

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
Programa de Pós Graduação em Engenharia Urbana**

JOÃO BATISTA DA SILVA

**MODELAGEM DA DEMANDA DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO
PARA A CIDADE DE PIRASSUNUNGA - SP.**

**SÃO CARLOS
Maio - 2019**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
Programa de Pós Graduação em Engenharia Urbana

JOÃO BATISTA DA SILVA

**MODELAGEM DA DEMANDA DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO
PARA A CIDADE DE PIRASSUNUNGA - SP.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia da Universidade Federal de São Carlos como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana.

Orientador: Prof. Dr. Ademir Paceli Barbassa

SÃO CARLOS
Maio - 2019



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
 CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
 Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana
 C. P. 676 – 13.560-970 – São Carlos – SP
 Fone/FAX: (16) 3351-8295
 e-mail: ppgeu@power.ufscar.br
 home-page: www.ufscar.br/~ppgeu



FOLHA DE APROVAÇÃO

JOÃO BATISTA DA SILVA

Dissertação defendida e aprovada em 05/05/2005
 pela Comissão Julgadora

Prof. Dr. Ademir Paceli Barbassa
 Orientador (DECiv/UFSCar)

Prof.ª Dr.ª Luisa Fernanda Ribeiro Reis
 (SHS- EESC/USP)

Francisco Antonio Rojas Rojas
 (DEs/UFSCar)

Prof. Dr. Bernardo Arantes do Nascimento Teixeira
 Presidente da CPG-EU

SUMÁRIO

Sumário.....	IV
Lista de figuras	VI
Lista de tabelas	VIII
Lista de equações.....	X
Resumo	XI
Abstrat	XII
1.0. Introdução e objetivo.....	1
2.0. Revisão bibliográfica.....	4
2.1. Saneamento no Brasil	4
2.1.1. Saneamento e saúde	8
2.1.2. A água.....	11
2.1.3. Classificação das águas.....	18
2.1.4. Escassez da água.....	21
2.1.5. Fatores que afetam o consumo.....	22
2.1.6. Estimativa do consumo.....	26
2.1.7. Redução no consumo de água.....	37
2.2. Métodos e modelo utilizados para cálculo da demanda de água.....	39
3.0. Materiais e Métodos.....	49
3.1. Levantamento de campo.....	49
3.2. Métodos e modelo aplicáveis na estimativa do consumo de água em Pirassununga-SP.....	50
3.2.1. Método por ligação.....	50
3.2.2. Método por coeficiente unitário.....	51
3.2.3. Modelo linear por coeficientes múltiplos.....	51
3.3. Das análises gráficas.....	53
4.0. Análise dos resultados.....	54
4.1. Análise gráfica do consumo de água total mensal e consumo por modalidade.....	54
4.2. Análise gráfica do consumo mensal médio de água por ligação.....	58
4.3. Análise gráfica de alguns fatores que podem influenciar no consumo.....	63
4.4. Comparação das análises gráficas sobre o consumo total de água, do consumo por modalidade e do consumo por ligação.....	65
4.5. Aplicação e resultados do método por ligação.....	67
4.6. Aplicação e resultados do método por coeficiente unitário.....	69

4.7. Aplicação e resultados do modelo linear por coeficientes múltiplos.....	72
5.0. Projeção do consumo de água.....	77
6.0. Conclusão.....	80
7.0. Bibliografia.....	83

LISTA DE FIGURAS

Fig.1.1. Saneamento, porcentagem de atendimento por micro região, (IBGE, 2002).....	5
Fig.1.2. Distritos servidos por abastecimento de água e distritos abastecidos com água tratada (IBGE– 2002).....	6
Fig.1.3. Situação de abastecimento de água, volume de água distribuída e volume de água tratada e distribuída em m ³ /dia (IBGE, 2002).....	6
Fig.1.4. Distritos atingidos pelo racionamento de água (IBGE-2002).....	7
Fig.1.5. Distribuição de recursos hídricos nas macrorregiões brasileiras (IBGE,2002).....	8
Fig.1.6. Abastecimento de água nos distritos por tipo de tratamento (IBGE– 2002).....	10
Fig.1.7. Volume de água distribuída por tipo de tratamento (IBGE – 2002).....	11
Fig.1.8. Representação do Ciclo Hidrológico.....	12
Fig.1.9. Consumo de água total mensal em Pirassununga/SP.....	55
Fig.1.10. Consumo de água residencial mensal em Pirassununga/SP.....	55
Fig.1.11. Consumo de água comercial mensal em Pirassununga/SP.....	56
Fig.1.12. Consumo de água industrial mensal em Pirassununga/SP.....	56
Fig.1.13. Consumo de água misto mensal em Pirassununga/SP.....	57
Fig.1.14. Consumo de água médio mensal por ligação (total) em Pirassununga/SP.....	58
Fig.1.15. Consumo de água médio mensal por ligação residencial em Pirassununga/SP.....	59
Fig.1.16. Consumo de água médio mensal por ligação comercial em Pirassununga/SP.....	59
Fig.1.17. Consumo de água médio mensal por ligação industrial em Pirassununga/SP.....	60
Fig.1.18. Consumo de água médio mensal por ligação mista em Pirassununga/SP.....	60
Fig.1.19. Número de ligações residenciais e comerciais em Pirassununga/SP.....	62
Fig.1.20. Número de ligações industriais e comerciais em Pirassununga/SP.....	62
Fig.1.21. Número de ligações mistas em Pirassununga/SP.....	63
Fig.1.22. Preço médio por m ³ de água e esgoto em Pirassununga/SP.....	63
Fig.1.23. Temperatura média mensal em graus Celsius em Pirassununga/SP.....	64

Fig.1.24. Altura precipitada média mensal em “mm” em Pirassununga/SP.....	64
Fig.1.25. Umidade relativa do ar média mensal em (%) em Pirassununga/SP.....	65
Fig.1.26. Consumo médio de água (total) em função do número de ligações em Pirassununga/SP.....	70
Fig.1.27. Consumo médio de água residencial em função do número de ligações em Pirassununga/SP.....	70
Fig.1.28. Consumo médio de água comercial em função do número de ligações em Pirassununga/SP.....	71
Fig.1.29. Consumo médio de água industrial em função do número de ligações em Pirassununga/SP.....	71
Fig.1.30. Consumo médio de água misto em função do número de ligações em Pirassununga/SP.....	72
Fig.1.31. Consumo médio de água residencial calculado pelo modelo de coeficientes múltiplos e consumo médio na cidade de Pirassununga/SP.....	74
Fig.1.32. Verificação da distribuição normal de resíduos.....	74
Fig.1.33. Análise de variabilidade de resíduos.....	75
Fig.1.34. Análise de autocorrelação entre resíduos.....	75
Fig.1.35. Análise de autocorrelação parcial dos resíduos.....	76
Fig.1.36. Previsão de consumo de água por ligação residencial para o ano de 2003.....	79

LISTA DE TABELAS

Tab. 01. Serviços de saneamento verso indicadores sociais mínimos.....	8
Tab. 02. Oferta de consumo de água no mundo.....	15
Tab.03. Classificação de uso e qualidade da água.....	19
Tab. 04. Consumo médio per capita.....	27
Tab.05. Consumo de água em parcelas de consumos específicos.....	27
Tab. 06. Consumo de água médio per capita nos Estados Unidos em L/hab/dia.....	28
Tab. 07. Consumo de água médio per capita constatado no Japão em L/capita/dia.....	28
Tab. 08. Consumo de água médio per capita de água no Brasil em L/hab/dia.....	29
Tab.09. Valores do consumo per capita de água domiciliar desagregado.....	29
Tab.10. Consumo de água em alguns tipos de estabelecimentos comerciais e industriais	29
Tab. 11. Resultados de aplicações de análise linear múltipla, (SABESP, 1983).....	30
Tab. 12. Resultados de consumos específicos, (SABESP, 1983.....	31
Tab. 13. Valor de “S” obtido por tipo de consumidor (SABESP,1983).....	32
Tab.14. Demanda de água por modalidade	33
Tab.15. Desagregação do consumo de água em uma residência em porcentagem.....	33
Tab.16. Valores típicos dos dispositivos residenciais, em (litros).....	34
Tab.17. Média de demanda de água por modalidade institucional.....	34
Tab.18. Valores da demanda de água por modalidade comercial.....	35
Tab.19. Valores da demanda de água por modalidade industrial.....	36
Tab.20. Ranking do consumo médio per capita de água em L/hab/dia em 25 unidades da Federação.....	37
Tab. 21. Consumo de água médio por economia abrangendo todas as modalidades.....	38
Tab.22. Consumo médio per capita em litros/hab./dia (SNIS, 2003).....	38
Tab.23. Tabela com número de ligações, consumo médio por ligação e renda familiar em 24 bairros da cidade de Pirassununga-SP.....	39

Tab. 24. Valores do consumo mensal total e por modalidade para a cidade de Pirassununga/SP., período 1993 a 2002.....	58
Tab. 25. Consumo de água total e por modalidade de 1993 a 2002.....	67
Tab. 26. Ligações de água por modalidades, residencial, comercial, industrial e mista.....	68
Tab. 27. Consumo de água médio mensal por ligação, por modalidade, período de 1993 a 2002.....	68
Tab. 28. Aplicações e resultados do método por coeficientes unitários e respectivas equações.....	69
Tab.29. Valores da análise de significância do modelo de coeficientes múltiplos aplicados no consumo de água na cidade de Pirassununga-SP.....	73
Tab.30. Valores históricos das variáveis ambientais na projeção.....	78
Tab.31. Valores preditos pelo modelo e intervalos de confiança.....	78

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1. Estimativa de consumo.....	26
Equação 2. Somatória dos quadrados dos resíduos SR, comparação entre tabelas 12 e 13 (Berenhauser & Pulici, 1983).....	31
Equação 3. Permite comparação entre as duas estimativas, tabelas 12 e 13 (Berenhauser & Pulici,1983).....	32
Equação 4. Modelo utilizado por (Yamauchi & Huang, 1977), modelo série de tempo....	41
Equação 5. Aplicação de preço marginal na tarifa de água e esgoto, (Billing, 1982).....	46
Equação 6. Método por ligação.....	51
Equação 7. Método por coeficiente unitário.....	51
Equação 8. Modelo linear por coeficientes múltiplos, semelhante ao aplicado por (Billing & Aghte, 1980).....	52
Equação 9. Preço marginal, tarifa (Billing & Aghte, 1982).....	52
Equação 10. Consumo total, tab. 28.....	69
Equação 11. Consumo residencial, tab. 28.....	69
Equação 12. Consumo comercial, tab. 28.....	69
Equação 13. Consumo industrial, tab. 28.....	69
Equação 14. Consumo misto, tab. 28.....	69
Equação 15. Modelo obtido.....	72

RESUMO

Por se tratar de um recurso natural imprescindível à vida animal e vegetal, e sendo considerado um bem finito, a água deve ser utilizada com responsabilidade, visando sua proteção e preservação para que não falte num futuro próximo.

