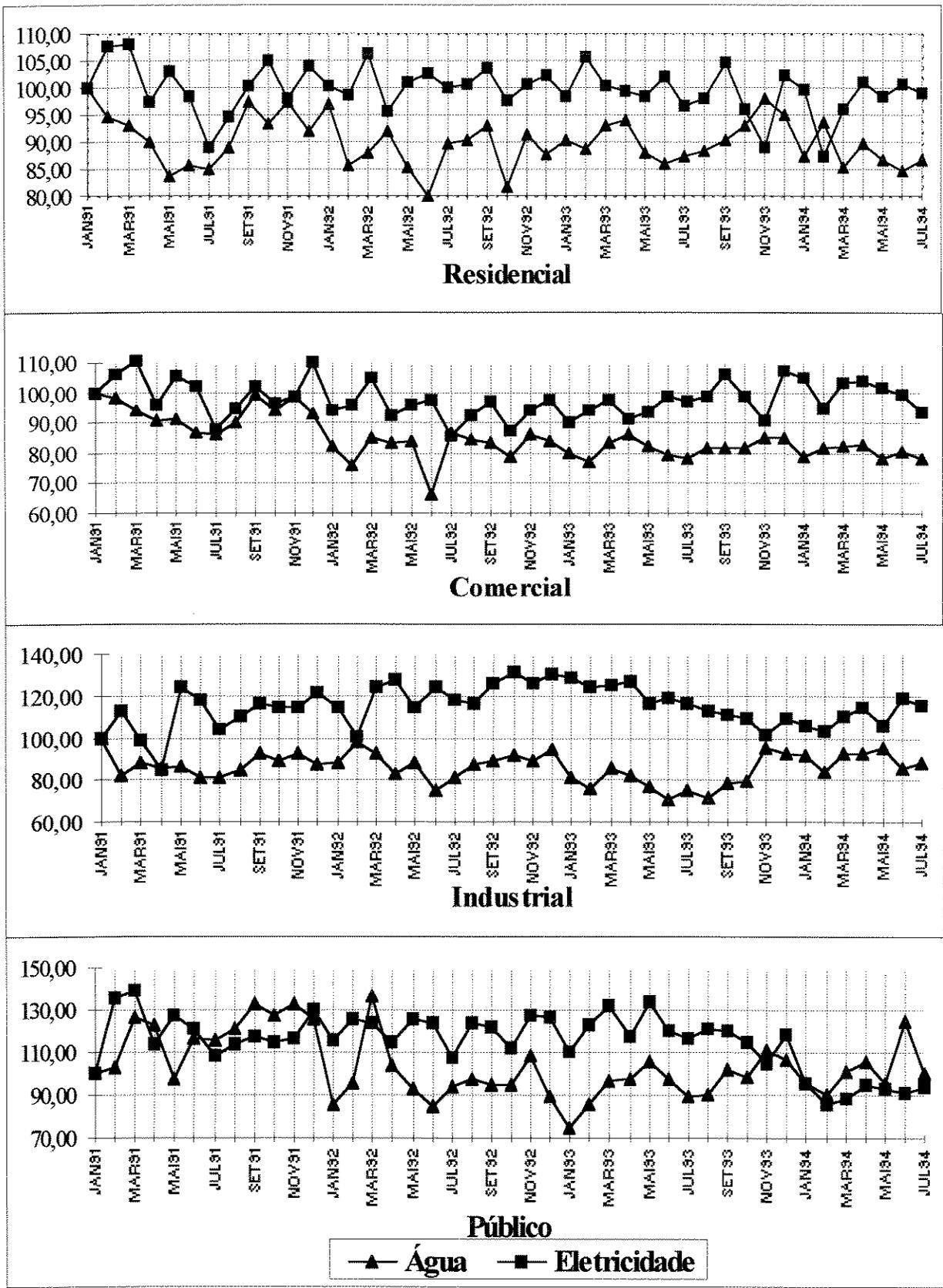
Com relação ao consumo específico, que, em última análise, é o que mais interessa, a Fig. 3.18, a seguir, permite algumas conclusões:

No setor residencial, observa-se, como era de se esperar (tendo em vista o comportamento das duas variáveis, em relação ao número de consumidores), que, praticamente, as mesmas conclusões anteriores, em relação ao consumo absoluto (Fig. 3.18), são válidas para essa variável. Isso, é claro, em termos de variações mensais nos índices. Quanto às tendências de crescimento ou redução deste índice (consumo específico mensal), como já visto anteriormente, nota-se uma redução nos índices da variável "água", e, apesar de se saber que existe, a longo prazo, tendência de aumento nos índices relativos à eletricidade, não se observa, neste curto período de tempo, nenhuma tendência.

Quanto ao setor comercial, nota-se uma pequena redução nos índices relativos à eletricidade, tendo em vista o crescimento do número de consumidores ter sido um pouco mais acentuado do que o do consumo, e, em relação ao consumo de água, uma queda considerável, tendo em vista a redução do consumo absoluto e o aumento do número de consumidores. A partir de Jan/92, essa redução girou em torno de 20%.

Já em relação ao setor industrial, não se observa grandes contrastes entre as duas variáveis, tendo em vista o comportamento em relação ao consumo absoluto e ao número de consumidores. Nota-se, entretanto, que, novamente, os índices relativos à eletricidade estão bastante acima do nível inicial (Jan/91), oscilando, geralmente, entre 100 e 130, enquanto os índices de consumo específico de água apresentam reduções, variando entre 70 e 100 (Fig. 3.18).

No setor público, verifica-se praticamente o mesmo comportamento observado no consumo absoluto, principalmente, em relação à variável "água", que apresentou grandes variações no consumo e estabilidade nos índices relativos ao número de consumidores.



FONTES: SANASA & CPFL.

**Fig. 3.18: Consumo Específico Mensal de Água e de Energia Elétrica, por Setor de Atividade (Índices Padronizados).**

### 3.5 - Resumo das Principais Conclusões do Capítulo

Conforme colocado na introdução, a finalidade deste capítulo é uma análise comparativa da evolução e do perfil de consumo de água e de energia elétrica, entre os quatro principais setores de atividade de nossa economia (em termos de consumo desses recursos), tomando-se como região de estudo o Município de Campinas e o período compreendido entre Jan/83 e Jul/94.

Quanto às duas variáveis ("água" e "eletricidade"), verificou-se que, de modo geral, o consumo de água apresenta-se mais estável do que o de energia elétrica. Tal fato pode ser parcialmente explicado pela predominância do uso doméstico de água proveniente de abastecimento público, indispensável às atividades básicas de nosso dia-a-dia, e, por outro lado, i.é., em relação ao consumo de eletricidade, a predominância do setor industrial, que é consideravelmente mais sensível às variações e influências de fatores externos, notadamente, de natureza político-econômica. Observa-se, também, que as variações do consumo de água, principalmente em relação ao setor residencial, parecem estar mais associadas a fatores climáticos (tais como temperatura ambiente, insolação e precipitação) do que à variáveis políticas e sócio-econômicas.

Quanto aos setores de atividade, verifica-se que, tanto em relação ao consumo de água quanto em relação ao consumo de eletricidade, o setor residencial apresenta-se mais estável do que os demais, pelas mesmas razões expostas anteriormente.

As grandes variações nos índices de consumo específico, notadamente, em relação à energia elétrica e nos setores comercial e industrial, decorrem, em grande parte, do fato de se ter considerado como índice de consumo específico a razão entre consumo total e número de consumidores; o que é mais usual no setor residencial, onde o consumo está mais condicionado ao número de consumidores do que ao nível de atividade do setor. Nos setores comercial e, principalmente, industrial, ocorre normalmente o inverso. Portanto, a instabilidade nos índices de consumo específico desses setores seria, muito provavelmente, menor se se utilizasse como índice a razão entre o consumo de energia e algum indicador do nível de atividade desses setores, como, por exemplo, *Consumo/Produção* (setor industrial).

Baseando-se no exposto acima, e considerando-se que, em geral, há maior disponibilidade de dados relativos a fatores ligados ao consumo residencial de água e de energia elétrica (como, por exemplo, indicadores sócio-econômicos e demográficos) do que aos demais setores, conclui-se que o setor residencial apresenta maiores e melhores condições para se estudar conjuntamente "*água*" e "*eletricidade*".

## Capítulo 4

### Relações Estruturais entre Demanda de Água e de Energia Elétrica: a Influência de Fatores Sócio-Econômicos, Climáticos e Demográficos

#### 4.1 - Introdução

Este capítulo, o qual está subdividido em seis seções, tem por finalidade investigar as possíveis relações estruturais entre demanda de água e de energia elétrica, através de modelos de regressão linear, de modo que se possa estabelecer algum tipo de relação física entre as duas variáveis ("*Consumo de Água*" e "*Consumo Energia Elétrica*"), bem como a influência de fatores sócio-econômicos, climáticos e demográficos, na demanda desses recursos.

Como as ferramentas básicas dessa investigação e interpretação de seus resultados, baseiam-se essencialmente em conceitos e parâmetros estatísticos, principalmente, na usual técnica de *regressão linear*, faz-se inicialmente (seção 4.2) uma abordagem teórica e descritiva dos principais conceitos e parâmetros estatísticos a serem utilizados posteriormente.

Em seguida (seção 4.3), analisa-se a relação entre índices de consumo residencial de água e de energia elétrica, considerando-se consumidores residenciais de um conjunto habitacional, localizado na região denominada Parque Itajaí (Município de Campinas). Os dados relativos aos índices de consumo de água e de energia elétrica foram fornecidos pelas empresas responsáveis pelo abastecimento público de água e fornecimento de energia elétrica: SANASA - Sociedade de Abastecimento e Saneamento S/A - e CPFL - Companhia Paulista de Força e Luz, respectivamente.

Na seção 4.4, estende-se a análise para o município todo (Município de Campinas), onde são considerados, inicialmente, dados relativos ao consumo total de água e de energia elétrica e, posteriormente, a análise é feita por setor de atividade, conforme feito também no capítulo anterior.

Na 5ª seção, investiga-se, além das relações entre índices de consumo residencial de água e de energia elétrica (entre diferentes regiões), a influência de fatores sócio-econômicos, climáticos e demográficos, na demanda de água e/ou de energia elétrica. Para isso, trabalha-se com um modelo de regressão linear múltipla, analisando-se inicialmente variáveis climáticas, cujos dados referem-se ao Município de Campinas e ao período entre janeiro de 1991 e

dezembro de 1993, sendo, portanto, uma série temporal de dados (modelo "*Time-Series*") correspondente a 36 meses. Com relação aos fatores sócio-econômicos e demográficos, considera-se uma série espacial de dados (modelo "*Cross-Sectional*"), a qual se refere a 16 (dezesseis) municípios de várias regiões do Estado de São Paulo.

Na 6ª e última seção, faz-se uma síntese dos principais resultados e conclusões do capítulo, em analogia com os capítulos precedentes.

## 4.2 - Descrição de Alguns Conceitos e Parâmetros Estatísticos Utilizados

Como não é objetivo deste trabalho, uma abordagem teórica e prolongada de conceitos, técnicas e métodos estatísticos, descreve-se, nesta seção, basicamente e de forma resumida, os principais parâmetros estatísticos a serem utilizados. Para isso, baseia-se, essencialmente, nas suas definições e concepções estatísticas, segundo a literatura correspondente.

### 4.2.1 - Análise de Regressão

A técnica de *Regressão Estatística*, usualmente conhecida como **ANÁLISE DE REGRESSÃO**, é bastante usual e de grande importância nos estudos prospectivos relacionados às diversas áreas do conhecimento humano, notadamente, nas áreas de planejamento.

Em muitas situações, é interessante conhecer os efeitos que uma (ou mais variáveis) exerce(m) ou parece(m) exercer sobre outra. Tais efeitos podem ser "mensurados" por meio de uma expressão matemática (a qual pode ser definida a partir de certos valores observados) e que pode ser útil na estimativa do valor de uma delas, quando se conhece os valores da(s) outra(s) [HOFFMANN & VIEIRA, 1983].

Além das estimativas que podem ser feitas sobre uma determinada variável, segundo parâmetros definidos a partir de outras, pode-se estar interessado em saber como esta variável está relacionada às demais. Isto é chamado, segundo os estatísticos, de *regressão* [WONNACOTT & WONNACOTT, 1985]<sup>18</sup>.

---

<sup>18</sup> A origem do termo *regressão* deve-se a Francis Galton, "quando, por volta de 1885, investigava relações entre características antropométricas de sucessivas gerações..." [BUSSAB, 1986].

GUNST & MASON (1980), definem a *análise de regressão* como sendo "métodos gráficos e analíticos para explorar as relações entre uma variável (denominada *variável resposta*) e uma ou mais variáveis, chamadas *variáveis preditoras*". BOWERMAN *et alli* (1986) definem análise de regressão como uma metodologia estatística interessada em descrever uma variável de interesse, denominada *variável dependente*, a partir de uma série de variáveis independentes. A finalidade é construir um *modelo de regressão* que nos permita descrever, prever e "controlar" a variável dependente, sobre as bases das variáveis independentes.

Em outras referências, como, por exemplo, em BUSSAB (1986), encontra-se também outras definições semelhantes, onde a *variável resposta* é também denominada *variável dependente*, e as *variáveis preditoras* são chamadas *variáveis independentes*, *regressoras* ou *explanatórias*.

#### 4.2.2 - Regressão Linear Simples

Existem diversos tipos de regressão estatística, sendo mais comuns os modelos lineares, os quais podem ser simples (envolvendo apenas duas variáveis, onde se verifica a dependência linear de uma delas em relação à outra); e múltiplos, os quais envolvem três ou mais variáveis. Neste trabalho serão utilizados, basicamente, apenas modelos lineares de regressão.

Ao se fazer uma regressão linear entre duas variáveis, a idéia básica pode ser resumida como sendo a de "explicar" as variações da variável dependente, em resposta às variações da variável regressora. Em outras palavras, busca-se identificar, através de uma expressão matemática, denominada "*Equação de Regressão*", a dependência linear dessa variável em relação à outra. No caso de um modelo linear simples, onde a variável dependente **Y** está relacionada a uma única variável regressora **X**, a equação envolvida pode ser escrita da seguinte forma:

$Y = \alpha + \beta X + \mu$ , onde:

-  $\alpha$  é o coeficiente linear, também denominado intercepto ou termo constante da equação de regressão, o qual indica, na reta de regressão, a proporção invariável de **Y** em relação a **X**. Este parâmetro pode ser também denominado "*efeito fixo*", comum a todas as observações [BUSSAB, 1986].

-  $\beta$  é o coeficiente angular, também denominado coeficiente de inclinação da reta de regressão (ou simplesmente coeficiente de regressão), o qual indica a variação média de **Y**,

correspondente à variação unitária de X. Isto é, o quanto varia Y, quando se aumenta X em uma unidade.

-  $\mu$  é o erro aleatório cometido no ajuste, também denominado "*efeito residual*".

#### 4.2.3 - Regressão Linear Múltipla

No caso da regressão linear múltipla, a idéia básica é a mesma de um modelo linear simples, com a diferença de que se usa duas ou mais variáveis regressoras. Em outras palavras, pretende-se verificar o comportamento de uma variável (variável dependente), em resposta às variações de duas ou mais variáveis preditoras. A equação envolvida, neste caso, pode ser escrita da seguinte forma:

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \mu,$$

onde  $X_1, X_2, \dots, X_n$  são as variáveis preditoras de Y e os parâmetros  $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ , os coeficientes de regressão das respectivas variáveis.

#### 4.2.4 - Outras Estatísticas a Serem Utilizadas Posteriormente

Além da equação de regressão e seus coeficientes, várias outras estatísticas são comumente utilizados na análise e interpretação de um modelo de regressão linear. Dentre essas, analisa-se, nesta seção, as seguintes:

- **Coefficiente de Correlação:** usualmente representado por **R**, esta estatística permite avaliar o grau de relação (ou dependência) linear entre duas variáveis. Em outras palavras, procura-se medir o grau de associabilidade (também denominado covariabilidade) entre elas [HOFFMANN & VIEIRA, 1983].

- **Coefficiente de Determinação ( $R^2$ ):** também chamado *poder explicativo da regressão* ou, simplesmente, *coeficiente de explicação*, é uma das estatísticas mais utilizadas na análise de regressão e tem por finalidade indicar a qualidade do modelo, em termos de explicação. Isto é, a porcentagem da variação total explicada pelo modelo de regressão utilizado. Em outras palavras, indica a proporção da variação de Y que é "explicada" pela regressão [BOWERMAN *et alli*, 1986].

- **Estatística ou Teste F (F-value):** este teste, que é definido como sendo a razão entre a *variabilidade explicada pela regressão* e a *variabilidade não-explicada*, tem por finalidade determinar se esta razão é suficientemente grande para aceitar a hipótese de que os coeficientes de regressão são estatisticamente diferentes de zero. Em outras palavras, aceitar tal hipótese, significa afirmar que a variável X (variável preditora) contribui na explicação da variável Y (variável dependente ou resposta), segundo o modelo utilizado.

- **Estatística ou Teste t (t-value):** também conhecido como *teste de Student*, é semelhante ao anterior (teste F), porém, com a vantagem de que, no caso de uma regressão múltipla (duas ou mais variáveis regressoras), permite verificar, dentro de um dado nível de significância, a contribuição de cada coeficiente, separadamente. No caso de uma regressão simples (uma única variável regressora), o teste t, tem praticamente o mesmo significado ou importância do teste F, sendo definido como a raiz quadrada de F ( $t^2 = F$ ). A sua definição consiste da razão entre a estimativa do coeficiente e o erro padrão correspondente.

- **Valores Críticos de t e de F:** Para se testar uma determinada hipótese, dentro de um dado nível de significância, existem os chamados *valores (ou pontos) críticos* de t e de F, que consistem em aceitar ou rejeitar tal hipótese, comparando-se os valores de t e/ou de F aos seus correspondentes valores críticos. Existem para isso, tabelas estatísticas com os pontos críticos de t e de F, para diferentes níveis de significância e graus de liberdade. Por exemplo, para uma amostra com 10 graus de liberdade, o valor crítico de t, ao nível de significância de 5% ( $\alpha = 0,05$ ) é  $t_{0,05} = 1,812$ . Assim, para que se possa aceitar a hipótese de que um dado coeficiente de regressão seja estatisticamente diferente de zero, ao nível de significância de 5%, o seu valor t precisa ser superior a 1,812, ou menor que -1,812. A confiabilidade dessa suposição depende de quão superior, ou inferior, é esse valor.

### **4.3 - Consumo Residencial de Energia Elétrica *versus* Consumo Residencial de Água: Conjunto Habitacional "Parque Itajaí"**

#### **4.3.1 - Análise Descritiva dos Dados**

Os dados a serem considerados nesta seção, conforme mencionados na seção 4.1, referem-se a consumidores residenciais, de modo que os índices correspondem a média mensal de cada consumidor, observada no período entre Jul/92 e Abr/93. Portanto, os resultados (os quais permitem observar as variações do consumo de energia elétrica, em resposta às variações

do consumo de água) somente são válidos para situações análogas (i.é., entre consumidores residenciais)<sup>19</sup>.

O Quadro 4.1, abaixo, apresenta resumidamente os dados sobre consumo residencial de água e de energia elétrica, cujos índices referem-se à média mensal verificada entre os 99 consumidores, no período entre Jul/92 e Abr/93.

Nota-se, assim, que as variações mensais verificadas em ambas as variáveis, considerando-se a média entre os 99 consumidores, são relativamente pequenas, observando-se maior dispersão nos dados relativos ao consumo de água. Quando se trata, porém, de índices mensais por consumidor, isto é, da média mensal de cada consumidor (verificada entre Jul/92 e Abr/93), existe um grau relativamente alto de dispersão entre os dados, conforme se pode verificar no Quadro 4.2, em seguida.

**Quadro 4.1: Índices Médios Mensais de Consumo Residencial de Água e de Energia Elétrica, Relativos aos 99 Consumidores Analisados.**

Mês/Ano	Água ( $m^3/Cons$ )	Eletricidade ( $kWh/Cons$ )
JUL/92	18,87	180,84
AGO/92	18,11	174,24
SET/92	19,18	193,34
OUT/92	16,37	178,77
NOV/92	18,64	189,06
DEZ/92	19,00	166,60
JAN/93	20,49	181,46
FEV/93	18,22	164,97
MAR/93	20,59	167,10
ABR/93	18,90	176,01
<b>Média (a)</b>	<b>18,84</b>	<b>177,24</b>
<b>Desvio Padrão (b)</b>	<b>1,20</b>	<b>9,48</b>
<b>Coef. de Variação [(b/a)x100]</b>	<b>6,38</b>	<b>5,35</b>

FONTES: SANASA & CPFL.

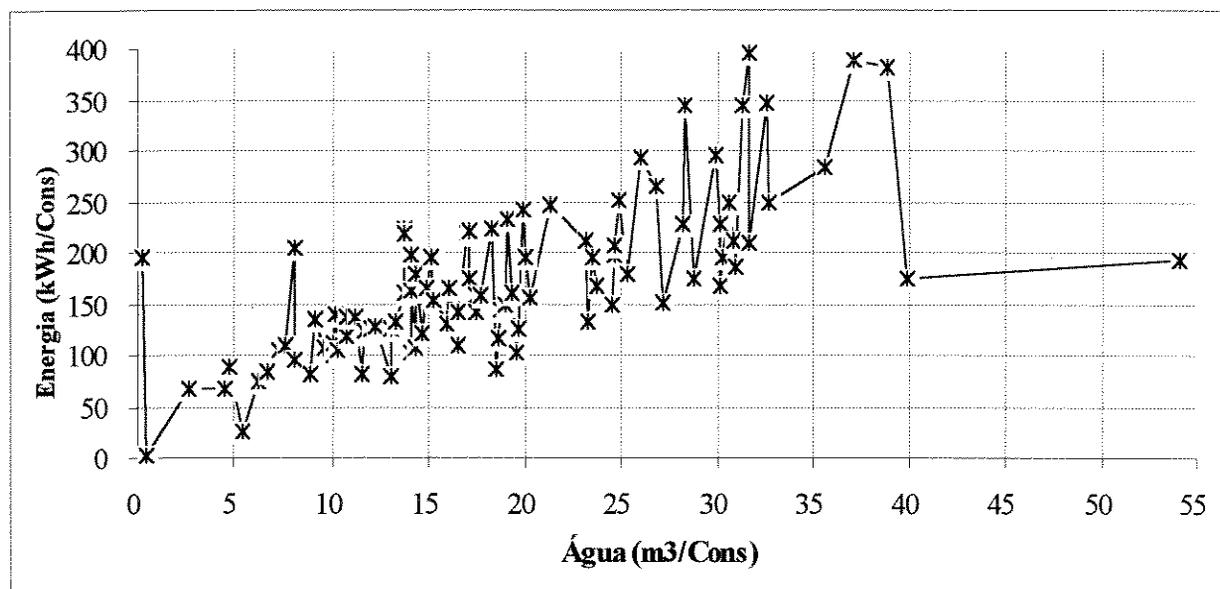
<sup>19</sup> Cabe lembrar ainda, que se trata de um conjunto residencial popular (i.é., de classe média-baixa).

**Quadro 4.2: Índices Mensais de Consumo Residencial de Água e de Energia Elétrica, Relativos a Cada Consumidor, Verificados no Período entre Jul/92 e Abr/93.**

Índice	Água ( $m^3/Cons$ )	Eletricidade ( $kWh/Cons$ )
Médio (a)	18,62	170,57
Máximo	54,10	395,60
Mínimo	0,20	2,50
Desvio Padrão (b)	9,59	75,81
Coef. de Variação [(b/a)x100]	51,53%	44,44%

FONTES: SANASA & CPFL.

A Fig. 4.1, a seguir, apresenta graficamente os índices médios de consumo mensal de energia elétrica, para os referidos consumidores e o período acima mencionado, segundo o nível de consumo mensal de água de cada consumidor.



FONTES: SANASA & CPFL

**Fig. 4.1: Consumo Mensal de Energia Elétrica, Segundo o Nível de Consumo Mensal de Água: Índices Médios Verificados entre Jul/92 e Abr/93.**

Verifica-se, portanto, que à medida que aumenta o nível de consumo de água, tende a aumentar também o consumo de energia elétrica. Nota-se, contudo, algumas discrepâncias consideráveis, entre elas, três consumidores bastante atípicos, onde um, apresentando índice

praticamente nulo de consumo de água, teve um consumo de eletricidade de aproximadamente 200 kWh, e outros dois com altos índices de consumo de água e baixo consumo de energia elétrica.

#### **4.3.2 - Ajuste do Consumo Residencial de Eletricidade, em Função do Consumo Residencial de Água.**

##### **4.3.2.1 - Considerações Preliminares**

Como a idéia básica do trabalho é relacionar a variável "*consumo de energia elétrica*" (que será chamada, doravante, "*eletricidade*") à variável "*consumo de água*" ("*água*"), assume-se, portanto, como variável independente (variável preditora), a variável "*água*" e como variável dependente (variável resposta) a variável "*eletricidade*". Em termos estatísticos, pretende-se "explicar" o consumo de energia elétrica, em função do consumo de água.

Todo esse raciocínio baseia-se, única e exclusivamente, no pressuposto de que o consumo de energia elétrica está, de certa forma, condicionado ao consumo de água, uma vez que em diversas situações (atividades), usa-se concomitantemente água e energia elétrica, como, por exemplo, em sistemas de aquecimento elétrico de água (essencialmente, chuveiros e torneiras elétricas). Mesmo de modo geral, a variável "eletricidade" está indiretamente condicionada ao consumo de água, uma vez que existe uma parcela considerável de energia elétrica destinada exclusivamente ao sistema de abastecimento público de água (utilizada basicamente nos processos de captação, tratamento e distribuição de água).

A idéia de se supor que as duas variáveis são correlacionadas (ou, simplesmente, linearmente relacionadas), justifica-se logicamente pelo fato de que, de modo geral, em regiões, períodos, residências, estabelecimentos comerciais, industriais, etc., onde o consumo de água proveniente de abastecimento público tende a ser alto, o consumo de energia elétrica também possui, com maior ou menor intensidade, essa tendência.

Como forma de se verificar tais suposições, utiliza-se, neste capítulo, algumas ferramentas estatísticas denominadas **ANÁLISE DE REGRESSÃO** ou, mais especificamente, **REGRESSÃO LINEAR**.

Nesta seção, assim como na seguinte, onde se considera apenas duas variáveis ("*água*" e "*eletricidade*"), a análise é feita utilizando-se basicamente modelos lineares simples.

#### 4.3.2.2 - Modelo Linear Simples

Conforme indicado acima (Quadro 4.2) o consumo médio mensal de energia elétrica verificado nesse período foi de 170,57 kWh por consumidor, com desvio padrão de 75,81 kWh, o que implica um coeficiente de variação de 44%.

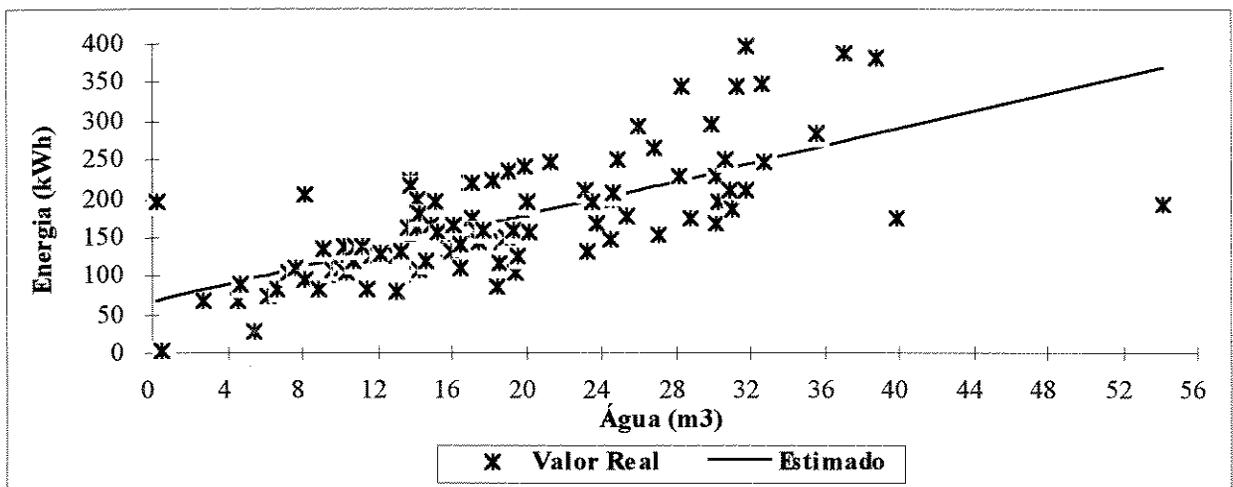
A equação ajustada para o consumo residencial de energia elétrica, em função do consumo residencial de água, bem como os principais parâmetros de análise, são dados a seguir:

$$Y = 66,69 + 5,58 X \quad (4.1)$$

$R = 0,70541$ ;  $R^2 = 0,497597$ ;  $F\text{-value} = 96,072$ .

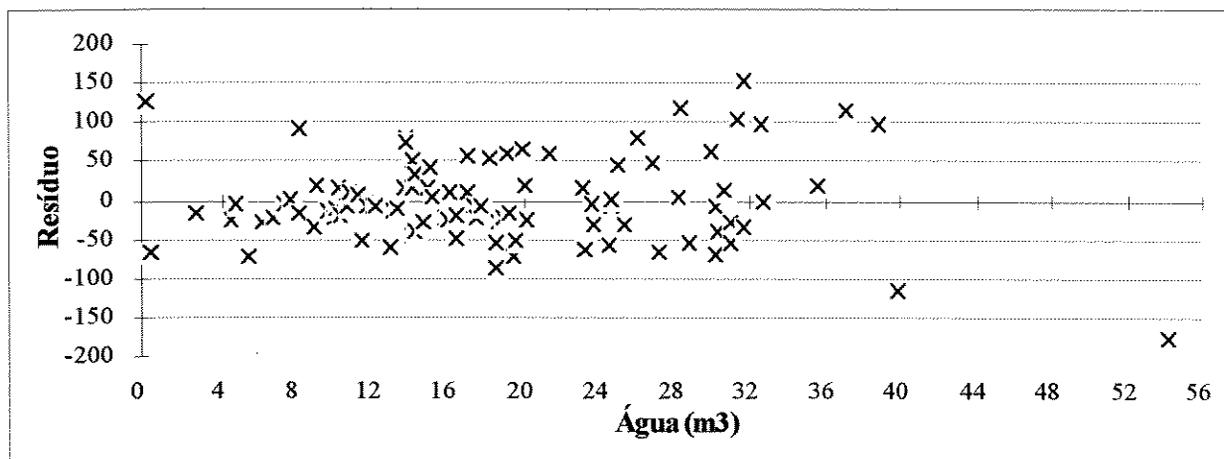
Tem-se, desta forma, que um aumento de 1 m<sup>3</sup> de água corresponde a um aumento de 5,58 kWh de energia elétrica, com erro padrão de 0,57 kWh. Verifica-se, também, um grau de correlação da ordem de 70,54% e um poder explicativo da regressão ( $R^2$ ) de 49,76%, o que significa, em outras palavras, que aproximadamente 50% das variações do consumo residencial de energia elétrica "podem ser explicadas" através do modelo de regressão linear adotado. Nota-se, também, que a hipótese de que  $\beta = 0$  (i.e., de que o coeficiente de regressão é nulo) é altamente rejeitável ( $F\text{-value} = 96,072$ , onde o valor críticos de  $F_{0,01}$  é de 6,94).

A Fig. 4.2, a seguir, apresenta graficamente o ajuste do consumo residencial de energia elétrica, segundo o consumo residencial de água, para os 99 consumidores analisados.



**Fig. 4.2: Ajuste do Consumo Residencial de Energia Elétrica em Função do Consumo Residencial de Água (1º Caso).**

Verifica-se, portanto, uma aproximação razoável, porém, com alguns valores discrepantes, os quais podem ser vistos também na figura abaixo, que apresenta graficamente os resíduos (erros cometidos no ajuste).



**Fig. 4.3: Gráfico dos Resíduos da Regressão (1º. caso).**

Nota-se, assim, que a grande maioria dos resíduos oscilam na faixa de 50 kWh (acima ou abaixo do valor real), com alguns ultrapassando, entretanto, a casa dos 100 kWh, sendo dois, superiores a 150 kWh, os quais correspondem a dois consumidores, tidos como atípicos, em relação aos demais, por apresentarem incompatibilidade entre os índices de uma variável e da outra, conforme se viu anteriormente (Fig. 4.1).

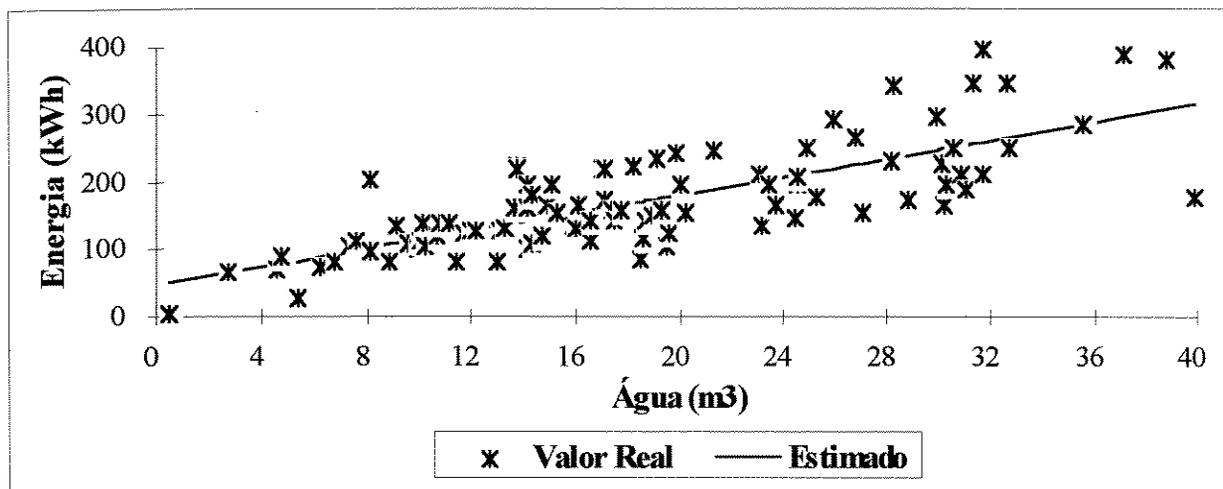
Excluindo-se essas duas observações (dois consumidores) discrepantes, têm-se, então, os seguintes resultados:

$$Y = 45,61 + 6,75X \quad (4.2)$$

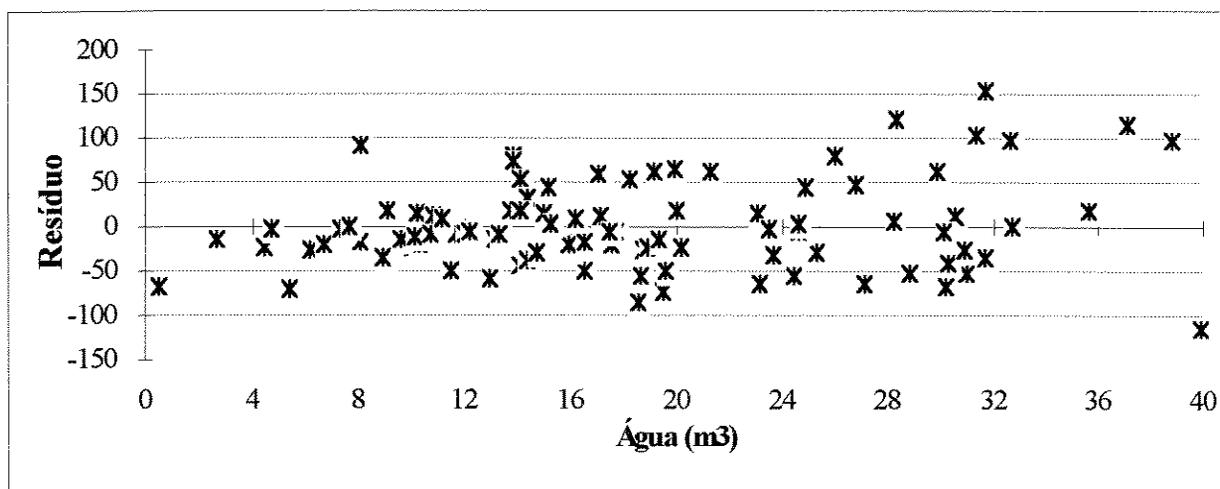
$$R = 0,77396; R^2 = 0,599011; F\text{-value} = 141,914.$$

Verifica-se, portanto, que houve uma melhora significativa no ajuste, subindo o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 0,50 para 0,60, reduzindo-se significativamente a proporção invariável de Y, aumentando-se o coeficiente angular  $\beta$  (de 5,58 para 6,75) e o valor de F (de 96,072 para 141,914).

O ajuste pode ser visto graficamente na Fig. 4.4, abaixo, e os resíduos na Fig. 4.5, em seguida.



**Fig. 4.4: Ajuste do Consumo Residencial de Energia Elétrica em Função do Consumo de Água (2º. Caso).**



**Fig. 4.5: Gráfico dos Resíduos da Regressão (2º. caso).**

O Quadro 4.3, a seguir, apresenta um resumo comparativo dos principais parâmetros da regressão, em ambos os casos: 1º Caso (antes da exclusão dos dois consumidores) e 2º Caso (depois da exclusão).

**Quadro 4.3: Resultados da Regressão entre as Duas Variáveis (1º e 2º Casos).**

Parâmetros da Regressão	1º Caso	2º Caso
Intercepto - $\alpha$	66,69	45,61
Erro Padrão de $\alpha$	11,91	11,56
Coefficiente de Determinação $R^2$	0,50	0,60
Coefficiente de Inclinação - $\beta$	5,58	6,75
Erro Padrão de $\beta$	0,57	0,57
Número de Observações	99	97
Graus de Liberdade	97	95

Considerando-se o segundo caso, ou seja, depois da exclusão dos dois valores mais atípicos, temos então, segundo os resultados acima obtidos, as seguintes conclusões (interpretações físicas do modelo):

a) Um coeficiente linear (intercepto) equivalente a 45,61 kWh, o que corresponde a proporção invariável do consumo de energia elétrica em relação ao consumo de água.

b) Um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) igual a 0,60, indicando que, em média, 60% das variações do consumo de eletricidade são "explicadas" pelas variações nos índices de consumo de água;

c) Um coeficiente de inclinação  $\beta$  igual a 6,75, com erro padrão 0,57, o que significa que um aumento de 1 m<sup>3</sup> de água corresponde a um aumento de 6,75 kWh de energia elétrica.