Vários são os fatores que contribuem para sua escassez, compreendendo, desde a falta de uma política conservacionista até a falta de conscientização por parte dos consumidores. A previsão do consumo médio de água baseada em dados históricos, é uma ferramenta importante a ser usada no planejamento, na estimativa do consumo e no direcionamento da gestão do saneamento. Este trabalho tem por objetivo analisar e modelar os dados referentes ao consumo de água urbano na cidade de Pirassununga, Estado de São Paulo, no período de 1993 a 2002. Foram adotadas como variáveis explanatórias: número de habitantes por ligação, preço marginal da água, renda per capita por residência (substituída pela próxi valor adicionado), temperatura, precipitação e umidade relativa o ar. Após tratamento e análise gráfica dos dados foram aplicados o método de consumo por ligação, o método por coeficiente unitário e o modelo linear de coeficientes múltiplos. Embora tenha havido aumento no consumo total de água, verificou-se que o consumo por ligação apresentou queda. O modelo que melhor explicou a função do consumo foi o de coeficientes múltiplos. A maioria, as variáveis explanatórias aplicadas foram significativas e os sinais de seus coeficientes atenderam as expectativas.

ABSTRACT

Because it is a natural resource that is vital to animal and vegetable life, and considered a temporary resource, water must be used with responsibility, aiming at its protection and preservation so there is no lack of it in the near future. There are several factors that contribute to the scarcity of water, ranging from the lack of a conservationist policy to the lack of consumer awareness. Predicting the average water consumption based on historic data is an important tool to be used in the planning, in the estimate of the consumption and in the direction of the sanitation management. The objective of this work is to analyze and model the data on the urban water consumption in the city of Pirassununga, State of São Paulo, from 1993 to 2002. The explanatory variables used were: the number of inhabitants per connection, the marginal water price, the 'per capita' income per household (replaced by the next added value), the temperature, the precipitation and the relative humidity of the air. The method of consumption per connection, the method by unitary coefficient and the linear model of multiples coefficients were applied after the treatment and graphic analysis of the data. Although there was an increase of the total consumption of water, the consumption per connection presented a drop. The model that best explained the consumption function was that of multiple coefficients. Most of the explanatory variables used were significant and their coefficient signs were also the ones expected.

1.0. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

A água é o elemento essencial à vida, portanto, patrimônio de direito não só dos homens, mas sim de todos os seres vivos. Seu papel no desenvolvimento da civilização é reconhecido desde a mais remota antiguidade. É um recurso natural de múltiplos usos, que promove a vida, as paisagens e o lazer, e serve de insumo para produção de inúmeras atividades agrícolas e industriais.

Dados da (UNITED NATIONS EDUCATIONAL SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION UNESCO, 2000) indicam que 97% da água do planeta é salgada, e os 3% restantes são constituídos por água doce. Desta parcela 2% estão concentradas nas geleiras e calotas polares, restando apenas 1% de toda água do planeta para servir a humanidade.

Ainda segundo a (UNESCO, 2000), o Brasil detém aproximadamente 12% dos recursos hídricos superficiais do planeta, porém a disponibilidade das bacias hidrográficas não acompanha a distribuição espacial da população urbana, situação que contribui para grande adversidade, com reflexos nas desigualdades regionais e, conseqüentemente, nas carências dos serviços de saneamento básico no país.

É o que se observa nas bacias com menor densidade populacional, como a Amazônica, a do Tocantins, a do Parnaíba e a do Paraguai, que juntas detêm 83% dos recursos hídricos disponíveis, enquanto que regiões com maior densidade populacional localizadas nas bacias do rio Paraná, e costeiras do Sul e Sudeste, detêm somente 12% dos recursos hídricos e, abrigam uma população de 54% do total, no país. O restante encontra-se distribuído nas regiões norte e nordeste.

Com relação às águas do lençol freático e artesiano, é um potencial extraordinário, porém, além de não estar disponível em todo território nacional, já apresenta sinais de contaminação.

A situação do potencial hídrico superficial é preocupante frente à intensa explosão demográfica, tecnológica, industrial e sócio econômica, visto que, desprovidas de planejamentos adequados, contribui para a exploração dos recursos naturais de forma desordenada e, devastadora.

Nesse período, um fator que contribuiu para aumento da população urbana, foi a migração do homem do campo para os grandes centros, o que concorreu para a ocupação

do solo de forma desordenada, gerando sérios problemas de ordem física, social e ambiental.

Segundo a (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS- ONU, 1999), o consumo de água no mundo triplicou no período entre 1950 e 2000, sendo constatado a sua escassez em vários países, atingindo mais de 230 milhões de habitantes. Os conflitos gerados pelo uso dos recursos hídricos tem sido inevitáveis, levando os usuários à disputa de toda ordem, como na Tunísia, Israel, Jordânia, Líbia, Malta e territórios palestinos, onde os recursos disponíveis são limitados a níveis abaixo de 500 m³/hab/ano, enquanto que a necessidade mínima é estimada em 2000 m³/hab/ano. (FRANÇA, 1998).

Segundo o Banco Mundial, a água para o abastecimento público está se tornando escassa e cara devido à poluição e contaminação dos mananciais, sua captação está se distanciando dos centros urbanos, razão que pela qual exige a implantação de obras e operação com certo grau de sofisticação, tornando-as onerosas. (SALATI et al., 1999).

A oferta da água é variável no tempo e no espaço, podendo ocorrer eventos críticos, tanto excesso como escassez, gerando inúmeros efeitos sobre o consumo, convertendo-se em efeitos danosos à economia. Portanto, faz-se necessário estudo e planejamento para uso da água seguro, para longo prazo, fundamentado em séries de dados históricos precisos, de forma a criar situações minimizadoras relacionadas aos conflitos decorrentes das necessidades, dos recursos disponíveis, das políticas e metas.

A função do planejamento é integrar de forma harmoniosa e eficaz os recursos e esforços, atuando nas interfaces desses componentes de gestão, para atender as demandas. (BAZZANELLA, 2000).

A literatura brasileira deixa lacunas quando se trata de dados relacionados ao consumo de água, principalmente a dados resultantes de medições sistemáticas e seguras, provindas de levantamentos cuidadosos das séries de dados históricos. A falta de memória voltada para os dados históricos sobre o consumo de água, dados climatológicos, dados técnicos e sócioeconômicos, dificultam o desenvolvimento de trabalhos com relevância científica.

Objetivou-se analisar o comportamento do consumo de água na cidade de Pirassununga, Estado de São Paulo, utilizando-se de séries de dados históricos referentes ao período de 1993 a 2002, estimar os efeitos das variáveis sócioeconômicas e climáticas

relacionadas à quantidade de água consumida, aplicando modelos lineares na estimativa da demanda.

Esse trabalho é constituído por sete capítulos, incluindo esta introdução. No segundo capítulo faz-se a revisão bibliográfica, abordando o saneamento, em especial a água para consumo e seus principais aspectos. O terceiro capítulo apresenta materiais e métodos utilizados, bem como as variáveis consideradas no modelo. O quarto capítulo trata da análise dos resultados obtidos através da aplicação dos modelos. O quinto capítulo apresenta a projeção do consumo de água. O sexto capítulo apresenta a conclusão do trabalho e o sétimo capítulo mostra a bibliografia.

2.0. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Saneamento no Brasil

A definição de saneamento segundo a ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE (OMS) compreende: “o controle de todos os fatores do meio físico do homem, que exercem efeito nocivo sobre seu bem-estar físico, mental e social”. Ainda segundo a OMS, saneamento pode ser definido como, “o conjunto de ações que tendem a conservar e melhorar as condições do meio ambiente em benefício da saúde”. Essas definições somadas ao conceito de saúde, que é: “o estado de completo bem-estar físico, mental e social e não apenas a ausência de doença”, entende-se o saneamento como um conjunto de medidas de controle ambiental que tem por objetivo proteger a saúde humana.

Segundo (Di Bernardo et al., 2003), para maior eficiência, o saneamento deve ser tratado de forma integrada, composto pelos seguintes serviços:

- Serviço de Abastecimento de Água;
- Serviço de coleta, tratamento e disposição final de esgoto sanitário;
- Sistema de coleta e disposição final de águas pluviais;
- Serviço de coleta, tratamento e disposição final dos resíduos sólidos;
- Serviço de controle de vetores de doenças transmissíveis.

A carência de dados precisos e confiáveis sobre o saneamento básico no Brasil, esta sendo suprida de forma satisfatória pelas publicações anuais do Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). Analisando os dados apresentados no Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto – SNIS (2002), pode-se traçar o perfil do saneamento básico no Brasil, apresentando a distribuição em porcentagem dos distritos atendidos pelos serviços associados à oferta de saneamento, com exceção do controle de vetores, concentrando em cinco macrorregiões do País, compreendendo Norte, Nordeste, Sudeste, Sul e Centro-Oeste.

Os dados mostram que na última década houve avanços e melhorias na área de saneamento, porém, ainda apresenta sinais de precariedade e ineficiência no trato com determinados serviços, a exemplo: O serviço de abastecimento de água atinge quase que a maioria dos distritos brasileiros, porém muitos deles não atendem os padrões de

potabilidade, por não apresentarem tratamento completo e nem sistema de distribuição de água adequado. O serviço de coleta de esgoto sanitário cobre grande parte dos distritos, porém poucos deles são contemplados com sistema de tratamento, fator que contribui para a poluição dos cursos de água, proporcionando consequências graves à saúde pública. O sistema de coleta e disposição final de águas pluviais, é um dos mais desprezados pelas administrações públicas que, além de não investirem em obras novas, não procedem a manutenção regular dos sistemas já existentes, fato grave porque, além de causar inundações urbanas, contribui para poluição dos cursos d'água e mananciais. Os serviços de coleta de resíduos sólidos urbanos no cenário nacional apresentam bons resultados, porém, a disposição final dos mesmos deixa a desejar, visto que grande número de distritos fazem as deposições em lixões a céu aberto e geralmente em locais inadequados. Nota-se que os piores índices de cobertura em saneamento estão voltados para as regiões pouco desenvolvidas e para os pequenos municípios do País, o que mostra a necessidade de investimento por parte dos órgãos governamentais. A Figura 1.1 mostra a situação do saneamento no Brasil, apresentada em (%) de atendimento por macrorregião.

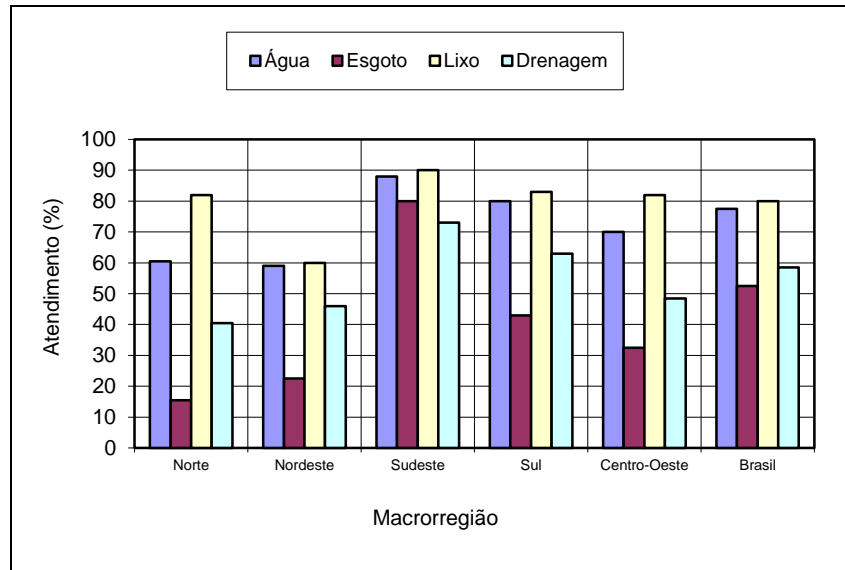


Figura 1.1 Saneamento (%) de atendimento por macrorregião IBGE (2002).