Com isso, verifica-se que, apesar de se ter um poder explicativo relativamente baixo do modelo ( $R^2 = 0,60$ ), isto é, uma explicação de apenas 60%, existe, de certa forma, uma correspondência (correlação) razoável entre as duas variáveis, tendo em vista os demais parâmetros e os diferentes fatores condicionantes de cada uma delas. A exclusão de apenas 2 consumidores, dentre 99, significando uma melhora significativa no ajuste, é um motivo razoável para se acreditar que existem fatores (controláveis e incontroláveis) de grande influência no comportamento de ambas as variáveis. Analisa-se, em seções posteriores, alguns desse fatores.

### 4.3.2.3 - Modelos Polinomiais

Na tentativa de se obter melhores resultados, tentou-se um ajuste através de formas polinomiais. Os resultados são resumidos a seguir:

Polinômio de 2º Grau:  $Y = \alpha + \beta_1 X + \beta_2 X^2$

$$Y = 43,57 + 7,02X - 0,007X^2 \quad (4.3)$$

Erro Padrão: (2,39) (0,057)

t-value: (2,94) (-0,120)

$R^2 = 0,598912$ ; F-value = 70,181.

Polinômio de 3º Grau:  $Y = \alpha + \beta_1 X + \beta_2 X^2 + \beta_3 X^3$

$$Y = 28,96 + 10,23X - 0,19X^2 + 0,003X^3 \quad (4.4)$$

Erro Padrão: (5,79) (0,31) (0,005)

t-value: (1,77) (-0,62) (0,610)

$R^2 = 0,600502$ ; F-value = 46,597.

Nota-se, portanto, que, estatisticamente, não se obteve vantagens significativas, utilizando-se modelos polinomiais de 2ª e 3ª ordem, uma vez que o poder explicativo do modelo,  $R^2$ , praticamente não se alterou e os coeficientes  $\beta_2$  e  $\beta_3$  apresentaram índices pouco significativos.

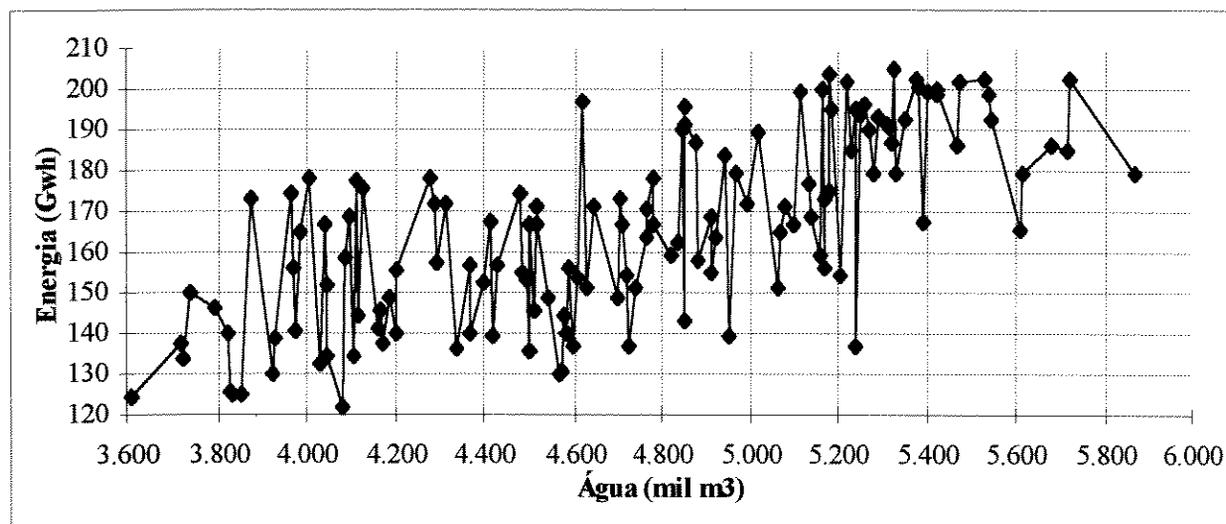
Cabe lembrar, que outros ajustes, sob a forma logarítmica, foram testados, não se chegando, entretanto, a melhores resultados.

## 4.4 - Consumo de Energia Elétrica *versus* Consumo de Água: Município de Campinas

Neste caso, analisou-se índices mensais de consumo de água e de energia elétrica, correspondentes ao Município de Campinas, utilizando-se duas séries mensais de dados (Jan/83 a Jul/94 e Jan/91 a Jul/94), conforme descritas no capítulo anterior, ou seja, de forma integral (sem a desagregação por setor de atividade) e, posteriormente, de forma que se possa verificar as relações entre as duas variáveis, em cada setor de atividade.

#### 4.4.1 - Análise de Forma Integral (Consumo Total)

A Fig. 4.6, a seguir, apresenta graficamente os índices mensais de consumo de energia elétrica, segundo o consumo de água.



FONTE: SANSÁ & CPFL.

**Fig. 4.6: Índices Mensais de Consumo de Energia Elétrica, Segundo o Consumo de Água (Jan/83 a Jul/94).**

Nota-se, com isso, que, apesar das flutuações nos índices, de forma geral, à medida que aumenta o consumo de água, tende a aumentar o consumo de energia elétrica.

O índice médio de consumo de água foi de 4.727.000 m<sup>3</sup>, com desvio padrão de 550.604 m<sup>3</sup>, o que significa um coeficiente de variação (C.V.) de 11,65%. Quanto à energia elétrica, a média foi de 166 GWh, com desvio padrão de 22,51 GWh (C.V. 13,56%). Disso se conclui que, em média, a cada m<sup>3</sup> de água correspondem 35 kWh de energia elétrica.

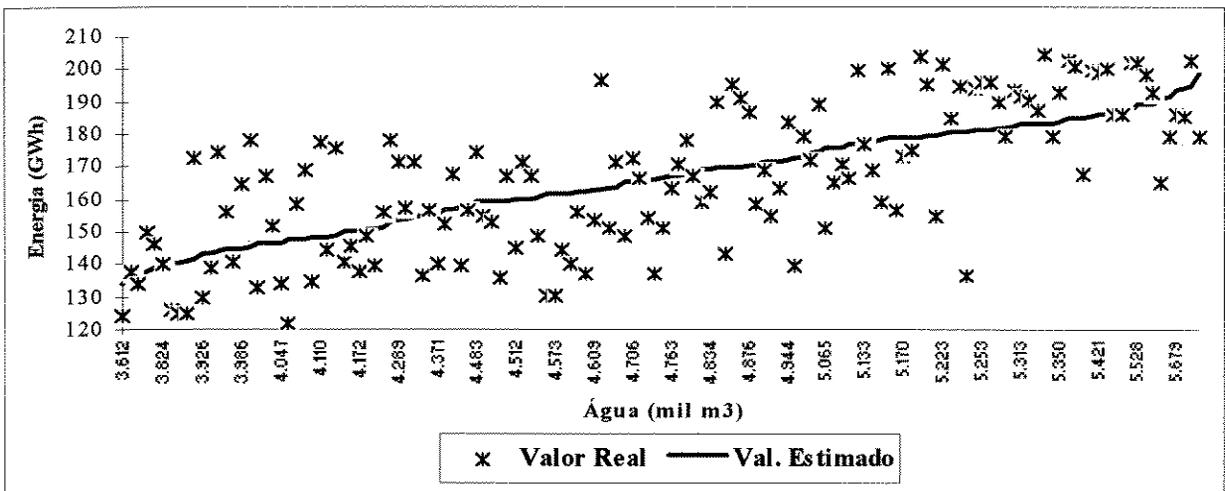
A equação ajustada para o consumo de energia elétrica, em função do consumo de água, é dada, segundo os resultados da regressão entre as duas variáveis, por:

$$Y = 30,368 + 0,0287X \quad (4.5)$$

$R = 0,70179$ ;  $R^2 = 0,492559$ ; F-value = 132,963.

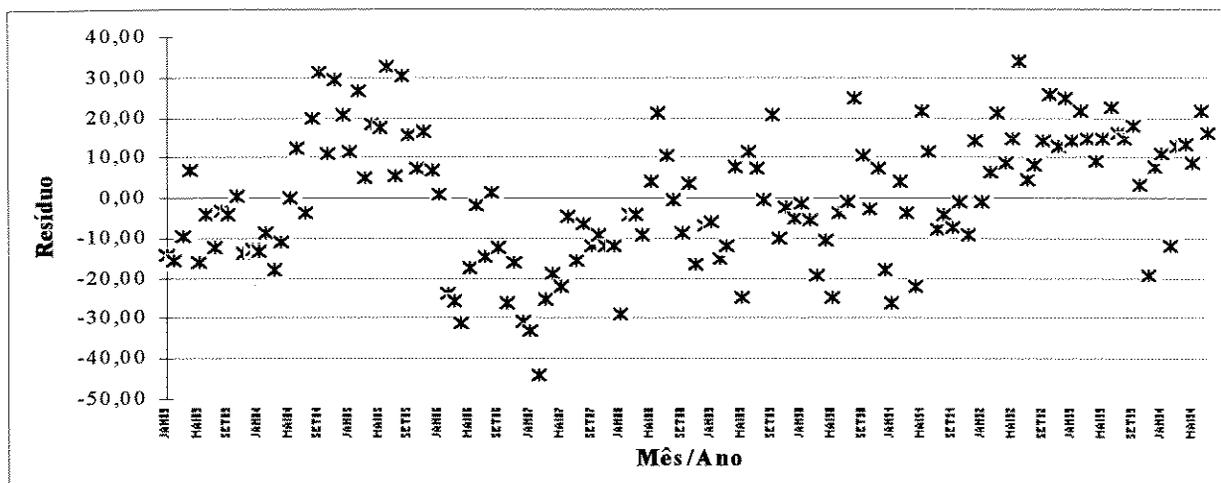
Tem-se, então, um *Coefficiente Linear* (intercepto) de 30,37, um *Coefficiente de Regressão* igual a 0,029 (com erro padrão de 0,0025), indicando que um aumento de 1 m<sup>3</sup> de água corresponde a um aumento de 29 kWh de energia elétrica. Observa-se também, que o grau de correlação entre as duas variáveis (*Coefficiente de Correlação R*) é da ordem de 70%, o que leva a um *Coefficiente de Determinação, R<sup>2</sup>*, de 0,4926, indicando que aproximadamente 50% das variações do consumo de eletricidade são explicadas por esse modelo. Note-se que, em termos de poder explicativo do modelo, os resultados foram praticamente os mesmos do 1º caso ("Parque Itajaí"), onde se considera apenas consumidores residenciais.

O ajuste do consumo de energia elétrica, em função do consumo de água, pode ser visto graficamente, na Fig. 4.7, abaixo.



**Fig. 4.7: Ajuste do Consumo de Energia Elétrica, Segundo o Consumo de Água (1º Caso).**

Vê-se, portanto, que o grau de dispersão dos dados é bastante significativo, conforme se pode verificar, também, através do gráfico dos resíduos, representado na figura abaixo, que apresenta esses dados, segundo a ordem cronológica das observações (Jan/83-Jul/94).



**Fig. 4.8: Gráfico dos Resíduos (1º Caso).**

Nota-se, com isso, que a grande maioria dos resíduos (erros de ajuste) oscilaram (acima ou abaixo do valor observado) em torno de 20 GWh; observando-se, contudo, vários índices (resíduos) bastante superiores a esse intervalo, com um deles, excedendo a casa dos 40 GWh. Nota-se, também, que os maiores resíduos ocorreram no período entre Set/84 e Mai/87, onde há uma grande desproporcionalidade entre os índices de uma variável e de outra. O maior desses índices (resíduos) ocorreu no mês de Fev/87, onde o consumo de água teve uma forte redução, ocorrendo o inverso em relação ao consumo de energia elétrica.

Verifica-se, também, um comportamento atípico dos resíduos nos primeiros 36 meses, em termos de tendência, onde, num período, os valores estimados excederam demasiadamente os valores observados, ocorrendo o inverso em outros. Isto, porque as duas variáveis ("água" e "eletricidade") tiveram comportamentos nitidamente opostos nesses períodos, conforme já verificado no capítulo anterior (Fig. 3.15).

Uma análise mais detalhada dos resíduos (através dos resíduos padronizados) mostra que existem 4 observações (meses) discrepantes: Jun/85, Jan/87, Fev/87 e Jun/92. No caso dos meses de Jan/87 e Fev/87, houve um aumento considerável do consumo de água, não se observando o mesmo em relação ao consumo de energia elétrica. Em relação aos meses de Jun/85 e Jun/92, ocorreu o inverso.

Vários são os fatores que podem ter influenciado esse tipo de comportamento entre as variáveis. Dentre esses, fatores climáticos (como, por exemplo, temperatura ambiente), que, conforme será mostrado na próxima seção, exerce grande influência no consumo de água, onde se verifica, de modo geral, que o consumo tende a aumentar com o aumento da temperatura e vice-versa.

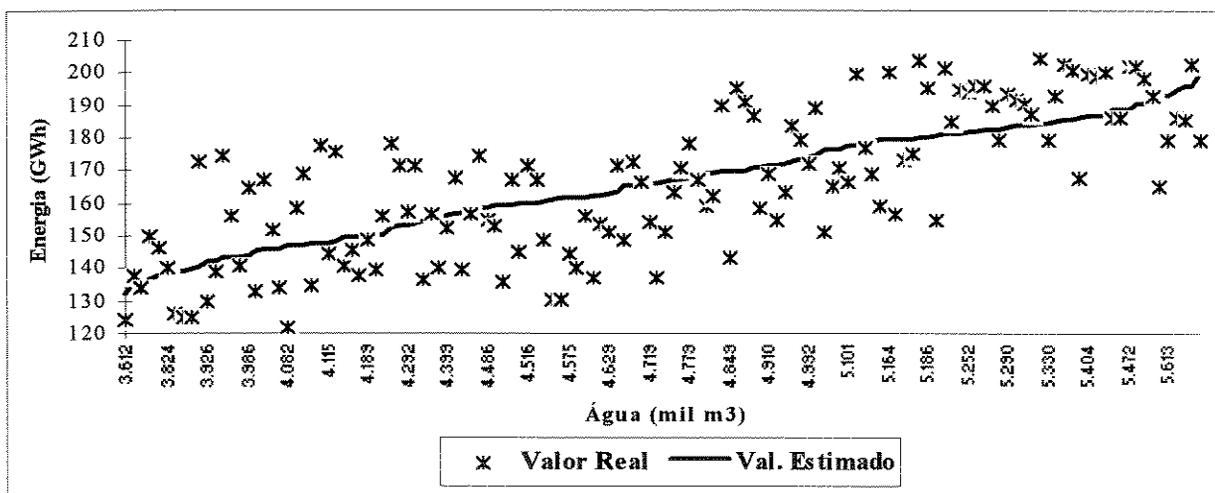
Excluindo-se do modelo essas 4 observações (respectivamente, os meses de Jun/85, Jan/87, Fev/87 e Jun/92), tem-se os seguintes resultados:

$$Y = 23,845 + 0,0301X \quad (4.6)$$

$R = 0,742618$ ;  $R^2 = 0,551481$ ;  $F\text{-value} = 163,531$ .

Nota-se, portanto, uma melhora significativa do poder explicativo do modelo, que era, antes, 0,49, subindo agora para 0,55. Observa-se também, que houve uma melhora razoável nos demais parâmetros.

A Fig. 4.9, abaixo, apresenta o novo ajuste do consumo de energia elétrica, segundo o consumo de água.



**Fig. 4.9: Ajuste do Consumo de Energia Elétrica, Segundo o Consumo de Água (2º Caso).**

Verifica-se, assim, que houve uma redução significativa na dispersão dos dados (valores observados) em torno da reta de regressão (valores estimados).

Conforme comentado anteriormente, verifica-se que a variável "eletricidade" teve um comportamento distinto nos primeiros 36 meses, onde se observa uma tendência mais ascendente de seus índices. O mesmo, porém, não acontece em relação ao consumo de água. Assim, sugere a idéia de que se poderia, eventualmente, utilizar-se de dois modelos distintos para o ajuste. Para averiguar se de fato isso se justifica, incluiu-se uma terceira variável no

modelo (variável binária, isto é, composta de dois valores possíveis: 0, se  $T \leq 36$  e 1, se  $T > 36$ ; onde  $T$  representa o número correspondente ao mês indicado na série de dados). Os resultados, surpreendentemente, indicaram que a inclusão dessa variável (também chamada variável fictícia ou aleatória) não é justificável; isto é, não existe, na realidade, comportamentos estatisticamente diferentes entre as duas variáveis, ao longo da série analisada.

#### 4.4.2 - Análise por Setor de Atividade

Nesta subseção, analisa-se as relações entre as variáveis ("água" e "eletricidade"), em cada um dos quatro setores de nossa economia (residencial, comercial, industrial e público). Para tanto, foi necessário restringir-se ao período compreendido entre Jan/91 e Jul/94, conforme já discutido no capítulo anterior.

No caso anterior (Jan/83 a Jul/94), verificou-se uma certa correlação entre as duas variáveis, onde maiores índices de consumo de água correspondiam-se, em geral, a maiores índices de consumo de energia elétrica. Neste caso (Jan/91 a Jul/94), apesar de ser parte da série anterior de dados, não se verifica tendência de crescimento do consumo de energia elétrica, à medida que aumenta o consumo de água (veja Fig. 4.10, a seguir).

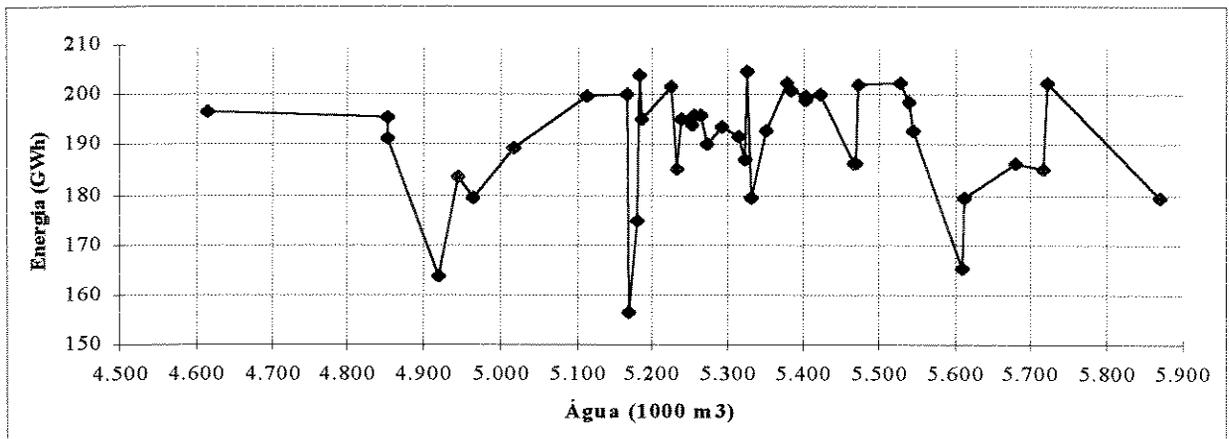
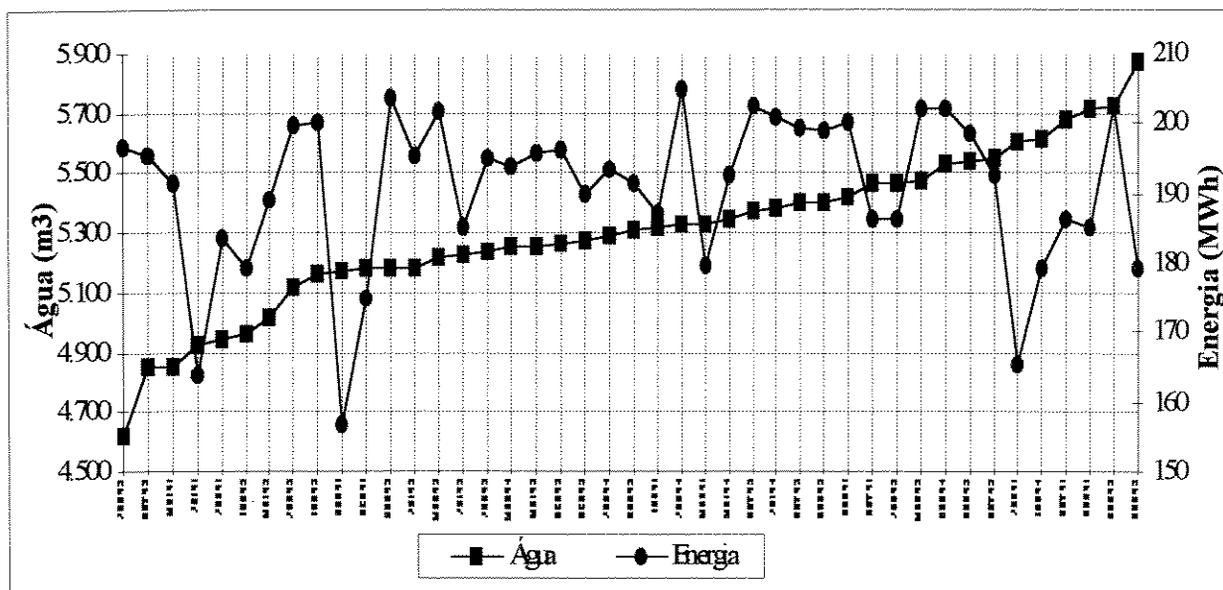


Fig. 4.10: Consumo de Energia Elétrica, Segundo o Consumo de Água (Jan/91 a Jul/94).

Nota-se, também (Fig. 4.10), que, além de não se verificar nenhuma tendência de aumento do consumo de energia elétrica, segundo o consumo de água, houve grandes variações nos índices de consumo de eletricidade, onde se verifica que os índices oscilaram

entre 150 e 210 GWh, enquanto no consumo de água as variações foram consideravelmente menores (4,6 a 5,9 milhões de metros cúbicos).

A Fig. 4.11, a seguir, apresenta graficamente as duas variáveis, em ordem ascendente, segundo o consumo de água.



**Fig. 4.11: Consumo Total de Água e de Energia Elétrica (Índices Mensais).**

Confirma-se, portanto, o que foi exposto acima. Nota-se, também, que, em geral, as maiores discrepâncias (desproporcionalidades entre os índices de uma variável e de outra), ocorreram nos extremos; isto é, com índices de consumo de água bastante abaixo ou acima do nível médio observado.

A Fig. 4.12, seguir, apresenta graficamente o consumo de água e de energia elétrica, por setor de atividade.

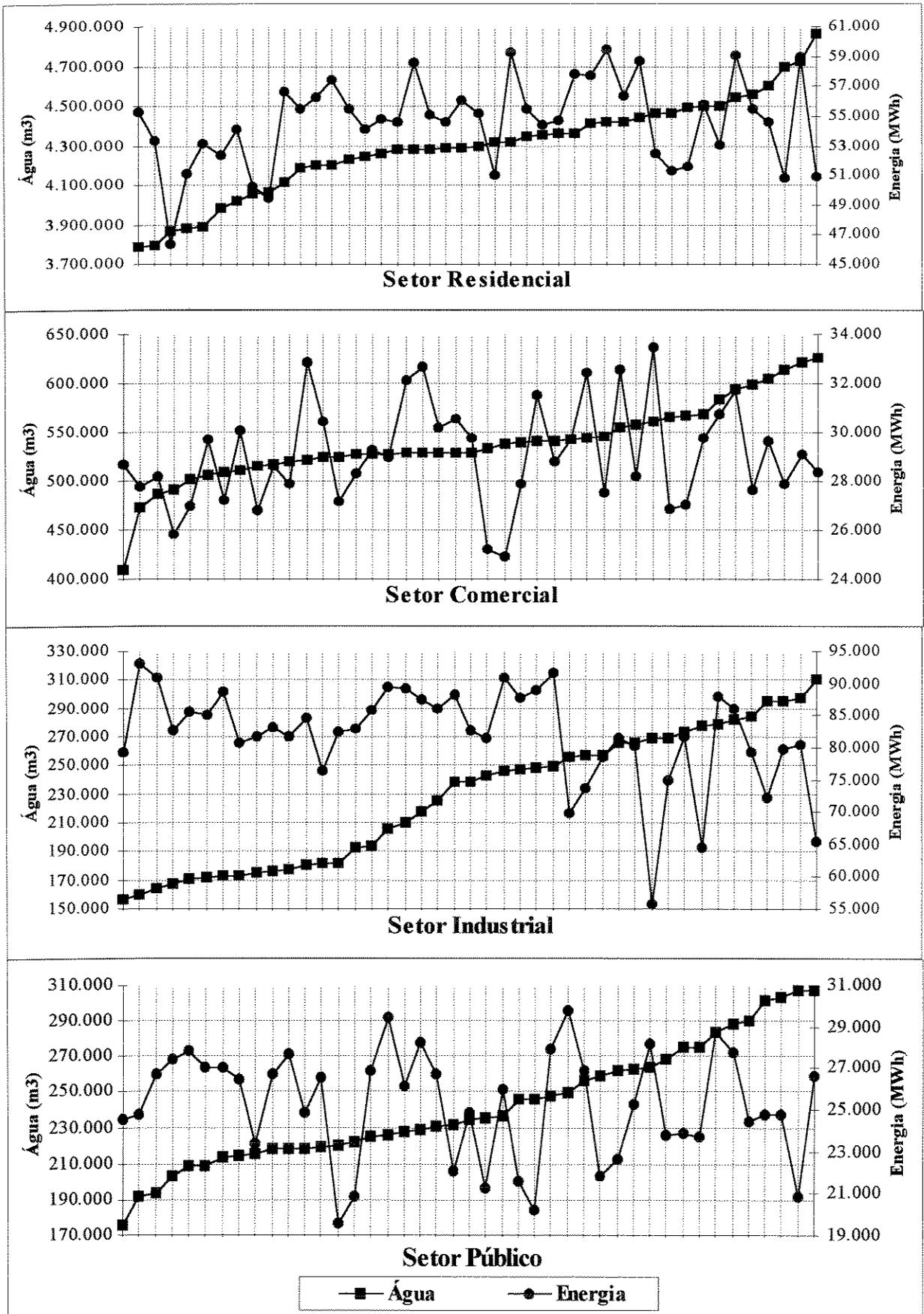


Fig. 4.12: Consumo Mensal de Água e de Energia Elétrica, por Setor de Atividade.

Observa-se, portanto, que o único setor que apresentou uma leve tendência de aumento do consumo de energia elétrica, à medida que aumenta o consumo de água, foi o residencial.

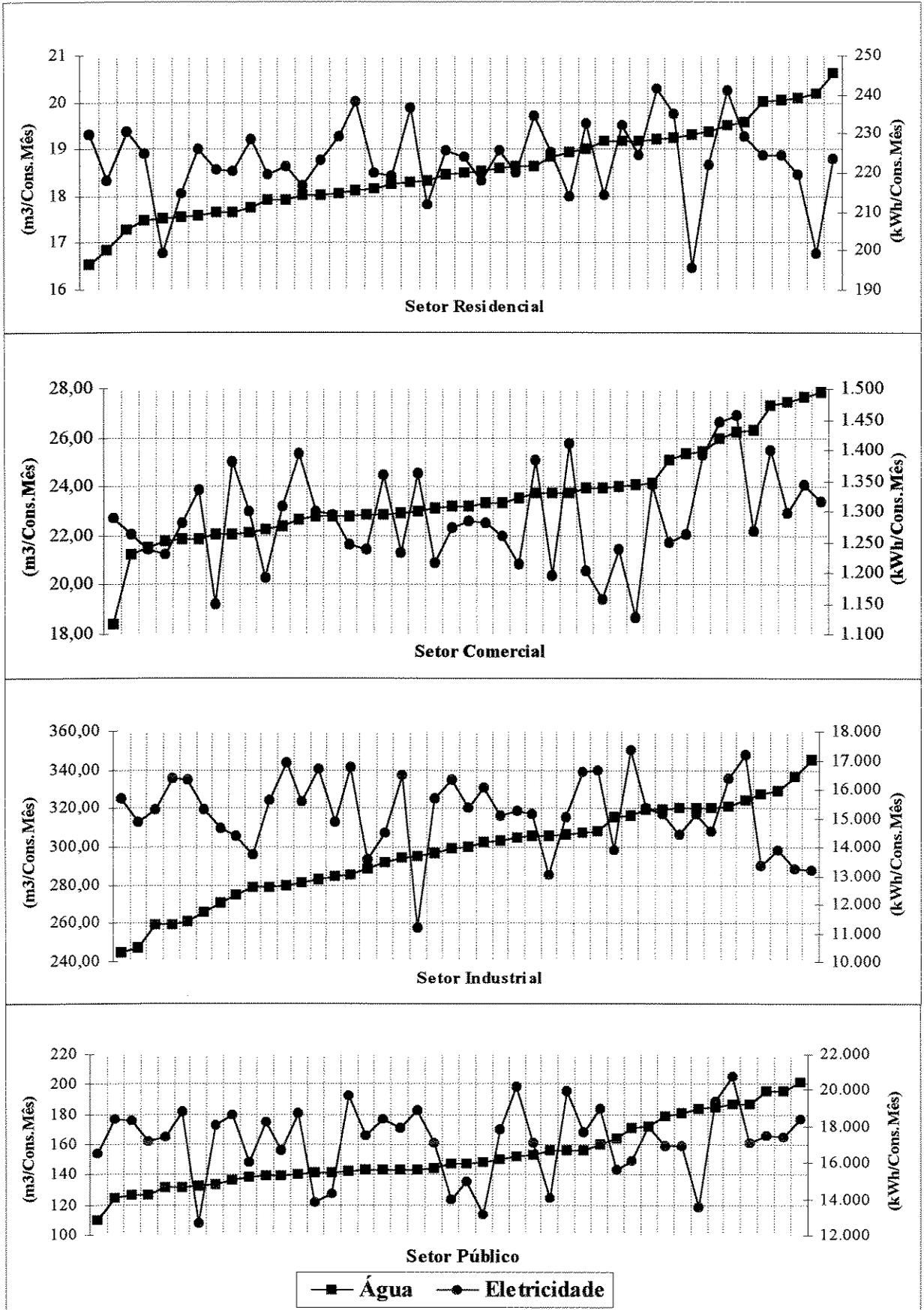
No setor industrial, existe uma tendência oposta, ou seja, de redução do consumo de energia com o aumento do consumo de água; isto, em decorrência do fato que o consumo de eletricidade apresentou um nítido crescimento, ao longo do período considerado, enquanto o consumo de água sofreu uma ligeira redução. Para melhor comparação, ver, por exemplo, Fig. 3.29 (Capítulo 03).

Nos demais setores, principalmente, no setor público, houve grandes variações, tanto nos índices de uma variável quanto de outra.

Portanto, neste caso, não se conseguiu estabelecer nenhum tipo de relação "física" entre índices de consumo de água e de energia elétrica, nem de forma geral (i.é., consumo total), tampouco por setor de atividade.

A Fig. 4.13, a seguir, apresenta índices de consumo específico mensal, observados nesse período, por setor de atividade.

Conforme se observa, não há grandes diferenças de comportamento entre as duas variáveis, em se tratando de índices relativos (consumo específico); ou seja, comparando-se ao caso anterior (consumo absoluto).



**Fig. 4.13: Índices de Consumo Específico Mensal de Água e de Energia Elétrica, por Setor de Atividade.**

#### **4.4.3 - Análise Através de Índices Médios**

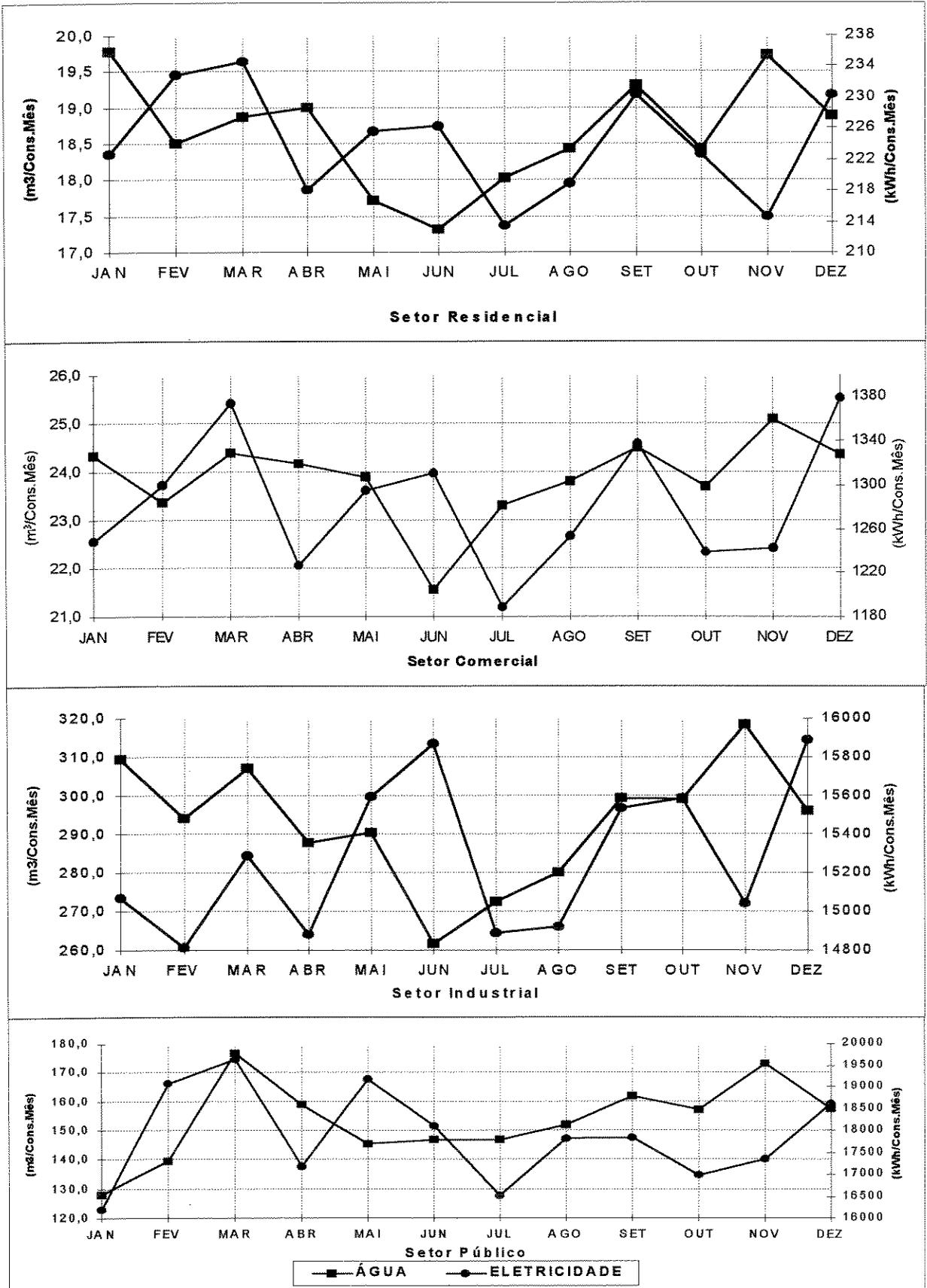
Analisa-se aqui os mesmos dados do item (4.42), porém, de forma que os valores a serem considerados (observações) são os índices médios mensais de consumo. Para tanto, foi necessário restringir-se ao período compreendido entre Jan/91 e Dez/93, dado que se trata de índices mensais.

A finalidade agora é de se reduzir a influência de certos fatores externos (controláveis e não controláveis) que, provavelmente contribuíram para as desproporcionalidades entre índices de uma variável e de outra.

A Fig. 4.14, a seguir, apresenta os índices médios mensais de consumo de água e de energia elétrica, verificados no período entre Jan/91 e Jul/94, por setor de atividade.

Conforme se pode ver, existe uma certa tendência de menores índices de consumo de água em meses de menor temperatura (em geral, de abril a setembro), o que não acontece em relação ao consumo de energia elétrica (com exceção ao mês de julho, onde todos os setores apresentaram um baixo índice).

Vários são os fatores que podem influenciar o comportamento de ambas as variáveis ("água" e "eletricidade"). Muitos desses, às vezes, de forma diferenciada e até mesmo oposta. Na próxima seção, analisa-se o comportamento do consumo de água e de energia elétrica, em resposta às variações de alguns indicadores (sócio-econômicos, climáticos e demográficos).



FONTE: SANASA & CPFL, 1994.

Fig. 4.14: Índices Médios de Consumo de Água e de Eletricidade, por Setor de Atividade.

## 4.5 - A Influência de Fatores Sócio-Econômicos, Climáticos e Demográficos na Demanda Residencial de Água e de Energia Elétrica

Na seção anterior, analisou-se o consumo de água e de energia elétrica, relativos ao Município de Campinas, num determinado período de tempo (Jan/83 a Jul/94), cuja finalidade principal era verificar as variações do consumo de energia elétrica, segundo as variações do consumo de água. Verificou-se, com isso, a provável existência de diversos fatores externos, que fazem, em determinadas circunstâncias, com que haja certas desproporcionalidades entre os índices de consumo de água e de energia elétrica.

A finalidade agora é, além de se verificar as relações entre ambas as variáveis ("água" e "energia elétrica") em diferentes regiões, analisar o comportamento destas em resposta às variações nos índices de outros fatores supostamente condicionantes da demanda de água e/ou de energia elétrica.

Dentre os vários fatores, que possivelmente influem na demanda de água e/ou de energia elétrica de uma dada região ou setor de atividade, destacam-se indicadores sócio-econômicos e demográficos, fatores políticos, geográficos, culturais, etc. De acordo com a disponibilidade, confiabilidade e compatibilidade de informações relativas a esses indicadores<sup>20</sup> analisa-se, numa primeira etapa, a influência de fatores climáticos na demanda de água e, posteriormente, verifica-se a influência de fatores sócio-econômicos e demográficos, na demanda residencial de água e de energia elétrica.

### 4.5.1 - Fatores Climáticos

Para se analisar a influência de fatores de ordem climática na demanda de água e/ou de energia elétrica, considerou-se os mesmos dados da seção anterior, em relação aos índices de consumo de água. Isto é, relativos ao Município de Campinas, cuja série de dados corresponde ao período entre Jan/91 e Dez/93 (36 meses).

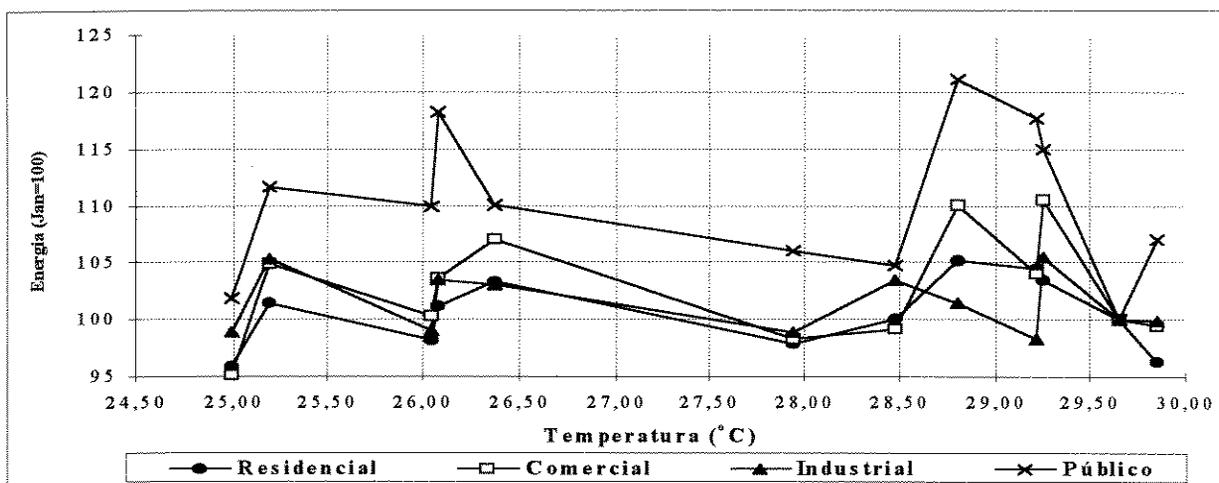
Inicialmente, pressupõe-se que a influência de fatores climáticos não é tão relevante em relação à demanda de energia elétrica, dadas as condições locais e regionais de nosso clima. Por outro lado, isto é, em relação à água, vários fatores de ordem climática podem exercer influência na sua demanda. Dentre esses, *Temperatura Ambiente, Precipitação e Insolação*.

---

<sup>20</sup> Restringiu-se apenas a fatores sócio-econômicos, demográficos e climáticos, tendo em vista a complexidade e/ou indisponibilidade de dados relativos aos demais.

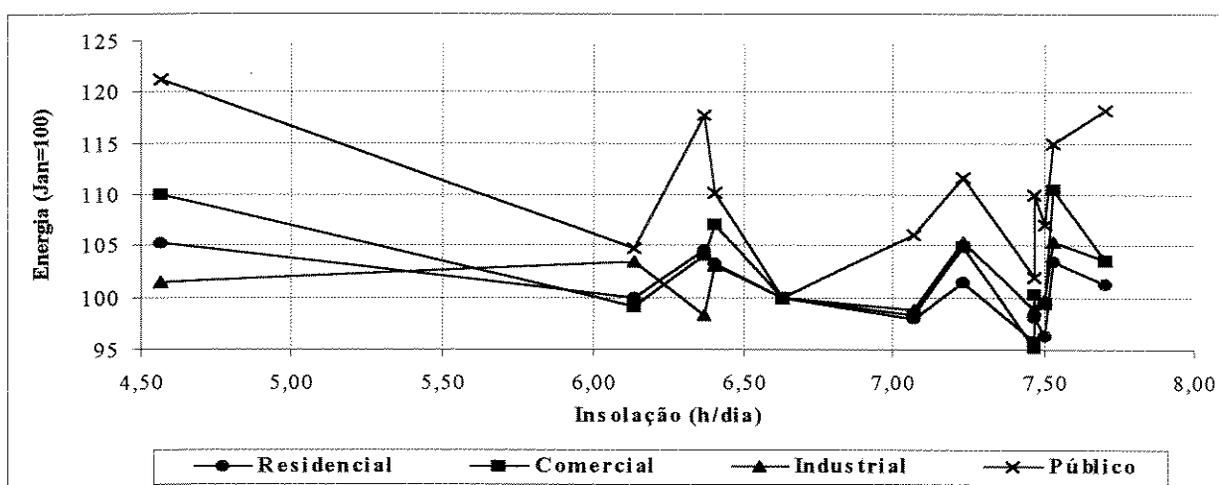
Desses três, dependendo da região, acredita-se que os de maior influência na demanda de energia elétrica sejam, respectivamente, temperatura ambiente e insolação. Isto, pelo fato de se usar um quantia apreciável de energia elétrica em sistemas de aquecimento de água e condicionamento ambiental, que estão condicionados a esses fatores.

As Figs. 4.15 e 4.16, a seguir, apresentam, sob a forma de índices adimensionais (Jan =100), o consumo específico mensal de energia elétrica, por setor de atividade, segundo a temperatura ambiente - média das máximas - (Fig. 4.15) e a insolação - horas diárias de sol - (Fig. 4.16).



FONTES: CPFL & I.A.C<sup>21</sup>, 1994.

**Fig. 4.15: Índices Padronizados de Consumo Específico Mensal de Energia Elétrica versus Temperatura Ambiente (Média das Máximas).**



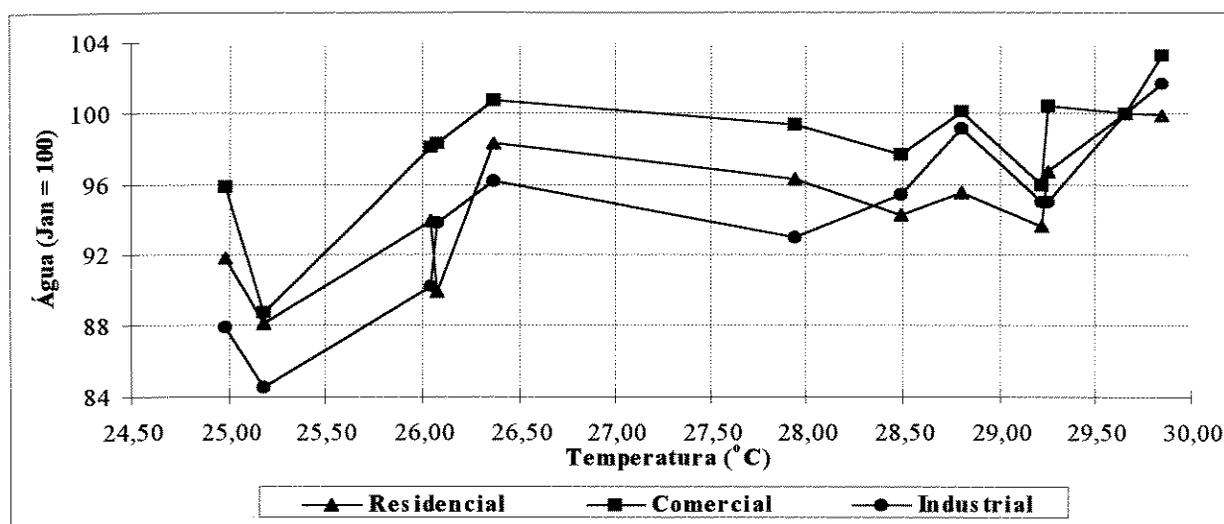
FONTES: CPFL & I.A.C., 1994.

**Fig. 4.16: Índices Padronizados de Consumo Específico Mensal de Energia Elétrica versus Insolação (Horas Diárias de Sol).**

<sup>21</sup> Instituto Agrônômico de Campinas.

Verifica-se, portanto, segundo esses dados, que de fato não se observa graficamente algum tipo de relação entre consumo de energia elétrica e esses dois indicadores climáticos, em nenhum dos setores analisados. Ou seja, em outras palavras, a influência desses fatores na demanda de energia elétrica, segundo esses dados, provavelmente pode ser desprezada. Cabe lembrar, no entanto, que se trata de um caso específico, isto é, Município de Campinas e um período relativamente curto (Jan/91 e Dez/93). Portanto, não se pode generalizar essa idéia; ou seja, dizer que não existe relação entre consumo de energia elétrica e tais fatores climáticos. Para isso, uma análise bem mais aprofundada seria necessária (o que não é o principal objetivo deste trabalho).

Por outro lado, isto é, em relação à variável água, observa-se que existe grande influência da temperatura ambiente na sua demanda (vide Fig. 4.17, a seguir).



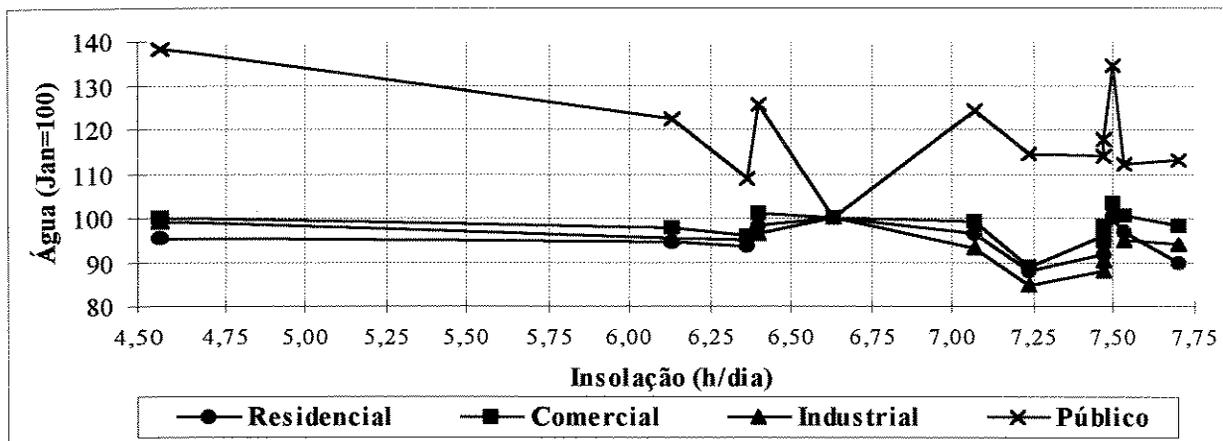
FONTES: SANASA & I.A.C., 1994.

**Fig. 4.17: Consumo Específico Mensal de Água versus Temperatura Ambiente(°C)<sup>22</sup>.**

Nota-se, portanto, que à medida que aumenta a temperatura ambiente, tende a aumentar o consumo de água, com exceção ao setor público (conforme já verificado anteriormente, Fig. 4.14), onde não se verifica graficamente tal relação.

A Fig. 4.18, a seguir, apresenta o consumo específico mensal de água, por setor de atividade, segundo a insolação.

<sup>22</sup> O setor público não foi incluído neste gráfico por se apresentar demasiadamente atípico, o que dificultaria a análise gráfica dos demais.

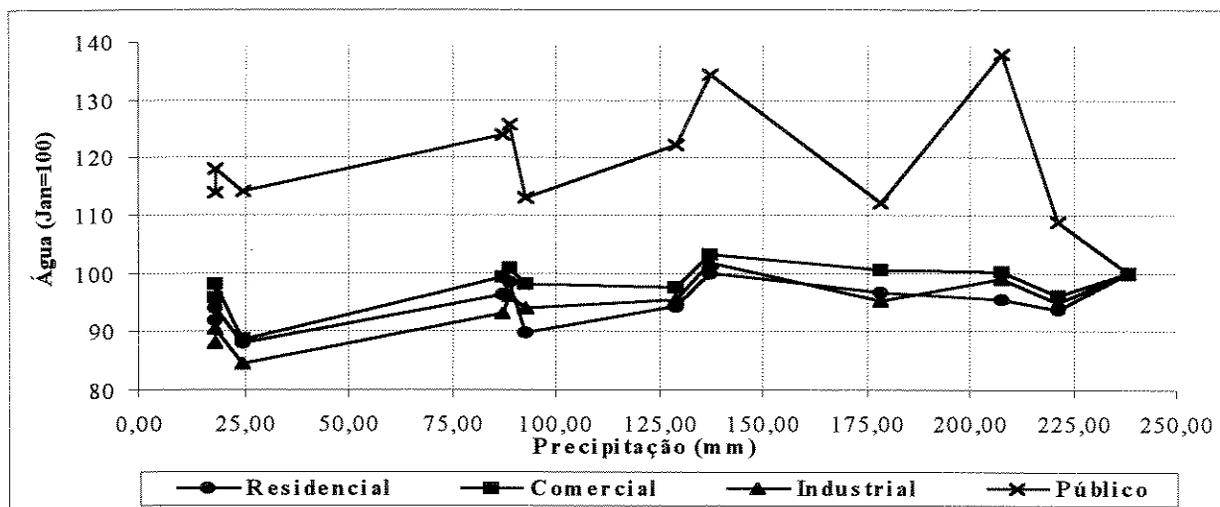


FONTES: SANASA & I.A.C., 1994.

**Fig. 4.18: Índices Padronizados de Consumo Específico Mensal de Água versus Insolação.**

Nota-se, portanto, que, graficamente, não se observa qualquer tipo de relação entre as duas variáveis (i.é., consumo de água e insolação), em nenhum dos setores considerados.

Quanto à precipitação, apesar de lógica a idéia de que se gasta menos água em períodos de maior precipitação<sup>23</sup>, não se verificou, graficamente, grande influência desse fator na demanda de água (vide Fig. 4.19).



FONTES: SANASA & I.A.C., 1994.

**Fig. 4.19: Consumo Específico Mensal de Água (Índ. Padr.) versus Precipitação (mm).**

<sup>23</sup> Isto, porque, em geral, se reduz a demanda externa de água (lavagem de calçadas, rega de jardins e outros usos externos).

Verificou-se acima (Fig. 4.17), que ao contrário do que se poderia esperar, a influência da temperatura ambiente demonstrou-se, nesse caso, maior no setor industrial do que nos demais.

Quanto ao setor público, fica difícil uma análise comparativa entre as duas variáveis, tendo em vista a grande instabilidade desse setor (em relação ao consumo de água) e as fortes reduções da demanda, verificadas nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, justamente quando a temperatura é, em média, mais alta. Essas reduções devem-se, muito provavelmente, ao fato de estarem incluídos nesta categoria de consumidores (setor), escolas e outras instituições públicas, que geralmente reduzem (quando não anulam) seu consumo de água, em função de férias coletivas e escolares. Verifica-se, no entanto, que, ao se excluir esse período atípico, nos demais meses, a relação se mantém.

#### **- Ajuste do Consumo de Água, Segundo Fatores Climáticos**

Com o intuito de aprofundar a análise, em relação à variável água, que se demonstrou mais condicionada a fatores climáticos do que a variável eletricidade, analisa-se, neste item, a influência da temperatura ambiente, da insolação e da precipitação, na demanda de água, através de uma análise de regressão (modelo linear), de modo que se possa verificar a contribuição (total e parcial) de cada variável na "explicação" das variações do consumo mensal de água. Os resultados da regressão linear entre a variável "água" e os três fatores climáticos analisados são apresentados no Quadro 4.4, a seguir.

Uma análise desses resultados permite as seguintes conclusões:

a) Ao contrário do que se podia esperar, tendo em vista a análise gráfica feita anteriormente, o setor que apresentou melhores resultados, em termos de coeficientes, foi o público, onde as três variáveis climáticas apresentaram coeficientes estatisticamente significativos, ao nível de significância de 5%. Notou-se, entretanto, que a variável insolação não apresentou o sinal esperado de seu coeficiente.

b) O setor comercial, apesar de ter apresentado o sinal esperado de seus coeficientes, foi o que apresentou menor poder explicativo da regressão ( $R^2 = 38,61\%$ ), além de um alto erro padrão de seus coeficientes.

c) Quanto às variáveis climáticas, a única que se apresentou coerente (sinal esperado de seu coeficiente), em todos os setores, foi a temperatura ambiente. Apesar de não se ter

verificado significância (ao nível de 10%) em seus coeficientes, nos setores comercial e industrial.

**Quadro 4.4. Resultados da Regressão entre Consumo de Água e Fatores Climáticos.**

<b>Sector Residencial: R = 0,7386; R<sup>2</sup> = 0,5456; F-value = 3,202; Prob &gt;   F   = 0,0834.</b>				
Parâmetros	Intercepto	Temperatura (T)	Insolação (I)	Precipitação (P)
Coeficiente	11,92	0,70	-0,082	-0,006
Erro Padrão	8,37	0,45	0,39	0,008
t-value	1,42	2,03	-0,21	-0,740
Prob >   t	0,19	0,07	0,84	0,480
<b>Sector Comercial: R = 0,6214; R<sup>2</sup> = 0,3861; F-value = 1,677; Prob &gt;   F   = 0,2478</b>				
Coeficiente	15,32	0,59	0,009	-0,005
Erro Padrão	9,50	0,39	0,44	0,099
t-value	1,61	1,50	0,02	-0,550
Prob >   t	0,15	0,17	0,98	0,590
<b>Sector Industrial: R = 0,8407; R<sup>2</sup> = 0,7068; F-value = 6,429; Prob &gt;   F   = 0,01614</b>				
Coeficiente	143,48	6,49	2,00	0,097
Erro Padrão	93,17	3,85	4,31	0,097
t-value	1,54	1,69	-0,46	0,185
Prob >   t	0,16	0,13	0,65	0,858
<b>Sector Público: R = 0,8015; R<sup>2</sup> = 0,6425; F-value = 4,793; Prob &gt;   F   = 0,03390</b>				
Coeficiente	7,22	11,92	-15,97	-0,35
Erro Padrão	105	4,36	4,88	0,11
t-value	0,07	2,74	-3,27	-3,23
Prob >   t	0,95	0,03	0,01	0,01

Aprofundando-se um pouco mais a análise, em termos de significância desses fatores, isto é, de sua contribuição na "explicação" do consumo de água, verifica-se que, no setor residencial, apenas a variável temperatura ambiente contribui, de forma significativa (ao nível de 10%). Assim, a equação ajustada para o consumo residencial de água, segundo a temperatura ambiente, é a seguinte:

$$\mathbf{CR = 17,12 + 0,468 TA} \quad (4.7)$$

$$\mathbf{R = 0,7158; R^2 = 0,5123; F\text{-value} = 10,503; Prob > | F | = 0,0087}$$

Onde:

**CR** = Consumo Residencial de Água ( $m^3/Cons.Mês$ );

**TA** = Temperatura Ambiente - Média das Máximas ( $^{\circ}C$ );

**R** = Coeficiente de Correlação;

**R<sup>2</sup>** = Coeficiente de Determinação (Poder Explicativo do Modelo).

O parâmetro "F-value" (Estatística F) permite avaliar, neste caso, a significância da contribuição da temperatura ambiente na explicação do consumo residencial de água, que, conforme indicado pelo parâmetro "Prob > | F |", é altamente significativo.

Têm-se, portanto, segundo esses resultados, que um aumento médio mensal de 1  $^{\circ}C$  (na temperatura ambiente) proporciona um aumento médio mensal de 0,47  $m^3$  de água por consumidor.

No setor industrial, a equação ajustada para o consumo de água, segundo a temperatura ambiente, é dada por:

$$\mathbf{CI = 103,25 + 7,53 T} \quad (4.8)$$

$$\mathbf{R = 0,8310; R^2 = 0,6905; F\text{-value} = 22,310; Prob > | F | = 0,00109}$$

Tem-se, assim, um ajuste razoável do consumo industrial de água, em função da temperatura ambiente; onde, segundo esses resultados, um aumento médio mensal de 1  $^{\circ}C$  (na temperatura) implica um aumento de 7,5  $m^3/Cons.Mês$ , no consumo de água.

Quanto ao setor público, a equação é dada a seguir:

$$\mathbf{CP = 7,22 + 11,92 T - 15,97 I - 0,35 P} \quad (4.9)$$

$$\mathbf{R = 0,8015; R^2 = 0,6425; F\text{-value} = 4,793; Prob > | F | = 0,03390}$$

Nota-se, assim, que apesar da incoerência do coeficiente da variável "insolação" (sinal negativo) a importância desses indicadores climáticos, na estimativa do consumo público de água, é estatisticamente significativa

#### 4.5.2 - Fatores Sócio-Econômicos e Demográficos

O grau de desenvolvimento e de crescimento econômico de um dado país ou região podem ser mensurados por diversos indicadores econômicos, tais como, Produto Interno Bruto (PIB), grau de endividamento e distribuição de renda [WRI, 1990]. Por outro lado, não necessariamente, tais indicadores permitem avaliar padrões de qualidade de vida e de bem-estar social, apesar de fortemente correlacionados.

O "*Social Indicators of Development - SID*", uma publicação do Banco Mundial, destaca os seguintes indicadores sócio-econômicos, como preditores do grau de desenvolvimento econômico e bem-estar social [WORLD BANK, 1990]:

- PNB (Produto Nacional Bruto) per capita (US\$);
- Participação da agricultura no GDP - Produto Doméstico Bruto (%);
- Mortalidade infantil (por mil nascidos vivos);
- Suprimento calórico (caloria per capita ao dia);
- Taxa de matrículas no ensino primário (porcentagem de pessoas em idade escolar);
- Índice de analfabetismo (porcentagem da população com 15 anos ou mais).

Vários outros indicadores, tais como, consumo per capita de energia, acesso à água potável, renda familiar, tamanho e localização do domicílio, são também utilizados para avaliar as condições econômicas e sociais de 170 países, em todo o mundo.

Conforme já verificado anteriormente, este trabalho direciona-se mais ao setor residencial. E nesta seção em particular, os esforços se concentram no sentido de relacionar alguns indicadores sócio-econômicos e demográficos (mais ligados a este setor) às variáveis "água" e "eletricidade", em termos de consumo residencial.

Como não se dispõe, normalmente, de uma série temporal desses indicadores (isto é, de uma dada região, num determinado período de tempo), de forma compatível com índices de consumo de água e de energia elétrica, torna-se necessário considerar séries espaciais de dados (isto é, envolvendo-se várias regiões e mantendo-se o tempo como fator fixo - modelo "*Cross-Sectional*"). Desta forma, e tendo em vista o interesse pela Região de Campinas e Estado de São Paulo, procurou-se identificar alguns desses indicadores nas publicações de dados estatísticos do estado.

Como existem, de modo geral, diferentes conceitos e definições para um mesmo indicador, considerando-se diferentes fontes e edições, decidiu-se optar pelo Anuário

Estatístico do Estado de São Paulo (Edição de 1994); uma publicação da Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados - SEADE.

A divisão Político-Administrativa do Estado de São Paulo é feita por 14 Regiões Administrativas (R.A.), as quais são subdivididas em 42 Regiões de Governo (R.G.) e pela Região Metropolitana de São Paulo (R.M.S.P.) [SEADE, 1994].

Verificou-se, assim, que a grande maioria das informações, em termos de indicadores sócio-econômicos e demográficos, refere-se às R.A., às R.G. e aos Municípios-Sede de R.A. e/ou de R.G.

Desta forma, o conjunto de dados a serem considerados (amostragem) ficou inicialmente restringido a 42 Municípios-Sede de R.G. No entanto, os dados relativos ao abastecimento público de água e esgotamento sanitário, em termos de volume produzido, referem-se apenas aos municípios operados pela Sabesp - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Assim, dos 42 Municípios-Sede, apenas 16 são operados pela Sabesp (vide Quadro 4.5). São informações desses 16 municípios, portanto, que formam o banco de dados considerado neste estudo.

Quanto aos demais indicadores, procurou-se, em analogia com algumas publicações do Banco Mundial e da ONU (Organização das Nações Unidas)<sup>24</sup> e dentro do escopo do trabalho, abordar o maior número possível de variáveis supostamente preditoras do grau de desenvolvimento econômico e social de uma dada região. A relação e descrição das variáveis utilizadas na análise são apresentadas no Quadro 4.5, a seguir:

---

<sup>24</sup> Ver por exemplo, SID (1990), WRI (1990), HORN (1993) e FRUMKIN (1990).

**Quadro 4.5: Relação e Descrição das Variáveis a Serem Utilizadas (Indicadores Sócio-Econômicos e Demográficos).**

Variável	Descrição
Valor Adicionado Per Capita	<i>Valor das Saídas de Mercadorias, Acrescido do Valor das Prestações de Serviços, Deduzido o Valor das Entradas de Mercadorias/Capita.</i>
Mortalidade Geral	Número de <i>Óbitos Ocorridos</i> na Região Considerada, por Mil Habitantes.
Mortalidade Infantil	Número de <i>Óbitos de Menores de 1 Ano de Idade</i> , por Mil Nascidos Vivos Naquele Ano.
Índice de Emprego	Corresponde à Razão entre o <i>Número de Empregados com Carteira Assinada</i> e a <i>População Correspondente (%)</i> .
Grau de Urbanização	Razão entre <i>População Urbana</i> e <i>População Total (%)</i> .
Densidade Demográfica	Número de Habitantes por Quilômetro Quadrado (Hab/km <sup>2</sup> ).
Tipo de Domicílio	Razão entre o <i>Número de Apartamentos</i> e o <i>Número Total de Domicílios</i> da Região (Município) Correspondente.
Número de Pes. por Domicílio	Razão entre o <i>Número Total de Habitantes</i> e o <i>Número de Domicílios</i> . (Número de Moradores, Residentes...).
Renda do Chefe do Domicílio	<i>Renda Média dos Chefes de Domicílio</i> , em <i>Salários Mínimos (SM)</i> .

FONTE: Anuário Estatístico do Estado de São Paulo - 1994.

No Quadro 4.6, a seguir, relaciona-se os índices de consumo mensal de água e de energia elétrica, bem como dos demais indicadores acima relacionados.

**Quadro 4.6: Índices de Consumo Mensal de Água e de Energia Elétrica e Outros Fatores Sócio-Econômicos e Demográficos de Alguns Municípios do Estado de São Paulo (1993).**

Município	Energia Elétric. [1]	Água [2]	Valor Adicion. [3]	Apto. (%) [4]	Pes/Dom. [5]	Mort. Geral [6]	Mort. Infantil [7]	Empreg. (%) [8]	Urban. (%) [9]	Densid. Demog. [10]	Renda Chefe [11]
Adamantina	40,52	5,82	128,39	0,28	3,24	8,19	17,48	17,92	86,20	74,90	4,02
Avaré	39,11	6,12	126,84	0,52	3,76	7,92	27,13	18,17	92,10	47,40	3,69
Botucatu	46,08	6,80	167,60	0,54	3,76	7,14	16,20	20,10	93,50	60,60	6,37
Brag. Pta.	42,66	6,31	192,62	1,39	3,17	7,88	29,70	18,11	84,80	142,50	4,03
Fernandóp.	40,48	6,11	156,35	0,59	3,70	7,11	26,57	15,23	96,70	103,00	3,27
Itapetininga	34,61	6,49	192,28	0,53	3,37	7,29	28,69	18,99	83,90	54,20	3,64
Itapeva	24,83	4,32	129,97	0,55	2,75	7,30	37,40	15,94	71,10	32,30	2,63
Jales	39,41	5,86	102,92	0,38	3,09	6,98	14,03	12,65	85,60	73,40	3,27
Lins	46,06	7,05	118,94	1,03	3,72	7,83	32,97	20,83	92,90	105,00	3,80
Pres. Prud.	51,15	7,92	261,72	3,63	3,82	6,32	20,65	20,93	96,80	298,00	4,35
Registro	28,54	4,84	58,91	1,22	3,49	6,21	32,12	14,11	77,32	71,10	3,24
Santos	79,29	13,06	292,19	58,30	3,41	10,34	27,17	30,91	99,60	569,10	6,02
S.J.B.V.*	41,94	8,16	198,82	1,94	3,44	7,24	28,37	22,37	88,00	138,20	3,28
S.J.Campos	44,32	6,78	681,71	10,06	4,22	5,04	20,54	21,36	96,20	387,00	5,22
Taubaté	42,42	9,32	265,58	1,99	4,06	6,94	21,06	17,05	95,60	338,90	4,46
Tupã	39,95	5,83	110,81	0,10	3,45	7,53	16,51	15,30	90,70	69,80	3,35

\* São João da Boa Vista.

FONTE: Anuário Estatístico do Estado de São Paulo - 1994.

**Notas:**

[1]: Consumo Residencial de Energia Elétrica (kWh/Hab.Mês);

[2]: Consumo Mensal de Água (m<sup>3</sup>/Hab. Mês)<sup>25</sup>;

[3]: Valor Adicionado Per Capita (CR\$ 1.000 de 1993);

[4]: Percentual de Apartamentos, em relação ao total de domicílios;

[5]: Número de Pessoas por Domicílio;

[6]: Mortalidade Geral, por 1.000 habitantes;

[7]: Mortalidade Infantil, por 1.000 nascidos vivos;

[8]: Índice de Emprego - Percentual de Empregados com carteira assinada, em relação à população total;

[9]: Taxa de Urbanização (%);

[10]: Densidade Demográfica (Hab/km<sup>2</sup>);

[11]: Renda do Chefe do Domicílio (SM).

<sup>25</sup> Apesar de se referir ao termo "consumo Mensal de água", na verdade se trata do volume mensal produzido. Para efeitos de análise, considera-se que estes são diretamente proporcionais.

#### 4.5.2.1 - Análise Estatística (Descritiva) dos Dados

Neste item, analisa-se descritiva e resumidamente o comportamento das variáveis "água" e "eletricidade", em face às variações dos indicadores sócio-econômicos e demográficos acima relacionados.

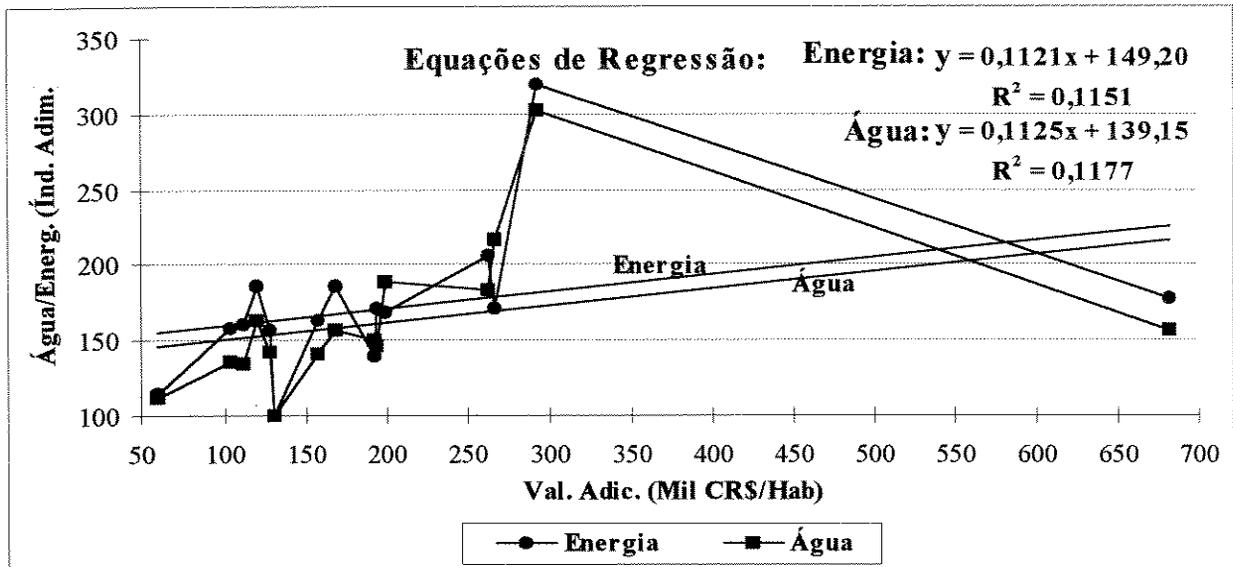
Como não se tem por objetivo uma análise comparativa entre cidades, mas sim, entre as variáveis em consideração, atribuiu-se índices adimensionais para as variáveis "água" e "eletricidade" (i.é., valores índices), de forma que o índice 100 corresponde ao consumo per capita de água e de energia elétrica verificados na cidade de menor índice de consumo.

Para que se possa fazer um confronto entre as variáveis "água" e "eletricidade" e os demais indicadores sócio-econômicos e demográficos, são "plotados" os índices adimensionais de consumo de água e de energia elétrica *versus* índices de cada indicador a ser analisado. Ainda neste contexto, a análise é feita com o auxílio da regressão linear entre cada indicador (variável preditora) e as variáveis dependentes "água" e "eletricidade", cujos parâmetros (equação, reta de regressão e  $R^2$ ) serão apresentados em cada gráfico a ser analisado (Figura).

##### - Valor Adicionado

Apesar desse indicador estar mais diretamente ligado a outros setores de nossa economia, tais como, o industrial e o comercial, verifica-se neste item a sua relação com índices de consumo residencial de água e de eletricidade.

A Fig. 4.20a, a seguir, mostra um confronto entre índices de consumo mensal de água e de energia elétrica com índices de valor adicionado per capita de cada um dos municípios acima descritos (expressos em CR\$ 1.000 de 1993).



FONTE: Anuário Estatístico do Estado de São Paulo - 1994.

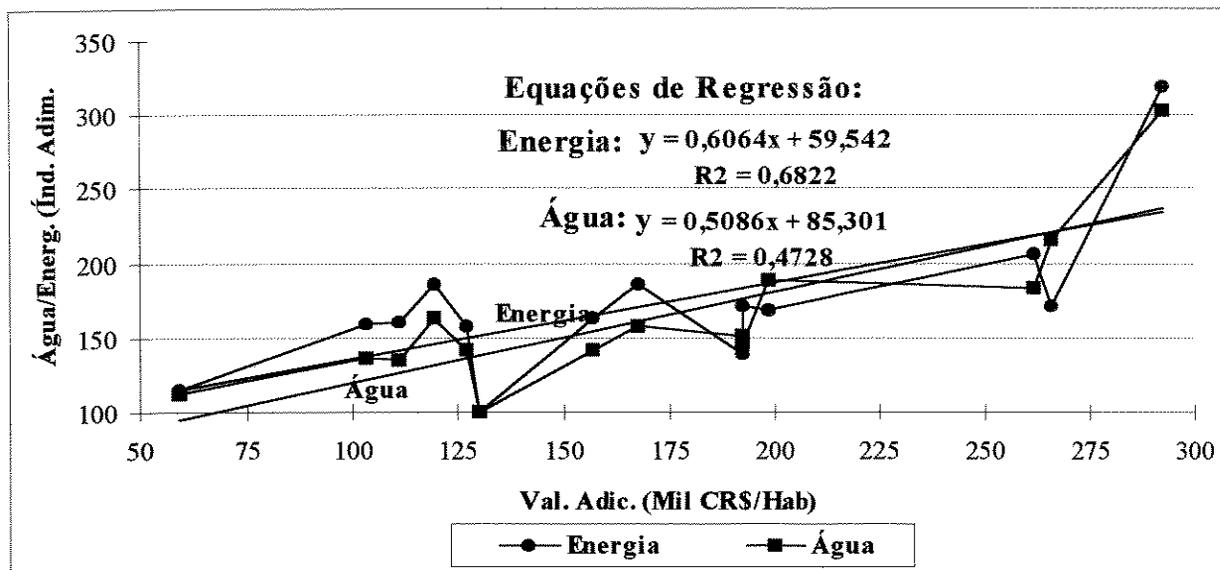
**Fig. 4.20a: Consumo Mensal de Água e de Energia Elétrica (Índices Padronizados) versus Valor Adicionado Per Capita (Mil CRS/Hab).**

Analisando-se esses resultados, verifica-se que a relação linear entre consumo residencial de água/energia e valor adicionado é quase desprezível. Ou seja, este indicador sozinho é muito pouco apropriado, segundo esses resultados, para predizer o nível de consumo residencial de água e de energia elétrica de uma dada região ou município.

Nota-se, contudo, que quinze dos dezesseis municípios analisados apresentaram um índice de valor adicionado per capita que varia de 50 a 300 mil Cruzeiros Reais. O Município de São José dos Campos, porém, apresentou um índice de 681,7 mil Cruzeiros Reais por habitante, o que reduz consideravelmente a relação linear entre as variáveis, e dificulta a análise dos demais.

Essa desproporcionalidade entre os índices verificada no Município de São José dos Campos decorre do fato de se tratar de um município com alta concentração de indústrias (notadamente, automobilísticas), que contribuem substancialmente para o aumento do valor adicionado, não ocorrendo o mesmo (na mesma proporção) em relação ao consumo residencial de água e de energia elétrica.

Excluindo-se este município, os seguintes resultados são verificados:



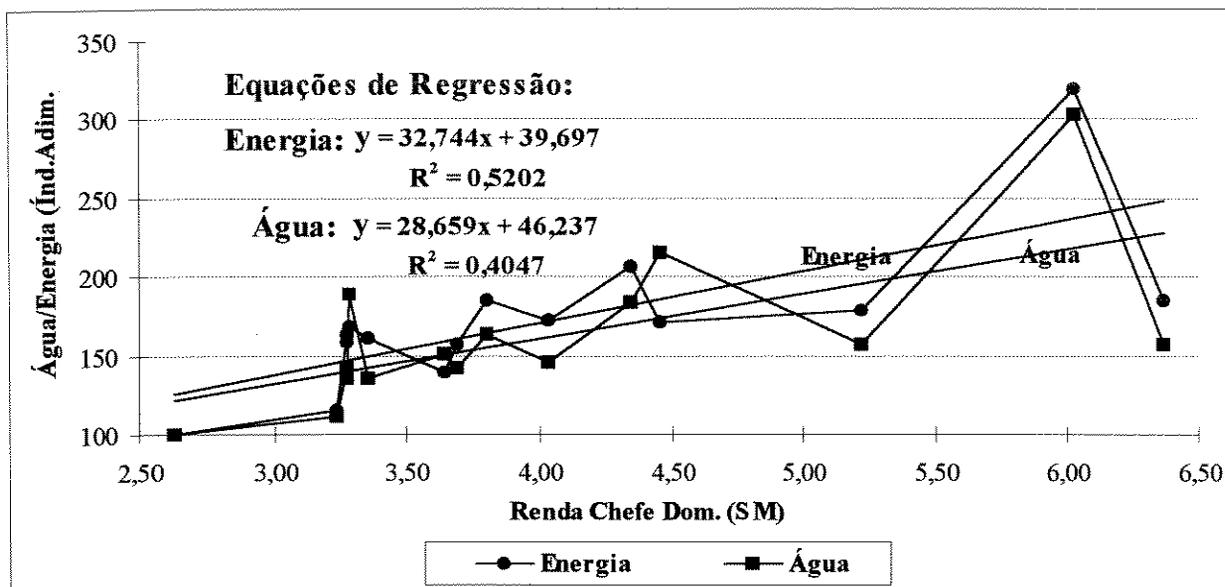
FONTE: Anuário Estatístico do Estado de São Paulo - 1994.