É importante considerar que apesar do serviço de abastecimento de água apresentar atendimento superior a 58% nas regiões brasileiras, esses resultados devem ser minuciosamente analisados, visto não considerarem a qualidade da água. Muitos distritos são abastecidos por águas tratadas de maneira precária, as quais não atendem aos padrões

de potabilidade e até mesmo sem receber qualquer tipo de tratamento, conforme demonstra a Figura 1.2 e 1.3.

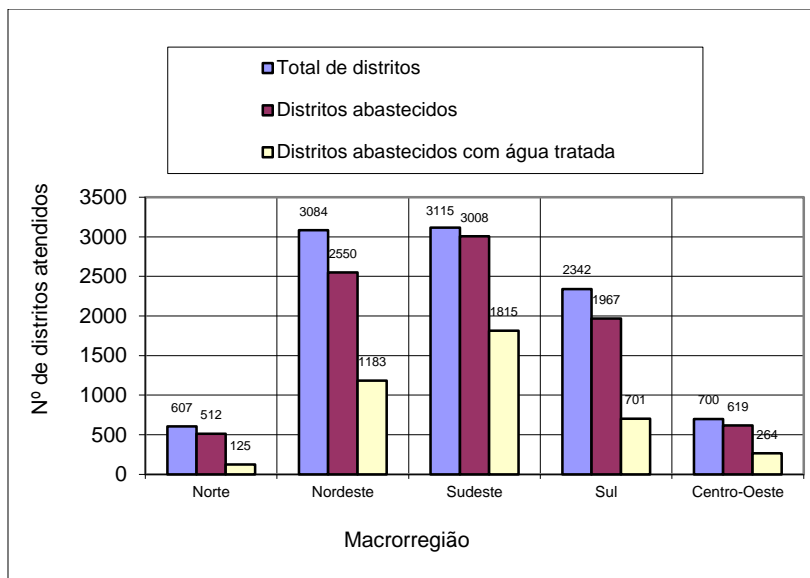


Figura 1.2 Distritos servidos por abastecimento de água e distritos abastecidos com água tratada (IBGE, 2002).

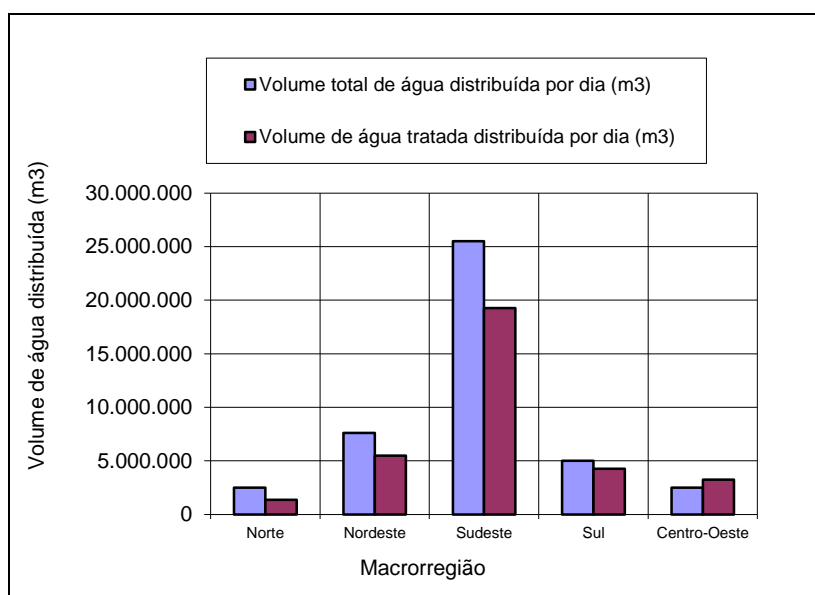


Figura 1.3 Situação do abastecimento de água, volume de água distribuída e volume de água tratada distribuída em m³/dia (IBGE, 2002).

Os padrões de potabilidade não permitem o processo de simples desinfecção em águas provenientes de mananciais superficiais como tratamento. Na figura 1.3 não foram consideradas como tratadas, as águas distribuídas, submetidas apenas a esse tipo de procedimento. O gráfico exclui os distritos abastecidos com águas subterrâneas, devido os sistemas receberem apenas a desinfecção.

Com relação à escassez de água, cita-se a região nordeste, por conviver com um problema crônico e de difícil solução. A seca e a estiagem prolongada agravam a situação, por atingirem diretamente o consumo humano. A falta de mananciais, a ineficiência do tratamento e a necessidade de reservatórios, associados à presença da população flutuante, comprometem a qualidade da água e provocam racionamento na distribuição. Esse quadro é atípico às condições da saúde pública e ao desenvolvimento sócioeconômico. A relação dos distritos constantemente atingidos por racionamento de água de acordo com as causas, é apresentada na Figura 1.4.

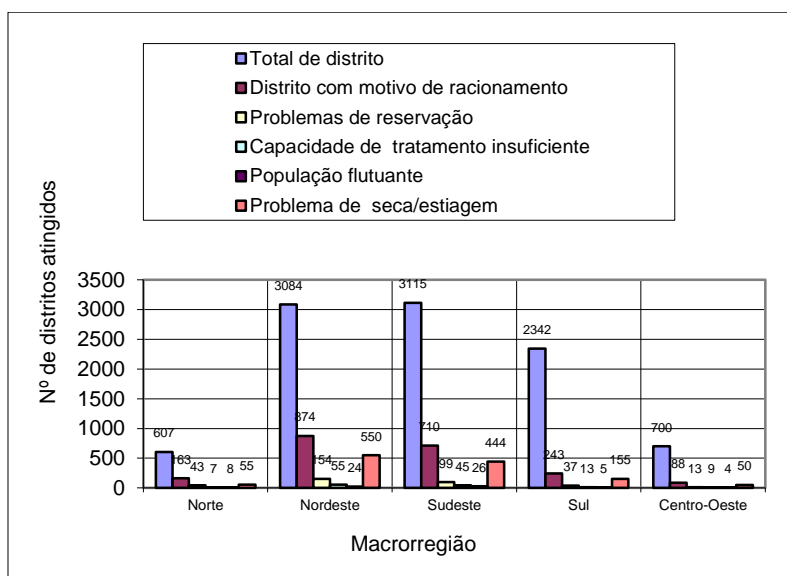


Figura 1.4. Distritos atingidos pelo racionamento de água (IBGE, 2002).

O Brasil é rico em disponibilidade de recursos hídricos, porém estes não são distribuídos de forma equilibrada entre as macrorregiões, o que pode ser observado na Figura 1.5.

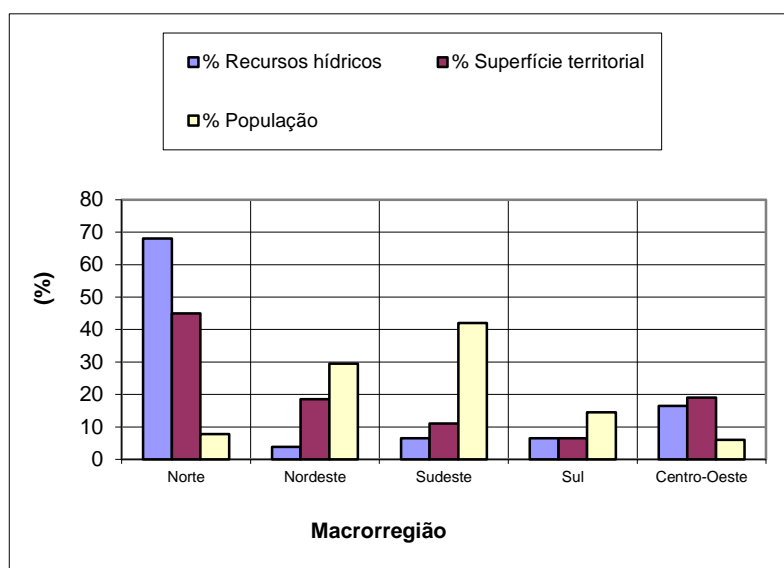


Figura 1.5 Distribuição de recursos hídricos nas macrorregiões brasileiras (IBGE, 2002).

2.1.1. Saneamento e saúde

O serviço de saneamento é imprescindível às condições de saúde e ao bem estar da população. As regiões servidas pelos serviços integrados de saneamento básico propiciam melhores condições de vida à população adulta e minimizam a taxa de mortalidade infantil. Observa-se que nos dados estatísticos apresentados pelo IBGE em 2002 sobre as macrorregiões, destacam-se as regiões Norte e Nordeste como as que apresentam menores índices percentuais em atendimentos pelos serviços de saneamento, porém, apresentam também menor expectativa de vida para a população local e maior taxa de mortalidade infantil, conforme demonstra a Tabela 1.0.

Tabela 1.0. Serviços de saneamento e indicadores sociais.

Macrorregião	Água canalizada e rede geral de Distribuição (%)	Esgoto e fossa séptica (%)	Lixo coletado (%)	Drenagem urbana (%)	Expectativa de vida (%)	Taxa de mortalidade infantil/mil
NORTE	61,1	14,8	81,4	40,4	68,2	32,7
NORDESTE	58,7	22,6	59,7	45,9	65,5	52,8
SUDESTE	87,5	79,6	90,1	72,4	69,4	25,7
SUL	79,5	44,6	83,3	64,2	70,8	22,8
CENTRO-OESTE	70,4	34,7	82,1	48,1	69,1	26,1

Fonte: IBGE/DPE/Departamento de População e Indicadores Sociais. Divisão de Estudos e Análises da Dinâmica Demográfica. Projeto UNFPA/Brasil (BRA/98/P08) – Sistema Integrado de Projeções e Estimativas Populacionais e Indicadores Sóciodemográficos.