**Fig. 4.20b: Consumo Mensal de Água e de Energia Elétrica (Índices Padronizados) versus Valor Adicionado Per Capita (Mil CRS/Hab).**

Nota-se, portanto, que agora existe uma tendência linear bem mais acentuada, onde maiores índices de valor adicionado correspondem a maiores índices de consumo de água e de energia elétrica. Isto pode ser confirmado pelos resultados da regressão linear, onde se verifica que a tendência é maior em relação à variável "eletricidade". Nota-se, contudo, que não necessariamente isso ocorre; conforme verificado em relação ao Município de Itapeva, onde há, segundo esses resultados, uma certa incompatibilidade entre tais indicadores.

#### - Renda do Chefe do Domicílio

Conforme era de se esperar, esse indicador, o qual representa melhor o poder econômico da população, é mais apropriado do que o valor adicionado per capita, como variável preditora do nível de consumo residencial de água e de energia elétrica de uma dada região ou município (Fig. 4.21).



FONTE: Anuário Estatístico do Estado de São Paulo -1994.

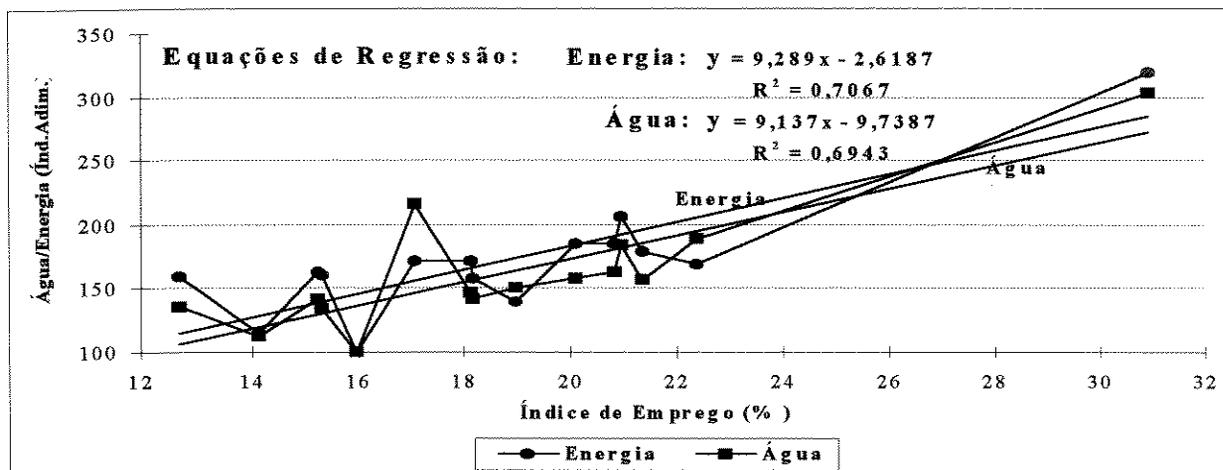
**Fig. 4.21: Consumo Mensal de Água e de Energia Elétrica versus Renda Mensal do Chefe do Domicílio.**

Observa-se assim, que existe uma tendência linear razoavelmente acentuada, onde à medida que aumenta a renda do chefe do domicílio tende a aumentar o nível de consumo per capita de água e de energia elétrica. Nota-se também, que novamente essa tendência é mais acentuada em relação à variável "eletricidade". Isto, porque o consumo residencial de energia elétrica é muito mais dependente do grau de difusão de aparelhos eletrodomésticos (os quais estão intimamente ligados ao poder econômico da população) do que o consumo de água.

#### - Índice de Emprego

Com a finalidade de se verificar a relação entre nível de emprego da população e consumo residencial de água e de energia elétrica, considerou-se, de acordo com a disponibilidade de dados relativos a essa informação, o fator "*Índice de Emprego*"; o qual foi obtido da razão entre o número de empregados com carteira assinada e a população correspondente, multiplicado por 100.

O confronto entre as duas variáveis (água e eletricidade) e o referido indicador, pode ser visto graficamente, na Fig. 4.22, a seguir.



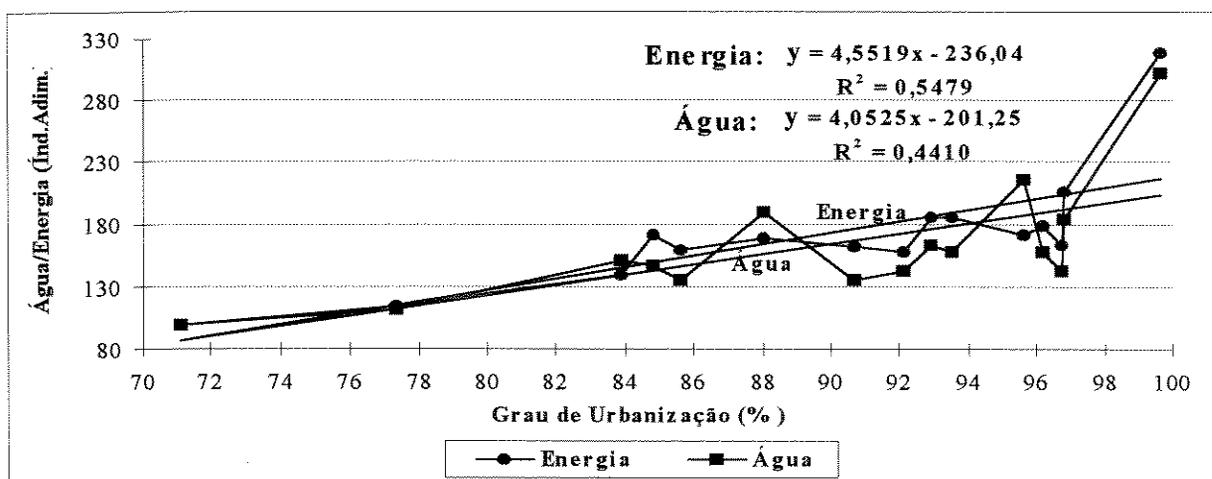
FONTE: Anuário Estatístico do Estado de São Paulo -1994.

**Fig. 4.22: Consumo Residencial de Água e de Energia Elétrica versus Índice de Emprego.**

Verifica-se, desta forma, que ambas as variáveis apresentam-se fortemente correlacionadas a esse indicador, de modo que, à medida que aumenta o nível de emprego, tende a aumentar os índices de consumo mensal de água e de energia elétrica.

#### - Grau de Urbanização

Conforme era de se esperar, de modo geral, cidades mais urbanizadas apresentam maiores índices de consumo residencial per capita de água e de energia elétrica (Fig. 4.23).



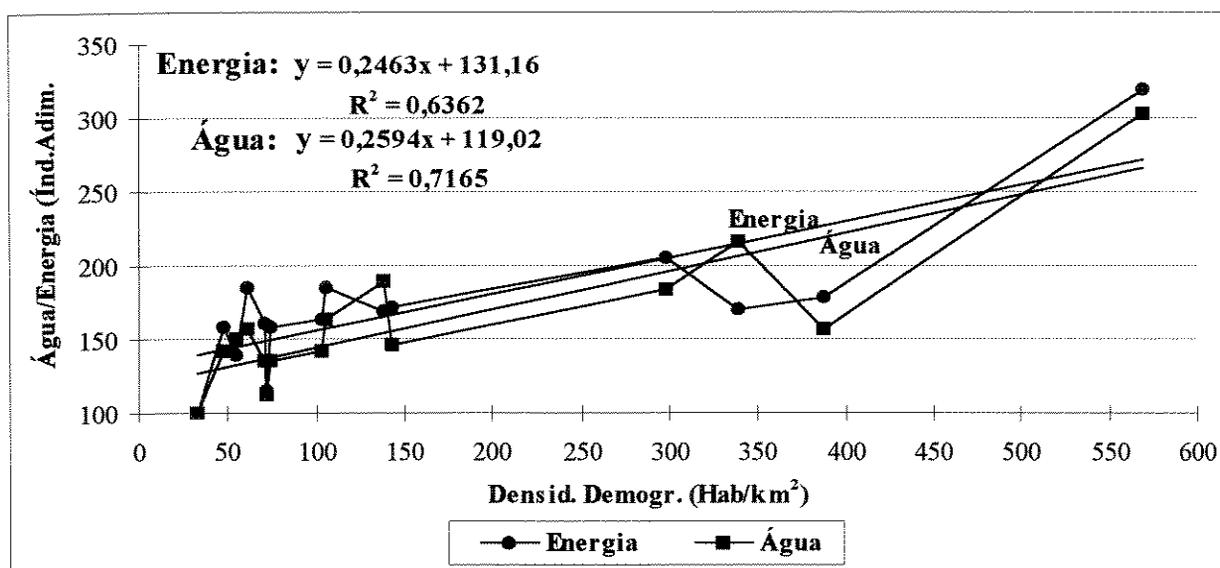
FONTE: Anuário Estatístico do Estado de São Paulo -1994.

**Fig. 4.23: Consumo Mensal de Água e de Energia Elétrica versus Taxa de Urbanização.**

Nota-se também, segundo os resultados da regressão, que, ao contrário do que se podia esperar, a variável "eletricidade" está mais condicionada a esse indicador demográfico do que a variável "água".

### - Densidade Demográfica

Apesar da maioria dos municípios considerados (75%) apresentar uma densidade demográfica relativamente baixa (variando de 30 a 150 habitantes por km<sup>2</sup>), comparada aos demais (300 a 600 hab/km<sup>2</sup>), nota-se que este indicador pode ser importante como preditor do nível de consumo residencial de água e de energia elétrica. Observa-se, inclusive, que o município de menor densidade demográfica (Itapeva, 32,3 hab/km<sup>2</sup>), apresenta o menor índice de consumo residencial de água e de energia elétrica. O mesmo se verifica em relação ao maior índice (Fig. 4.24).



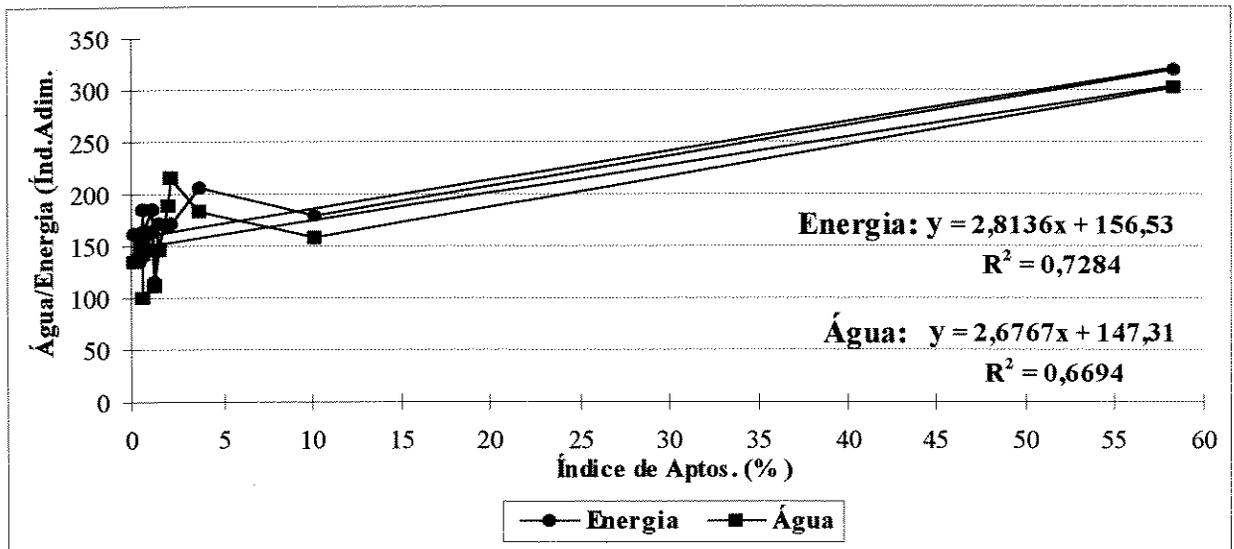
FONTE: Anuário Estatístico do Estado de São Paulo - 1994.

**Fig. 4.24: Consumo Mensal de Água e de Energia Elétrica versus Densidade Demográfica (Hab/km<sup>2</sup>).**

### - Tipo de Domicílio

Os fatores demográficos relacionados às características físicas do domicílio são de grande importância nos estudos de planejamento e gerenciamento da demanda residencial de água e de energia elétrica. Dentre esses, destaca-se, neste trabalho, o tipo de domicílio, que é

representado pelo percentual de apartamentos em relação ao total de residências da região correspondente. Os dados são apresentados, graficamente, na Fig. 4.25, a seguir.

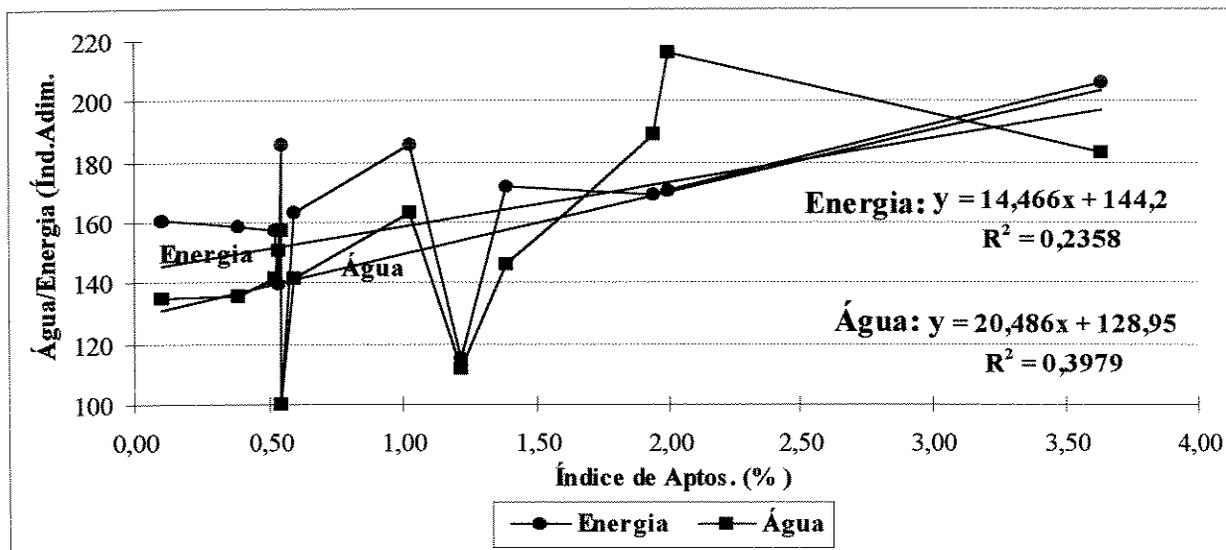


FONTE: Anuário Estatístico do Estado de São Paulo - 1994.

**Fig. 4.25a: Consumo Residencial de Água e de Energia Elétrica versus Tipo de Domicílio: Percentual de Apartamentos em Relação ao Número Total de Domicílios.**

Nota-se, entretanto, que apesar dos resultados da regressão serem relativamente satisfatórios, uma análise gráfica não permite avaliar a importância desse indicador no consumo residencial de água e de energia elétrica. Isto, porque a grande maioria dos municípios apresenta uma porcentagem de apartamentos muito pequena (variando entre 0,38% e 2% apenas), enquanto os Municípios de São José dos Campos e Santos apresentam índices de 10,06% e 58,30%, respectivamente, o que dificulta a análise gráfica dos demais.

Excluindo-se esses dois municípios, os seguintes resultados são encontrados:



FONTE: Anuário Estatístico do Estado de São Paulo - 1994.

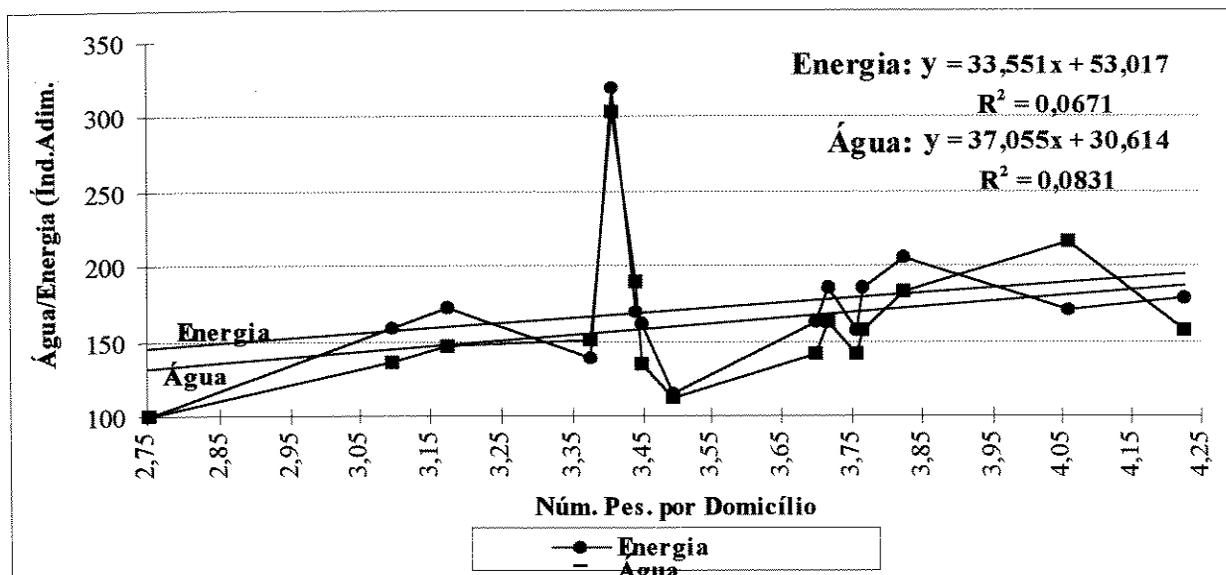
**Fig. 4.25b: Consumo Residencial de Água e de Energia Elétrica versus Tipo de Domicílio: Percentual de Apartamentos em Relação ao Número Total de Domicílios.**

Nota-se, desta forma, que apesar das retas de regressão indicarem uma tendência linear, onde maiores índices de apartamentos correspondem a maiores índices de consumo de água e de energia elétrica, existe uma dispersão muito grande nos dados e os parâmetros da regressão são pouco satisfatórios.

Não se pode, contudo, desprezar a influência deste indicador na demanda residencial de água e de energia elétrica. Um estudo mais aprofundado, em termos de regressão estatística, será feito na próxima seção.

#### - Número de Pessoas por Domicílio

Apesar da lógica a idéia de que o consumo per capita de água e de energia elétrica tendem a se reduzir com o aumento do número de moradores (pessoas por domicílio), não se observa tal relação, neste caso. Pelo contrário: nota-se uma pequena tendência contrária a essa idéia. Uma das razões para isso, é que este indicador apresentou-se quase constante, com pequenas variações de seus índices, enquanto o consumo de água e de energia elétrica variam substancialmente de uma região para outra. Os dados podem ser vistos graficamente na Fig. 4.26, a seguir.



FONTE: Anuário Estatístico do Estado de São Paulo -1994.

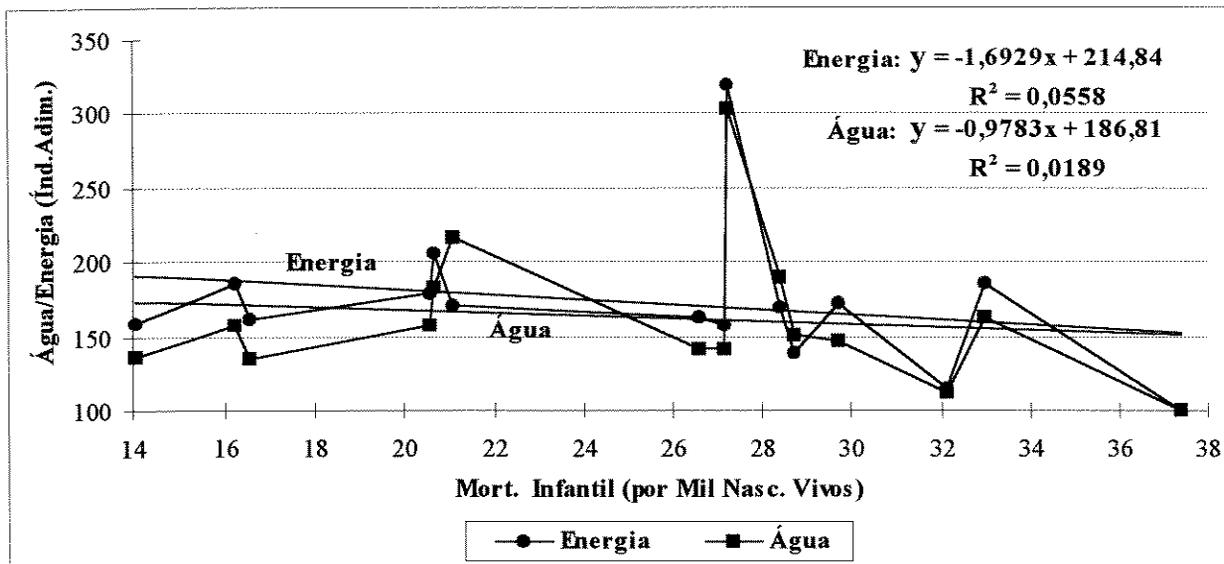
**Fig. 4.26: Consumo Mensal de Água e de Energia Elétrica versus Número de Pessoas por Domicílio.**

Nota-se, também, que, segundo os resultados da regressão, a relação linear entre as duas variáveis e esse indicador é praticamente desprezível.

### - Mortalidade Infantil

Um dos parâmetros que, comumente, se utiliza para medir o padrão ou nível de vida de uma determinada população, não necessariamente em termos econômicos, mas em relação ao bem estar social e, mais especificamente, em relação à área de saúde pública, é o índice de *Mortalidade Infantil*.

A Fig. 4.27, abaixo, apresenta graficamente os índices de mortalidade infantil, em confronto com índices padronizados (adimensionais) de consumo residencial de água e de energia elétrica, para os dezesseis municípios considerados.

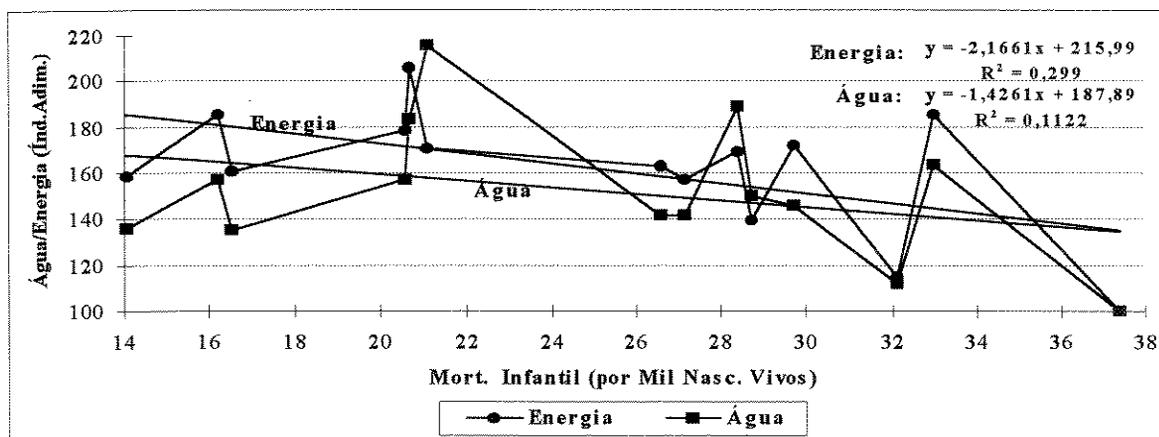


FONTE: Anuário Estatístico do Estado de São Paulo -1994.

**Fig. 4.27a: Consumo Mensal de Água e de Energia Elétrica versus Mortalidade Infantil.**

Conforme se observa, e como era de se esperar, de modo geral, cidades com maiores índices de mortalidade infantil apresentam menores índices de consumo de água e de energia elétrica. Nota-se, contudo, que existem exceções, como, por exemplo, o Município de Santos, onde se verifica um índice de mortalidade infantil relativamente alto e o maior índice de consumo per capita de água e de energia elétrica. Além do mais, segundo os parâmetros da regressão, a relação linear entre tais indicadores é pouco significativa.

Excluindo-se, entretanto, o Município de Santos, tem-se os seguintes resultados:

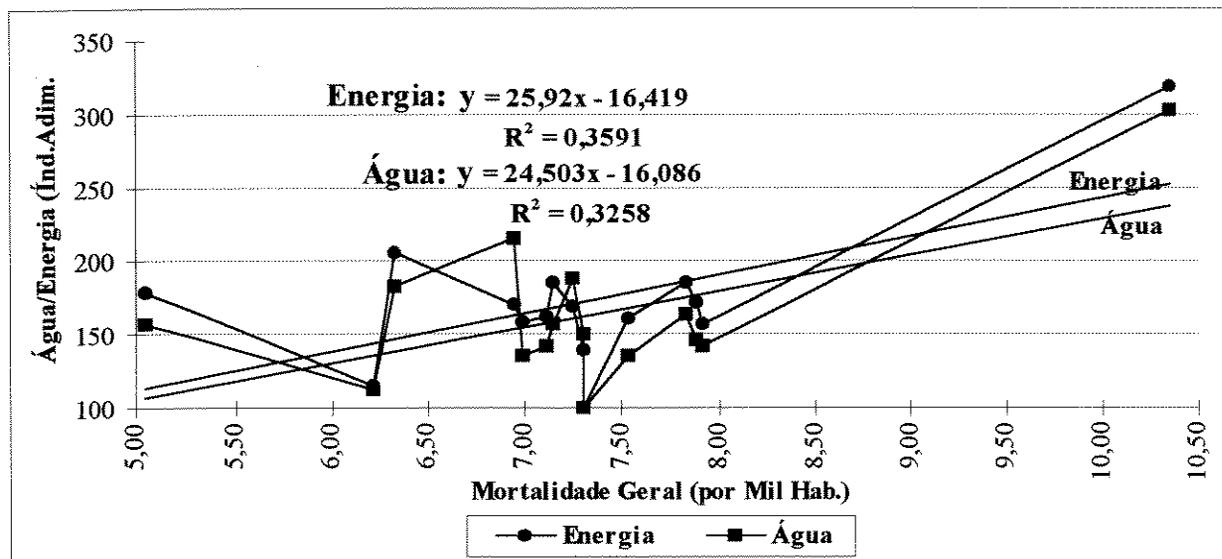


FONTE: Anuário Estatístico do Estado de São Paulo -1994.

**Fig. 4.27b: Consumo Mensal de Água e de Energia Elétrica versus Mortalidade Infantil.**

Nota-se, portanto, uma melhora significativa nos parâmetros da regressão, onde fica mais evidente a tendência de redução nos índices de consumo de água e de energia elétrica, a medida que aumentam os índices de mortalidade infantil.

**- Mortalidade Geral**

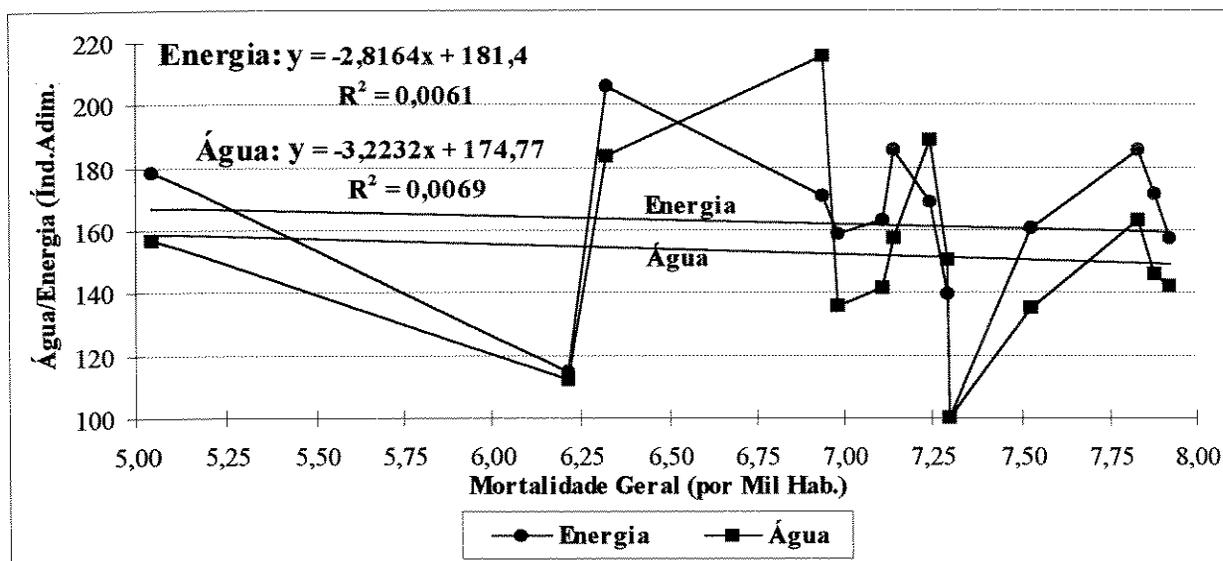


FONTE: Anuário Estatístico do Estado de São Paulo -1994.

**Fig. 4.28a: Consumo Residencial de Água e de Energia Elétrica versus Mortalidade Geral.**

Observando-se os dados da Fig. 4.28a, acima, nota-se que apesar de as retas de regressão indicarem uma tendência linear de aumento nos índices de consumo de água/eletricidade, à medida que aumentam os índices de mortalidade geral, isto pode estar sendo, entretanto, influenciado novamente pelo Município de Santos, onde os três indicadores considerados apresentam altos índices.

Observando os novos dados da Fig. 4.28b, abaixo, verifica-se que de fato, excluindo-se este município, a tendência é contrária. Nota-se, contudo, que, segundo os parâmetros da regressão, a relação linear entre tais indicadores é praticamente desprezível.



FONTE: Anuário Estatístico do Estado de São Paulo -1994.

**Fig. 4.28b: Consumo Residencial de Água e de Energia Elétrica versus Mortalidade Geral.**

O Quadro 4.7, a seguir, apresenta um resumo das principais variáveis analisadas, em termos de correlação linear entre si e índices de consumo residencial de água e de energia elétrica.

**Quadro 4.7: Correlação entre Índices de Consumo Residencial de Água e de Energia Elétrica versus Indicadores Sócio-Econômicos - Coeficiente de Correlação, R, (%).**

Variáveis	CA	CE	RC	VA	MG	MI	IE	TU	DD	NP	IA
Cons.Água (CA)	100,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cons.Eletric.(CE)	<b>90,4</b>	100,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Renda Ch. (RC)	63,0	<b>72,1</b>	100,0	-	-	-	-	-	-	-	-
Valor Adic. (VA)	35,6	34,2	51,5	100,0	-	-	-	-	-	-	-
Mort.Geral (MG)	52,3	57,6	19,1	36,2	100,0	-	-	-	-	-	-
Mort.Infantil (MI)	8,9	21,3	38,5	17,8	16,3	100,0	-	-	-	-	-
Índice Empr.(IE)	<b>83,1</b>	<b>84,1</b>	<b>66,9</b>	45,4	49,9	12,4	100,0	-	-	-	-
Taxa Urban. (TU)	<b>66,9</b>	<b>74,0</b>	63,3	46,2	13,1	45,4	52,2	00,0	-	-	-
Dens. Dem.(DD)	<b>85,0</b>	<b>79,6</b>	62,4	<b>69,2</b>	18,6	10,9	<b>72,4</b>	62,2	00,0	-	-
No.P/Dom.(NP)	30,9	49,9	48,9	57,6	41,0	29,6	22,8	<b>74,5</b>	42,9	100,0	-
Índ.Aptos. (IA)	<b>81,9</b>	<b>85,3</b>	56,2	32,9	61,6	7,1	<b>80,0</b>	40,4	<b>79,3</b>	1,3	100,0

\* Valores em negrito: Índices mais significativos.

Uma análise desses resultados permite as seguintes afirmações:

a) As variáveis "água" e "eletricidade" estão linearmente relacionadas, cujo coeficiente de correlação indica um grau de covariabilidade de 90,4%.

b) Dos nove indicadores analisados, cinco apresentaram coeficiente significativo, quando correlacionados às variáveis "água" e "eletricidade"; sendo que destes, a variável densidade demográfica é a mais relacionada ao consumo de água e o índice de apartamentos, o fator mais relacionado ao consumo de eletricidade.

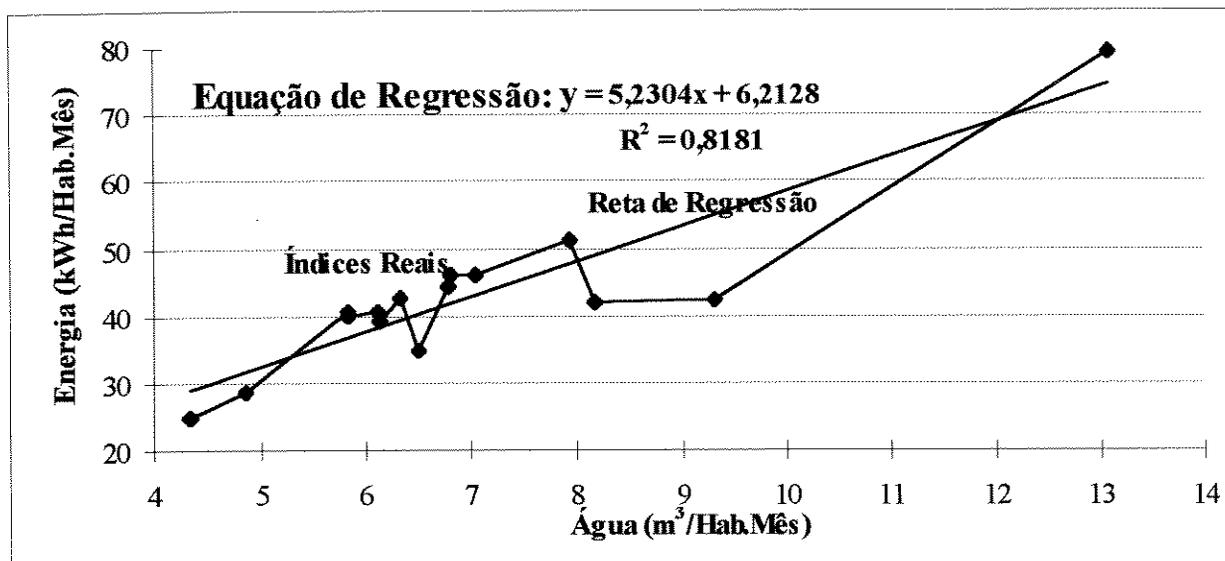
c) Quanto à relação linear entre os próprios indicadores, verifica-se que a variável densidade demográfica é o fator que mais se relaciona aos demais, vindo em seguida o índice de apartamentos. Verifica-se ainda que os indicadores que apresentaram melhor relação linear são: índice de emprego e índice de apartamentos.

Cabe lembrar, no entanto, que esse tipo de análise (correlação linear simples) permite avaliar apenas o grau de relação (dependência) linear entre as variáveis, de forma isolada. Isto é, não se pode afirmar, com apenas esse nível de informação, quais (nem quantos) desses fatores (variáveis) melhor "explicam" o consumo de água e/ou de energia elétrica. Pode-se apenas dizer que, se fôssemos escolher apenas um, dentre todos, para "explicar", por exemplo, o consumo de energia elétrica, escolheríamos a variável consumo de água; pois é a de maior grau de dependência linear (0,904). Isso é confirmado no próximo item desta mesma seção (4.4.3).

#### **- Consumo de Energia Elétrica *versus* Consumo de Água**

Verificou-se, em seções anteriores (seções 4.3 e 4.4), que o consumo de energia elétrica tende a variar, ao longo de um determinado período de tempo e numa determinada região, de forma relativamente proporcional ao consumo de água. A intenção agora é verificar se isso de fato ocorre (e, caso ocorra, de que forma e com que intensidade), mantendo-se o tempo fixo e variando, a região (modelo "*Cross-Sectional*").

A Fig. 4.29, a baixo, apresenta graficamente o consumo de eletricidade, segundo o consumo de água.



FONTE: Anuário Estatístico do Estado de São Paulo -1994.

**Fig. 4.29: Consumo Residencial de Energia Elétrica (kWh/Hab.Mês) versus Consumo Residencial de Água (m³/Hab.Mês).**

Conforme se pode observar, há uma estreita correlação entre as duas variáveis, de modo que se pode afirmar que, a medida que aumenta o consumo de água, tende a aumentar (com maior ou menor intensidade) o consumo de energia elétrica. Verificou-se, entretanto, alguns casos um pouco atípicos. Entre esses, São João da Boa Vista e Taubaté, onde foram verificados índices de consumo de água proporcionalmente maior do que os de consumo de energia elétrica. Nota-se também, que, segundo os resultados da regressão, um aumento de 1 m<sup>3</sup> no consumo residencial de água, proporciona um aumento médio de 5,23 kWh no consumo residencial de eletricidade. Observa-se ainda, que o poder explicativo da regressão (R<sup>2</sup>) é bastante satisfatório (0,82).

#### 4.5.3 - Regressão Linear: Consumo Residencial de Energia Elétrica Versus Indicadores Sócio-Econômicos e demográficos

A finalidade deste item é verificar, dentre os dez indicadores acima analisados, quais deles melhor "explicam" o consumo residencial de energia elétrica. Em outras palavras, ao se estimar a demanda de energia elétrica de uma determinada região (neste caso, municípios do Estado de São Paulo), quais são os principais fatores condicionantes a serem considerados.

Várias são as maneiras de se verificar isso. Dentre elas, a técnica da regressão estatística, conforme discutida na seção 4.2, é a que mais se destaca na literatura em geral. Adotou-se,

portanto, esta técnica como forma de análise. Como ferramenta computacional, utilizou-se, dentre outros, o Software SAS-6.08 (Sistema para Análise Estatística).

Inicialmente, fez-se o ajuste do consumo de energia elétrica, em função de todas as demais variáveis consideradas, conforme descritas e relacionadas nos Quadros 4.5 e 4.6, vistos anteriormente.

A equação para o ajuste, bem como os principais parâmetros de análise, são apresentados a seguir:

$$CE = -16,37 + 1,66RC + 1,02IE + 0,97TU + 0,14IA + 0,03DD - 11,38NP - 1,04CA - 0,67MG - 0,08MI - 0,03VA$$

$R^2 = 0,9879$ ;  $F = 40,912$ ;  $\text{Prob} > |F| = 0,0004$ , onde:

**RC:** Renda do Chefe do Domicílio (SM);

**IE:** Índice de Emprego (%);

**TU:** Taxa de Urbanização (%);

**IA:** Índice de Apartamentos (%);

**DD:** Densidade Demográfica (Hab/km<sup>2</sup>);

**NP:** Número de Pessoas por Domicílio;

**CA:** Consumo Per Capita de Água (m<sup>3</sup>/Hab.Mês);

**MG:** Mortalidade Geral;

**MI:** Mortalidade Infantil;

**VA:** Valor Adicionado Per Capita (CR\$ 1.000,00).

Nota-se assim, que apesar do alto poder explicativo da regressão (98,79%), as variáveis **CA** e **VA** não apresentaram o sinal esperado de seus coeficientes. Para uma análise mais acurada, o Quadro 4.8, a seguir, apresenta o erro padrão e as estatísticas *t* de cada coeficiente.

**Quadro 4.8: Resultados da Regressão Múltipla entre a Variável "Consumo Residencial de Energia Elétrica" e Outros Fatores Condicionantes.**

Fator	Coefficiente (1)	Erro Padrão (2)	t-value [(1) / (2)]	Prob >  t
Intercepto	-16,3690	13,0105	-1,258	0,2639
RC	1,6634	1,1374	1,462	0,2035
<b>IE</b>	<b>1,0205</b>	<b>0,4183</b>	<b>2,439</b>	<b>0,0587</b>
<b>TU</b>	<b>0,9657</b>	<b>0,2284</b>	<b>4,228</b>	<b>0,0083</b>
IA	0,1365	0,1252	1,090	0,3255
DD	0,0334	0,0169	1,978	0,1048
<b>NP</b>	<b>-11,3838</b>	<b>4,6175</b>	<b>-2,465</b>	<b>0,0569</b>
CA	-1,0368	1,1563	-0,897	0,4110
MG	-0,6706	1,4283	-0,470	0,6585
MI	-0,0796	0,1548	-0,514	0,6291
<b>VA</b>	<b>-0,0256</b>	<b>0,0108</b>	<b>-2,368</b>	<b>0,0641</b>

*Obs: Os dados em negrito correspondem às variáveis significativas, ao nível de 10%.*

Uma análise desses resultados, permite afirmar que apenas quatro, das dez variáveis consideradas, mostraram-se estatisticamente importantes (significativas), ao nível de significância de 10%. Estas são, por ordem de significância (ver última coluna), **TU**, **NP**, **IE** e **VA**. No entanto, essa afirmação somente é válida supondo todas as dez variáveis no modelo. Ao se excluir alguma delas (ou, eventualmente, adicionar uma outra) os resultados podem ser diferentes. Em outras palavras, por exemplo, uma variável que, anteriormente, não se mostrou importante pode se tornar e vice-versa. Portanto, uma análise mais acurada, sob o ponto de vista estatístico, faz-se necessário.

Para isso, utilizou-se um dos recursos do referido Software, denominado "*Stepwise Regression*" (regressão passo a passo), cuja finalidade é verificar, através de testes estatísticos, a importância ou significância das variáveis independentes nos vários modelos de regressão, por esse método testados [BOWERMAN *et alli*, 1986]. Em outras palavras, este procedimento permite testar a contribuição parcial de cada variável preditora no modelo, dentro de um dado nível de significância. Assim, inicialmente, é selecionada a variável de maior correlação com a variável de interesse (variável dependente) e testada a contribuição de todas as demais, supondo que essa variável já está incluída no modelo.

Os resultados desse procedimento estão sumarizados no quadro abaixo e comentados, logo em seguida.

**Quadro 4.9: Síntese dos Resultados da Regressão "Stepwise", entre a Variável Consumo de Energia Elétrica e os Demais Indicadores Considerados.**

Passo	Variável Incluída	Variável Removida	Correlação Parcial - R <sup>2</sup>	Correlação Total - R <sup>2</sup>	F-value	Prob >  F
1	CA		0,8158	0,8158	61,98	0,00
2	IA		0,0392	0,8549	3,51	0,08
3	TU		0,0703	0,9252	11,29	0,00
4		CA	0,0103	0,9150	1,65	0,22
5	NP		0,0281	0,9431	5,93	0,03
6	IE		0,0188	0,9619	5,43	0,03

Vê-se então, que apesar da variável CA ter maior correlação com o consumo de energia elétrica, ao se incluir outras variáveis no modelo, ela deixa de ser importante. Em outras palavras, a sua contribuição não é estatisticamente significativa, ao nível de significância de 10%, considerando-se as demais. Nota-se também, que dentre as quatro variáveis escolhidas (IE, TU, IA e NP), três são, de fato, aquelas que se destacaram no modelo anterior (quando consideradas todas as dez variáveis). A variável IA aparece, em lugar da variável VA.

Assim, o ajuste do consumo de energia elétrica, segundo os quatro indicadores selecionados, é dado pela seguinte equação:

$$CE = - 30,9232 + 0,3106 IA - 9,9474 NP + 0,6778 IE + 1,0542 TU \quad (4.10)$$

$$R^2 = 0,9619; F = 69,459; Prob > |F| = 0,0001$$

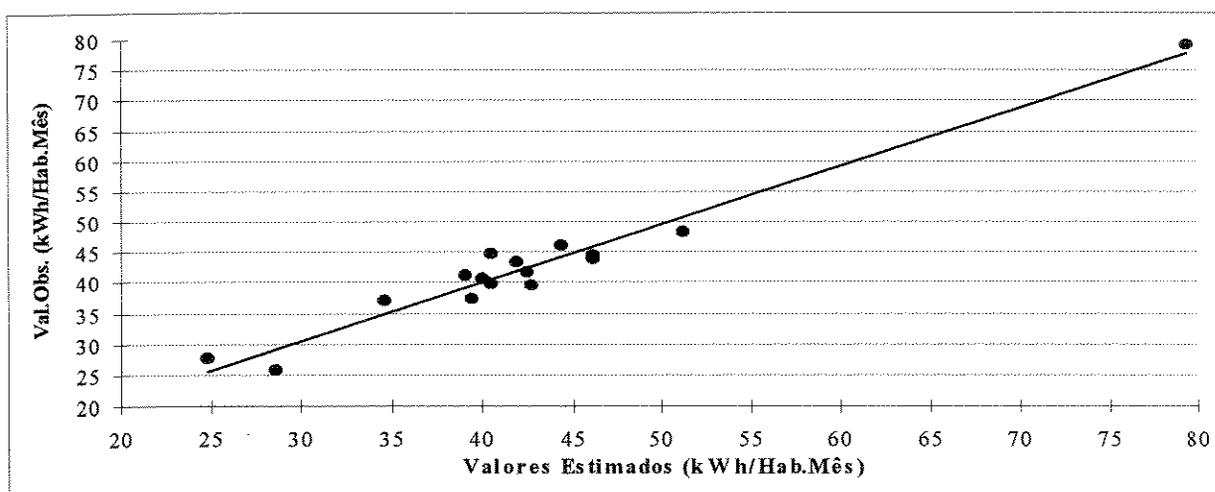
O quadro abaixo apresenta o erro padrão dos coeficientes, bem como a estatística *t*, de cada uma das variáveis consideradas.

**Quadro 4.10: Resultados da Regressão Múltipla entre a Variável "Consumo de Energia Elétrica" e os Fatores: Índice de Aptos. (IA), Número de Pessoas por Domicílio (NP), Índice de Emprego (IE) e Taxa de Urbanização (TU).**

Fator	Coefficiente	Erro Pad. do Coef.	t-value	Prob >  t
Intercepto	-30,9232	8,8811	-3,482	0,0051
IA	0,3106	0,0877	3,541	0,0046
NP	-9,9474	3,1895	-3,119	0,0098
IE	0,6778	0,2907	2,331	0,0398
TU	1,0542	0,1684	6,262	0,0001

Verifica-se, assim, que todos os coeficientes são significativos, ao nível de 5%, sendo a taxa de urbanização o fator mais importante, conforme visto também no Quadro 4.9. Nota-se, também, que, com exceção ao número de pessoas por domicílio, todas as demais variáveis apresentaram coeficientes positivos; o que significa, em outras palavras, que o consumo residencial per capita de energia elétrica tende a aumentar com o aumento nos índices desses indicadores. Ao contrário, tende a diminuir com o aumento do número de pessoas por domicílio; o que é, apesar de não ter sido verificado graficamente (Fig. 4.26), sem dúvida, razoável.

O ajuste do consumo de energia elétrica, segundo esses fatores, pode ser visto, graficamente (Fig. 4.31) e, numericamente (Quadro 4.11, em seguida).



**Fig. 4.30: Ajuste do Consumo de Energia Elétrica, Segundo o Grau de Urbanização, o Índice de Aptos., Índice de Emprego e o N<sup>o</sup> de Pessoas por Domicílio.**

**Quadro 4.11: Ajuste do Consumo Residencial de Energia Elétrica em Função do Grau de Urbanização, do Tipo de Domicílio, do Índice de Empr. e do N<sup>o</sup> de Pessoas por Domicílio.**

Cidade	Val. Observado (kWh/Hab.Mês)	Val. Estimado (kWh/Hab.Mês)	Resíduo Absoluto	Resíduo Relativo (%)
Adamantina	40,52	39,95	0,57	1,40
Avaré	39,11	41,24	-2,13	5,45
Botucatu	46,08	44,03	2,05	4,44
Bragança Paulista	42,66	39,65	3,01	7,07
Fernandópolis	40,48	44,72	-4,24	10,47
Itapetininga	34,61	37,04	-2,43	7,01
Itapeva	24,83	27,65	-2,82	11,35
Jales	39,41	37,27	2,14	5,43
Lins	46,06	44,44	1,62	3,51
Presidente Prudente	51,15	48,44	2,71	5,30
Registro	28,54	25,81	2,73	9,56
Santos	79,29	79,21	0,08	0,10
São João da Boa Vista	41,94	43,39	-1,45	3,46
São José dos Campos	44,32	46,11	-1,79	4,05
Taubaté	42,42	41,65	0,77	1,83
Tupã	39,95	40,77	-0,82	2,06
Índice Médio	42,59	42,59	0,00	5,16

Nota-se, assim, que o maior resíduo (em termos relativos) foi verificado no Município de Itapeva, onde o consumo estimado foi superior ao observado. Isto, por apresentar um índice de consumo de energia elétrica, bastante abaixo da média verificada (cerca de 42% menor), enquanto não se verifica o mesmo em relação aos demais indicadores considerados.

#### 4.5.4 - Regressão Linear Entre o Consumo de Água e os Demais Indicadores Analisados

Da mesma forma que no caso anterior, fez-se uma análise dos principais fatores condicionantes do consumo residencial de água.

Ao se considerar todas as demais variáveis, inclusive, energia elétrica, a equação para o ajuste do consumo de água é dada por:

$$CA = -3,59 - 0,008VA - 0,003IA - 1,06NP + 0,18MG - 0,039MI + 0,32IE + 0,14TU + 1,41DD - 0,13RC + 0,14CE$$

$$R^2 = 0,9487; F = 9,241; \text{Prob} > |F| = 0,0138$$

No Quadro 4.12, abaixo, apresenta-se o erro padrão e as estatísticas  $t$  de cada coeficiente.

**Quadro 4.12: Resultados da Regressão Linear entre Consumo Residencial de Água e Indicadores Sócio-Econômicos e Demográficos.**

Fator	Coeficiente	Erro Pad. do Coef.	$t$ -value	Prob $>  t $
Intercepto	-3,5907	5,1127	-0,70	0,5138
VA	-0,0081	0,0043	-1,88	0,1186
IA	-0,0027	0,0499	-0,05	0,9584
NP	-1,0580	2,4215	-0,44	0,6804
MG	0,1778	0,5178	0,34	0,7453
MI	-0,0388	0,0543	-0,71	0,5067
IE	0,3209	0,1697	1,89	0,1171
TU	0,1389	0,1640	0,85	0,4356
<b>DD</b>	<b>0,0143</b>	<b>0,0050</b>	<b>2,80</b>	<b>0,0379</b>
RC	0,1297	0,4844	0,27	0,7996
CE	-0,1336	0,1490	-0,90	0,4110

Assim, verifica-se que, apesar de se ter um alto poder explicativo do modelo ( $R^2 = 0,95$ ), apenas a variável densidade demográfica apresentou coeficiente significativo, ao nível de significância de 10%.

Repetindo-se o mesmo procedimento anterior ("Stepwise"), para a escolha das variáveis condicionantes do consumo de água, obteve-se, com um nível de significância de 10%, apenas duas: **CE** (consumo de eletricidade) e **DD** (densidade demográfica). Os resultados podem ser vistos, parcialmente, no Quadro 4.13, a seguir.

**Quadro 4.13: Síntese dos Resultados da Regressão "Stepwise" entre a Variável Consumo de Água e os Demais Indicadores Analisados.**

Passo	Variável Incluída	Variável Removida	Correlação Parcial - R <sup>2</sup>	Correlação Total - R <sup>2</sup>	F-value	Prob >  F
1	CE		0,8158	0,8158	61,98	0,0001
2	DD		0,0471	0,8628	4,46	0,0546

Assim, o ajuste do consumo de água, em função dessas duas variáveis selecionadas, é dado pela seguinte equação:

$$CA = 1,5779 + 0,8158 CE + 0,2554 DD \quad (4.11)$$

$$R^2 = 0,8628; F = 40,881; Prob > |F| = 0,0001$$

O quadro abaixo apresenta o erro padrão dos coeficientes, bem como a estatística *t*, de cada um deles.

**Quadro 4.14: Resultados da Regressão Linear entre Consumo Residencial de Água e as Variáveis Predictoras CE (Consumo de Eletricidade) e DD (Densidade Demográfica).**

Fator	Coefficiente	Erro Pad. do Coef.	<i>t</i> -value	Prob >   <i>t</i>
Intercepto	1,5779	1,0149	1,555	0,1440
CE	0,1077	0,0295	3,655	0,0029
DD	0,0047	0,0022	2,112	0,0546

Já se sabia, de antemão, que o fator de maior correlação com a variável "consumo de água" foi o "consumo de energia elétrica". Na tentativa de verificar quais dos demais parâmetros sócio-econômicos e demográficos podem contribuir na "explicação" do consumo de água, excluiu-se, então, esse fator (energia elétrica) e repetiu-se o procedimento com as demais variáveis.

Assim, mantendo-se o mesmo nível de significância considerado anteriormente (10%) e excluindo-se do modelo a variável CE (consumo de eletricidade), outras duas variáveis

aparecem como condicionantes do consumo de água: **MG** (mortalidade geral) e **TU** (taxa de urbanização). Os resultados são apresentados a seguir:

**Quadro 4.15: Resultados da Regressão Linear entre a Variável " Água" e as Variáveis Preditoras MG (Mortalidade Geral), TU (Taxa de Urbanização) e DD (Densidade Demográfica).**

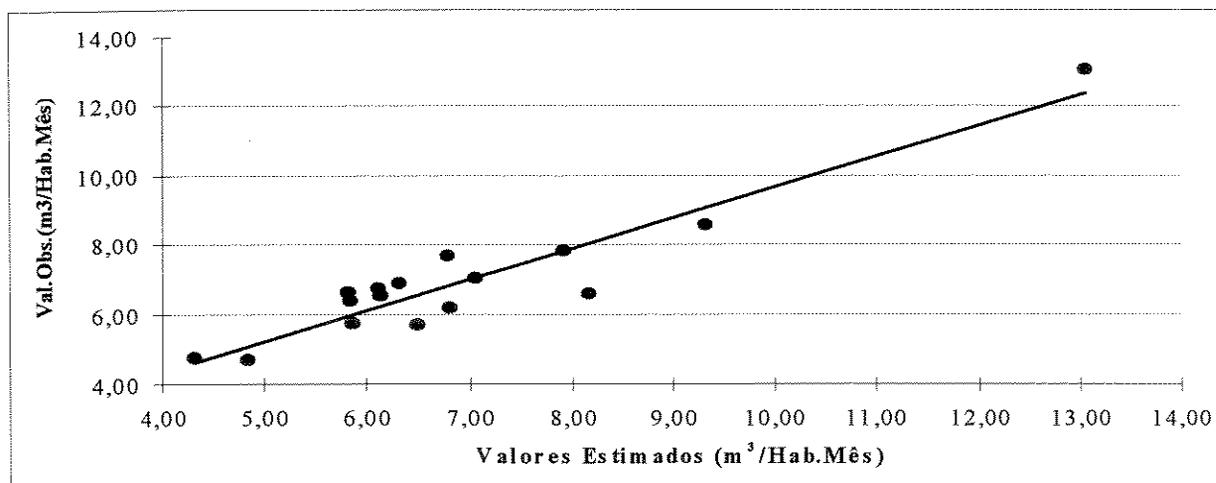
Fator	Coefficiente	Erro Pad. do Coef.	t-value	Prob >  t
Intercepto	- 4,668	3,007	-1,552	0,146
MG	0,868	0,179	3,834	0,098
TU	0,058	0,032	1,795	0,113
DD	0,009	0,002	5,206	0,002

A equação para o ajuste do consumo de água, segundo esses três fatores é dada a seguir:

$$CA = - 4,668 + 0,686 MG + 0,058 TU + 0,009 DD \quad (4.12)$$

$$R^2 = 0,8895; F\text{-value} = 32,206; \text{Prob} > |F| = 0,0001$$

O ajuste pode ser visto, graficamente, na Fig. 4.32 e, numericamente, através do Quadro 4.16, logo em seguida, o qual apresenta os resíduos absolutos e relativos.



**Fig. 4.31: Ajuste do Consumo de Água, Segundo o Grau de Urbanização, o Índice de Mortalidade Geral e a Densidade Demográfica**

**Quadro 4.16: Ajuste do Consumo de Água em Função do Índice de Mortalidade Geral, do Grau de Urbanização e da Densidade Demográfica.**

Cidade	Val. Observado (m <sup>3</sup> /Hab.Mês)	Val. Estimado (m <sup>3</sup> /Hab.Mês)	Resíduo Absoluto	Resíduo Relativo (%)
Adamantina	5,82	6,60	-0,78	13,40
Avaré	6,12	6,52	-0,40	6,60
Botucatu	6,80	6,18	0,62	9,07
Bragança Paulista	6,31	6,88	-0,57	9,05
Fernandópolis	6,11	6,71	-0,60	9,80
Itapetininga	6,49	5,67	0,82	12,59
Itapeva	4,32	4,75	-0,43	9,93
Jales	5,86	5,72	0,14	2,35
Lins	7,05	7,00	0,05	0,73
Presidente Prudente	7,92	7,83	0,09	1,12
Registro	4,84	4,69	0,15	3,03
Santos	13,06	13,06	0,00	0,02
São João da Boa Vista	8,16	6,59	1,57	19,22
São José dos Campos	6,78	7,68	-0,90	13,21
Taubaté	9,32	8,53	0,79	8,43
Tupã	5,83	6,37	-0,54	9,19
Índice Médio	6,92	6,92	0,00	7,98

Observa-se, assim, que o erro médio residual (erro cometido no ajuste) situa-se na faixa de 8%. Índice este bastante superior ao índice verificado no ajuste do consumo de eletricidade (5,16%). Verifica-se ainda, índices bastante superiores, como, por exemplo, no Município de São João da Boa Vista (19,22%).

#### 4.6 - Resumo das Principais Conclusões do Capítulo

Dentre os principais resultados e conclusões deste capítulo, destacam-se os seguintes:

a) - A importância da variável "água", como preditora da variável "eletricidade", ficou comprovada, dado que, de modo geral, os parâmetros se apresentaram razoavelmente satisfatórios, conforme indicado, por exemplo, pelo *Coefficiente de Determinação R<sup>2</sup>*, o qual

variou entre 0,55 e 0,82. Contudo, houve casos em que não se conseguiu estabelecer tal relação entre as duas variáveis (ver item 4.4.2).

b) - Analisando-se a importância de fatores climáticos, como variáveis preditoras do nível de consumo de água e/ou de energia elétrica, verificou-se que, segundo os dados observados, a influência desses fatores é praticamente desprezível em relação à variável "*eletricidade*". Por outro lado, segundo os resultados estatísticos encontrados, tais indicadores podem ser muito importantes, na estimativa do nível de consumo de água de uma dada região ou período. Verificou-se, também, que, dentre os três fatores climáticos considerados (temperatura ambiente, insolação e precipitação), o que mais se destacou foi a variável temperatura ambiente (média das máximas).

c) - Em se tratando de indicadores sócio-econômicos e demográficos, como variáveis preditoras do nível de consumo residencial de água e/ou de energia elétrica, verificou-se que, dentre os nove indicadores analisados, os que mais se destacaram, isoladamente (i.é., considerando-se cada indicador separadamente) foram, *índice de emprego, índice de apartamentos, densidade demográfica e taxa de urbanização*. Considerando-se todos os indicadores, como variáveis preditoras do consumo residencial de energia elétrica, verificou-se que, dentre os dez analisados (inclusive a variável "água"), apenas quatro deles se apresentaram estatisticamente significantes, ao nível de 5% de significância. Estes são *taxa de urbanização, número de pessoas por domicílio, índice de apartamentos e índice de emprego*, respectivamente. Nota-se, portanto, que a variável "água", apesar de isoladamente ser a melhor preditora do nível de consumo residencial de energia elétrica, não se inclui na relação acima. Por outro lado, ao se estimar o consumo residencial de água, a partir dos demais indicadores, apenas dois se apresentam estatisticamente significativos, sendo um deles o *consumo de eletricidade* (o outro é a variável *densidade demográfica*). Conclui-se, portanto, segundo esses resultados, que de modo geral, a variável "*consumo residencial de eletricidade*" está mais condicionada a fatores sócio-econômicos e demográficos do que a variável "*consumo residencial de água*". O contrário do que se verificou em relação aos indicadores climáticos. De modo geral, apesar de se ter considerado um conjunto relativamente pequeno de observações, por razões já justificadas anteriormente (16 municípios), onde se verificou algumas discrepâncias, notadamente, em relação ao Município de Santos, comprova-se a importância e influência desses indicadores, como variáveis preditoras do nível de consumo residencial de água e, principalmente, de energia elétrica.

## Capítulo 5

### **Avaliação das Possibilidades de Redução do Consumo de Energia Elétrica, a Partir da Redução do Consumo Urbano de Água e das Perdas Ocorridas no Sistema de Abastecimento**

#### **5.1 - Introdução**

Já nos capítulos precedentes, mencionou-se algumas possibilidades de se conservar energia através da conservação de água. No primeiro capítulo, comentou-se brevemente sobre consumo de eletricidade para fins de abastecimento público de água e esgoto sanitário. Mencionou-se também as perdas de água ocorridas no sistema de abastecimento. No Capítulo 2, verificou-se várias possibilidades de redução do consumo urbano de água, essencialmente doméstico; desde algumas ferramentas de gerenciamento da demanda residencial de água (tarifa e outros mecanismos de incentivos à conservação), até as várias medidas e práticas de conservação.

Neste capítulo, procura-se quantificar essas possibilidades, através de estimativas e simulações. Isto é, levantar algum potencial de conservação de energia elétrica, a partir da conservação de água, à luz dos resultados anteriores e algumas hipóteses necessárias para a análise. As estimativas baseiam-se nos dados fornecidos pela Sanasa (em relação ao Município de Campinas) e pela Sabesp (em relação aos municípios atendidos pela mesma), e decorrem do interesse em se analisar outras regiões (R.A.C., E.S.P. e Brasil) cujos dados sobre abastecimento de água, em termos de volume produzido e/ou consumido não estavam disponíveis. Assim, estes foram estimados segundo o consumo per capita verificado no Município de Campinas e naqueles operados pela Sabesp. As simulações referem-se às suposições sobre índices potenciais de redução do consumo doméstico de água e/ou de redução das perdas ocorridas no sistema.

Para tanto, faz-se, inicialmente, um diagnóstico da atual situação do sistema de abastecimento público de água e esgotamento sanitário, destacando-se alguns índices de atendimento à população, em nível nacional e em alguns estados brasileiros. Comenta-se também algumas perspectivas do setor, a curto e médio prazos, em termos de investimentos previstos e realizados, destacando-se principalmente o Estado de São Paulo. Em seguida, faz-se uma análise da estrutura do sistema de abastecimento público de água, no Município de Campinas (em termos de volumes e perdas de água, considerados no decorrer dos processos

de captação, tratamento e distribuição). Posteriormente, analisa-se o consumo de eletricidade destinado essencialmente para fins de abastecimento público de água, e, a partir daí, faz-se algumas estimativas e avaliações desses resultados.

## 5.2 - O Perfil do Sistema de Abastecimento de Água e Esgoto Sanitário no Brasil

Segundo o Catálogo Brasileiro de Engenharia Sanitária (CABES XVII), em Dezembro de 1992, apenas 66,7% da população brasileira tinha acesso ao abastecimento público de água e somente 30,9% dispunham de serviços de esgoto sanitário<sup>26</sup>.

O perfil de alguns estados brasileiros, em termos de saneamento básico, segundo informações obtidas do Relatório da Gazeta Mercantil (de 24/08/1995), pode ser resumidamente visto, no Quadro 5.1, a seguir.

**Quadro 5.1: Índices de Abastecimento Urbano de Água e Esgotamento Sanitário, em Alguns Estados Brasileiros - 1993.**

		Paraná		São Paulo		RJ	RS*	BA	SC	DF
		Sanepar	Total	Sabesp	Total					
Abaste- cimento de Água	Índice de Atend. (%)	99,7	91,6	87,0	89,0	89,9	94,0	-	-	89,5
Esgoto Sanitário	Coleta (%)	-	29,2	-	64,0	52,3		26,0	7,0	78,9
	Tratam.(%)	-	17,0	-	25,0	25,0		-	-	-

\*Refere-se aos municípios operados pela Corsan - Companhia Riograndense de Saneamento.

FONTE: Gazeta Mercantil - 24/08/1995.

Verifica-se assim, que em relação ao abastecimento público de água, em termos de atendimento à população urbana, destacam-se os estados do Rio Grande do Sul e, principalmente, Paraná; onde o índice é de 99,7%, para os municípios operados pela Sanepar - Companhia de Saneamento do Estado do Paraná -, que totalizam 92% da população paranaense, e, em nível estadual, de 91,6% (um dos melhores índices verificados no país).

<sup>26</sup> SANEAMENTO BÁSICO - Relatório da Gazeta Mercantil (24/08/1995).

Em relação ao esgoto sanitário, destaca-se o estado de São Paulo, onde 64% do volume produzido são coletados e 25% previamente tratados. O pior colocado, nesses termos, é o estado de Santa Catarina, onde apenas 7% do volume de esgoto produzido são recolhidos<sup>27</sup>.

Quanto às perdas de água ocorridas no sistema de abastecimento<sup>28</sup>, os maiores índices são verificados no Estado do Rio Grande do Sul; onde variam de 42% a 46% do volume produzido. O melhor índice de eficiência, em termos de perdas, é verificado na Copasa - Companhia de Saneamento de Minas Gerais (27%). Em nível nacional as perdas são da ordem de 42%.

### 5.3 - Despesas e Investimentos no Setor de Abastecimento de Água e Esgoto Sanitário

Dentre as principais despesas operacionais associadas ao sistema de abastecimento de água e coleta de esgoto, destacam-se os gastos com material de tratamento, energia elétrica, pessoal e encargos sociais. Quanto aos investimentos, cerca de 98% destinam-se a novas obras e reformas.

Analisando-se o movimento financeiro da Sabesp - Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo - verifica-se que, em 1992, foram gastos cerca de US\$ 420 Milhões em despesas operacionais (Quadro 5.2), que, divididos pela população correspondente, significam 21,8 dólares per capita.

**Quadro 5.2: Movimento Financeiro da Sabesp - Despesas Operacionais<sup>29</sup>  
Correspondentes ao Ano de 1992.**

Despesas	Pessoal e Encargos Sociais	Material de Tratamento	Despesas c/ Energia Elétrica	Outras Despesas	Total
US\$ Méd. (Jun/94)*	81.031.726	9.647.678	22.417.928	306.958.629	420.055.961
US\$/Hab	4,21	0,50	1,16	15,95	21,82

\*1 US\$ = CR\$ 2.261,80.

FONTE: Anuário Estatístico de São Paulo - 1994.

<sup>27</sup> Na capital - Florianópolis - 33% do esgoto é recolhido, sendo a meta da Casan - Companhia Catarinense de Água e Saneamento - elevá-lo para 76%, até agosto de 1996.

<sup>28</sup> Diferença entre volume produzido (tratado) e volume medido (consumido). Significa também o que se deixa de arrecadar.

<sup>29</sup> Os valores foram fornecidos pela Sabesp em mil Cr\$ de dezembro de 1992. Com base no IGP-FGV (base Jun/94 = 1,00), foram convertidos em Cruzeiros Reais e, em seguida, em US\$ de Jun/94.

Nota-se também (Quadro 5.3), que os investimentos realizados nesse mesmo período foram da ordem de 50% das despesas operacionais (11 dólares per capita).

**Quadro 5.3: Movimento Financeiro da Sabesp - Investimentos Realizados - 1992.**

Investimentos	Novas Obras e Reformas	Máquinas e Equipamentos	Outros	Total
US\$ Méd. (Jun/94)	208.984.453	2.625.271	2.018.025	213.627.749
<b>US\$/Hab</b>	<b>10,86</b>	<b>0,14</b>	<b>0,10</b>	<b>11,10</b>

Fonte: Anuário Estatístico de São Paulo - 1994.

Estendendo-se a análise ao nível nacional (considerando-se as mesmas proporções), estima-se que se gasta atualmente cerca de US\$ 3,3 bilhões ao ano, em sistemas de abastecimento público de água e serviços de esgoto sanitário e se investe cerca de US\$ 1,65 bilhões.

Quanto aos futuros investimentos no setor de abastecimento de água e esgotamento sanitário, somente no Estado de São Paulo, estão previstos US\$ 4,3 bilhões, até o final de 1998, cujo objetivo é atender 100% da população, em relação ao abastecimento de água, 85% (coleta de esgoto) e tratar 60% do volume de esgoto produzido [GAZETA MERC., 1995].

#### 5.4 - Estrutura do Sistema de Abastecimento Público de Água em Campinas

Para que a água proveniente de abastecimento público chegue (com qualidade e confiabilidade) às residências, indústrias, comércios e outras instituições, são necessários diversos estágios ou processos operacionais, os quais envolvem diferentes volumes, em função de perdas ocorridas no sistema. Essas perdas podem ocorrer fisicamente, através de vazamentos nas tubulações e reservatórios, além de um volume destinado à limpeza das instalações das estações de tratamento; e, administrativamente, através de erros de leitura, fraudes e desvios.

O Quadro 5.4, a seguir, apresenta a estrutura do sistema de abastecimento público de água no Município de Campinas (em termos de volumes considerados e perdas ocorridas), no período entre 1983 e 1993.

**Quadro 5.4: Estrutura do Sistema de Abastecimento Público de Água em Campinas, em Termos de Volumes e Perdas Ocorridas (1.000 m<sup>3</sup>).**

Ano	Volumes Considerados			Perdas Ocorridas (Absolutas e Relativas)					
	Captado <sup>1</sup>	Produzido <sup>2</sup>	Medido <sup>3</sup>	[(1)-(2)]	(%)	[(1)-(3)]	(%)	[(2)-(3)]	(%)
1983	75.750	72.532	46.476	3.218	4,25	29.274	38,65	26.056	35,92
1984	78.005	74.764	48.917	3.241	4,15	29.088	37,29	25.847	34,57
1985	84.104	80.869	51.292	3.235	3,85	32.812	39,01	29.577	36,57
1986	86.368	82.929	53.790	3.439	3,98	32.578	37,72	29.139	35,14
1987	89.681	86.197	54.402	3.484	3,88	35.279	39,34	31.795	36,89
1988	98.098	93.713	55.310	4.385	4,47	42.788	43,62	38.403	40,98
1989	101.296	97.258	57.689	4.038	3,99	43.607	43,05	39.569	40,68
1990	104.044	99.977	61.614	4.067	3,91	42.430	40,78	38.363	38,37
1991	107.612	102.205	63.606	5.407	5,02	44.006	40,89	38.599	37,77
1992	107.615	101.723	61.702	5.892	5,48	45.913	42,66	40.021	39,34
1993	110.094	103.702	64.741	6.392	5,81	45.353	41,19	38.961	37,57
<b>Total</b>	<b>1.042.667</b>	<b>995.869</b>	<b>619.539</b>	<b>46.798</b>	<b>4,49</b>	<b>423.128</b>	<b>40,58</b>	<b>376.330</b>	<b>37,79</b>

FONTE: SANASA, 1994.

NOTAS: (1): Refere-se à quantidade de água captada para tratamento; (2): Volume de água efetivamente produzido (tratado); (3): Volume final (medido no hidrômetro do consumidor).

Nota-se assim, que somente entre a captação e o tratamento, existem perdas que variam de 3,8% a 6% do volume inicialmente considerado (volume captado). As diferenças entre volume captado (volume inicial) e volume medido (volume final) variam de 37% a 44%, totalizando, entre 1983 e 1993 (11 anos), uma perda total de 423 milhões de metros cúbicos de água; o que equivale a 40,6% do volume inicialmente considerado.

Verifica-se, também, que as perdas ocorridas após o tratamento variam de 34% a 41% do volume produzido; totalizando, entre 1983 e 1993, uma perda total de 376 milhões de metros cúbicos de água, já previamente tratados.

## 5.5 - Consumo de Eletricidade para Fins de Abastecimento de Água e Esgoto Sanitário

Como se sabe, existe uma parcela considerável de energia elétrica destinada exclusivamente ao sistema de abastecimento público de água e esgoto sanitário. Na região de concessão da Eletropaulo (Eletricidade de São Paulo S/A), onde está inserida a Região

Metropolitana de São Paulo, foram destinados, em 1989, cerca de 4% de todo o consumo final de energia elétrica para essa finalidade [CESP, 1989]. Segundo essa mesma fonte, na região de concessão da CESP (Companhia Energética de São Paulo), esse índice foi, no mesmo período, de 6,6%.

Em níveis estadual (Estado de São Paulo) e nacional, estima-se que esse índice é da ordem de 3%; o equivalente ao consumo de eletricidade para fins de iluminação pública [GONÇALVES, 1995]. No Município de Campinas, segundo a companhia responsável pelo fornecimento de energia elétrica (CPFL - Companhia Paulista de Força e Luz), foram gastos, em 1992, cerca de 3,9% do consumo final de eletricidade pelo sistema de abastecimento de água e esgoto sanitário. Nos E.U.A., segundo dados da FEMP<sup>30</sup>, 6% da demanda elétrica típica envolve o uso da água.

Considerando-se a estrutura do sistema de abastecimento público de água, no Município de Campinas (em termos de volume captado, produzido e medido), e o consumo de energia elétrica necessário à operação do sistema, verifica-se (Quadro 5.5) que, entre 1983 e 1992 (10 anos), foram gastos 536.700 MWh de eletricidade, em abastecimento de água e esgotamento sanitário.

Nota-se, também, que se gastou, nesse mesmo período, em média cerca de 0,60 kWh para cada metro cúbico de água produzido. Observa-se ainda, que em 1983 esse índice era de 0,57 kWh/m<sup>3</sup>, contra 0,66 kWh/m<sup>3</sup>, em 1992 (cerca de 16% maior). Ou seja, existe uma tendência de aumento do consumo de energia elétrica para fins de abastecimento público de água; o que é natural, tendo em vista a necessidade crescente de melhores formas de tratamento, em função de sua pior qualidade e do aumento de sua escassez.

O quadro 5.5, a seguir, apresenta o consumo de energia elétrica destinado ao sistema de abastecimento público de água e esgoto sanitário, no Município de Campinas, no período compreendido entre 1983 e 1992.

---

<sup>30</sup> FEDERAL ENERGY MANAGEMENT PROGRAM - U.S. Department of Energy; Energy Efficiency and Renewable Energy; Special Water Management Edition, June 1995.

**Quadro 5.5: Energia Elétrica Destinada ao Sistema de Abastecimento Público de água e Esgotamento Sanitário - Município de Campinas.**

Ano	Energia (MWh)	Consumo Específico de Energia Elétrica (kWh/m <sup>3</sup> )		
		Vol. Captado	Vol. Produzido	Vol. Medido
1983	41.380	0,55	0,57	0,89
1984	42.779	0,55	0,57	0,87
1985	46.622	0,55	0,58	0,91
1986	47.729	0,55	0,58	0,89
1987	49.553	0,55	0,57	0,91
1988	56.383	0,57	0,60	1,02
1989	59.366	0,59	0,61	1,03
1990	62.665	0,60	0,63	1,02
1991	62.957	0,59	0,62	0,99
1992	67.266	0,63	0,66	1,09
<b>Total</b>	<b>536.700</b>	<b>0,58</b>	<b>0,60</b>	<b>0,97</b>

FONTES: CESP & SANASA.

Considerando-se o volume final medido, verifica-se que se gasta atualmente cerca de 1 quilowatt-hora de energia elétrica para cada metro cúbico de água efetivamente consumido. Verifica-se também, que para cada metro cúbico de água perdido no sistema de abastecimento (i.é., na distribuição e, possivelmente, na medição), perde-se, indiretamente, cerca de 0,6 kWh de energia elétrica.

Conforme se verificou anteriormente (Quadro 5.4), em 1992, foram perdidos, no Município de Campinas, cerca de 40 milhões de metros cúbicos de água, somente na distribuição. Ou seja, cerca de 26 milhões de quilowatt-hora de energia elétrica; o suficiente para atender toda a demanda residencial de uma cidade típica brasileira (consumo mensal de 150 kWh/residência) com uma população de 60.000 habitantes<sup>31</sup>.

Estendendo-se a análise ao nível nacional, considerando-se as mesmas proporções, e que cerca de 70% da população brasileira é atualmente servida por abastecimento público de água, estima-se que se perdem, desta forma, cerca de 3,5 bilhões de quilowatt-hora de energia

<sup>31</sup> Considerou-se 4 pessoas por residência.

elétrica, anualmente. Quantidade esta suficiente para atender 1,9 milhões de residências (i.é., a demanda residencial de uma cidade com cerca 8 milhões de habitantes<sup>32</sup> .

## 5.6 - Possibilidades de Redução do Consumo Residencial de Água

Conforme levantamento feito anteriormente (Capítulo 2), verificou-se que existem várias formas e possibilidades de se reduzir o consumo urbano de água, essencialmente doméstico.

As maneiras de se conseguir isso são várias, com diversas implicações (vantagens e desvantagens), tanto para o consumidor final, quanto para a companhia de abastecimento de água, para a sociedade e, indiretamente, para a concessionária de energia elétrica.