O saneamento básico é fundamental à saúde preventiva. A falta de saneamento, em especial do esgotamento sanitário, impõe riscos à população face à exposição direta ou indireta dos despejos de esgotos. Os esgotos lançados de forma inadequada nos cursos d'água sem tratamento prévio ou, contendo carga expressiva de organismos patogênicos excretados por indivíduos infectados, acabam poluindo o meio ambiente. Deve ser levado em conta que mesmo passando por processo de tratamento, existem riscos de contaminação pelo contato direto e indireto com seu efluente. Segundo a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES (2003), o índice de cobertura de coleta de esgoto do País é da ordem de 50%, e apenas 25% é destinado a algum tipo de tratamento, o restante é lançado diretamente nos cursos d'água, ou dispostos em sistemas individuais, que por sua precariedade acabam contaminando as águas superficiais e as águas subterrâneas. O Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor IDEC (2000) estima que no Brasil apenas 10% dos esgotos coletados recebem tratamento adequado antes de serem lançados aos corpos receptores (rios, lagos, baías, praias, etc.). Os dados denotam que, a destinação inadequada desses dejetos implica na imposição de transtorno à grande parte da população e na possibilidade de transmissão de doenças como cólera, hepatite, diarreia, etc. Diante desse fato, pode-se destacar que o alto índice de mortalidade infantil e aproximadamente 60% das internações na rede hospitalar pública, em média nacional é ocasionado por doenças transmitidas através da veiculação hídrica. A saúde pública preventiva, que deveria ser praticada através dos serviços de saneamento é deficitária, principalmente com vistas às doenças características das classes menos favorecidas. As estatísticas voltadas para a saúde pública revelam dados alarmantes, quando apontam que cerca de sete milhões de brasileiros são portadores de esquistossomose, que seiscentas mil pessoas adquirem malária anualmente e, que doenças já erradicadas estão retornando. Observa-se que doenças infecciosas e parasitárias continuam mantendo altos índices de mortalidade infantil. Os dados fornecidos pela FUNASA – Fundação Nacional de Saúde mostram que a nível nacional as doenças decorrentes da falta de saneamento básico mataram mais gente que a AIDS no ano de 1998.

A Portaria 36/GM/90 do Ministério da Saúde define Serviço de Abastecimento Público de Água como um conjunto de atividades, instalações e equipamentos, com a finalidade de

promover o abastecimento de água potável a uma comunidade.

O tratamento de água de abastecimento pode ser definido como o conjunto de processos e operações realizados com a finalidade de adequar as características físico-químicas e biológicas da água bruta, isto é, como é encontrada no curso d'água com padrão organolepticamente agradável e que não ofereça riscos à saúde humana.

O padrão é determinado por órgãos competentes, com base em legislação específica. No Brasil, a qualidade da água para consumo humano é especificada na Portaria 1469 do Ministério da Saúde, vigente desde 2002, que substituiu a Portaria 036 de 1990.

Segundo Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, realizada pelo IBGE (2002), as tecnologias utilizadas nos sistemas de tratamento de água para abastecimento são classificadas como convencional, as quais são dotadas de todas as etapas tradicionais do processo de tratamento como, coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção e, outros processos não convencionais como a filtração direta ascendente e descendente, a dupla filtração, a filtração lenta e por flotação. A simples desinfecção não é mais considerada como tecnologia de tratamento para águas superficiais, podendo ser aplicada apenas em águas brutas subterrâneas que apresentam condições naturais organolepticamente agradáveis e seguras, do ponto de vista sanitário. A distribuição dos tipos de tratamento de água de abastecimento utilizadas nos vários distritos das cinco macrorregiões do País pode ser vista na Figura 1.6.

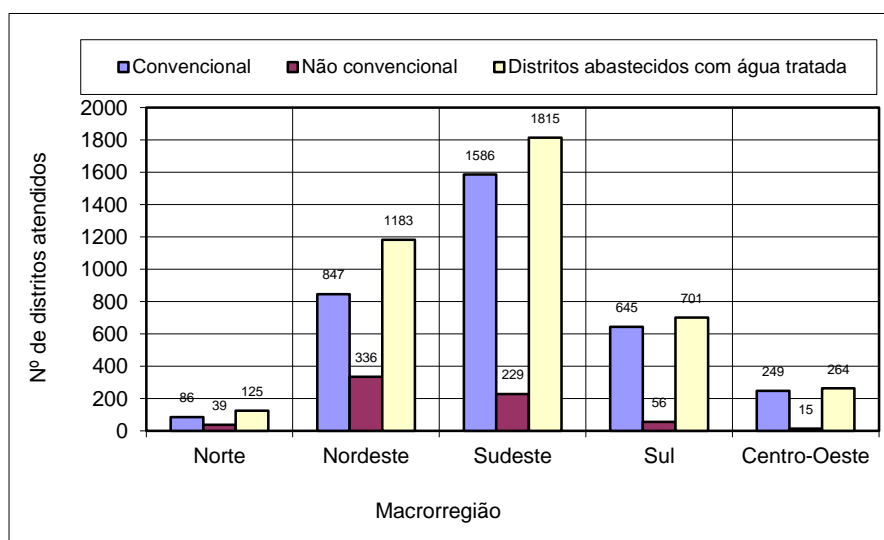


Figura 1.6 Abastecimento de água nos distritos, por tipos de tratamento (IBGE 2002).

Observa-se que o tipo de tratamento de água predominante nos distritos brasileiros segundo a pesquisa, é o convencional, embora os tratamentos não convencionais vem sendo difundidos e utilizados de forma significativa no País. O volume de água distribuída, relativo a cada tipo de tratamento, é apresentado na Figura 1.7.

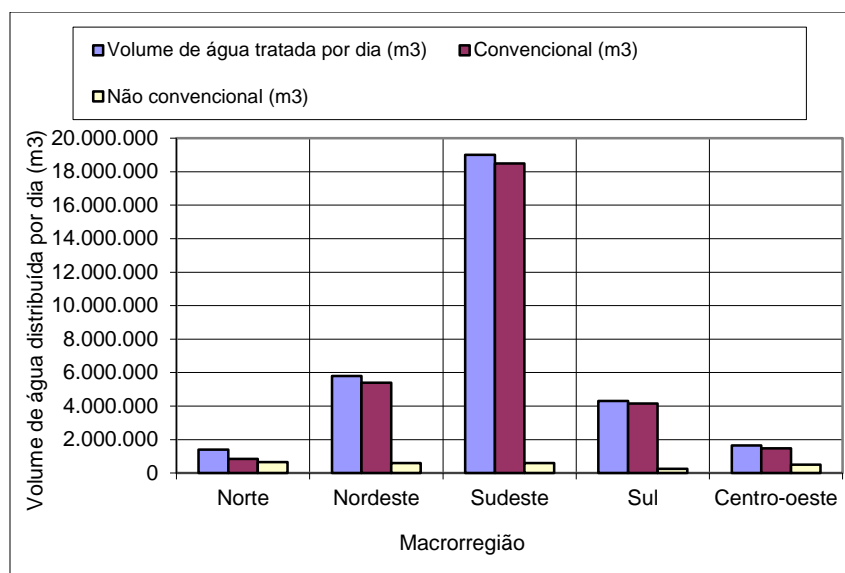


Figura 1.7 Volume de água distribuído por tipo de tratamento IBGE (2002).

Em termos ambientais, pode-se considerar o sistema de tratamento de água como grande poluidor dos corpos de águas receptores, devido o lançamento dos resíduos provenientes da lavagem de filtros e da lavagem de decantadores, quando não equipado com sistema de tratamento de lodo.

2.1.2. A água.

A água é uma substância química simples, essencial à vida, à manutenção dos ecossistemas e ao desenvolvimento humano. Possui capacidade de absorver e trocar calor. Trata-se do solvente universal pela capacidade de dissolver inúmeros componentes e produtos, tais como, sais e minerais. Pode reagir com componentes orgânicos complexos como os aminoácidos e outros. Sua tensão superficial é de vital importância nos diversos processos físicos e biológicos que envolvem estocagem ou movimento. (RUTKOWSKI, 1999).

É reconhecida como recurso natural de uso múltiplo, é indispensável à vida, serve como insumo para produção de inúmeras atividades agrícolas, industriais e usos

hidráulicos. Seu volume cobre três quartos da superfície do planeta, num volume total de 1.386 milhões de Km³, tendo permanecido constante nos últimos 500 milhões de anos. (REBOLÇAS, 1999).

Estima-se que abaixo da superfície terrestre existam cerca de 4 milhões de metros cúbicos de água, permeando o solo e a rocha. Existem ainda cerca de 5.000 Km³ de água na atmosfera, em sua maior parte na forma de vapor (RUTKOWSKI, 1999)

A água é encontrada na hidrosfera de duas formas, parte dela está acumulada em forma de geleiras glaciais e outra parte é composta por água que flui pelo planeta através dos processos físicos de evaporação, transpiração e precipitação. A evaporação ocorre pela absorção de energia luminosa, enquanto que a precipitação libera energia potencial. Esse processo é denominado ciclo hidrológico, fonte de água doce do planeta e de purificação, como pode ser visto na figura 1.8. (RUTKOWSKI, 1999).

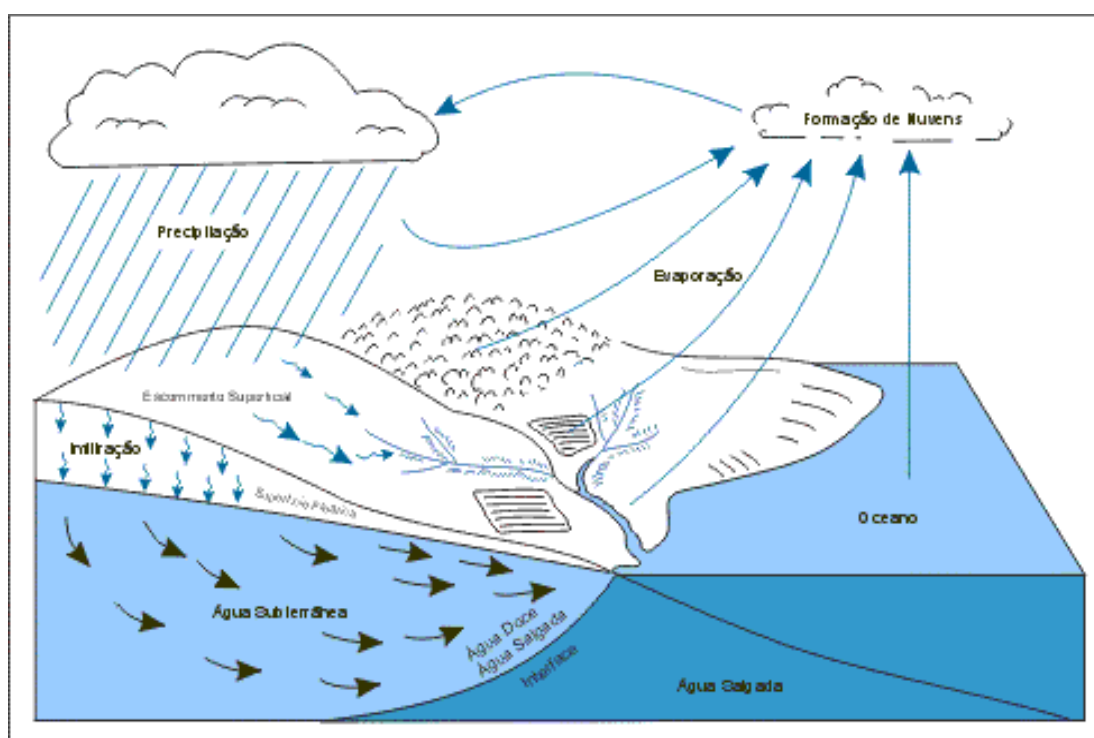


Figura 1.8. Representando o ciclo hidrológico

Fonte: Heat, R. Hidrologia Básica de Águas Subterrâneas. United States Geological Survey Water Supply Paper, (2002).

O potencial hídrico é constituído por quatro dimensões: quantitativa, qualitativa, temporal e espacial (Randall 1987). A quantitativa é medida em volume ou massa e está

relacionada à disponibilidade do recurso. Seu valor está relacionado com a reserva, com a capacidade de renovação e com a facilidade de extração. A qualitativa é consequência de um conjunto de parâmetros biológicos, microbiológicos e visual. A dimensão temporal está relacionada com o fluxo e extração, quanto que a espacial está relacionada com a localização, distância e dificuldade de acesso.

O consumo da água pelo homem varia no tempo, assim como a quantidade demandada. O desenvolvimento urbano tem gerado crescimento na exploração dos recursos hídricos, exigindo uma procura contínua por novas fontes hídricas. As atividades urbanas residencial, comercial, industrial e pública, dependem da existência de água em quantidade suficiente e de qualidade satisfatória para atender suas necessidades no uso direto e indireto (RUTKOWSKI, 1999).

Sendo a água um solvente universal, serve como meio de transporte, a exemplo, sua utilização para evacuação de dejetos humanos e resíduos industriais.

Devido a facilidade de grandes intervenções nos recursos hídricos, o homem tem modificado os sistemas naturais, provocando impactos de três ordens: mudança na superfície da terra, poluição do meio ambiente e, retiradas consutivas (RUTKOWSKI, 1999).

Embora o Brasil detenha 12% de toda a água doce superficial do planeta, sua escassez é notada em algumas regiões, devido à distribuição demográfica das bacias hidrográficas. Observa-se que as bacias com menos densidade populacional como a bacia Amazônica, a do Tocantins, a do Parnaíba e a do Paraguai, detêm 83% dos recursos hídricos disponíveis, enquanto que as regiões mais densas estão localizadas nas bacias dos rios Paraná, costeiras Sul e Sudeste, que representam somente 12% dos recursos hídricos. O restante encontra-se distribuído por outras regiões do País.

O potencial de suprimento de água doce, com relação a quantidade e qualidade, é de fundamental importância na definição do padrão de desenvolvimento de uma região. Dela depende o desenvolvimento da agricultura e o sócioeconômico. Situações como estas deram destaque a algumas civilizações, denominadas de “civilização hidráulica” a exemplo, o antigo Egito, China, Índia e Mesopotâmia, tendo sua ascensão e queda vinculada ao uso da água (DREW, 1986).

O potencial hídrico de águas subterrâneas está estimado em 100 vezes (maior) que o potencial de águas superficiais e, é provido por águas de boa qualidade natural, porém depara com uma atividade de risco por necessitar de tecnologia avançada para investigação hidrogeológica e perfuração de poços com alto custo. A captação de águas subterrâneas profundas chega a ser superior a 1000 metros de profundidade (IDEC 2000).

O maior aquífero do mundo, o “Aquífero Guarani”, está localizado em rochas da bacia sedimentar do Paraná e ocupa uma área de 1,2 milhões de Km³. Estende pelo Brasil, mais preciosamente por Goiás, Mato Grosso do Sul, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, com 840.000 Km², no Paraguai (58.500 Km²), no Uruguai (58.500 Km²) e na Argentina (255.000: Km²). Este aquífero pode conter mais de 40 mil quilômetros cúbicos de água o que é superior a toda água contida nos rios e lagos de todo planeta. Estima-se que sua recarga seja de 160 quilômetros cúbicos de água por ano. As águas desse aquífero já abastecem muitas comunidades nos Estados do Sul e Sudeste do País (JACOBI, 2004).

Segundo (Jacobi, 2004), “Reservatórios subterrâneos de água potável são conhecidos em várias regiões do Brasil. Mesmo no semiárido do nordeste existem reservatórios gigantescos. Somente um deles possui um volume de 18 trilhões de metros cúbicos de água disponível para o consumo humano, volume este suficiente para abastecer toda a população brasileira por um período de no mínimo, 60 anos, isso sem reciclagem ou reaproveitamento desta água.”

Com relação à oferta e consumo de água no mundo, o Brasil aparece em segundo lugar em disponibilidade de água per capita, ficando apenas abaixo da Oceania, conforme dados representados na Tabela 02. (GALVÃO, 2000).

Tabela 02. Oferta e consumo de água no mundo.

Localidade	Oferta (deflúvio médio)		Consumo	
	Total	Per capita	Total	Per capita
	Km ³ /ano	m ³ /hab/ano	Km ³ /ano	m ³ /hab/ano
África	3.996,00	5.133,05	145,14	2020,00
América do Norte	5.308,60	17.458,02	512,43	1.798,00
América Central	1.056,67	8.084,08	96,01	916,00
América do Sul	10.080,91	30.374,34	106,21	335,00
Ásia	13.206,74	3.679,91	1.633,85	542,00
Europa	6.234,74	8.547,45	455,29	625,00
Oceania	1.614,25	54.794,64	16,73	591,00
Brasil	5.744,25	34.784,33	36,47	246,00
Mundo	41.497,73	6.998,12	3.240,00	645,00

Fonte: WRL 1998 e ANEEL 1999 (América do Sul e Brasil). In Galvão (2000).

- Ano de registro do consumo: África, 1995; América do Norte, 1991;

- América do Sul, 1995, Brasil, 1990; Ásia, 1987; Europa, 1995; Oceania, 1995; Mundo, 1987.

- Calculado com base na população no ano que foi registrado o consumo.

As águas existentes no planeta se apresentam em três formas: sólida, líquida e gasosa e mantêm-se constantes desde os primórdios da humanidade. A hidrosfera é constituída por toda água existente no planeta, estando elas concentradas em três grandes reservatórios: nos oceanos, no continente e na atmosfera, sobre as quais incide um sistema de circulação continuado, denominado ciclo hidrológico, que é definido como sendo o fenômeno pelo qual a água passa do globo terrestre para a atmosfera em forma de vapor, e regressa ao mesmo em forma líquida ou sólida (CETTO, 2001).

“O potencial hídrico é constituído de quatro dimensões: quantitativa, qualitativa, temporal e espacial (Randall 1987). A quantitativa é medida em volume ou massa e está relacionada à disponibilidade do recurso. Seu valor está relacionado com a reserva, a capacidade de renovação e a facilidade de extração. A qualitativa é consequência de um conjunto de parâmetros como: características físico-químicas e organolépticas, parâmetros biológicos, microbiológicos e visuais. A dimensão temporal está relacionada com o fluxo e extração, e a espacial está relacionada com a localização, distância e dificuldade de acesso” (AMARAL et al., 2000).

O consumo da água pelo homem varia no tempo, assim como a quantidade demandada. O desenvolvimento urbano contribui para o crescimento da exploração dos recursos hídricos, exigindo uma procura contínua por novas fontes hídricas. As atividades urbanas residencial, comercial, industrial e pública, dependem da existência de água em quantidade suficiente de qualidade satisfatória para atender suas necessidades no uso direto e indireto (RUTKOWSKI, 1999).

Entre os vários tipos de uso da água podem ser citados os usos consuntivos e os não consuntivos. No uso consuntivo existe derivação do curso d'água e redução efetiva da disponibilidade. A derivação quase sempre induz a conflitos entre os usuários. De modo geral a água derivada retorna ao curso de origem em menor quantidade, isto é, com perdas consuntivas, cujo percentual varia de acordo com o uso predominante e apresenta ainda alterações na qualidade, dependendo da sua utilização e das circunstâncias. No consumo doméstico somente 70% da água captada retorna para os mananciais, geralmente sem nenhum tipo de tratamento, contribuindo para a poluição do mesmo, (Romano, 1998). No uso industrial é gerado grande quantidade de carga poluente que, geralmente é lançada nos cursos d'água, às vezes sem nenhum tipo de tratamento. Com objetivo de minimizar esses problemas algumas empresas adotam sistemas de tratamento com recirculação e reaproveitamento da água, prática esta que além de economizar, deixa de poluir. Na zona rural, a agricultura irrigada consome grande quantidade de água, procurando sempre por mananciais com água de boa qualidade. O uso desordenado da água na agricultura pode causar danos ambientais (AMARAL, 2000).

O uso não consuntivo não reduz a disponibilidade do recurso hídrico, e nem afeta diretamente sua qualidade, porém, pode criar situações adversas como a construção de barragens para usinas hidroelétricas, vazamentos de óleo e lubrificantes das embarcações na navegação. Podem ser citados como usos não consuntivos a navegação, a geração de energia elétrica, a recreação e o lazer, a composição paisagística e a aquicultura (AMARAL, 2000).

A poluição ambiental está presente tanto no meio urbano como no meio rural. Nas cidades a poluição acontece de diversas formas, envolvendo a geração de resíduos sólidos e líquidos, provenientes do uso doméstico, comercial e industrial. Os resíduos sólidos geralmente acabam sendo depositados em locais inadequados, mais precisamente nos acostamentos das estradas, nas margens dos cursos d'água, em terrenos baldios e nos

lixões a céu aberto. Os resíduos líquidos como os efluentes de esgoto doméstico e efluentes industriais são destinados às estações de tratamento, e às vezes são lançados em cursos d'água sem nenhum tipo de tratamento.

Os mananciais também são alvos de agressões das mais variadas formas, devido a exploração indiscriminada. Entre elas encontra-se a devastação das matas ciliares, a extração de areia ou cascalho nos leitos e margens dos rios, a captação de água para o abastecimento público, que após uso é devolvida parcialmente aos cursos naturais, geralmente com grande carga poluidora, a captação de água para irrigação, que provoca erosões no solo e assoreamento do leito dos cursos d'água e ainda arrasta para os cursos naturais resíduos de fertilizantes e agrotóxicos.

O uso inadequado do solo provoca mudanças na superfície da terra e, dependendo das mudanças acabam poluindo os cursos d'água e os mananciais. Na zona urbana o fato acontece devido à erradicação desordenada da vegetação nativa, nas periferias e às margens dos cursos d'água, com objetivo de dar origem à implantação de grandes empreendimentos imobiliários, aos parques industriais e obras de urbanização. Esse crescimento populacional desordenado nos centros urbanos gera grandes conflitos de ordem sócioeconômico e ambiental. A falta de planejamento urbano em harmonia com a natureza causa problemas da seguinte ordem: compactação e impermeabilização do solo, impedimento da percolação da água, que além de não contribuir para a recarga do aquífero, aumenta o fluxo de escoamento superficial provocando erosões, indução do arraste e transposição de materiais terrosos para os cursos d'água, dando origem aos assoreamentos. Na zona rural acontece a erradicação desordenada da vegetação e, em especial a supressão de mata ciliar, para dar lugar à lavoura, à pastagem e à extração de recursos naturais como: (argila, areia e minerais). O terreno quando descoberto torna-se vulnerável a erosões e lavagem superficial, propiciando o arraste de materiais terrosos para os cursos d'água, dando origem aos assoreamentos e a contaminação das águas (AMARAL et al., 2000).

O estudo da Modelagem da Demanda de Água de Abastecimento para a cidade de Pirassununga, tem seu objetivo voltado para o uso consuntivo, por se tratar de captação de água para o abastecimento público, que após uso será lançada em curso d'água em forma de esgoto em menor quantidade e com boa qualidade, após passar por tratamento.