Na seção anterior, discutiu-se sobre as perdas de água no sistema de abastecimento, onde se verificou um potencial considerável de conservação (tanto de água, quanto de energia elétrica). Nesta seção, preocupa-se com os desperdícios de água, ocorridos no uso doméstico, em função do mau dimensionamento e do *design* de alguns componentes (caixas de descarga, chuveiro/banheira, torneiras, etc.), além dos maus hábitos do usuário.

Verificou-se assim, que os principais componentes do uso residencial interno de água são o vaso sanitário (caixa de descarga), chuveiro/banheira, torneiras de lavatórios e a máquina de lavar roupas. Esses quatro componentes, no Brasil (R.M.S.P.) e nos E.U.A. (Califórnia), são responsáveis por cerca de 88% de todo o consumo residencial interno de água (vide Quadro 2.7, Capítulo 2).

### 5.6.1 - Vaso Sanitário

Conforme verificado anteriormente, o vaso sanitário é responsável, no Brasil e E.U.A, por cerca de 42% de todo o consumo residencial interno de água.

Estudos feitos recentemente<sup>33</sup> indicam que cerca de 88% do consumo residencial de água é de uso essencialmente interno. Isto permite afirmar que a participação do vaso sanitário é da ordem de 37% de todo o consumo residencial de água.

---

<sup>32</sup> O equivalente a quase 10 cidades do porte de Campinas (870.000 habitantes), ou a grande São Paulo (9,6 milhões de habitantes).

<sup>33</sup> ENVIRONMENTAL HEALTH. "Encouraging Domestic Water Saving: An Alternative Approach to Metering"; 184, August 1995.

Sabe-se também, que o setor residencial detém cerca de 80% do consumo urbano de água (vide Quadro 2.4). Isto significa, então, que apenas um componente do uso residencial interno de água (a simples caixa de descarga) é responsável por aproximadamente 30% de todo o consumo urbano de água, proveniente de abastecimento público.

Estudos indicam que o volume médio de uma caixa de descarga típica brasileira é da ordem de 12 litros. Assim, se cada cidadão brasileiro economizasse uma descarga por dia (do vaso sanitário), significaria uma economia diária da ordem de 1,8 milhões de metros cúbicos de água, já previamente tratados<sup>34</sup>.

Associada a essa economia, está também, indiretamente, uma economia de energia elétrica da ordem de 1,4 milhões de quilowatt-hora (cerca de 116 MW de potência instalada,  $F_c = 50\%$ ).

### 5.6.2 - Outros Componentes

Vários outros componentes do uso residencial interno de água oferecem potenciais consideráveis de conservação, apesar de serem proporcionalmente menos factíveis do que a substituição de caixas de descarga (por razões econômicas e, principalmente, sócio-culturais).

Quanto à água destinada para banho, em nossa região (Região de Campinas e Estado de São Paulo), o seu uso é feito essencialmente através do chuveiro elétrico. E, apesar desse equipamento oferecer um grande potencial de conservação de eletricidade<sup>35</sup>, as maneiras mais plausíveis de se viabilizar tal conservação referem-se mais a sua substituição por outras formas alternativas de aquecimento de água (como, por exemplo, através de coletores solares), do que à redução de sua vazão ou do tempo de duração de banhos. E isso, embora muito relacionado, foge ao escopo deste trabalho. Entretanto, não se pode desconsiderar, por completo, tais possibilidades. Sabe-se, por exemplo, que a substituição de banheiras por chuveiros significa economias apreciáveis de água e, conseqüentemente, de energia elétrica. E, apesar de não ser muito usual em nossa região, a tendência é de que aumente a sua penetração, à medida que aumente a renda per capita.

---

<sup>34</sup> O suficiente para formar um lago com 2 quilômetros de comprimento, 500 metros de largura e uma profundidade de 1,8 metros).

<sup>35</sup> Estudos indicam que cerca de 30% da demanda residencial típica no Brasil é de responsabilidade desse equipamento [PRADO, 1991]. Além disso, em horários de ponta (18:00 às 21:00 horas) a demanda desse equipamento é da ordem de 18% de toda a demanda nacional, com graves implicações para o setor elétrico, tendo em vista a sua natureza essencialmente hídrica [MADUREIRA, 1995].

Substituir banheiras por chuveiros e/ou reduzir o volume de água dos chuveiros por banho (através da redução da vazão e/ou do tempo de duração do banho) seriam formas racionais de se reduzir o consumo doméstico de água (e, direta ou indiretamente, de energia elétrica ou, eventualmente, de outros energéticos), porém, difíceis de serem viabilizados e, principalmente, quantificados. No entanto, estudos indicam que, na Inglaterra e Escócia, a substituição de banheiras por chuveiros pode significar economias da ordem de 10% de todo o consumo doméstico de água<sup>36</sup> [ENVIRONMENTAL HEALTH, 1995].

Além dessa possibilidade, conforme verificado no Quadro 2.18 (Capítulo 2), a vazão média de um chuveiro típico brasileiro é da ordem de 0,20 litros por segundo, enquanto nos E.U.A, é de apenas 0,07 l/s. Isso significaria uma diferença de 39 litros por banho<sup>37</sup>.

Outro componente de peso significativo no uso doméstico de água é a máquina de lavar roupas, que, conforme verificado no Capítulo 2 (Quadro 2.7), detém cerca de 14% do consumo residencial interno de água, apesar do seu grau de difusão ainda relativamente baixo em nossa região. A tendência é de que a participação desse componente (assim como da máquina de lavar louças e outros equipamentos de uso residencial) aumente, à medida que sua penetração cresça, em função de um melhor nível econômico da população.

Estudos indicam grandes possibilidades de redução do consumo doméstico de água nesses equipamentos, através de um melhor uso e da substituição de modelos convencionais por modelos mais eficientes<sup>38</sup>.

Várias outras formas possíveis de redução do consumo de água poderiam ser aqui discutidas. Nossa preocupação maior, no entanto, é verificar tais possibilidades e suas implicações em termos de economias de energia elétrica. Isto é, uma avaliação de tais possibilidades sob o ponto de vista energético.

Assim, à luz dessas considerações e demais hipóteses, faz-se, na seção seguinte, algumas simulações e estimativas dessas possibilidades, bem como uma avaliação dos seus impactos, notadamente, em termos de energia elétrica economizada.

---

<sup>36</sup> Cerca de 75% dos domicílios usam banheira, em lugar do chuveiro.

<sup>37</sup> Banhos com duração média de 5 minutos.

<sup>38</sup> Ver, por exemplo, RUMP (1978), PALLA (1981) e SANTOS (1991).

## **5.7 - Estimativas de Redução do Consumo de Eletricidade, a Partir da Redução da Demanda Residencial de Água e das Perdas Ocorridas no Sistema de Distribuição**

Nesta seção, analisa-se, quantitativamente (através de estimativas e simulações), os impactos da redução das perdas de distribuição e da demanda residencial de água no consumo de energia elétrica. Para tanto, serão consideradas quatro regiões a saber: Município de Campinas (M.C.), Região Administrativa de Campinas (R.A.C.), Estado de São Paulo (E.S.P.) e Brasil.

Quanto à produção e consumo de água, serão utilizados, para o M.C., os mesmos dados já analisados anteriormente (fornecidos pela Sanasa). Para a R.A.C., será feita uma extrapolação desses dados, de forma proporcional à população correspondente. Em relação ao E.S.P., serão considerados os dados fornecidos pela Sabesp, em termos de volume produzido e das perdas ocorridas no sistema (diferença entre volume produzido e volume consumido)<sup>39</sup>. Em nível nacional, considera-se um índice de consumo per capita 10% menor do que aquele estimado para o E.S.P. (baseando-se na média verificada nos municípios operados pela Sabesp). O índice de perdas considerado é de 42%, conforme já comentado anteriormente.

Quanto à energia elétrica destinada ao setor de saneamento básico, considera-se, para o Município de Campinas, os índices de consumo específico (kWh/m<sup>3</sup>) verificados no ano de 1992, extrapolando-se para a R.A.C.; para o E.S.P. e Brasil, considerou-se um índice de 3% do consumo final de eletricidade.

O Quadro 5.6, a seguir, apresenta os dados relativos ao setor de abastecimento público de água e a a estimativa da população residente, para cada região considerada.

---

<sup>39</sup> Será considerado o volume médio per capita, observado nos municípios operados pela Sabesp, e extrapolado proporcionalmente para os demais.

**Quadro 5.6: Estimativa da População Residente, Volumes Produzido e Consumido, e Perdas Ocorridas no Sistema de Abastecimento Público de Água - 1993.**

Variável	Unidade	Campinas	R.A.C.	E.S.P.	Brasil
População	Hab.	873.612	4.620.794	32.669.104	150.000.000
Vol. Prod.	m <sup>3</sup>	103.702.000	548.510.757	3.181.458.025	16.118.781.704
Vol. Prod.	m <sup>3</sup> /Hab	118,70	118,70	97,38	107,46
Vol. Cons.	m <sup>3</sup>	64.741.000	342.434.427	2.036.133.136	9.348.893.388
Vol. Cons.	m <sup>3</sup> /Hab	74,11	74,11	62,33	52,98
Vol. Perd.	m <sup>3</sup>	38.961.000	206.076.330	1.145.324.889	6.769.888.316
Perdas	%	37,57	37,57	36,00	42,00

*Nota: O índice de consumo per capita de água, em nível nacional, corresponde a 90% do valor verificado nos municípios operados pela Sabesp (62,33%).*

No Quadro 5.7, abaixo, apresenta-se dados sobre consumo de energia elétrica, nas quatro regiões consideradas.

**Quadro 5.7: Consumo de Energia Elétrica (Total, Residencial e para Fins de Abastecimento Público de Água e Serviços de Esgoto Sanitário) - 1993.**

Eletricidade		Campinas	R.A.C.	E.S.P.	Brasil
Consumo Total (MWh)		1.733.020	13.076.797	76.283.740	241.146.224
Consumo Residencial	MWh	598.588	2.495.970	18.643.588	55.950.696
	(%)	34,54	19,09	24,44	23,20
Abastec. Público de Água e Esgoto Sanitário	MWh	68.443	362.017	2.288.512	7.234.387
	(%) <sup>1</sup>	<b>3,95</b>	<b>2,77</b>	<b>3,00</b>	<b>3,00</b>
	(%) <sup>2</sup>	<b>11,43</b>	<b>14,50</b>	<b>12,28</b>	<b>12,93</b>
	(kWh/m <sup>3</sup> ) <sup>3</sup>	<b>0,66</b>	<b>0,66</b>	<b>0,72</b>	<b>0,45</b>
	(kWh/m <sup>3</sup> ) <sup>4</sup>	<b>1,09</b>	<b>1,09</b>	<b>1,12</b>	<b>0,77</b>

FONTES: CPFL, CESP e BEN

- (1): Em relação ao consumo total;
- (2): Em relação ao consumo residencial;
- (3): Em relação ao volume produzido;
- (4): Em relação ao volume consumido.

Nota-se, assim, que, segundo as considerações anteriormente feitas, para cada metro cúbico de água produzido gasta-se, em nível nacional, cerca de 0,45 kWh de energia elétrica, e, em nível estadual, 0,72 kWh. Considerando-se o volume consumido, os índices são de 0,77 kWh e 1,12 kWh, respectivamente.

### 5.7.1 - Redução das Perdas de Distribuição

Com base nos resultados anteriores (basicamente, Quadros 5.6 e 5.7), pode-se fazer algumas estimativas de redução do consumo de energia elétrica, em função da redução do índice de perdas de água ocorridas no sistema de abastecimento. Assim, considerando-se uma redução de 50% nas perdas de distribuição, tem-se os seguintes dados (Quadros 5.8 e 5.9):

**Quadro 5.8: Novos Volumes de Água Considerados, Segundo Uma Redução de 50% nas Perdas de Distribuição.**

Variável	Unidade	Campinas	R.A.C.	E.S.P.	Brasil
Vol. Produzido	m <sup>3</sup>	79.715.645	421.639.782	2.483.089.190	11.834.042.264
Vol. Consumido	m <sup>3</sup>	64.741.000	342.434.427	2.036.133.136	9.348.893.388
Vol. Perdido	m <sup>3</sup>	14.974.645	79.205.356	446.956.054	2.485.148.875
Índice de Perdas	%	18,79	18,79	18,00	21,00

**Quadro 5.9: Economias de Água e de Energia Elétrica, Proporcionadas pela Redução de 50% nas Perdas de Distribuição.**

Variável	Unidade	Campinas	R.A.C.	E.S.P.	Brasil
Água	m <sup>3</sup>	23.986.355	126.870.975	698.368.835	4.284.739.440
Água	%	<b>23,13</b>	<b>23,13</b>	<b>21,95</b>	<b>26,58</b>
Eletricidade	kWh	15.830.994	83.734.843	502.356.337	1.923.064.824
Eletricidade	(%)1	<b>0,91</b>	<b>0,64</b>	<b>0,66</b>	<b>0,80</b>
Eletricidade	(%)2	<b>2,64</b>	<b>3,35</b>	<b>2,69</b>	<b>3,44</b>

(1): Em relação ao consumo total;

(2): Em relação ao consumo residencial.

Verifica-se, assim, que as economias de água (em termos de volume produzido), proporcionadas pela redução de 50% nas perdas de distribuição, variam de 21,95% a 26,58%.

Quanto às economias de energia elétrica, os índices são altamente significativos; variando de 0,64% a 0,91% de todo o consumo final de eletricidade, e de 2,64% a 3,44% do consumo residencial.

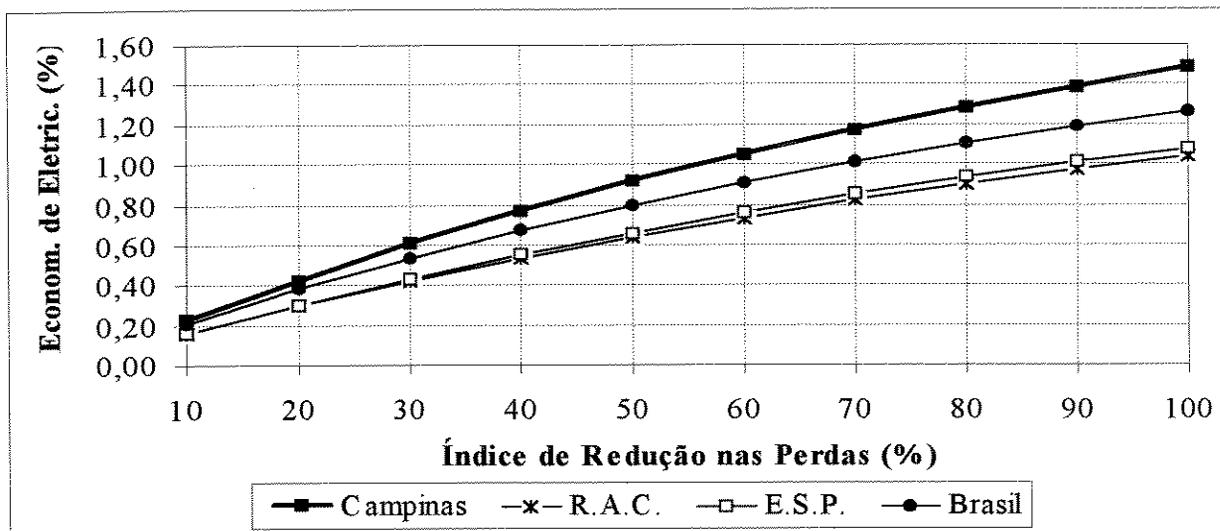
O Quadro 5.10, a seguir, apresenta os índices de economias de energia elétrica, proporcionados pela redução nas perdas de água ocorridas no sistema de distribuição.

**Quadro 5.10: Índices de Economias de Energia Elétrica, Proporcionados pela Redução nas Perdas de Distribuição - Valores Relativos ao Consumo Final de Eletricidade (%).**

Redução das Perdas (%)	Campinas	R.A.C.	E.S.P.	Brasil
10	0,22	0,16	0,16	0,20
20	0,42	0,30	0,30	0,38
30	0,60	0,42	0,43	0,54
40	0,77	0,54	0,55	0,67
<b>50</b>	<b>0,91</b>	<b>0,64</b>	<b>0,66</b>	<b>0,80</b>
60	1,05	0,73	0,76	0,91
70	1,17	0,82	0,85	1,01
80	1,28	0,90	0,93	1,10
90	1,39	0,97	1,01	1,18
100	1,48	1,04	1,08	1,26

Verifica-se, desta forma, o destaque do Município de Campinas, por apresentar um maior índice de consumo de energia elétrica para fins de abastecimento de água e esgotamento sanitário, vindo em seguida o Brasil, onde, apesar de se gastar proporcionalmente menos energia elétrica no sistema de saneamento básico, seu índice de perdas é consideravelmente superior às demais regiões. Quanto à R.A.C. e ao E.S.P., observa-se praticamente os mesmos índices.

Na Fig. 5.1, a seguir, pode-se ver graficamente esses índices.



**Fig. 5.1: Índices de Economia de Energia Elétrica versus Índices de redução das perdas de distribuição - Índices Relativos ao Consumo Final de Eletricidade.**

### 5.7.2 - Redução da Demanda Residencial de Água

Considerando-se uma redução de 25% na demanda residencial de água, os seguintes dados, em termos de economias de energia elétrica, são observados.

**Quadro 5.11: Economias de Energia Elétrica, Proporcionadas pela Redução de 25% na Demanda Residencial de Água.**

Energia Economizada	Campinas	R.A.C.	E.S.P.	Brasil
(kWh)	17.110.830	90.504.275	572.128.050	1.808.596.680
(%) <sup>1</sup>	0,99	0,69	0,75	0,75
(%) <sup>2</sup>	2,86	3,63	3,07	3,23

(1): Em relação ao consumo total;

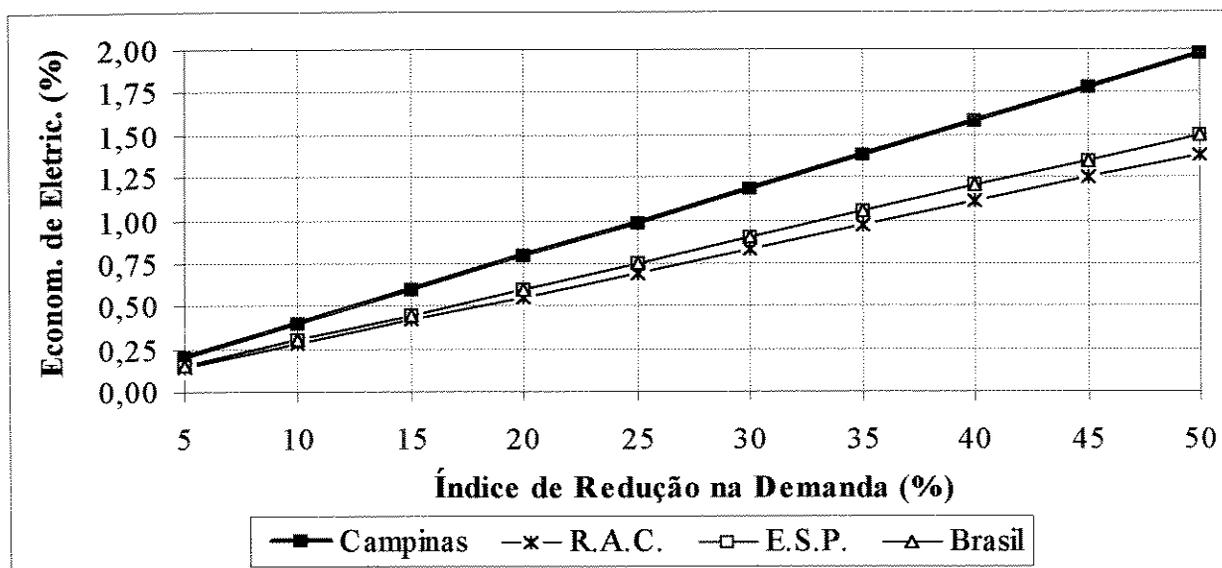
(2): Em relação ao consumo residencial.

Verifica-se, portanto, que uma redução de 25% na demanda residencial de água proporciona índices de conservação indireta de energia elétrica que variam de 0,69% a 0,99%, em relação ao consumo final de eletricidade, e de 2,86% a 3,63%, em relação ao consumo residencial.

Quanto aos demais índices de redução da demanda residencial de água e suas implicações, em termos de economias indiretas de energia elétrica, esses podem ser vistos, numericamente, através do Quadro 5.12 e, graficamente, na Fig. 5.2, em seguida.

**Quadro 5.12: Índices de Economias de Energia Elétrica, em Função da Redução na Demanda Residencial de Água - Valores Relativos ao Consumo Final (%).**

Redução da Demanda (%)	Campinas	R.A.C.	E.S.P.	Brasil
5	0,20	0,14	0,15	0,15
10	0,39	0,28	0,30	0,30
15	0,59	0,42	0,45	0,45
20	0,79	0,55	0,60	0,60
25	0,99	0,69	0,75	0,75
30	1,18	0,83	0,90	0,90
35	1,38	0,97	1,05	1,05
40	1,58	1,11	1,20	1,20
45	1,78	1,25	1,35	1,35
50	1,97	1,38	1,50	1,50



**Fig. 5.2: Índices de Economia de Energia Elétrica, Proporcionados pela Redução da Demanda Residencial de Água - Índices Relativos ao Consumo Final de Eletricidade.**

Vê-se, assim, que novamente os maiores índices são verificados no Município de Campinas, por apresentar um maior índice de consumo de energia elétrica para fins de abastecimento público de água e esgotamento sanitário; variando tais índices de 0,20%

(redução de 5% na demanda) a 2% (redução de 50%) do consumo final de eletricidade. Nas demais regiões os índices variam de 0,15% (redução de 5% na demanda) a 1,5% (redução de 50%).

### 5.7.3 - Redução Simultânea da Demanda de Água e das Perdas Ocorridas no Sistema

Considerando-se as duas possibilidades simultaneamente, isto é, uma redução de 50% nas perdas de distribuição e, ao mesmo tempo, uma redução de 25% na demanda residencial de água, tem-se os seguintes resultados:

**Quadro 5.13: Novos Volumes de Água Considerados, Segundo Uma Redução de 25% na Demanda Residencial de Água e de 50% nas Perdas de Distribuição.**

Variável	Unidade	Campinas	R.A.C.	E.S.P.	Brasil
Vol. Prod.	m <sup>3</sup>	59.786.734	316.229.837	1.862.316.893	8.875.531.698
Vol. Cons.	m <sup>3</sup>	48.555.750	256.825.820	1.527.099.852	7.011.670.041
Vol. Perd.	m <sup>3</sup>	11.230.984	59.404.017	335.217.041	1.863.861.657
Índice de Perd.	%	18,79	18,79	18,00	21,00

**Quadro 5.14: Economias de Água e de Energia Elétrica, Proporcionadas pela Redução de 25% na Demanda Residencial de Água e de 50% nas Perdas de Distribuição.**

Variável	Unidade	Campinas	R.A.C.	E.S.P.	Brasil
Água	m <sup>3</sup>	43.915.266	232.280.920	1.319.141.132	7.243.250.006
<b>Água</b>	<b>%</b>	<b>42,35</b>	<b>42,35</b>	<b>41,46</b>	<b>44,94</b>
Eletricidade	kWh	28.984.076	153.305.407	948.895.302	3.250.895.298
<b>Eletricidade</b>	<b>(%)1</b>	<b>1,67</b>	<b>1,17</b>	<b>1,24</b>	<b>1,35</b>
<b>Eletricidade</b>	<b>(%)2</b>	<b>4,84</b>	<b>6,14</b>	<b>5,09</b>	<b>5,81</b>

(1): Em relação ao consumo total;

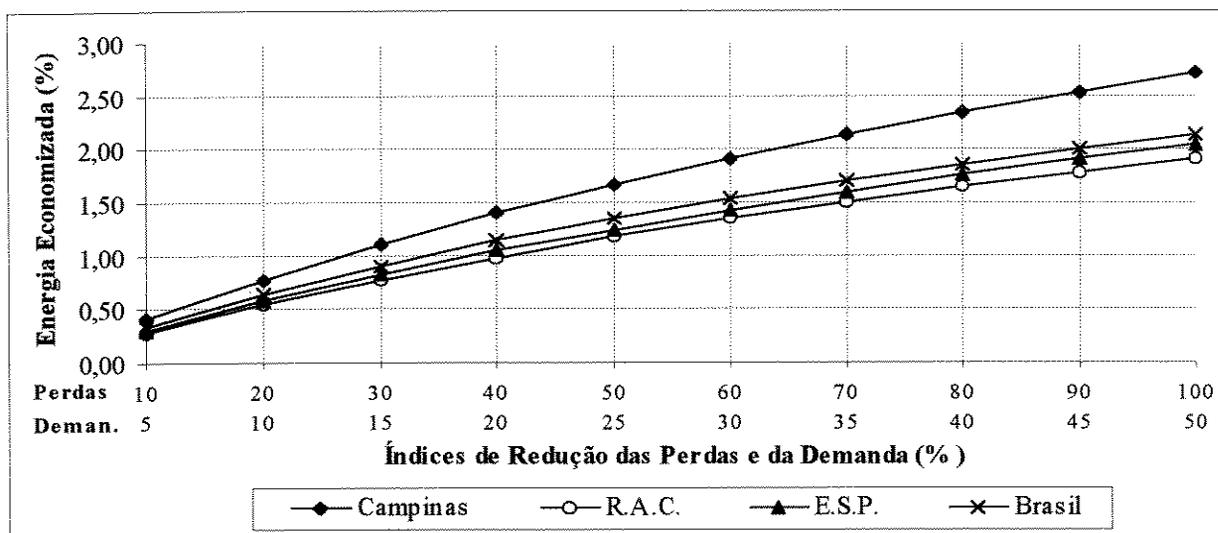
(2): Em relação ao consumo residencial.

Nota-se, assim, que a redução simultânea de 25% na demanda residencial de água e de 50% nas perdas de distribuição proporciona, indiretamente, índices de economias de energia elétrica que variam de 1,17% (R.A.C.) a 1,67% (Campinas) de todo o consumo final de eletricidade; em relação ao consumo residencial, os índices são de 4,84% (Campinas) a 6,14% (R.A.C.). Isto significa, em nível nacional, uma economia anual da ordem de 3,25 TWh de energia elétrica; o equivalente a 742 MW de potência instalada (Fc = 50%).

O Quadro 5.15 e a Fig. 5.3, abaixo, apresentam maiores informações sobre índices de economias indiretas de energia elétrica, proporcionados pela redução da demanda residencial de água e do índice de perdas ocorridas no sistema de abastecimento.

**Quadro 5.15: Economias Indiretas de Energia Elétrica, Proporcionadas pela Redução da Demanda Residencial de Água e do Índice de Perdas Ocorridas no Sistema - Valores Relativos ao Consumo Final de Eletricidade (%).**

Demanda (%)	Perdas (%)	Campinas	R.A.C.	E.S.P.	Brasil
5	10	0,41	0,29	0,30	0,34
10	20	0,78	0,54	0,57	0,64
15	30	1,11	0,78	0,82	0,91
20	40	1,40	0,98	1,04	1,14
<b>25</b>	<b>50</b>	<b>1,67</b>	<b>1,17</b>	<b>1,24</b>	<b>1,35</b>
30	60	1,92	1,34	1,43	1,54
35	70	2,14	1,50	1,60	1,71
40	80	2,35	1,65	1,76	1,86
45	90	2,54	1,78	1,90	2,00
50	100	2,72	1,90	2,04	2,13



**Fig. 5.3: Economias Indiretas de Energia Elétrica, Proporcionadas pela Redução da Demanda Residencial de Água e do Índice de Perdas Ocorridas no Sistema - Valores Relativos ao Consumo Final de Eletricidade (%).**

Nota-se, assim, que se houvesse uma redução de 50% na demanda residencial de água e não existissem perdas no sistema de distribuição, as economias de energia elétrica seriam

altamente significativas; variando de 2% a 3% de todo o consumo final de eletricidade. Em nível nacional, isso significaria uma economia anual da ordem de 5,14 TWh de energia elétrica (cerca de 1.200 MW de potência instalada).

## 5.8 - Análise e Discussão dos Resultados

Esses resultados, apesar de serem estimativas e aproximações (que mereceriam, evidentemente, um melhor aprofundamento), evidenciam numericamente a possibilidade de se economizar eletricidade, a partir da conservação de água.

Apesar de se ter inferido tais índices de conservação de água (redução da demanda) e de redução das perdas de distribuição, sem se fazer um levantamento de campo, que permitisse um diagnóstico das reais possibilidades de se alcançar tais objetivos, estudos indicam que os mesmos são altamente viáveis, tanto do ponto de vista técnico, quanto econômico.

Estudos feitos recentemente, na Região Metropolitana de São Paulo, indicam que apenas a substituição de bacias sanitárias, torneiras de lavabo/cozinha e chuveiros por equipamentos mais eficientes, proporcionaria uma redução de 52,1% do consumo doméstico de água [GONÇALVES, 1995].

Ainda, segundo o referido autor, considerando-se as economias de água e de energia elétrica, o tempo de retorno do consumidor pode ser inferior a 6 meses.

Nos Quadros 5.12 e 5.13, a seguir, apresenta-se resumidamente alguns resultados obtidos pelo autor.

**Quadro 5.16: Comparação entre Equipamentos Convencionais e Eficientes (Vazão/Volume).**

Componente	Convencionais (l/s)	Eficientes (l/s)	Conservação (%)	Preço (US\$)
Torneira da Cozinha	0,20	0,10	50	27,00
Chuveiro	0,08	0,05	38	14,00
Lavatório	0,20	0,10	50	24,00
Bacia Sanitária*	9,00	3,00	67	22,50

\*Litros por descarga (volume).

FONTE: GONÇALVES, 1995.

**Quadro 5.17: Comparação entre Equipamentos Convencionais e Eficientes (Economias Anuais de Água e de Energia Elétrica Proporcionadas Pela Substituição).**

Componente	Consumo Convencional (m <sup>3</sup> /Res.ano)	Consumo Eficiente (m <sup>3</sup> /Res.ano)	Água Conservada (m <sup>3</sup> /Res.ano)	Energia Conservada (kWh/Res.ano)
Torneira da Cozinha	117	58	59	38
Chuveiro	59	37	22	14
Lavatório	45	22	23	14
Bacia Sanitária*	81	27	54	35
Total	302	144	158	101

FONTE: GONÇALVES, 1995.

Outros Estudos, feitos recentemente na Inglaterra e Escócia, onde o uso doméstico de água já é, em geral, cerca de 50% mais eficiente do que no Brasil, indicam que apenas reduzindo-se o volume das caixas de descarga, substituindo-se as banheiras existentes por chuveiros e tomando-se algumas outras pequenas medidas adicionais, seria possível uma redução de 23% a 24% do consumo doméstico de água, sem muita inconveniência para o consumidor [ENVIRONMENTAL HEALTH, 1995].

### 5.9 - Formas de se Aumentar a Eficiência e a Racionalidade no Uso Urbano de Água

Uma avaliação econômica dessas medidas seria, evidentemente, necessária. Além disso, por mais viáveis que sejam tais medidas, o consumidor, por si próprio, dificilmente se sentirá motivado a executá-las. Isto, por questões sócio-econômicas e culturais. Por diversas razões, dentre elas, pela falta de capital disponível para investimento nessas tecnologias. Assim, é necessário que programas de incentivos financeiros e de outra natureza sejam criados, para que, paulatinamente, tais possibilidades sejam viabilizadas.

Destacou-se, neste trabalho, duas possibilidades distintas de racionalização do consumo urbano de água. Uma delas, a redução das perdas no sistema de abastecimento, de única e exclusiva competência das concessionárias. A outra, redução do consumo doméstico, que envolve (ou deveria envolver, para que efetivamente funcionasse) tanto consumidores, quanto as concessionárias, a iniciativa privada, o governo e a sociedade em geral.

O ideal seria, obviamente, que todos os cidadãos e entidades movessem ações conjuntas nesse sentido; que as concessionárias não esperassem aumentar a arrecadação através do aumento da demanda, mas sim, reduzir as perdas ocorridas entre a produção e a distribuição de água; que se preocupassem mais em investir no próprio sistema já existente do que na sua expansão; que o consumidor, ao dar a descarga na sua bacia sanitária, ao abrir uma torneira, etc., o fizesse de forma eficiente; que estivesse consciente de sua natureza (por essência) racional.

Sabe-se, no entanto, que esse modelo de sociedade é bastante difícil de ser alcançado; que está bastante distante de nossa realidade extravagante. Contudo, é um desafio que precisa, de alguma forma, ser enfrentado.

Quanto às perdas de distribuição, sabe-se que, de alguma forma, elas sempre ocorrerão: por vazamento nas tubulações e reservatórios; por desvios e fraudes; por erros de leitura; etc. Questiona-se, entretanto, não a eliminação dessas perdas; mas sim, alguma forma de redução. Mesmo em países desenvolvidos, como a Inglaterra e a Escócia, existem perdas da ordem de 25% [ENVIRONMENTAL HEALTH, 1995]. Existe, entretanto, uma grande preocupação, por parte dos planejadores, em se reduzir esse índice, que para nós brasileiros seria bastante satisfatório. Um exemplo de que um índice de perdas em torno de 25% não é apenas uma realidade em países desenvolvidos é o caso da Copasa (Companhia de Saneamento de Minas Gerais), cujo índice de perdas, segundo o Relatório da Gazeta Mercantil de 24/08/95, é de apenas 27%, contra 42% em nível nacional (cerca de 36% menor).

A única forma racional das concessionárias reduzirem seus índices de perdas é investindo mais na manutenção do sistema. Sabe-se, contudo, que existem, em certas regiões, prioridade na expansão do setor, em detrimento a uma melhor administração do sistema existente. Mesmo assim, investindo-se na expansão de um sistema ineficiente seria anti-econômico e irracional, mantendo-se ou aumentando-se ainda mais sua ineficiência.

Uma das formas possíveis de se alcançar maiores índices de eficiência, sem que o consumidor final pague mais por isso, seria a municipalização dos serviços de água e esgoto, em regiões onde o sistema é menos eficiente, a exemplo do que ocorreu recentemente com os municípios de Diadema e Mauá (Região Metropolitana de São Paulo). Esses dois municípios eram operados pela Sabesp e, sob reivindicação da população correspondente, descontentes com o atendimento e a tarifa praticada pela Sabesp, romperam seus contratos de concessão e passaram a operar de forma autônoma.

O Município de Diadema criou a Saned (Companhia de Saneamento de Diadema), que, além de fornecer um melhor atendimento à população (segundo o constatado no Relatório da Gazeta Mercantil, de 24/08/1995), sua tarifa residencial (de água e esgoto) varia de 9% a 38% mais barata do que aquela praticada pela Sabesp (Vide Quadro 5.14, a seguir).

**Quadro 5.18: Comparação de Tarifas Residenciais (Sabesp x Saned) - Agosto de 1995.**

Consumo Mensal (m <sup>3</sup> )	Sabesp (1) (R\$)	Saned (2) (R\$)	Diferença [(1)-(2)]	
			(R\$)	(%)
10	6,18	3,80	2,38	38,51
20	21,18	15,50	5,68	26,82
<b>30</b>	<b>48,38</b>	<b>37,50</b>	<b>10,88</b>	<b>22,49</b>
40	75,58	62,20	13,38	17,70
60	143,98	125,80	18,18	12,63
80	226,38	203,60	22,78	10,06
100	308,78	281,40	27,38	8,87

FONTE: SANED (Extraído da Gazeta Mercantil - 24/08/95).

Dentre os fatores que contribuíam para o índice de 40% nas perdas de distribuição, até então verificados, destacam-se os seguintes: 3,13% dentre 64 mil ligações não possuíam hidrômetros e 12% apresentavam consumo zero no cadastro. Uma ligação (um estabelecimento comercial) registrava um consumo mensal de 10 metros cúbicos; com a substituição do antigo hidrômetro, subiu para 1.100 metros cúbicos mensais. Cinco indústrias que totalizavam 300 metros cúbicos mensais, passaram, após a substituição de seus medidores, a registrar um consumo mensal de 1.700 metros cúbicos.

A municipalização dos serviços de água e esgoto não é necessariamente a melhor forma de alcançar melhores índices de eficiência. Destaca-se esse exemplo aqui, apenas para ilustrar a precariedade do sistema de abastecimento público de água no Brasil, em termos de eficiência e as possibilidades de melhoramento.

O que se deixa de arrecadar, em função das perdas ocorridas no sistema, seria suficiente, muito provavelmente, para retornar grandes investimentos no setor de saneamento básico, num prazo bastante reduzido.

Quanto à redução do consumo doméstico de água, por parte dos consumidores, o exemplo a seguir ilustra a sua viabilidade.

Conforme verificado anteriormente, o principal componente do uso residencial de água é o vaso sanitário, responsável por cerca de 30% de todo o consumo urbano de água proveniente de abastecimento público. Verificou-se também (Quadro 5.12), que o preço da substituição de uma caixa de descarga de 9 litros por uma eficiente com volume de 3 litros é da ordem de US\$ 22,50. Um consumidor (residência) típico brasileiro consome cerca de 20 metros cúbicos mensais, dos quais cerca de 6 m<sup>3</sup> são destinados exclusivamente à lavagem do vaso sanitário. Substituindo-se uma caixa de descarga com volume de 9 litros por uma de 3 litros, proporcionaria uma economia mensal de 4 m<sup>3</sup>. Considerando-se a tarifa média da Sabesp (cerca de 1 real por metro cúbico, água + esgoto), seu investimento retornaria em apenas 5,6 meses.

Por extensão, se cada cidadão brasileiro tomasse essa atitude, 24 horas depois ter-se-ia uma economia da ordem de 5,7 milhões de metros cúbicos de água; o que proporcionaria, indiretamente, 4,4 milhões de quilowatt-hora de energia elétrica economizada (0,77 kWh/m<sup>3</sup>). Evitar-se-ia, desta forma, uma potência instalada da ordem de 366 MW (Fc = 50%); o que custaria hoje cerca de US\$ 1,3 bilhões (1 kWh = US\$ 3.500,00).

A substituição de todas as caixas de descarga no Brasil (considerando-se os dados anteriormente utilizados) significaria um investimento da ordem de US\$ 840 milhões (37.500 Residências x US\$ 22,50); apenas 65% das economias geradas pelo fato de se evitar 366 MW de potência. Ou seja, mesmo que o governo bancasse 100% desse investimento, seu retorno seria, além de vários outros benefícios, uma economia da ordem de US\$ 460 milhões.

## Capítulo 6

### Conclusões

Ao final deste trabalho, cuja finalidade principal pode ser resumidamente definida como a de "*verificar o comportamento da variável CONSUMO DE ELETRICIDADE em resposta às variações do CONSUMO URBANO DE ÁGUA*<sup>40</sup>", pode-se dizer que os impactos da conservação de água, como forma de racionalização do uso de energia elétrica, são de grande relevância.