O espaço físico exerce influência sobre as características da água, a exemplo: as diferenças climáticas, a geografia local, a topografia da região e a vegetação, podem alterar sua quantidade e qualidade. Tratando-se do espaço geográfico, considera-se a bacia hidrográfica como a melhor unidade para manejo e estudo dos recursos hídrico, isto porque a água precipitada dentro de uma bacia sofre uso consuntivo, ou escoar por cursos d'água até desembocar no leito do curso principal (GIANSANTI, 1993).

“A heterogeneidade da água e a diversidade de seu uso pressupõe distintos enfoques analíticos em função do uso considerado. A água destinada para determinado uso interfere nas disponibilidades para outros, os usos não são independentes. No caso, o valor e o preço da água podem ser analisados sob a óptica de um modelo amplo, de equilíbrio geral, onde são considerados todos os elementos da economia, inclusive externalidades. Mas se o objetivo da análise focaliza uso único, pode ser considerado o modelo de equilíbrio parcial” (PINHEIRO, 1998).

O novo conceito de qualidade na gestão ambiental considera que o nível de qualidade desejado para os corpos d'água deve ser função do uso que se almeja para o mesmo. De acordo com esse conceito, poluição é um termo relativo que se relaciona com a introdução ou com a presença de qualquer substância nos corpos de água, capaz de alterar, suprimir, ou de alguma forma interferir no uso esperado ou desejado daquele recurso hídrico. A legislação brasileira, em nível federal, incorporou desde 1975 esse conceito, estabelecendo “critérios e qualidade”, que podem ser entendidos como o conjunto de dados e fatos de que resultam recomendações objetivas para as características a se manter nos corpos d'água, em função de seus usos preponderantes. Constituem normas a serem seguidas, que buscam quantificar a qualidade de água em termos de parâmetros e características físicas, químicas, biológicas e estéticas.

2.1.3. Classificação das águas.

A resolução CONAMA nº 357/2005, estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas segundo o seu uso preponderante. Esta classificação é realizada considerando, principalmente, que o enquadramento dos corpos de água deva estar baseado não necessariamente no seu estado atual, mas nos níveis da qualidade que deveriam possuir para atender as necessidades da comunidade, a saúde e o bem estar humano, além do equilíbrio ecológico aquático.

Nesta resolução, as águas são classificadas de acordo com seus usos preponderantes, em treze classes, sendo: águas doces, salobras e salinas. Porém, para este estudo interessa apenas focar a água doce, especificamente as classes, 1, 2 e 3, que são águas destinadas ao abastecimento para consumo humano.

Para cada classe de água, a resolução estabelece limites condicionais máximos para os parâmetros físico, químico e bacteriológico.

Segue Tabela 03, constando a classificação das águas de acordo com o seu uso preponderante, segundo a Resolução CONAMA nº 357/05, no seu artigo 4º.

Tabela nº 03 Classificação de uso e qualidade da água.

CLASSIFICAÇÃO	USO PREPONDERANTE
Classe especial	-Abastecimento para consumo humano com desinfecção; -Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; -Preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
Classe 1	-Abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; -Proteção das comunidades aquáticas; -Recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho), conforme Resolução do CONAMA nº 274/00; -Irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rentes ao solo, e que sejam ingeridas sem remoção de película; -Proteção das comunidades aquáticas em terras indígenas.
Classe 2	-Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; -Proteção das comunidades aquáticas; -Recreação de contato primário (esqui aquático, natação e mergulho), conforme Resolução CONAMA nº 274/00; -Irrigação de hortaliças e plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esportes e lazer, com os quais o público possa a vir ter contato direto; -Aquicultura e atividade de pesca.

Fonte: Próprio autor.

O uso da água é priorizado hierarquicamente de acordo com fatores de natureza política, econômica, legal e geográfica, cabendo aos órgãos ambientais dos governos dos Estados, ou da União, conforme o corpo d'água seja estadual ou federal, fixar os usos

preponderantes para os corpos d'água, isto é, promover o enquadramento dos respectivos corpos d'água nas diversas classes previstas na legislação.

Observa-se ainda que às diversas classes ou aos usos preponderantes correspondem parâmetros de qualidade com concentrações limites bem definidas, que se ultrapassadas poderão causar efeitos prejudiciais aos usos benéficos designados. As concentrações bem definidas constituem os “padrões de qualidade” e estão estabelecidas para cada classe, na legislação federal e nas legislações estaduais, as quais adotam o modelo descrito. Existe, portanto, uma distinção clara entre critérios e padrões de qualidade. A definição de critérios implica no estabelecimento de normas, parâmetros, características, conhecimento de métodos analíticos para sua identificação, formas e instrumento para medição e monitoramento; os padrões definem níveis de qualidade que em determinado tempo e com uma determinada frequência, não devem ser excedidos no meio aquático.

A política de desenvolvimento sustentável vigente no Brasil tem gerado impactos negativos nos potenciais hídricos, principalmente naqueles localizados em centros urbanos, onde se concentram os maiores consumidores, com fins residencial, comercial, industrial e público. O uso indiscriminado dos recursos hídricos tem ocasionado poluição nos corpos d'água como: rios, ribeirões, córregos e lagos, devido a compactação, impermeabilização e erosão do solo, que contribui para a desorganização do ciclo natural e reposição das águas dos mananciais (AMARAL, 2000).

As perdas físicas e as perdas não físicas existentes nos sistemas de distribuição de água urbano, associadas ao desperdício ocasionado pelo uso indiscriminado dos usuários, contribuem de forma significativa para sua escassez. O Banco Mundial afirma que os países em desenvolvimento apresentam em média um desperdício de água tratada na ordem de 36%, enquanto que em sistemas eficientes e bem gerenciados as perdas variam entre 10 e 15% (SALATI et al., 1999).

No Brasil, considera-se que existe uma perda de 40% entre o volume de água tratada e o volume faturado. Desse volume, 50% representam as perdas físicas decorrentes da má operação do sistema, tecnologia inadequada e má conservação das redes de distribuição. Os outros 50% representam as perdas não físicas geralmente de caráter gerencial e administrativo compostos pelas fraudes, erros de leitura de hidrômetros, erros de digitação, falta de cadastro técnico (ROMANO, 1998).

2.1.4. Escassez da água.

A exploração dos recursos naturais de forma inadequada e exagerada a curto espaço de tempo tem comprometido o crescimento da sociedade e não apresenta boas perspectivas para o futuro. Novas diretrizes devem ser traçadas objetivando o desenvolvimento sustentável e incorporando limitações para a exploração dos bens naturais, mantendo um equilíbrio na relação, necessidade de uso e proteção do meio ambiente (AMARAL, 2000).

A maior dificuldade em proteger o meio ambiente se depara com a falta de consciência da sociedade quanto à prática do consumismo, fator que contribui para a exploração desordenada dos recursos naturais, visto que a maioria dos produtos consumidos são extraídos da natureza, e que o descarte dos rejeitos após uso acabam voltando para o meio ambiente de forma inadequada, contribuindo para sua degradação.

A água superficial para o abastecimento público está se tornando escassa e cara devido a degradação e poluição dos mananciais. As captações estão se distanciando dos centros urbanos, exigindo implantação de obras sofisticadas, tornando a operação do sistema complexa e onerosa. O custo dos futuros sistemas de tratamento e abastecimento de água tende a ficar cada vez mais oneroso. Segundo estimativas, terão custos de duas ou três vezes a maiores que os atuais (SALATI et al., 1999).

A escassez de água no Brasil ocorre por diversos motivos, destacando-se, a falta de equidade na distribuição das bacias hidrográficas, o uso indiscriminado, a falta de conscientização quanto ao uso, a degradação dos mananciais e a falta de gerenciamento.

Na cidade de Recife têm-se praticado um sistema de racionamento de água, cujos resultados provocam sérios transtornos aos diversos setores da sociedade, chegando a faltar água por mais de nove dias consecutivos em certos bairros, dependendo da crise.

No norte de Minas Gerais, na bacia do Rio Verde Grande, existem conflitos entre os usuários de água para irrigação, gerados provavelmente pela falta de gerenciamento.

A exploração da água para irrigação de forma exagerada e desordenada compromete o desenvolvimento sócio econômico dos usuários situados à jusante da bacia (GALVÃO, 2000).

O Estado do Ceará consegue aduzir água para as cidades baixas através do gerenciamento de barragens e adutoras. Isto faz com que a cidade de Fortaleza seja

abastecida satisfatoriamente, apesar do rio mais próximo, o Jaguaribe, estar localizado aproximadamente a 100 Km. de distância. Entretanto, a cidade do Recife, que é cortada pelo rio Capibaribe, sofre constantes falta de água (NOVAES, 1999).

A pouco tempo atrás a água era considerada como um bem livre, isto é, entendia-se que sua disponibilidade na natureza era ilimitada em relação à demanda. Porém, por se tratar de um bem finito e escasso, novo conceito se formou em relação a ela. Atualmente, o processo de gestão deixa de considerá-la como bem livre, tornando-a passiva de cobrança, justificado por dois aspectos: o primeiro, que a água tornou-se um recurso natural escasso e caro, e o segundo, que a qualidade dos despejos de esgoto doméstico e industriais lançados nos cursos d'água pode inviabilizar outros usos à jusante (NOVAES, 1999).

2.1.5. Fatores que afetam o consumo.

Analisando os conceitos adotados pelos autores (Yassuda & Nogami, 1979), Dacach, 1979) e (Azevedo Netto & Alvarez, 1982), nota-se que alguns dos fatores que afetam o consumo são tratados pelos autores por nomes diferentes ou de maneira composta, porém, complementam-se entre si e contribuem para o tema. Alguns dos fatores que afetam o consumo são entendidos como:

- **Clima**

O clima, afeta de forma direta e indireta o consumo de água, apresentando-se elevado nas comunidades situadas em regiões tórridas e reduzido nas regiões temperadas ou glaciais. Alguns dos fatores que implicam no consumo de água com maior ou menor intensidade são: higiene pessoal, ingestão e preparação de alimentos, asseio domiciliar, utilização do ar condicionado, irrigação de jardins e hortas.

- **Padrão de vida da população**

O padrão de vida da população exerce grande influência no consumo de água urbano, sendo que, os contribuintes mais abastados geralmente moram em casas de alto padrão, com piscina, grandes jardins e aparelhos eletrodomésticos, enquanto que os contribuintes menos abastados moram em casas pequenas, sem jardins e sem sofisticação. Portanto, quanto mais alto for o padrão de vida, maior será o consumo de água.

- Hábitos da população

Os hábitos da população afetam direta e indiretamente o consumo de água. Observe-se que nas últimas décadas houve um desenvolvimento tecnológico e socioeconômico acelerado que impôs à sociedade a prática do hábito de consumismo em modo geral.

- Natureza ou característica da cidade

A natureza da cidade influi de forma direta ou indireta no consumo de água. As cidades são constituídas por diversos tipos de atividades, porém, existe a atividade principal que serve de sustentação econômica para o município. Essas características podem ser de natureza religiosa, turística, industrial, comercial, educacional, militar, ou mista. As cidades com suas características especiais desenvolvem tipos de atividades que diferenciam o consumo, de acordo a particularidade de cada uma.

- Tamanho da cidade

O consumo per capita tende a crescer à medida que a população urbana aumenta, não só pelas necessidades básicas, mas pelas necessidades das atividades socioeconômicas. Entre os fatores determinantes, destacam-se à maior as demandas industrial e comercial.