No Capítulo 2, cuja finalidade era caracterizar o consumo urbano de água, em termos de estrutura de consumo por setor de atividade e uso final, além de verificar as possibilidades e oportunidades de redução da demanda e as suas relações com outros fatores condicionantes, constatamos que, a exceção do setor residencial, muito pouco se sabe sobre abastecimento público de água, principalmente, em termos de estrutura interna de consumo. Verificamos, entretanto, a expressividade do setor residencial no consumo urbano de água, e o seu grande potencial de conservação, notadamente, em usos finais que permitem grandes economias de água, através de um melhor dimensionamento de seus componentes, como, por exemplo, em bacias sanitárias (através de novas tecnologias em caixas de descarga de volume reduzido, de duplo fluxo e/ou fluxo controlado pelo usuário). Várias outras formas de redução do consumo doméstico de água foram verificadas; porém, a grande vantagem da conservação de água nesses usos finais (bacia sanitária, torneiras e outros equipamentos similares) é que não requer muito esforço do consumidor, em termos de mudança nos hábitos de consumo<sup>41</sup>. Verificamos também, ainda neste capítulo, segundo estudos feitos por outros autores<sup>42</sup>, a importância de variáveis políticas, sócio-econômicas e climáticas (como, por exemplo, preço e tipo de tarifa praticada, características físicas e sócio-econômicas do domicílio) na demanda residencial de água<sup>43</sup>.

No terceiro capítulo, cujo objetivo foi caracterizar a demanda de água e de eletricidade, no Município de Campinas, quanto à evolução e ao perfil de consumo por setor de atividade, verificamos maiores possibilidades de análise no setor residencial<sup>44</sup>. Fato que nos permitiu concluir que este setor oferece maiores e melhores condições para se estudar conjuntamente água e eletricidade. Observamos também, analisando-se as variações mensais e sazonais da

---

40 Entenda-se por consumo urbano de água, a água proveniente de abastecimento público.

41 Quanto à viabilidade econômica, deixaremos os comentários para quando mencionarmos o Capítulo 5.

42 Principalmente GRIMA (1972).

43 Fato este que também nos estimulou à investigação desses fatores, conforme fizemos no Capítulo 4.

44 Isto, pela maior disponibilidade de informações relativas a esse setor, quando se procura explicar as variações do consumo, suas tendências e relações com outros fatores condicionantes.

demanda de água e de eletricidade, que as variações do consumo urbano de água, principalmente o doméstico, parecem estar mais ligadas a fatores climáticos do que políticos e/ou sócio-econômicos, ocorrendo o inverso em relação ao consumo de energia elétrica<sup>45</sup>.

No Capítulo 4, onde verificamos, através de nossos próprios estudos, as relações estruturais entre demanda de água e de energia elétrica, bem como a influência de fatores climáticos, sócio-econômicos e demográficos na demanda desses dois recursos, vimos que em qualquer tomada de decisão, seja de caráter político ou econômico-social, é sempre interessante ponderar os efeitos que outros fatores podem exercer sobre a variável (ou variáveis) de nosso interesse. Nem sempre, evidentemente, uma simples análise de regressão é suficiente para medir o grau de relacionamento entre duas ou mais variáveis; várias outras ferramentas e técnicas podem ser necessárias. No entanto, a determinação e quantificação dos principais parâmetros de avaliação de suas relações e implicações, passam, geralmente, por esse tipo de análise. E, de modo geral, permite-nos formular novas idéias e evidências, a partir de hipóteses e suposições. Assim, por exemplo, supúnhamos inicialmente que os indicadores sócio-econômicos e demográficos, tais como urbanização, densidade demográfica, índice de emprego, renda familiar, etc., tivessem tanta influência no consumo residencial de eletricidade, quanto no consumo de água. Observou-se, entretanto, que os efeitos desses indicadores são (ou parecem ser) bem mais acentuados em relação à variável "*eletricidade*", do que em relação ao consumo doméstico de água. Conhecer e quantificar a influência desses fatores pode ser fundamental na viabilização de um determinado programa ou medida de conservação. Deste modo, ao se implantar um determinado programa de conservação, numa dada região ou município, se não se levar em consideração os fatores sócio-econômicos, geográficos, culturais, etc., pode-se estar propondo algo, de tal forma, que inevitavelmente fracassará.

No quinto capítulo, onde procuramos quantificar os efeitos da conservação de água na conservação de energia elétrica, vimos que as reduções do índice de perdas de água ocorridas no sistema de abastecimento, assim como as reduções da demanda doméstica de água, como formas diretas e indiretas, respectivamente, de se conservar eletricidade, podem proporcionar grandes benefícios para as concessionárias de água (companhias de abastecimento de água e saneamento), para o consumidor e para a sociedade em geral. Verificou-se, por exemplo, que a simples redução de 10% da demanda residencial de água, o que pode ser conseguido apenas pela redução do volume de caixas de descarga (substituindo-se as atuais por modelos mais eficientes) significa, no Município de Campinas, uma economia de cerca de 0,4% de todo o consumo final de eletricidade; o que significa atualmente cerca de 840 mil quilowatt-hora mensais, ou o equivalente a 2.333 kW de potência instalada, que custa hoje em torno de US\$

---

<sup>45</sup> Cabe lembrar, entretanto, que esse tipo de raciocínio é válido somente para séries temporais de dados.

8,2 milhões<sup>46</sup>. Vimos também, que o consumo de energia elétrica para fins de abastecimento público de água e esgoto sanitário equivale, em nível nacional, a cerca de 13% de todo o consumo residencial de eletricidade. Deste modo, reduzir em 25% a demanda doméstica de água significa economizar uma quantidade de eletricidade equivalente a 3,23% de todo o consumo residencial de energia elétrica.

Quanto à redução do índice de perdas, o que é (ou deveria) ser de competência e interesse das concessionárias de água, cujas despesas com energia elétrica podem chegar a 10% de todas as despesas operacionais<sup>47</sup>, o ideal seria uma avaliação ou estimativa dos custos de redução das perdas, de modo que se pudesse comparar o custo de 1 metro cúbico de água "não-perdido" com os benefícios proporcionados pelo mesmo. Apesar de não se ter feita uma análise econômica desse tipo de medida de conservação, segundo se constatou, por exemplo, na seção 5.9 (Cap. 5)<sup>48</sup>, existem formas de se reduzir o índice de perdas, que apresentam custos insignificantes, quando comparados aos benefícios por elas proporcionados.

Nossa preocupação, entretanto, como planejadores energéticos (e de outros recursos ligados à energia), vai muito além de uma simples análise econômica, sem negar evidentemente, que a economia é a base de todo planejamento.

Conforme mencionado no primeiro capítulo, a atual situação e tendência sócio-econômica e/ou ambiental de muitos países exigirá muito mais do que se tem feito na área de planejamento, principalmente, energético e de recursos hídricos.

Nos países em desenvolvimento, em particular no Brasil, observa-se um grande potencial de crescimento econômico e de melhoria nos índices de qualidade de vida. Fatores esses que, conforme verificado, estão fortemente relacionados à produção e ao consumo de água e de energia elétrica. Deste modo, e analisando-se o passado histórico de muitos países desenvolvidos e suas tendências de modernização econômica e social, o planejamento integrado de recursos<sup>49</sup> pode ser uma ferramenta muito importante na tomada de decisões, tanto na esfera política quanto na econômico-social. E é nesse contexto que nossa preocupação e interesse se justificam.

---

<sup>46</sup> Consumo mensal de eletricidade no Município de Campinas estimado em 210.000 MW (em Jul/94 foi de 199.000 MW); Fc = 50% e o custo de 1 kW de potência instalada igual a US\$ 3.500,00.

<sup>47</sup> Apesar de se ter verificado um índice consideravelmente menor, em relação aos municípios operados pela Sabesp (cerca de 5,32% em 1992), em vários municípios esse índice é superior a 10% (com alguns chegando a 15%) e ainda, segundo GONÇALVES (1995), em 1989, as despesas da Sabesp com energia elétrica significaram 10% de todas as despesas operacionais.

<sup>48</sup> Onde se verifica a possibilidade de redução no índice de perdas, simplesmente pela substituição de hidrômetros, que estavam registrando um índice de consumo mensal irrisório, quando comparado ao valor real consumido.

<sup>49</sup> Entendido, aqui, como forma de planejamento e gerenciamento da demanda e suprimento de água e de energia elétrica e, eventualmente, outros recursos ligados a esses.

Mesmo que a conservação de água não tivesse impacto direto na conservação de energia elétrica, o simples fato de se usar água de modo mais racional pode despertar interesse pela prática da conservação e preservação de outros recursos, como, por exemplo, eletricidade. Além disso, grande parte dos esforços necessários à implementação de um programa de conservação de água, são também (ou podem ser) requisitos para um bom programa de conservação de energia, em particular, de energia elétrica (principalmente, quando se trata do setor residencial). Deste modo, a relação custo/benefício de um programa de conservação que leve em conta dois ou mais recursos (como, por exemplo, água e eletricidade) pode ser bem mais favorável.

Baseando-se nisso, e tendo em vista os graves problemas associados à expansão do setor elétrico brasileiro (apesar de sua natureza renovável), não se pode, evidentemente, negar a importância da redução da produção e/ou consumo urbano de água, como formas de se reduzir o consumo e/ou demanda de energia elétrica.

## Bibliografia

- [01] ABRAMOVITZ, Janet N. "Freshwater Failures: The Crises on Five Continents". World Watch September/October 1995, p 27-35.
- [02] ANDRADE, Ademir de *et alli*. "Metas de Conservação de Energia Elétrica". ANAIS DO I CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO; Unicamp, Maio de 1989.
- [03] BARBALHO, Arnaldo *et alli*. "Energia e Desenvolvimento no Brasil". Ministério das Minas e Energia/Eletróbrás, 1987.
- [04] BOAVENTURA, Sérgio G.S. "Consumo de Água na Região Metropolitana de São Paulo". ANAIS DO SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE ECONOMIA DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO PÚBLICO; Outubro de 1986. pág. 65-97.
- [05] BOWERMAN, Bruce L., O'CONNELL, Richard T., DICKEY, David A. "Linear Statistical Models - An Applied Approach". Boston: Duxbury Press, 1986. 690 p.
- [06] BUSSAB, Wilton de Oliveira. "Análise de Variância e de Regressão". São Paulo: Atual Editora, 1986. 147 p.
- [07] CESP - Companhia Energética de São Paulo. "Anuário Estatístico de Energia Elétrica: Consumo de Energia Elétrica por Município". 1983/1992.
- [08] CHIOGIOJI, Melvin H. "Industrial Energy Conservation". Energy, Power, and Environment, Marcel Dekker, Inc., New York, 1979.
- [09] CPFL - Companhia Paulista de Força e Luz. "Boletim Estatístico de Energia Elétrica - Relatório Mensal sobre Consumo e Número de Consumidores de Eletricidade". Jan/83-Jul/94
- [10] CRISP, J. & SOBOLEV, A. "Water and Fuel Economy - The Use of Spray Taps for Ablution in Buildings". The Journal of the Royal Institute of British Architects; Vol. 63, No. 15, pág. 386 - 388, Julho de 1956.
- [11] DACACH, Nelson Gandur. "Saneamento Básico". Livros Técnicos e Científicos Editora S.A.; Rio de Janeiro, 1979.

[12] DANIELSON, Leon E. "An Analysis of Residential Demand for Water Using Micro Time-Series Data". Water Resources Research; Vol. 15, No. 4, pág. 763-767, Agosto de 1979.

[13] EDWARDS, Allen L. "Multiple Regression and the Analysis of Variance and Covariance". San Francisco, W. H. Freeman and Company, 1979. 212 p.

[14] ELETROBRÁS - Centrais Elétricas Brasileiras S.A. "Perspectivas do Mercado e da Conservação de Energia Elétrica". Rio de Janeiro, Abril de 1992.

[15] ELETROBRÁS - Centrais Elétricas do Brasileiras S.A. "Plano 2015 - Relatório Executivo". Abril de 1994.

[16] ENVIRONMENTAL HEALTH (EH). "Encouraging Domestic Water Saving: An Alternative Approach to Metering"; p. 184-186, August 1995.

[17] FEDERAL ENERGY MANAGEMENT PROGRAM (FEMP). "FEMP Partnership With Agencies Addresses Water Conservation Component of Federal Energy Management". U.S. Department of Energy; Energy Efficiency and Renewable Energy; Special Water Management Edition, June 1995.

[18] FEDERAÇÃO NACIONAL DOS URBANITÁRIOS (FNU-CUT) - "Saneamento Básico: O Lucro é a Vida". Gazeta Merantil, 24/08/1995.

[19] FERGUSON, Dave. "Programas e Experiências Internacionais em Conservação de Energia Elétrica"; In: ANAIS DO SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA; Rio de Janeiro, Dezembro de 1988.

[20] FISHER, Denzel L. & YOST, James A. "Proceedings of the National Water Conservation Conference on Publicly Supply Potable Water - State Water Conservation Planning Guide". U.S. Department of Commerce - National Bureau of Standards, Junho de 1982.

[21] FLACK, J. Ernest. "Residential Water Conservation". Journal of the Water Resources Planning and Management Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers, ASCE; Vol. 107, No. WR1 pág. 85-95, Março de 1981.

- [22] FREDERICK, Kenneth D. "Balancing Water Demands With Supplies - The Role of Management in World of Increasing Scarcity". The World Bank Washington, D.C., 1993.
- [23] FRUMKIN, Norman. "Guide to Economic Indicators". M.E. SHARPE, Inc. 1990.
- [24] FURUGAKI, Issei. "Programas e Experiências em Conservação de Energia Elétrica". ANAIS DO SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA - Rio de Janeiro, Dezembro de 1988.
- [25] GAZETA MERCANTIL "Saneamento Básico - Relatório da Gazeta Mercantil". Gazeta Mercantil, 24/08/1995.
- [26] GOLDEMBERG, José. "Conservação e Uso Final da Energia - Uma Estratégia Energética para a América Latina Orientada para os Usos Finais da Energia". ANAIS DO SEMINÁRIO ALTERNATIVAS PARA UMA POLÍTICA ENERGÉTICA - São Paulo, Dezembro de 1985.
- [27] GONÇALVES, Paulo Márcio. "Bases Metodológicas para a Racionalização do Uso de Água e de Energia na Região Metropolitana de São Paulo". Universidade de São Paulo - IEE, Tese (Mestrado), Agosto de 1995. 360 p.
- [28] GRAÇA, Gilena Maria G. "Conservação de Energia Elétrica e o Terceiro Mundo". REVISTA BRASILEIRA DE ENERGIA, Vol. 1 No. 2, pág. 54-76, 1990.
- [29] GRIMA, Angelo P. "Residential Water Demand - Alternative Choices for Management". Toronto, University of Toronto Press, 1972, 211p.
- [30] GUNST, Richard F., MASON, Robert L. "Regression Analysis And Its Applications - A Data-Oriented Approach". Marcel Dekker, Inc. New York and Basel, 1980. 402 p.
- [31] HALL, F. "Manual de Redes de Água e de Esgoto". Instalação e Conservação, Edições CETOP, 1976.
- [32] HANKE, Steve H. "Demand for Water under Dynamic Conditions". Water Resources Research; Vol. 6, No. 5; Johns Hopkins University, Baltimore, Maryland, pág. 1253-1261, 1970.

- [33] HOFFMANN, Rodolfo & VIEIRA, Sônia. "Análise de Regressão - Uma Introdução à Econometria". 2.ed. São Paulo: Editora Hucitec, 1983. 379 p.
- [34] HOLANDA, Jayme Buarque de. "Conservação de Energia Elétrica no Brasil". ANAIS DO SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA - Rio de Janeiro, Dezembro de 1988.
- [35] HOLMBERG, Sture *et alli*. "Save Water - Save Energy". Drainage and Water Supply for Buildings; pág. 37-47, 1980.
- [36] HOPP, Wallace J. & DARBY, William P. "Household Water Conservation: The Role of Indirect Energy Savings". Departmente of Tecnology and Human Affairs, Washington University, St. Louis, U.S.A., Março de 1980.
- [37] HORN, Robert V. "Satistical Indicators for the Economic & Social Sciences". Cambridge University Press, 1993.
- [38] IBAM - Instituto Brasileiro de Administração Municipal. "Administração dos Serviços de Abastecimento de Água". 2a. Ed., Rio de Janeiro, 1971.
- [39] IBGE - Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. "Anuário Estatístico do Brasil". 1992/1993.
- [40] JANNUZZI, Gilberto de Martino. "Conservação de Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento". Tese de Livre-Docência - FEM/Unicamp; 1991.
- [41] JANNUZZI, Gilberto de Martino. "Uso Eficiente de Eletricidade na Região de Campinas e no Estado de São Paulo".[...] - Campinas, Abril de 1994.
- [42] KETOFF, Andrea. "Comparação de Programas Internacionais de Conservação de Energia"; In: ANAIS DO SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA; Rio de Janeiro, Dezembro de 1988.
- [43] LAVRADOR, José. "Algumas Considerações sobre o Uso Planejado de Água para Fins Industriais na Região Metropolitana de São Paulo". ANAIS DO XV CONGRESSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Vol. 2 No. 2, Belém, Setembro de 1983.

[44] MADUREIRA, Ronaldo G. "Desenvolvimento e Avaliação Econômica de Tecnologia Solar para Conservação de Energia Elétrica em Aquecimento de Água no Setor Residencial: Uma proposta de administração da demanda através de "pré-aquecedor para chuveiros elétricos de potência reduzida"". Universidade Estadual de Campinas - FEM, Tese (Mestrado), Junho de 1995. 88 p.

[45] MALAN, G.J. "Water Economy - the Wortwile Goal". National Building Research, Pretoria, 1984. 28 pág.

[46] MAMMANA, Guilherme Pellegrini. "O Financiamento do Setor Elétrico Brasileiro e as Políticas de Meio Ambiente e de Conservação de Energia Elétrica". Tese de Mestrado/Unicamp, 1994.

[47] MONTENEGRO, Marcos Helano Fernandes & ROCHA, Adilson Lourenço. "Economia de Água de Uso Doméstico" IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 1985 (Comunicação Técnica 367).

[48] MONTENEGRO, Marcos Helano Fernandes & SILVA, Ricardo Toledo. "Economia de Água: Quadro de Necessidades e Linhas de Ação". In: Simpósio Internacional sobre Economia de Água de Abastecimento Público - São Paulo, Outubro de 1986.

[49] MONTGOMERY, Douglas C. & PECK, Elizabet A. "Introduction to Linear Regression Analysis". Editora ? p.?

[50] NARCHI, Helio. "A Demanda Doméstica de Água"; Revista DAE, Vol. 49 - No. 154, pág. 1-7, 1989.

[51] NEIVA, Jucy. "Conheça o Petróleo e Outras Fontes Alternativas de Energia" Ao Livro Técnico, 4a. Ed., Rio de Janeiro, 1983.

[52] NETTO, J.M. de Azevedo *et alli*. "Planejamento de Sistemas de Abastecimento de Água"; UFPR - Universidade Federal do Paraná; 1973.

[53] NUCCI, Nelson L.R. "Avaliação da Demanda Urbana de Água: Aspectos Econômicos e Urbanísticos. A Área Edificada como Possível Variável Explicativa e Prospectiva"; Revista DAE, No. 135, pág. 22-29, Dezembro de 1983.

[54] PAES, Sidonio de Freitas. "Conservação de Energia Elétrica no Setor Comercial"; In: ANAIS DO SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA; Rio de Janeiro, Dezembro de 1988.

[55] PALLA, Robert L. "Water Usage Characteristics of Household Appliances and the Potential for Water Savings". Office of Policy Development and Research - Department of Housing and Urban Development - Washington, Agosto de 1981.

[56] PINHEIRO, Solange F. "Conservação de Energia Elétrica: Recurso Energético Planificável". ANAIS DO I CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO - UNICAMP, 1989.

[57] PRADO, Raccine T. A. "Gerenciamento da Demanda e Consumo de Energia Elétrica para Fins de Aquecimento de Água em Habitações de Interesse Social". Escola Politécnica da USP/SP. Tese (Mestrado), 1991.

[58] RUMP, M.E. "Potential Water Economy Measures in Dwellings: Their Feasibility and Economics". Building Research Establishment, 1978; (BRE - Current Paper, 18 pág.).

[59] SANTOS, Vanice Ferreira dos. "Estudos das Alternativas para Conservação de Água no Setor Residencial da Cidade de Limeira - SP". Tese de Mestrado - FEC/Unicamp, 1991.

[60] SEADE - Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados. "Anuário Estatístico do Estado de São Paulo"; 1993.

[61] SEADE - Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados. "Perfil Municipal do Estado de São Paulo - Região Administrativa de Campinas"; 1993.

[62] SPAULDING, Irving A. "Social Class and Household Water Consumption". In: William R. Burch Jr., Neilh Cheek Jr. & Lee Taylor. Social Behavior, Natural Resources, and the Environment. New York, Harper & Row, 1972.

[63] STAR, Chauncey. "Economic Growth, Conservation and Electricity". Perspective on Energy - Issues, Ideas, and Environment Dilemas - Oxford University Press, New York, 1978.

[64] TERADA, Oscar Akihico. "Conservação de Energia na Indústria". ANAIS DO SEMINÁRIO "INTRODUÇÃO DE TECNOLOGIAS ENERGÉTICAS ALTERNATIVAS NO BRASIL ATÉ O ANO 2000"; Vol. 2, Rio de Janeiro, Novembro de 1985.

[65] UNITED NATIONS - Department for Economic and Social Information and Policy Analysis - Population Division - "World Population 1994".

[66] WONNACOTT, Ronald J. & WONNACOTT, Thomas H. "Fundamentos de Estatística". Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1985. 355 p.

[67] WORLD BANK. "Social Indicators of Development". The Johns Hopkins University Press, Baltimore and London, 1991. 357 p.

[68] WORLD RESOURCES INSTITUTE (WRI) and THE INTERNATIONAL INSTITUTE FOR ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT In Collaboration With THE UNITED NATION ENVIRONMENT PROGRAMME. "World Resources 1988-1989". New York: Basic Books, Inc., 1990. 372 p.

## Anexos

**Anexo IA: Consumo Residencial de Água (m<sup>3</sup>/Resid.Mês) Verificado no Período entre  
Julho de 1992 e Abril de 1993; Dados Relativos a 99 Residências do Conjunto  
Residencial “Parque Itajaí” - Município de Campinas.**

OBS	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MEDIA
01	12	11	13	10	14	12	13	16	15	6	12,2
02	4	7	12	12	20	18	8	0	3	16	10,0
03	15	17	15	18	26	21	18	21	21	20	19,2
04	12	10	10	11	16	11	11	11	12	8	11,2
05	11	14	12	11	21	12	12	16	17	15	14,1
06	20	18	19	16	26	19	16	18	19	18	18,9
07	9	8	8	7	15	9	8	11	10	8	9,3
08	21	19	17	13	30	18	20	25	17	16	19,6
09	16	17	22	16	29	20	24	15	19	17	19,5
10	29	22	27	28	31	20	57	28	34	27	30,3
11	20	17	18	12	30	13	29	20	21	13	19,3
12	17	17	18	18	33	14	18	20	17	10	18,2
13	4	10	9	7	9	7	7	6	8	6	7,3
14	14	14	13	12	18	13	11	12	13	17	13,7
15	23	23	30	17	42	28	29	28	30	18	26,8
16	17	23	15	11	20	15	13	15	17	15	16,1
17	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0,2
18	15	14	19	15	22	24	21	22	19	16	18,7
19	14	13	13	8	17	12	8	0	14	9	10,8
20	13	14	12	11	20	20	17	23	25	20	17,5
21	15	14	12	22	10	12	14	14	26	20	15,9
22	7	16	9	12	7	9	9	6	9	5	8,9
23	30	23	23	20	40	18	38	29	34	33	28,8
24	21	11	12	35	6	12	15	16	22	18	16,8
25	15	16	15	14	24	21	18	15	18	18	17,4
26	8	5	7	12	5	8	8	8	9	6	7,6
27	33	22	16	14	33	25	21	29	29	24	24,6
28	14	22	19	13	25	23	23	19	20	22	20,0
29	23	21	24	21	33	25	22	11	36	21	23,7
30	7	6	5	6	7	6	8	12	13	11	8,1
31	20	23	18	18	30	22	25	23	27	26	23,2
32	13	11	13	10	18	14	13	15	14	12	13,3
33	23	21	22	17	34	17	32	20	22	23	23,1

FONTE: SANASA, 1994.

### Anexo IA: Continuação

OBS	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MEDIA
34	25	21	34	20	29	7	9	13	28	27	21,3
35	36	36	36	31	56	28	38	32	35	28	35,6
36	27	27	28	20	38	30	24	18	21	16	24,9
37	13	6	12	17	23	13	15	14	15	15	14,3
38	16	11	12	10	20	14	20	15	22	12	15,2
39	12	12	18	7	12	9	9	9	10	9	10,7
40	16	13	16	13	21	15	12	15	15	13	14,9
41	19	19	19	16	25	20	19	16	17	16	18,6
42	4	0	10	14	28	7	34	15	17	18	14,7
43	8	8	9	9	16	7	18	10	9	8	10,2
44	26	23	25	23	41	20	35	24	23	20	26,0
45	16	4	19	12	20	17	19	15	14	15	15,1
46	21	21	25	20	35	27	21	20	25	20	23,5
47	9	10	11	8	18	14	13	13	11	10	11,7
48	3	3	4	3	5	2	2	1	3	1	2,7
49	21	21	21	19	39	18	36	19	25	26	24,5
50	13	13	14	12	24	16	12	12	15	12	14,3
51	8	2	7	4	6	5	4	4	4	3	4,7
52	1	4	2	3	4	2	2	2	3	22	4,5
53	17	15	21	17	26	17	21	20	25	12	19,1
54	17	17	17	15	27	15	16	16	12	13	16,5
55	46	49	51	46	88	58	50	47	53	53	54,1
56	19	17	16	15	24	17	16	16	17	13	17,0
57	1	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0,5
58	30	14	16	15	24	18	8	18	14	14	17,1
59	36	43	37	35	54	34	32	31	35	34	37,1
60	16	13	10	8	17	13	14	14	18	18	14,1
61	30	29	34	20	48	31	19	35	34	33	31,3
62	24	24	24	20	35	24	20	21	28	26	24,6
63	9	10	11	11	17	11	12	12	10	12	11,5
64	14	12	12	9	19	14	14	13	13	10	13,0
65	32	31	33	25	46	31	29	26	29	24	30,6
66	30	28	28	22	50	27	30	22	30	34	30,1
67	27	29	37	27	45	29	30	27	31	36	31,8
68	11	10	10	9	15	12	13	12	13	12	11,7
69	15	20	28	22	43	32	39	26	25	21	27,1
70	11	10	14	11	20	18	12	6	16	13	13,1

FONTE: SANASA, 1994.

**Anexo IA: Continuação**

OBS	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MEDIA
71	15	9	12	7	27	11	10	7	10	12	12,0
72	15	16	17	13	27	15	18	17	24	15	17,7
73	19	18	19	16	27	24	26	13	21	19	20,2
74	43	30	20	14	33	26	32	31	31	39	29,9
75	24	24	26	21	39	22	18	30	26	23	25,3
76	27	23	25	23	34	24	33	30	34	29	28,2
77	39	34	28	25	32	20	21	24	29	31	28,3
78	7	7	9	7	12	9	10	11	10	9	9,1
79	7	7	6	5	7	11	2	7	6	4	6,2
80	27	19	20	13	26	18	16	14	17	15	18,5
81	32	32	29	26	42	28	30	27	29	27	30,2
82	9	8	9	9	16	9	10	10	11	10	10,1
83	17	17	14	9	23	17	19	14	15	15	16,0
84	12	5	12	3	14	2	11	2	2	4	6,7
85	0	9	0	0	17	15	15	19	15	13	10,3
86	27	27	29	24	44	38	32	29	33	34	31,7
87	11	11	11	10	17	9	17	11	12	11	12,0
88	7	10	11	8	11	8	9	5	6	6	8,1
89	16	16	16	15	23	14	24	13	12	16	16,5
90	9	9	9	9	14	11	9	7	10	9	9,6
91	8	0	12	12	0	0	0	2	6	14	5,4
92	26	24	24	17	30	20	17	17	12	12	19,9
93	30	28	28	20	43	22	36	33	37	33	31,0
94	21	26	28	25	66	38	34	9	47	33	32,7
95	23	39	46	36	25	47	47	46	38	41	38,8
96	34	27	25	27	52	42	37	26	26	30	32,6
97	11	22	13	13	28	11	3	12	0	25	13,8
98	27	29	36	27	40	29	25	33	32	31	30,9
99	32	35	25	25	51	41	37	54	45	54	39,9
éd	17,9	17,0	17,9	15,3	26,2	17,9	19,2	17,2	19,4	18,2	18,6

**Anexo IB: Consumo Residencial de Energia Elétrica (kWh/Resid.Mês) Verificado no  
Período entre Julho de 1992 e Abril de 1993; Dados Relativos a 99 Residências do  
Conjunto Residencial “Parque Itajaí” - Município de Campinas.**

OBS	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MEDIA
01	152	133	156	131	133	100	125	112	124	115	128,1
02	60	130	116	133	126	100	132	119	80	0	99,6
03	211	205	262	231	222	191	221	195	214	225	217,7
04	149	134	155	146	135	122	146	124	123	135	136,9
05	162	168	163	201	175	143	158	140	147	167	162,4
06	174	140	164	144	154	129	146	160	140	144	149,5
07	133	121	133	91	100	83	93	85	86	87	101,2
08	156	144	157	137	152	137	147	152	135	148	146,5
09	116	115	130	119	115	96	110	116	110	107	113,4
10	222	211	207	188	197	159	208	193	165	205	195,5
11	130	160	164	128	151	179	176	147	167	192	159,4
12	223	207	259	215	229	234	171	217	239	227	222,1
13	78	74	121	128	121	39	80	112	86	203	104,2
14	170	168	165	203	169	146	155	135	120	175	160,6
15	291	272	290	242	289	254	261	235	258	253	264,5
16	180	168	168	200	172	151	160	140	145	170	165,4
17	182	189	214	195	243	187	214	174	174	189	196,1
18	168	138	155	131	135	120	152	132	167	140	143,8
19	194	163	186	161	187	112	127	119	119	85	145,3
20	156	150	170	132	150	111	132	111	160	156	142,8
21	153	140	157	141	146	116	126	111	123	125	133,8
22	89	74	88	72	78	86	95	86	66	82	81,6
23	175	158	188	158	178	164	176	169	180	188	173,4
24	181	168	219	162	166	155	60	266	178	179	173,4
25	159	147	152	170	175	146	178	139	154	157	157,7
26	127	110	134	100	107	106	108	97	104	107	110,0
27	219	173	242	175	190	206	176	188	193	215	197,7
28	244	191	211	181	195	182	198	167	196	200	196,5
29	185	156	190	177	174	151	162	146	156	175	167,2
30	79	117	94	99	103	48	92	92	116	113	95,3
31	121	134	138	118	130	130	146	106	127	178	132,8
32	131	127	136	128	130	145	143	122	132	127	132,1
33	208	182	220	195	224	200	235	204	218	231	211,7
34	278	243	326	314	376	212	117	102	116	384	246,8
35	310	287	334	361	254	242	284	258	256	258	284,4
36	261	201	261	239	236	247	263	229	228	337	250,2
37	171	154	193	151	185	167	228	124	198	226	179,7

FONTE: CPFL, 1994.

### Anexo IB: Continuação

OBS	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MEDIA
38	161	156	156	182	167	141	151	134	150	148	154,6
39	184	127	119	99	117	99	119	104	107	109	118,4
40	187	147	201	167	173	140	143	151	175	172	165,6
41	113	117	127	107	117	109	126	112	109	121	115,8
42	14	11	76	190	191	145	148	126	140	162	120,3
43	152	140	154	136	151	129	145	142	115	124	138,8
44	288	258	320	303	342	259	288	272	283	309	292,2
45	176	196	207	193	203	178	199	218	197	180	194,7
46	239	216	225	172	192	164	193	184	185	175	194,5
47	123	119	119	103	142	124	133	124	113	137	123,7
48	84	75	86	70	77	60	73	46	45	53	66,9
49	169	141	162	148	162	138	147	138	134	139	147,8
50	112	93	113	100	120	106	108	104	106	107	106,9
51	155	119	132	116	118	94	0	0	50	111	89,5
52	92	39	77	56	38	79	77	127	55	34	67,4
53	220	177	232	216	256	233	234	256	255	257	233,6
54	137	150	161	176	133	136	145	132	121	121	141,2
55	198	210	250	253	201	190	212	160	152	106	193,2
56	250	220	240	230	230	210	228	201	205	180	219,4
57	2	2	1	4	2	3	2	4	2	3	2,5
58	201	280	255	228	230	218	212	189	205	186	220,4
59	352	372	445	396	470	391	438	378	307	336	388,5
60	231	196	195	157	192	175	221	189	207	216	197,9
61	345	332	385	286	363	359	374	334	330	343	345,1
62	218	189	226	194	222	200	238	179	203	196	206,5
63	84	74	86	85	76	59	102	91	85	69	81,1
64	87	69	83	81	90	85	79	81	82	62	79,9
65	258	236	283	232	278	236	299	226	217	229	249,4
66	228	199	242	227	223	231	244	241	215	226	227,6
67	211	249	251	201	234	222	128	195	199	207	209,7
68	110	85	118	105	149	121	143	125	124	132	121,2
69	173	142	152	117	160	169	193	172	138	105	152,1
70	148	115	127	102	122	117	114	154	126	135	126,0
71	134	130	136	132	133	134	133	62	113	117	122,4
72	162	150	176	151	174	164	173	170	169	101	159,0
73	163	157	180	144	160	168	172	138	159	115	155,6
74	0	0	0	213	453	437	532	474	386	459	295,4

FONTE: CPFL, 1994.

**Anexo IB: Continuação**

OBS	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MEDIA
75	164	172	183	153	190	175	211	178	180	176	178,2
76	236	225	254	197	229	216	238	216	240	238	228,9
77	373	332	410	359	345	337	330	333	305	317	344,1
78	148	116	150	135	148	127	148	130	129	125	135,6
79	73	59	71	68	73	68	70	102	77	80	74,1
80	83	71	91	79	93	81	101	79	85	88	85,1
81	200	193	202	158	156	114	153	155	159	175	166,5
82	111	98	114	101	104	132	131	112	88	123	111,4
83	148	142	138	101	146	125	143	114	121	120	129,8
84	96	92	72	87	110	84	94	96	91	4	82,6
85	0	0	0	0	135	156	206	184	186	183	105,0
86	391	346	435	398	418	360	435	370	376	427	395,6
87	140	118	141	133	118	119	138	115	114	120	125,6
88	215	190	201	181	239	218	218	162	197	220	204,1
89	112	98	124	101	110	102	122	111	93	126	109,9
90	120	107	120	121	129	105	110	81	84	93	107,0
91	0	96	0	0	0	0	0	101	0	64	26,1
92	161	147	178	456	168	150	155	145	145	180	188,5
93	197	192	217	175	215	179	197	158	168	169	186,7
94	231	228	260	200	283	246	287	245	239	263	248,2
95	412	435	357	498	452	355	394	279	289	336	380,7
96	89	610	338	302	361	343	405	342	320	356	346,6
97	234	211	242	225	254	217	232	188	211	213	222,7
98	194	170	189	158	235	194	248	236	242	254	212,0
99	177	173	179	156	180	156	172	170	211	180	175,4
éd	17,9	17,0	17,9	15,3	26,2	17,9	19,2	17,2	19,4	18,2	18,6

FONTE: CPFL, 1994.

**Anexo II: Consumo e Número de Consumidores de Água e de Energia Elétrica no Município de Campinas - Índices Mensais Relativos ao Total (Residencial, Industrial, Comercial e Público).**

Mês	Consumo de Água (m3)	Consumidores de Água	Consumo Específ. (m3/Cons)	Consumo de Elet. (MWh)	Consumidores de Eletric.	Consumo Específ. (kWh/Cons)
JAN83	3.827.074	169.679	22,55	125.894	192.608	653,63
FEV83	3.832.421	171.276	22,38	124.743	194.014	642,96
MAR83	3.612.374	172.945	20,89	124.562	194.769	639,54
ABR83	3.793.580	173.135	21,91	146.176	192.266	760,28
MAI83	3.852.555	174.225	22,11	125.066	192.454	649,85
JUN83	3.927.796	175.373	22,40	138.859	194.995	712,12
JUL83	4.046.562	176.354	22,95	134.230	199.047	674,36
AGO83	3.721.269	178.239	20,88	133.975	199.969	669,98
SET83	4.115.295	180.385	22,81	144.218	200.872	717,96
OUT83	3.715.973	182.485	20,36	137.517	200.021	687,51
NOV83	4.104.910	182.601	22,48	134.512	202.770	663,37
DEZ83	3.926.274	182.762	21,48	130.016	202.733	641,32
JAN84	4.032.178	184.190	21,89	132.575	204.167	649,35
FEV84	4.163.771	184.527	22,56	141.109	205.183	687,72
MAR84	4.419.581	185.128	23,87	139.361	205.901	676,83
ABR84	4.200.084	185.728	22,61	139.870	206.684	676,73
MAI84	3.824.106	186.328	20,52	140.132	207.276	676,06
JUN84	3.737.064	187.043	19,98	149.907	208.008	720,68
JUL84	3.972.781	187.598	21,18	140.889	208.491	675,76
AGO84	3.986.145	188.280	21,17	164.714	209.280	787,05
SET84	3.874.338	188.468	20,56	172.847	210.366	821,65
OUT84	4.085.523	188.775	21,64	158.800	210.794	753,34
NOV84	4.109.640	188.962	21,75	177.747	211.606	839,99
DEZ84	4.041.920	189.322	21,35	166.914	212.395	785,87

FONTES: SANASA & CPFL.