- Planejamento da cidade

O planejamento urbano é uma ferramenta de grande valia a ser aplicada no sistema de abastecimento de água. Através de diagnósticos precisos constata-se anormalidades existentes no sistema, e através do planejamento pode-se aplicar medidas preventivas e corretivas de modo a proporcionar serviços econômicos e eficientes.

- Modalidade de suprimento de água

O consumo de água em cidade equipada com sistema público de abastecimento supera as que utilizam o abastecimento rudimentar. No primeiro caso a água chega aos domicílios regularmente, com condições de qualidade e quantidade satisfatória. No segundo caso, abastecimento rudimentar, a água é adquirida com dificuldade a um preço relativamente alto, além de oferecer riscos à saúde, por não se enquadrar nos padrões de potabilidade.

- Modalidade do serviço de esgoto sanitário

Nos aglomerados populacionais servidos por redes de esgotos, propiciam o transporte dos dejetos humanos através da água, apresentam maior consumo, em relação aos locais equipados com fossas secas ou tanques sépticos.

- Política tarifária

O preço da água está indexado ao tipo do sistema de abastecimento, relacionado ao manancial, captação, adução, tratamento, acumulação em reservatório e distribuição da água, assim como a política administrativa. A água captada a grande distância, num nível geométrico inferior ao da cidade, ou se a mesma necessita de tratamento sofisticado para dar condições de potabilidade, resulta num produto caro que requer a prática de preço diferenciado. Quando a água é captada próximo da cidade, com pequena diferença nível geométrico e que não necessita de tratamento especial, resulta num produto menos oneroso. Em certas situações os serviços de abastecimento de água necessitam em majorar as tarifas para atingir a autosuficiência, fato desfavorável à população de baixa renda. Para evitar essa ocorrência, muitas vezes necessita-se da subvenção por parte do órgão responsável pelos serviços. Nota-se que quando há aumento nas tarifas de água, ocorre decréscimo no consumo.

- Disponibilidade de suprimento de água

O suprimento de água em qualquer localidade depende dos recursos hídricos disponíveis. Em regiões áridas onde a seca predomina e a água é escassa, observa-se uma cota per capita reduzida, o oposto das regiões dotadas de grandes mananciais com água de qualidade e quantidade suficiente para o consumo.

- Padrão de qualidade da água fornecida

A água que se enquadra nos padrões de potabilidade quanto ao seu estado físico-químico e bacteriológico tem credibilidade, portanto, tem boa aceitação no mercado consumidor.

- Modalidade de consumo

A água de abastecimento destina-se aos consumos: residencial, comercial, industrial e misto. O consumo residencial provém de contribuintes residentes em imóveis urbanos, interligados à rede pública de abastecimento. O consumo comercial é proveniente de

peças que compõem o quadro funcional de cada comércio, para uso próprio. Quando se trata de consumo industrial, o abastecimento serve de apoio às pequenas indústrias ou parcialmente às grandes, visto que a água proveniente do abastecimento público torna-se oneroso para as indústrias, forçando-as a tomarem medidas alternativas e o consumo misto é proveniente de casas residenciais que abriga pequenos comércios.

- Pressão na rede de distribuição

A pressão em excesso exercida na rede de distribuição implica no consumo de água através das perdas e desperdício. Partindo do princípio que a vazão em orifícios é proporcional à altura da carga, é evidente que os vazamentos estarão presentes na extensão das redes de distribuição, principalmente nos locais onde apresentam defeitos. Os desperdícios também estão relacionados à pressão nas instalações domiciliares, principalmente nas válvulas flutuadoras (boias). Outro fator que afeta o consumo, é a falta de reservatório domiciliar.

- Serviço de hidrometria

Na maioria dos serviços de abastecimento de água o consumo é medido através de hidrômetro. O processo apresenta bons resultados, por proporcionar medição precisa. A ausência do medidor geralmente induz ao consumo indiscriminado, uma vez que a água desperdiçada no interior do domicílio não é medida, portanto, não é faturada.

- Perdas e desperdícios

As perdas e os desperdícios de água existentes nos sistemas de abastecimento são fatores que estão presentes na maioria de municípios brasileiros. Existem cidades que perdem mais de 50% da água captada. Essas perdas são classificadas como perdas físicas e perdas não físicas. As perdas físicas são aquelas de fácil constatação como: vazamentos visíveis constatados direta ou indiretamente nos compartimentos operacionais e nas redes de distribuição de água. As perdas não físicas são aquelas não visíveis, como: ligações clandestinas, fraudes nas derivações domiciliares, erros de leitura, erros no processamento das contas, erros de lançamentos e falta de cadastramento técnico.

- Programa educativo em relação ao uso da água

A municipalidade tem por obrigação desenvolver programas educativos na rede escolar, com objetivo de educar os alunos quanto à prática do uso racional da água,

mostrando sua importância para a vida e para a saúde. É importante desenvolver nos alunos, hábitos que contribuam para a conservação e preservação do meio ambiente, inclusive os mananciais.

2.1.6. Estimativa do consumo

Estimar o consumo de água no abastecimento público urbano não é uma tarefa fácil devido a inexistência de dados precisos, obtidos através de pesquisas devidamente orientadas. O volume de água necessário para suprimento das necessidades básicas do homem e suas atividades socioeconômicas tem variado de acordo com os costumes e o modo de vida imposto pelas transformações tecnológicas ocorridas nas últimas décadas. Segundo (Yassuda & Nogami, 1978), o consumo médio per capita de uma cidade estando o sistema de abastecimento de água em funcionamento regular, pode ser obtido dividindo o volume total da água distribuída durante o ano pelo número de habitantes beneficiados. A unidade de medida utilizada é litro por habitante por dia (L/hab/dia). É representada pela equação:

$$qm = \frac{\text{Volume distribuído anual}}{365 \cdot \text{População beneficiada}} \quad (1)$$

Ainda segundo os autores, os projetos de sistemas de abastecimento de água geralmente são elaborados utilizando-se de valores aproximados, obtidos através de cálculos efetuados ou adotados em grande número de cidades. A falta de dados confiáveis obtidos através de medições sistemáticas e seguras associadas a levantamentos cuidadosos, faz com que os projetistas utilizem valores aproximados. Os autores citam que a dificuldade em obter estudos criteriosos sobre consumo, dá-se geralmente pela ineficiência dos serviços de abastecimento de água, com relação à falta de equipamentos e instalações adequadas, às frequentes interrupções de energia elétrica, ou ainda, à má operação do sistema. Quanto à elaboração de projetos para cidades não providas de qualquer sistema de abastecimento de água os autores recomendam a utilização de dados costumeiros de consumo per capita organizados ou adotados por entidades locais, estaduais ou regionais, cujos valores estão demonstrados na Tabela 04. (YASSUDA E NOGAMI, 1978).

Tabela 04. Consumo médio per capita.

Norma da Superintendência de Água e Esgoto da Capital Esgoto da Capital (1960)	300 L/hab/dia
Norma do extinto Departamento de Obras Sanitárias do Estado de São Paulo (1951)	200 L/hab/dia
Normas das Entidades Federais no Nordeste: SUVALE; DNERu; DNOCS; DNOS, FSESP; e SUDENE.	a) Para a cidade com população inferior a 50.000 habitantes. Recomendado: 150 a 200 L/hab/dia Mínimo: 100 L/hab/dia b) Zonas servidas por torneiras públicas: 30 L/hab/dia.

Fonte: (Yassuda & Nogami, 1978).

Segundo os autores, os valores não originados de pesquisas, podem ser justificados através de suposição razoável dos diferentes usos da água. As normas adotadas pelo extinto Departamento de Obras Sanitárias do Estado de São Paulo aplicáveis aos projetos de cidades do interior, cujo valor indicado é de 200 L/hab/dia, é resultado da soma das seguintes parcelas de consumo específico, apresentados na Tabela 05.

Tabela 05. Consumo de água em parcelas de consumos específicos.

Consumo	Quantidade	(%)
Para fins industriais e residenciais	85 L/hab/dia	42,5
Para fins industriais e comerciais	50 L/hab/dia	25,0
Para fins públicos	25 L/hab/dia	12,5
Perdas	40 L/hab/dia	20,0
Total	200 L/hab/dia	100,0

Fonte: (Yassuda & Nogami, 1979).

(Azevedo Netto & Alvarez, 1982), apresentaram coletânea de dados com valores de consumo de água médio per capita, constatados nos Estados Unidos, Japão e Brasil, contidos nas Tabelas 06, 07 e 08.

Tabela 06. Consumo de água médio per capita constatado nos Estados Unidos em L/hab/dia.

Natureza do consumo	Mínimo	Médio	Máximo
Doméstico	57	132	189
Comercial e Industrial	38	114	379
Público	19	38	57
Perdas	38	94	132
Total	152	378	757

Fonte: (Azevedo Netto & Alvarez, 1982).

Segundo Azevedo Netto & Alvarez, no Japão, os responsáveis pelo controle dos recursos hídricos consideram representativos os seguintes valores médios de consumo, apresentados na Tabela 07.

Tabela 07. Consumo de água médio per capita constatado no Japão em L/capita.dia.

Nº de habitantes	Consumo médio per capita
Cidades até 5.000	197 L/cap.dia
50.000 a 100.000	337 L/cap. dia
250.000 a 500.000	370 L/cap. dia
Acima de 1.000.000	448 L/cap.dia

Fonte: (Azevedo Netto & Alvarez, 1982).

Tabela 08. Consumo de água médio per capita no Brasil em L/habitante/dia.

Consumo	Saturnino de Brito/SP. 1905	CNOSOS São Paulo 1951	DAE Consumo/SP. 1957	SAEC São Paulo
Doméstico	100	85	140	180
Comercial e industrial	50	50	100	150
Público	45	25	15	20
Perdas	25	40	45	50
Total	220	200	300	400

Fonte: (Azevedo Netto & Alvarez, 1982)

O consumo médio per capita adotado para cidades do interior do Estado de São Paulo é de 200 L/hab/dia. Em alguns Estados o valor mínimo adotado é de 135 L/hab/dia, exceto em pequenas comunidades com características rurais onde os sistemas são simplificados e o consumo representa equivalência a 50% do consumo mínimo urbano. Para as pequenas cidades do Nordeste, Fundação SESP – (Serviço de Saúde Pública do Ministério da Saúde)

adotou-se valores de consumos domiciliares medidos em torno de 100 L/hab/dia (AZEVEDO NETTO E ALVAREZ, 1982).

(Segundo Yassuda & Nogami, 1978), estudos apontam como representativos para as condições da época os valores do consumo per capita de água domiciliar desagregados, representados na Tabela 09.

Tabela 09. Valores do consumo per capita de água domiciliar desagregado.

Consumo	L/hab/dia
Bebida e cozinha	10 a 20
Lavagem de roupa	10 a 20
Banhos e lavagem de mãos	25 a 55
Instalações sanitárias	15 a 25
Outros usos	15 a 30
Perdas e desperdícios	25 a 50
Total	100 a 200

Fonte: Yassuda & Nogami (1978).

Com relação ao consumo de água média per capita em estabelecimentos comerciais e industriais, autores (Yassuda & Nogami, 1978) apresentam os seguintes valores, constantes na Tabela 10.