**Anexo II: Continuação.**

Mês	Consumo de Água (m3)	Consumidores de Água	Consumo Específ. (m3/Cons)	Consumo de Elet. (MWh)	Consumidores de Eletric.	Consumo Específ. (kWh/Cons)
JAN85	3.971.933	189.825	20,92	156.081	213.183	732,15
FEV85	4.125.895	190.060	21,71	175.496	214.157	819,47
MAR85	4.202.096	190.910	22,01	155.838	214.782	725,56
ABR85	4.288.529	191.211	22,43	171.605	214.604	799,64
MAI85	4.313.494	191.587	22,51	171.644	216.315	793,49
JUN85	4.007.394	192.266	20,84	177.913	217.327	818,64
JUL85	4.044.484	192.590	21,00	152.085	217.985	697,69
AGO85	3.962.470	193.271	20,50	174.206	218.912	795,78
SET85	4.482.553	193.909	23,12	174.620	219.577	795,26
OUT85	4.500.337	195.247	23,05	167.060	220.102	759,01
NOV85	4.875.654	195.694	24,91	186.705	221.162	844,20
DEZ85	4.517.392	196.546	22,98	167.048	221.715	753,44
JAN86	4.707.773	196.776	23,92	166.638	223.176	746,67
FEV86	4.499.220	198.088	22,71	135.619	213.420	635,46
MAR86	4.081.979	198.223	20,59	121.637	214.064	568,23
ABR86	4.564.761	198.622	22,98	130.258	214.973	605,93
MAI86	4.575.459	199.379	22,95	144.262	215.693	668,83
JUN86	4.189.447	199.968	20,95	148.790	216.435	687,46
JUL86	4.511.720	200.126	22,54	145.383	210.860	689,48
AGO86	4.368.374	200.631	21,77	157.019	217.586	721,64
SET86	4.171.573	201.150	20,74	137.786	218.317	631,13
OUT86	4.849.420	201.494	24,07	143.295	219.606	652,51
NOV86	4.696.904	201.672	23,29	148.971	219.746	677,92
DEZ86	4.573.434	202.470	22,59	130.675	220.276	593,23

FONTES: SANASA & CPFL.

## Anexo II: Continuação

Mês	Consumo de Água (m3)	Consumidores de Água	Consumo Específ. (m3/Cons)	Consumo de Elet. (MWh)	Consumidores de Eletric.	Consumo Específ. (kWh/Cons)
JAN87	4.951.820	202.861	24,41	139.651	220.919	632,14
FEV87	5.241.070	203.437	25,76	136.685	221.390	617,39
MAR87	4.596.363	203.862	22,55	137.184	222.014	617,91
ABR87	4.340.140	204.240	21,25	136.230	222.599	612,00
MAI87	4.582.148	204.400	22,42	140.011	223.192	627,31
JUN87	4.167.646	204.672	20,36	145.584	223.748	650,66
JUL87	4.371.142	205.496	21,27	140.193	224.132	625,49
AGO87	4.495.199	205.916	21,83	152.832	224.792	679,88
SET87	4.628.982	206.433	22,42	151.120	225.322	670,68
OUT87	4.609.341	206.791	22,29	153.536	222.649	689,59
NOV87	4.879.378	207.559	23,51	158.377	226.243	700,03
DEZ87	4.539.367	208.099	21,81	148.805	226.740	656,28
JAN88	4.722.706	208.514	22,65	136.945	227.642	601,58
FEV88	4.398.809	209.140	21,03	152.323	225.340	675,97
MAR88	4.486.495	209.637	21,40	155.049	224.047	692,04
ABR88	4.821.542	210.329	22,92	159.449	221.347	720,36
MAI88	4.291.771	210.769	20,36	157.528	226.935	694,15
JUN88	4.093.910	211.162	19,39	169.043	230.765	732,53
JUL88	4.413.872	211.850	20,83	167.521	231.484	723,68
AGO88	4.432.615	213.127	20,80	157.019	232.213	676,19
SET88	5.137.815	213.891	24,02	168.993	233.037	725,18
OUT88	4.765.461	214.373	22,23	170.697	233.845	729,96
NOV88	4.911.927	215.164	22,83	154.994	234.324	661,45
DEZ88	4.833.506	216.326	22,34	162.285	235.006	690,56

FONTES: SANASA & CPFL.

## Anexo II: Continuação

Mês	Consumo de Água (m3)	Consumidores de Água	Consumo Específ. (m3/Cons)	Consumo de Elet. (MWh)	Consumidores de Elétric.	Consumo Específ. (kWh/Cons)
JAN89	4.589.121	216.424	21,20	155.991	235.756	661,66
FEV89	4.738.249	217.672	21,77	151.096	236.288	639,46
MAR89	4.719.284	219.215	21,53	154.086	236.589	651,28
ABR89	4.643.232	220.026	21,10	171.391	237.783	720,79
MAI89	5.064.952	221.594	22,86	151.170	238.803	633,03
JUN89	4.515.837	223.457	20,21	171.282	239.699	714,57
JUL89	4.705.554	223.783	21,03	172.932	240.879	717,92
AGO89	4.781.623	224.437	21,30	166.987	241.659	691,00
SET89	4.843.944	225.231	21,51	189.927	242.606	782,86
OUT89	5.100.586	225.260	22,64	166.569	243.309	684,60
NOV89	4.910.269	226.753	21,65	169.015	244.078	692,46
DEZ89	5.076.386	227.786	22,29	170.952	244.885	698,09
JAN90	4.991.906	228.244	21,87	172.180	246.679	697,99
FEV90	5.169.564	229.015	22,57	173.407	248.442	697,98
MAR90	5.160.005	230.381	22,40	159.338	247.294	644,33
ABR90	5.066.722	231.618	21,88	165.045	248.477	664,23
MAI90	5.203.116	232.598	22,37	154.680	249.474	620,02
JUN90	4.763.315	233.643	20,39	163.569	252.407	648,04
JUL90	5.133.085	234.264	21,91	176.915	251.538	703,33
AGO90	4.277.007	234.788	18,22	177.915	250.509	710,21
SET90	4.778.898	235.720	20,27	178.155	252.538	705,46
OUT90	5.280.789	236.717	22,31	179.207	254.462	704,26
NOV90	5.318.026	237.319	22,41	190.484	255.314	746,08
DEZ90	5.394.895	238.503	22,62	167.512	255.469	655,70

FONTES: SANASA & CPFL.

## Anexo II: Continuação

Mês	Consumo de Água (m3)	Consumidores de Água	Consumo Específ. (m3/Cons)	Consumo de Elet. (MWh)	Consumidores de Elettric.	Consumo Específ. (kWh/Cons)
JAN91	5.608.387	240.713	23,30	165.378	256.603	644,49
FEV91	5.320.975	241.477	22,04	187.084	257.358	726,94
MAR91	5.330.220	242.680	21,96	179.522	257.059	698,37
ABR91	5.168.273	243.667	21,21	156.554	258.235	606,25
MAI91	4.852.876	244.304	19,86	191.273	259.038	738,40
JUN91	4.943.984	244.726	20,20	183.618	259.761	706,87
JUL91	4.919.787	245.508	20,04	163.710	260.470	628,52
AGO91	5.178.160	246.773	20,98	174.933	261.274	669,54
SET91	5.678.683	247.487	22,95	186.156	262.073	710,32
OUT91	5.466.705	248.565	21,99	186.428	262.900	709,12
NOV91	5.715.793	248.832	22,97	185.275	263.679	702,65
DEZ91	5.423.116	249.613	21,73	200.192	264.289	757,47
JAN92	5.469.577	249.740	21,90	186.419	265.281	702,72
FEV92	4.964.777	250.322	19,83	179.344	265.884	674,52
MAR92	5.222.595	251.130	20,80	201.569	266.475	756,43
ABR92	5.312.957	252.440	21,05	191.513	267.065	717,10
MAI92	5.016.829	253.406	19,80	189.201	268.124	705,65
JUN92	4.615.345	253.769	18,19	196.662	269.314	730,23
JUL92	5.231.205	253.906	20,60	185.191	270.418	684,83
AGO92	5.271.783	254.697	20,70	190.025	271.246	700,56
SET92	5.403.668	255.287	21,17	199.506	271.888	733,78
OUT92	4.850.959	255.875	18,96	195.378	272.826	716,13
NOV92	5.421.121	256.298	21,15	198.839	272.174	730,56
DEZ92	5.181.592	257.562	20,12	203.827	274.700	742,00

**Anexo II: Continuação**

Mês	Consumo de Água (m3)	Consumidores de Água	Consumo Especif. (m3/Cons)	Consumo de Elet. (MWh)	Consumidores de Elétric.	Consumo Especif. (kWh/Cons)
JAN93	5.238.654	258.371	20,28	194.966	276.569	704,95
FEV93	5.164.175	258.907	19,95	200.051	277.168	721,77
MAR93	5.471.765	259.714	21,07	201.989	277.971	726,65
ABR93	5.538.729	260.362	21,27	198.620	279.213	711,36
MAI93	5.253.182	261.413	20,10	195.914	279.908	699,92
JUN93	5.112.828	262.222	19,50	199.603	281.083	710,12
JUL93	5.185.744	263.238	19,70	195.222	282.077	692,09
AGO93	5.263.287	263.702	19,96	196.026	283.239	692,09
SET93	5.376.595	264.605	20,32	202.486	284.185	712,51
OUT93	5.545.437	265.898	20,86	192.789	285.035	676,37
NOV93	5.868.574	266.329	22,04	179.308	286.388	626,10
DEZ93	5.721.830	267.432	21,40	202.421	288.291	702,14
JAN94	5.290.297	267.890	19,75	193.422	289.889	667,23
FEV94	5.612.670	268.978	20,87	179.295	291.019	616,09
MAR94	5.252.280	270.179	19,44	193.819	291.958	663,86
ABR94	5.527.932	272.012	20,32	202.273	292.832	690,75
MAI94	5.349.785	272.554	19,63	192.793	293.985	655,79
JUN94	5.325.120	273.525	19,47	204.749	294.956	694,17
JUL94	5.382.282	274.616	19,60	200.843	296.402	677,60

FONTES: SANASA & CPFL.

**Anexo IIIA: Consumo de Água por Setor de Atividade (m³) - Município de Campinas.**

Mês/Ano	Residencial	Comercial	Industrial	Público	Total
JAN91	4.461.517	614.230	310.857	221.783	5.608.387
FEV91	4.230.924	604.310	256.779	228.962	5.320.975
MAR91	4.186.463	583.214	277.321	283.222	5.330.220
ABR91	4.059.267	565.494	268.895	274.617	5.168.273
MAI91	3.792.718	568.128	273.107	218.923	4.852.876
JUN91	3.883.106	540.953	257.226	262.699	4.943.984
JUL91	3.864.101	538.305	255.967	261.414	4.919.787
AGO91	4.067.032	566.576	269.410	275.142	5.178.160
SET91	4.460.153	621.341	295.451	301.738	5.678.683
OUT91	4.293.662	598.147	284.422	290.474	5.466.705
NOV91	4.489.300	625.402	297.382	303.709	5.715.793
DEZ91	4.259.426	593.378	282.154	288.158	5.423.116
JAN92	4.502.994	508.933	265.659	191.991	5.469.577
FEV92	3.983.998	472.167	295.011	213.601	4.964.777
MAR92	4.112.443	523.753	278.828	307.571	5.222.595
ABR92	4.315.928	514.638	247.742	234.649	5.312.957
MAI92	4.022.555	519.817	265.677	208.780	5.016.829
JUN92	3.787.197	408.571	225.649	193.928	4.615.345
JUL92	4.243.402	533.900	238.745	215.158	5.231.205
AGO92	4.279.386	524.182	242.910	225.305	5.271.783
SET92	4.420.909	517.290	247.050	218.419	5.403.668
OUT92	3.892.543	490.733	249.047	218.636	4.850.959
NOV92	4.363.117	539.170	237.950	263.571	5.403.808
DEZ92	4.199.852	526.819	246.173	208.748	5.181.592
JAN93	4.350.948	502.261	209.863	175.582	5.238.654
FEV93	4.280.146	487.038	194.022	202.969	5.164.175
MAR93	4.502.414	526.680	217.170	225.501	5.471.765
ABR93	4.559.091	545.679	206.001	227.958	5.538.729
MAI93	4.284.722	526.534	192.453	249.473	5.253.182
JUN93	4.201.172	510.241	171.171	230.244	5.112.828
JUL93	4.285.721	505.353	180.302	214.368	5.185.744
AGO93	4.348.111	528.888	167.792	218.496	5.263.287
SET93	4.418.497	528.282	182.155	247.661	5.376.595
OUT93	4.605.237	529.199	174.780	236.221	5.545.437
NOV93	4.861.748	557.087	181.769	267.970	5.868.574
DEZ93	4.728.848	560.790	176.328	255.864	5.721.830
JAN94	4.365.043	521.119	172.506	231.629	5.290.297
FEV94	4.693.042	542.983	156.562	220.083	5.612.670
MAR94	4.290.114	544.457	171.918	245.791	5.252.280
ABR94	4.542.000	554.747	172.493	258.692	5.527.932
MAI94	4.409.240	528.057	177.465	235.023	5.349.785
JUN94	4.317.558	540.403	159.768	307.391	5.325.120
JUL94	4.443.307	529.472	164.295	245.208	5.382.282

FONTE: SANASA, 1994

**Anexo IIIB: Particip. Relativa de Cada Setor no Consumo Total de Água (%).**

Mês/Ano	Residencial	Comercial	Industrial	Público	Total
JAN91	79,55	10,95	5,54	3,95	100,00
FEV91	79,51	11,36	4,83	4,30	100,00
MAR91	78,54	10,94	5,20	5,31	100,00
ABR91	78,54	10,94	5,20	5,31	100,00
MAI91	78,15	11,71	5,63	4,51	100,00
JUN91	78,54	10,94	5,20	5,31	100,00
JUL91	78,54	10,94	5,20	5,31	100,00
AGO91	78,54	10,94	5,20	5,31	100,00
SET91	78,54	10,94	5,20	5,31	100,00
OUT91	78,54	10,94	5,20	5,31	100,00
NOV91	78,54	10,94	5,20	5,31	100,00
DEZ91	78,54	10,94	5,20	5,31	100,00
JAN92	82,33	9,30	4,86	3,51	100,00
FEV92	80,25	9,51	5,94	4,30	100,00
MAR92	78,74	10,03	5,34	5,89	100,00
ABR92	81,23	9,69	4,66	4,42	100,00
MAI92	80,18	10,36	5,30	4,16	100,00
JUN92	82,06	8,85	4,89	4,20	100,00
JUL92	81,12	10,21	4,56	4,11	100,00
AGO92	81,18	9,94	4,61	4,27	100,00
SET92	81,81	9,57	4,57	4,04	100,00
OUT92	80,24	10,12	5,13	4,51	100,00
NOV92	80,74	9,98	4,40	4,88	100,00
DEZ92	81,05	10,17	4,75	4,03	100,00
JAN93	83,05	9,59	4,01	3,35	100,00
FEV93	82,88	9,43	3,76	3,93	100,00
MAR93	82,28	9,63	3,97	4,12	100,00
ABR93	82,31	9,85	3,72	4,12	100,00
MAI93	81,56	10,02	3,66	4,75	100,00
JUN93	82,17	9,98	3,35	4,50	100,00
JUL93	82,64	9,75	3,48	4,13	100,00
AGO93	82,61	10,05	3,19	4,15	100,00
SET93	82,18	9,83	3,39	4,61	100,00
OUT93	83,05	9,54	3,15	4,26	100,00
NOV93	82,84	9,49	3,10	4,57	100,00
DEZ93	82,65	9,80	3,08	4,47	100,00
JAN94	82,51	9,85	3,26	4,38	100,00
FEV94	83,62	9,67	2,79	3,92	100,00
MAR94	81,68	10,37	3,27	4,68	100,00
ABR94	82,16	10,04	3,12	4,68	100,00
MAI94	82,42	9,87	3,32	4,39	100,00
JUN94	81,08	10,15	3,00	5,77	100,00
JUL94	82,55	9,84	3,05	4,56	100,00

FONTE: SANASA, 1994

**Anexo III: Número de Consumidores de Água - Município de Campinas.**

Mês/Ano	Residencial	Comercial	Industrial	Público	Total
JAN91	216.282	22.027	900	1.504	240.713
FEV91	216.967	22.097	903	1.509	241.476
MAR91	218.049	22.207	907	1.516	242.679
ABR91	218.936	22.298	911	1.523	243.668
MAI91	219.507	22.356	913	1.527	244.303
JUN91	219.887	22.394	915	1.529	244.725
JUL91	220.590	22.466	918	1.534	245.508
AGO91	221.727	22.582	923	1.542	246.774
SET91	222.367	22.467	925	1.546	247.305
OUT91	223.336	22.746	929	1.553	248.564
NOV91	223.576	22.770	930	1.555	248.831
DEZ91	224.278	22.842	933	1.560	249.613
JAN92	225.089	22.254	877	1.520	249.740
FEV92	225.691	22.231	877	1.523	250.322
MAR92	226.665	22.070	869	1.526	251.130
ABR92	227.817	22.218	869	1.536	252.440
MAI92	228.733	22.273	869	1.531	253.406
JUN92	229.173	22.174	869	1.553	253.769
JUL92	229.349	22.147	856	1.554	253.906
AGO92	230.016	22.300	809	1.572	254.697
SET92	230.585	22.327	803	1.572	255.287
OUT92	231.237	22.277	788	1.573	255.875
NOV92	231.450	22.424	773	1.651	256.298
DEZ92	232.611	22.603	759	1.589	257.562
JAN93	233.438	22.585	751	1.597	258.371
FEV93	233.896	22.661	743	1.607	258.907
MAR93	234.678	22.710	737	1.589	259.714
ABR93	235.251	22.791	728	1.592	260.362
MAI93	236.111	22.981	723	1.598	261.413
JUN93	236.816	23.100	700	1.606	262.222
JUL93	237.775	23.135	695	1.633	263.238
AGO93	238.175	23.209	678	1.640	263.702
SET93	236.990	23.279	672	1.644	262.585
OUT93	240.395	23.234	636	1.633	265.898
NOV93	240.670	23.468	555	1.636	266.329
DEZ93	241.643	23.594	551	1.638	267.426
JAN94	242.054	23.649	547	1.640	267.890
FEV94	242.985	23.794	543	1.656	268.978
MAR94	244.178	23.809	537	1.655	270.179
ABR94	245.728	24.086	539	1.659	272.012
MAI94	246.209	24.141	539	1.665	272.554
JUN94	247.145	24.169	539	1.672	273.525
JUL94	248.137	24.274	539	1.666	274.616

FONTE: SANASA, 1994

**Anexo IIIID: Particip. Relativa de Cada Setor no Total de Consumidores de Água (%).**

Mês/Ano	Residencial	Comercial	Industrial	Público	
JAN91	89,85	9,15	0,37	0,62	100,00
FEV91	89,85	9,15	0,37	0,62	100,00
MAR91	89,85	9,15	0,37	0,62	100,00
ABR91	89,85	9,15	0,37	0,63	100,00
MAI91	89,85	9,15	0,37	0,63	100,00
JUN91	89,85	9,15	0,37	0,62	100,00
JUL91	89,85	9,15	0,37	0,62	100,00
AGO91	89,85	9,15	0,37	0,62	100,00
SET91	89,92	9,08	0,37	0,63	100,00
OUT91	89,85	9,15	0,37	0,62	100,00
NOV91	89,85	9,15	0,37	0,62	100,00
DEZ91	89,85	9,15	0,37	0,62	100,00
JAN92	90,13	8,91	0,35	0,61	100,00
FEV92	90,16	8,88	0,35	0,61	100,00
MAR92	90,26	8,79	0,35	0,61	100,00
ABR92	90,25	8,80	0,34	0,61	100,00
MAI92	90,26	8,79	0,34	0,60	100,00
JUN92	90,31	8,74	0,34	0,61	100,00
JUL92	90,33	8,72	0,34	0,61	100,00
AGO92	90,31	8,76	0,32	0,62	100,00
SET92	90,32	8,75	0,31	0,62	100,00
OUT92	90,37	8,71	0,31	0,61	100,00
NOV92	90,31	8,75	0,30	0,64	100,00
DEZ92	90,31	8,78	0,29	0,62	100,00
JAN93	90,35	8,74	0,29	0,62	100,00
FEV93	90,34	8,75	0,29	0,62	100,00
MAR93	90,36	8,74	0,28	0,61	100,00
ABR93	90,36	8,75	0,28	0,61	100,00
MAI93	90,32	8,79	0,28	0,61	100,00
JUN93	90,31	8,81	0,27	0,61	100,00
JUL93	90,33	8,79	0,26	0,62	100,00
AGO93	90,32	8,80	0,26	0,62	100,00
SET93	90,25	8,87	0,26	0,63	100,00
OUT93	90,41	8,74	0,24	0,61	100,00
NOV93	90,37	8,81	0,21	0,61	100,00
DEZ93	90,36	8,82	0,21	0,61	100,00
JAN94	90,36	8,83	0,20	0,61	100,00
FEV94	90,34	8,85	0,20	0,62	100,00
MAR94	90,38	8,81	0,20	0,61	100,00
ABR94	90,34	8,85	0,20	0,61	100,00
MAI94	90,33	8,86	0,20	0,61	100,00
JUN94	90,36	8,84	0,20	0,61	100,00
JUL94	90,36	8,84	0,20	0,61	100,00

FONTE: SANASA, 1994

**Anexo IIIE: Consumo Específico de Água por Setor de Atividade (m3/Cons.Mês).**

Mês/Ano	Residencial	Comercial	Industrial	Público	Total
JAN91	20,63	27,89	345,40	147,46	23,30
FEV91	19,50	27,35	284,36	151,73	22,04
MAR91	19,20	26,26	305,76	186,82	21,96
ABR91	18,54	25,36	295,16	180,31	21,21
MAI91	17,28	25,41	299,13	143,37	19,86
JUN91	17,66	24,16	281,12	171,81	20,20
JUL91	17,52	23,96	278,83	170,41	20,04
AGO91	18,34	25,09	291,89	178,43	20,98
SET91	20,06	27,66	319,41	195,17	22,96
OUT91	19,23	26,30	306,16	187,04	21,99
NOV91	20,08	27,47	319,77	195,31	22,97
DEZ91	18,99	25,98	302,42	184,72	21,73
JAN92	20,01	22,87	302,92	126,31	21,90
FEV92	17,65	21,24	336,39	140,25	19,83
MAR92	18,14	23,73	320,86	201,55	20,80
ABR92	18,94	23,16	285,09	152,77	21,05
MAI92	17,59	23,34	305,73	136,37	19,80
JUN92	16,53	18,43	259,67	124,87	18,19
JUL92	18,50	24,11	278,91	138,45	20,60
AGO92	18,60	23,51	300,26	143,32	20,70
SET92	19,17	23,17	307,66	138,94	21,17
OUT92	16,83	22,03	316,05	138,99	18,96
NOV92	18,85	24,04	307,83	159,64	21,08
DEZ92	18,06	23,31	324,34	131,37	20,12
JAN93	18,64	22,24	279,44	109,94	20,28
FEV93	18,30	21,49	261,13	126,30	19,95
MAR93	19,19	23,19	294,67	141,91	21,07
ABR93	19,38	23,94	282,97	143,19	21,27
MAI93	18,15	22,91	266,19	156,12	20,10
JUN93	17,74	22,09	244,53	143,36	19,50
JUL93	18,02	21,84	259,43	131,27	19,70
AGO93	18,26	22,79	247,48	133,23	19,96
SET93	18,64	22,69	271,06	150,65	20,48
OUT93	19,16	22,78	274,81	144,65	20,86
NOV93	20,20	23,74	327,51	163,80	22,04
DEZ93	19,57	23,77	320,01	156,21	21,40
JAN94	18,03	22,04	315,37	141,24	19,75
FEV94	19,31	22,82	288,33	132,90	20,87
MAR94	17,57	22,87	320,15	148,51	19,44
ABR94	18,48	23,03	320,02	155,93	20,32
MAI94	17,91	21,87	329,25	141,15	19,63
JUN94	17,47	22,36	296,42	183,85	19,47
JUL94	17,91	21,81	304,81	147,18	19,60

FONTE: SANASA, 1994

**Anexo IVA: Consumo de Energia Elétrica (MWh) por Setor - Município de Campinas.**

Mês/Ano	Residencial	Comercial	Industrial	Público	Total
JAN91	51.285	27.860	65.337	20.896	165.378
FEV91	55.473	29.610	73.767	28.234	187.084
MAR91	55.460	30.753	64.563	28.746	179.522
ABR91	50.243	26.820	55.622	23.869	156.554
MAI91	53.320	29.773	81.642	26.538	191.273
JUN91	51.122	28.817	78.468	25.211	183.618
JUL91	46.359	24.933	69.800	22.618	163.710
AGO91	49.417	27.023	74.818	23.675	174.933
SET91	52.475	29.113	79.836	24.732	186.156
OUT91	55.156	27.625	79.198	24.449	186.428
NOV91	51.613	28.371	80.548	24.743	185.275
DEZ91	54.812	31.705	85.948	27.727	200.192
JAN92	53.074	27.206	81.419	24.720	186.419
FEV92	52.346	27.760	72.195	27.043	179.344
MAR92	56.627	30.433	87.868	26.641	201.569
ABR92	51.031	26.818	88.859	24.805	191.513
MAI92	54.110	27.868	80.163	27.060	189.201
JUN92	55.275	28.691	85.954	26.742	196.662
JUL92	54.093	25.205	82.532	23.361	185.191
AGO92	54.622	27.169	81.396	26.838	190.025
SET92	56.333	28.608	87.830	26.735	199.506
OUT92	53.165	25.836	91.546	24.831	195.378
NOV92	54.702	27.876	88.122	28.139	198.839
DEZ92	56.280	28.941	90.799	27.807	203.827
JAN93	54.389	26.997	89.072	24.508	194.966
FEV93	58.608	28.154	85.822	27.467	200.051
MAR93	55.749	29.273	87.536	29.431	201.989
ABR93	55.448	27.541	89.481	26.150	198.620
MAI93	55.037	28.328	82.779	29.770	195.914
JUN93	57.366	30.055	85.519	26.663	199.603
JUL93	54.580	29.683	84.504	26.455	195.222
AGO93	55.476	30.181	82.654	27.715	196.026
SET93	59.494	32.653	82.395	27.944	202.486
OUT93	54.586	30.563	81.633	26.007	192.789
NOV93	50.909	28.187	76.429	23.783	179.308
DEZ93	58.985	33.435	83.130	26.871	202.421
JAN94	57.771	32.840	80.717	22.094	193.422
FEV94	50.852	29.707	79.159	19.577	179.295
MAR94	56.007	32.403	85.175	20.234	193.819
ABR94	59.071	32.575	88.817	21.810	202.273
MAI94	57.703	32.097	81.689	21.304	192.793
JUN94	59.271	31.486	93.103	20.889	204.749
JUL94	58.710	29.757	90.796	21.580	200.843

FONTE: CPFL

**Anexo IVB: Participação Relativa de Cada Setor no Consumo Final de Eletricidade (%).**

Mês/Ano	Residencial	Comercial	Industrial	Público	Total
JAN91	31,01	16,85	39,51	12,64	100,00
FEV91	29,65	15,83	39,43	15,09	100,00
MAR91	30,89	17,13	35,96	16,01	100,00
ABR91	32,09	17,13	35,53	15,25	100,00
MAI91	27,88	15,57	42,68	13,87	100,00
JUN91	27,84	15,69	42,73	13,73	100,00
JUL91	28,32	15,23	42,64	13,82	100,00
AGO91	28,25	15,45	42,77	13,53	100,00
SET91	28,19	15,64	42,89	13,29	100,00
OUT91	29,59	14,82	42,48	13,11	100,00
NOV91	27,86	15,31	43,47	13,35	100,00
DEZ91	27,38	15,84	42,93	13,85	100,00
JAN92	28,47	14,59	43,68	13,26	100,00
FEV92	29,19	15,48	40,26	15,08	100,00
MAR92	28,09	15,10	43,59	13,22	100,00
ABR92	26,65	14,00	46,40	12,95	100,00
MAI92	28,60	14,73	42,37	14,30	100,00
JUN92	28,11	14,59	43,71	13,60	100,00
JUL92	29,21	13,61	44,57	12,61	100,00
AGO92	28,74	14,30	42,83	14,12	100,00
SET92	28,24	14,34	44,02	13,40	100,00
OUT92	27,21	13,22	46,86	12,71	100,00
NOV92	27,51	14,02	44,32	14,15	100,00
DEZ92	27,61	14,20	44,55	13,64	100,00
JAN93	27,90	13,85	45,69	12,57	100,00
FEV93	29,30	14,07	42,90	13,73	100,00
MAR93	27,60	14,49	43,34	14,57	100,00
ABR93	27,92	13,87	45,05	13,17	100,00
MAI93	28,09	14,46	42,25	15,20	100,00
JUN93	28,74	15,06	42,84	13,36	100,00
JUL93	27,96	15,20	43,29	13,55	100,00
AGO93	28,30	15,40	42,16	14,14	100,00
SET93	29,38	16,13	40,69	13,80	100,00
OUT93	28,31	15,85	42,34	13,49	100,00
NOV93	28,39	15,72	42,62	13,26	100,00
DEZ93	29,14	16,52	41,07	13,27	100,00
JAN94	29,87	16,98	41,73	11,42	100,00
FEV94	28,36	16,57	44,15	10,92	100,00
MAR94	28,90	16,72	43,95	10,44	100,00
ABR94	29,20	16,10	43,91	10,78	100,00
MAI94	29,93	16,65	42,37	11,05	100,00
JUN94	28,95	15,38	45,47	10,20	100,00
JUL94	29,23	14,82	45,21	10,74	100,00

FONTE: CPFL

**Anexo IVC: Número de Consumidores de Energia Elétrica - Município de Campinas.**

Mês/Ano	Residencial	Comercial	Industrial	Público	Total
JAN91	229.223	21.146	4.960	1.401	256.730
FEV91	229.956	21.165	4.964	1.400	257.485
MAR91	229.724	21.105	4.962	1.383	257.174
ABR91	230.714	21.259	4.978	1.411	258.362
MAI91	231.371	21.389	5.001	1.403	259.164
JUN91	231.987	21.460	5.038	1.400	259.885
JUL91	232.579	21.531	5.080	1.404	260.594
AGO91	233.215	21.623	5.159	1.400	261.397
SET91	233.883	21.689	5.209	1.417	262.198
OUT91	234.515	21.813	5.267	1.431	263.026
NOV91	235.188	21.870	5.325	1.422	263.805
DEZ91	235.703	21.920	5.361	1.431	264.415
JAN92	236.591	21.979	5.399	1.437	265.406
FEV92	237.130	21.989	5.447	1.443	266.009
MAR92	237.767	22.014	5.373	1.447	266.600
ABR92	238.403	22.039	5.298	1.451	267.191
MAI92	239.361	22.144	5.295	1.450	268.250
JUN92	240.461	22.273	5.251	1.455	269.440
JUL92	241.418	22.376	5.290	1.462	270.546
AGO92	242.237	22.380	5.298	1.457	271.372
SET92	242.808	22.450	5.288	1.468	272.014
OUT92	243.691	22.490	5.284	1.487	272.952
NOV92	242.997	22.528	5.295	1.481	272.301
DEZ92	245.478	22.588	5.281	1.480	274.827
JAN93	247.278	22.673	5.259	1.488	276.698
FEV93	247.815	22.721	5.260	1.502	277.298
MAR93	248.514	22.782	5.309	1.495	278.100
ABR93	249.587	22.906	5.357	1.492	279.342
MAI93	250.167	22.972	5.403	1.495	280.037
JUN93	251.160	23.101	5.459	1.492	281.212
JUL93	251.981	23.188	5.519	1.519	282.207
AGO93	252.995	23.290	5.552	1.533	283.370
SET93	253.720	23.407	5.621	1.566	284.314
OUT93	254.479	23.497	5.668	1.520	285.164
NOV93	255.658	23.604	5.721	1.521	286.504
DEZ93	257.432	23.692	5.763	1.520	288.407
JAN94	258.878	23.777	5.820	1.545	290.020
FEV94	259.945	23.818	5.845	1.543	291.151
MAR94	260.845	23.838	5.865	1.542	292.090
ABR94	261.650	23.894	5.878	1.549	292.971
MAI94	262.677	24.025	5.874	1.540	294.116
JUN94	263.519	24.093	5.934	1.543	295.089
JUL94	264.817	24.205	5.967	1.545	296.534

FONTE: CPFL

**Anexo IV D: Partic. Relativa de Cada Setor no Total de Consumid. de Eletricidade (%).**

Mês/Ano	Residencial	Comercial	Industrial	Público	Total
JAN91	89,29	8,24	1,93	0,55	100,00
FEV91	89,31	8,22	1,93	0,54	100,00
MAR91	89,33	8,21	1,93	0,54	100,00
ABR91	89,30	8,23	1,93	0,55	100,00
MAI91	89,28	8,25	1,93	0,54	100,00
JUN91	89,27	8,26	1,94	0,54	100,00
JUL91	89,25	8,26	1,95	0,54	100,00
AGO91	89,22	8,27	1,97	0,54	100,00
SET91	89,20	8,27	1,99	0,54	100,00
OUT91	89,16	8,29	2,00	0,54	100,00
NOV91	89,15	8,29	2,02	0,54	100,00
DEZ91	89,14	8,29	2,03	0,54	100,00
JAN92	89,14	8,28	2,03	0,54	100,00
FEV92	89,14	8,27	2,05	0,54	100,00
MAR92	89,18	8,26	2,02	0,54	100,00
ABR92	89,23	8,25	1,98	0,54	100,00
MAI92	89,23	8,25	1,97	0,54	100,00
JUN92	89,24	8,27	1,95	0,54	100,00
JUL92	89,23	8,27	1,96	0,54	100,00
AGO92	89,26	8,25	1,95	0,54	100,00
SET92	89,26	8,25	1,94	0,54	100,00
OUT92	89,28	8,24	1,94	0,54	100,00
NOV92	89,24	8,27	1,94	0,54	100,00
DEZ92	89,32	8,22	1,92	0,54	100,00
JAN93	89,37	8,19	1,90	0,54	100,00
FEV93	89,37	8,19	1,90	0,54	100,00
MAR93	89,36	8,19	1,91	0,54	100,00
ABR93	89,35	8,20	1,92	0,53	100,00
MAI93	89,33	8,20	1,93	0,53	100,00
JUN93	89,31	8,21	1,94	0,53	100,00
JUL93	89,29	8,22	1,96	0,54	100,00
AGO93	89,28	8,22	1,96	0,54	100,00
SET93	89,24	8,23	1,98	0,55	100,00
OUT93	89,24	8,24	1,99	0,53	100,00
NOV93	89,23	8,24	2,00	0,53	100,00
DEZ93	89,26	8,21	2,00	0,53	100,00
JAN94	89,26	8,20	2,01	0,53	100,00
FEV94	89,28	8,18	2,01	0,53	100,00
MAR94	89,30	8,16	2,01	0,53	100,00
ABR94	89,31	8,16	2,01	0,53	100,00
MAI94	89,31	8,17	2,00	0,52	100,00
JUN94	89,30	8,16	2,01	0,52	100,00
JUL94	89,30	8,16	2,01	0,52	100,00

FONTE: CPFL

**Anexo IVE: Consumo Específico de Energia Elétrica por Setor (kWh/Cons.Mês).**

Mês/Ano	Residencial	Comercial	Industrial	Público	Total
JAN91	224	1.318	13.173	14.915	644
FEV91	241	1.399	14.860	20.167	727
MAR91	241	1.457	13.011	20.785	698
ABR91	218	1.262	11.174	16.916	606
MAI91	230	1.392	16.325	18.915	738
JUN91	220	1.343	15.575	18.008	707
JUL91	199	1.158	13.740	16.110	628
AGO91	212	1.250	14.502	16.911	669
SET91	224	1.342	15.327	17.454	710
OUT91	235	1.266	15.037	17.085	709
NOV91	219	1.297	15.126	17.400	702
DEZ91	233	1.446	16.032	19.376	757
JAN92	224	1.238	15.080	17.203	702
FEV92	221	1.262	13.254	18.741	674
MAR92	238	1.382	16.355	18.411	756
ABR92	214	1.217	16.772	17.095	717
MAI92	226	1.258	15.139	18.662	705
JUN92	230	1.288	16.369	18.379	730
JUL92	224	1.126	15.602	15.979	685
AGO92	225	1.214	15.364	18.420	700
SET92	232	1.274	16.609	18.212	733
OUT92	218	1.149	17.325	16.699	716
NOV92	225	1.237	16.642	19.000	730
DEZ92	229	1.281	17.194	18.789	742
JAN93	220	1.191	16.937	16.470	705
FEV93	236	1.239	16.316	18.287	721
MAR93	224	1.285	16.488	19.686	726
ABR93	222	1.202	16.704	17.527	711
MAI93	220	1.233	15.321	19.913	700
JUN93	228	1.301	15.666	17.871	710
JUL93	217	1.280	15.311	17.416	692
AGO93	219	1.296	14.887	18.079	692
SET93	234	1.395	14.658	17.844	712
OUT93	215	1.301	14.402	17.110	676
NOV93	199	1.194	13.359	15.636	626
DEZ93	229	1.411	14.425	17.678	702
JAN94	223	1.381	13.869	14.300	667
FEV94	196	1.247	13.543	12.688	616
MAR94	215	1.359	14.523	13.122	664
ABR94	226	1.363	15.110	14.080	690
MAI94	220	1.336	13.907	13.834	655
JUN94	225	1.307	15.690	13.538	694
JUL94	222	1.229	15.216	13.968	677

FONTE: CPFL

**Anexo V: Dados Climáticos, Relativos ao Município de Campinas.**

Mês/Ano	Temperatura Média das Máximas (°C)	Insolação Horas de Sol (h/dia)	Precipitação (mm)
JAN91	24,48	6,70	406
FEV91	24,57	6,80	243
MAR91	23,45	4,50	348
ABR91	22,55	7,40	135
MAI91	20,83	8,30	96
JUN91	19,70	7,20	32
JUL91	18,44	8,30	16
AGO91	21,09	8,30	3
SET91	21,56	7,20	47
OUT91	23,12	7,20	91
NOV91	24,46	8,60	104
DEZ91	24,75	6,00	198
JAN92	24,90	6,60	105
FEV92	24,81	6,70	81
MAR92	24,18	5,30	152
ABR92	22,53	7,00	42
MAI92	21,32	6,40	82
JUN92	20,72	7,40	0
JUL92	18,24	7,10	26
AGO92	19,25	6,50	14
SET92	20,08	4,70	91
OUT92	22,36	6,40	230
NOV92	22,72	6,60	203
DEZ92	23,37	8,10	137
JAN93	24,56	6,60	204
FEV93	23,12	5,60	341
MAR93	24,09	3,90	123
ABR93	22,90	6,80	85
MAI93	19,99	8,40	101
JUN93	18,06	7,10	42
JUL93	19,46	7,00	12
AGO93	18,23	7,60	38
SET93	20,86	7,30	129
OUT93	23,10	4,80	67
NOV93	25,13	7,30	106
DEZ93	24,29	8,50	201
Média	22,15	6,84	120

FONTE: I.A.C., 1994.