Tabela 10. Consumo de água em alguns tipos de estabelecimentos comerciais e industriais.

NATUREZA DO CONSUMO	CONSUMO
Escritórios comerciais	50 L/pessoa/dia
Restaurantes	25 L/refeição
Hotéis, pensões (sem cozinha e sem lavanderia)	120 L/hospede/dia
Lavanderia	30 L/Kg/roupa
Hospitais	250 L/leito/dia
Garagens	50 L/automóvel/dia
Postos de serviço para veículo	150 L/veículo/dia
Indústrias (uso sanitário)	70 L/operário/dia
Matadouros (animais de grande porte)	300 L/cabeça abatida
Matadouros (animais de pequeno porte)	150 L/cabeça abatida
Laticínios	1 a 5 L/Kg de produto
Cortumes	50 a 60 L/Kg couro
Fábrica de papel	100a 400 L/Kg de papel
Tecelagem (sem alvejamento)	10 a 20 L/Kg de tecido

Fonte: (Yassuda & Nogami, 1978).

Os autores (Berenhauser & Pulici, 1983) apresentam citações sobre a SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, que implementou através da IESA (Internacional de Engenharia S.A.), várias aplicações de análise de regressão linear múltipla, cujos resultados foram apresentados no Congresso da ABES de Camboriú, em Santa Catarina de 20 a 25 de novembro de 1983, conforme demonstra a Tabela 11.

Tabela 11. Resultados de aplicações de análise de regressão linear múltipla pela SABESP, citações de (Berenhauser & Pulici, 1983).

CONSUMIDORES	CONSUMO m³/mês	ORIGEM
Clubes Esportivos (1)	(26 x n° de chuveiros)	SABESP(1983)
Creches	(3,8 x n° de funcionários)+10	SABESP(1983)
Edifícios Comerciais	(0,08 x área construída)	SABESP(1983)
Escola nível superior	(0,03 x área construída) + (0,7 x n° de funcionários) + (0,8 x n° de bacias)+50	SABESP(1983)
Escolas Pré, 1° e 2° graus	(0,05 x área construída) + (0,1 x n° de vagas) + (0,7 x n° de funcionários)+20	SABESP(1983)
Hospitais	(2,9 x n° de funcionários) + (11,8 x n° de bacias) + (2,5 x n° de leitos) + 280	SABESP(1983)
Hotéis de 1ª categoria (4)	(6,4 x n° de banheiros) + (2,6 x n° de leitos) + 400	SABESP(1983)
Hotéis de 2ª categoria (5)	(3,1 x n° de banheiros) + (3,1 x n° de leitos) - 40	SABESP(1983)
Lavanderias industriais	(0,02 x Kg de roupa/mês)	SABESP(1983)
Lava-rápidos	9,85 x (n° de funcionários)	TOMAZ(1998)
Motéis	(0,35 x área construída)	SABESP(1983)
Postos de gasolina	60 x (n° de lavadores) + 8 x (n° de funcionários)	TOMAZ(1998)
Prédios de apartamentos	(6 x n° de banheiros) + (3 x n° de dormitórios) + (0,01 x área construída) + 30	SABESP(1983)
Prontos-socorros (3)	(10 x n° de funcionários) - 70	SABESP(1983)
Residência unifamiliar	3,7 x (n° de habitantes)	TOMAZ (1998)
Restaurantes	(7,5 x n° de funcionários) + (8,4 x n° de bacias)	SABESP(1983)

Fonte: (Berenhauser & Pulici, 1983).

Dados complementares da Tabela 11:

- 1) Estabelecimentos contendo quadra esportiva e/ou piscina e pelo menos cinco chuveiros;
- 2) Estabelecimentos sem instalações de restaurantes e/ou lanchonetes;
- 3) Estabelecimentos com mais de 20 funcionários;

- 4) Estabelecimentos de categoria média e acima (5, 4 e 3 estrelas);
- 5) Estabelecimentos de categoria abaixo média.

Com relação à Tabela 11, observa-se que para obter a estimativa do consumo de água mensal de uma creche, multiplica-se o valor 3,8 pelo número de funcionários e adiciona mais 10 m³. Com relação a um prédio de apartamentos, obtêm-se a estimativa do consumo de água médio mensal, multiplicando o valor 6 pelo número de banheiros, somado ao valor 3 multiplicado pelo número de dormitórios, somado ao valor 0,01 multiplicado pela área construída.

Foi apresentado ainda pela SABESP em 1983, uma tabela com valores de consumos específicos a serem comparados com os consumos estimados através da análise de regressão linear múltipla, constantes na Tabela 12.

Tabela 12. Consumos específicos apresentados pela SABESP (1983) na cidade de Camboriú-SC., citações de (Berenhauser & Pulici, 1983).

TIPO DE CONSUMIDOR	CONSUMO (litros/24 horas)
Creches	50 L/capita
Escolas-externatos	50 L/capita
Escritórios	200 L/WC
Hospitais	250 L/leito
Hotéis (Sem cozinha e s/lavanderia)	120 L/hóspede
Lavanderias	30 L/Kg de roupa
Prédios de Apartamentos	400 L/dorm. Família + 200 L/dorm. Empregada
Restaurante	25 L/refeição

Fonte: (Berenhauser & Pulici, 1983)

As Tabelas (12 e 13) podem ser avaliadas através de suas comparações, adotando o seguinte critério:

A somatória dos quadrados dos resíduos, SR, calculada pela equação 2:

$$SR = S (Y_i - YI^2) \quad (2)$$

Onde:

Y_i = Consumo de cada elemento, isto é, o consumo observado;

YI = Consumo estimado pelo modelo de cada elemento;

SR = Somatória dos quadrados dos desvios, ou valores residuais.

O valor SR pode ser chamado de somatória das variações não explicadas, pois como se sabe, o total das variações em uma análise de regressão é a soma de duas parcelas, a soma das variações explicadas e a soma das variações não explicadas do modelo dos coeficientes e do modelo proposto, obtido por análise de regressão linear múltipla. Para maiores esclarecimentos, ver página nº 16 da publicação de (Dick R. Wittink, 1988).

A equação abaixo permite o confronto entre as duas estimativas:

$$S = \sqrt{\frac{SR(\text{modelo existente})}{SR(\text{modelo proposto})}} \quad (3)$$

Segundo os autores, aplicou-se a equação acima descrita à cada tipo de consumidor com objetivo de comparar os modelos propostos, que resultou nos valores expostos na Tabela 13.

Tabela 13. Valor “S” obtido por tipo de consumidor, apresentado pela SABESP.

TIPO DE CONSUMIDOR	Nº DE ELEMENTOS	VALOR DE “S”
Creches	16	7,7
Edifícios comerciais	34	1,9
Escolas pré 1º E 2º graus	31	53,8
Hospitais	45	2,8
Hotéis de 2ª categoria	22	36,4
Lavanderias industriais	7	3,7
Prédios de apartamentos	47	3,6
Restaurantes	38	90,0

Fonte: Berenhauser & Pulici (1983).

Com relação ao confronto das fórmulas, os autores citam que segundo a SABESP, a exemplo: um prédio de apartamentos calculado com os coeficientes específicos utilizados, apresenta um valor $S = 3,6$, maior que o modelo proposto. No caso de restaurantes cujo valor é de $S = 90$, mostra que a adoção do coeficiente 25 litros por refeição na Tabela 13 é inadequado.

Nos trabalhos desenvolvidos por (Qasim, 1994), foram apresentadas médias de demanda de água por categoria, apresentadas na Tabela 14.

Tabela 14. Demanda de água por categoria.

FONTE	UNIDADE	VAZÃO L/unidade/dia
Acampamento	Pessoa	133
Acampamento de férias	Pessoa	190
Alojamento de verão	Pessoa	190
Apartamento	Pessoa	230
Estacionamento de Trailers	Pessoa	150
Hotel, motel	Quarto	380
Residência unifamiliar alta renda	Pessoa	380
Residência unifamiliar média renda	Pessoa	310
Residência unifamiliar baixa renda	Pessoa	270

Fonte: (Qasim, Syed R., 1994).

O autor cita a desagregação da água em uma residência com valores em porcentagem, representados na Tabela 15.

Tabela 15. Desagregação da água em uma residência com valores percentuais.

TIPOS DE USO DA ÁGUA	PORCENTAGEM
Descarga na bacia sanitária	41 %
Banho e lavagem de roupa	37 %
Cozinha, água para beber e cozinhar	2 a 6 %
Cozinha, lavagem de pratos	3 a 5 %
Cozinha, disposição de lixo	0 a 6 %
Lavanderia	4 %
Limpeza e arrumação geral da casa	3 %
Rega de jardim com sprinkler	3 %
Lavagem de carros	1 %
Total	100 %

Fonte: (Qasim, 1994).

No mesmo trabalho (Qasim, 1994) apresenta valores típicos dos dispositivos residenciais, em litros, dispostos na Tabela 16.

Tabela 16. Valores típicos dos dispositivos residenciais em litros.

DISPOSITIVOS	FAIXA DE VAZÃO
Torneira residencial	10 a 20 litros/minuto
Lavagem de mãos	4 a 8 litros/uso
Chuveiro-uso	90 a 110 litros/uso
Chuveiro-vazão	19 a 40 litros/minuto
Banheira	60 a 190 litros/uso
Bebedouro de vazão constante	4 a 5 litros/minuto
Irrigação com sprinkler	6 a 8 litros/minuto
Disposição de lixo	6000 a 7500 litros/semana
Disposição de lixo	4 a 8 litros/pessoa x dia
Máquina de lavar roupa	100 a 200 litros/carga
Vazamentos em torneiras	10 a 1000 litros/dia
Descarga em bacia sanitária	19 a 27 litros/uso
Vazão de descarga da bacia sanitária c/válvula	90 a 110 litros/minuto
Descarga da bacia com caixa	19 a 27 litros/uso

Fonte: (Qasim, 1994).

O autor (Qasim, 1994), apresenta no mesmo trabalho a média de demanda de água por categoria institucional, Tabela 17.

Tabela 17. Média de demanda de água por categoria institucional.

FONTE	UNIDADE	VAZÃO EM L/unidade/dia
Casa de repouso	Leito	380
Escolas-externatos	Estudante	76
Escolas-internatos	Estudante	300
Hospital	Leito	950
Prisão	Preso	450

Fonte: (Qasim, Syead R., 1994).

O autor apresenta valores da média da demanda de água por categoria comercial, representada na Tabela 18.

Tabela 18. Valores da demanda de água por categoria comercial.

FONTE	UNIDADE	VAZÃO L/unidade/dia
Bar	Cliente	8
Bar	Empregado	50
Cafeterias	Cliente	6
Cafeterias	Empregado	40
Country clubs-não residentes	Membros	95
Country clubs-residentes	Membros	380
Loja de café	Cliente	20
Loja de café	Empregado	40
Lojas	Por banheiro	1520
Restaurantes	Cliente	30
Salão de bailes	Pessoa	8
Aeroporto	Passageiro	10
Barbearia	Cadeira	210
Cinema	Assento	8
Drive-in	Por espaço de carro	19
Edifício de escritório	Empregado	65
Edifício industrial	Empregado	55
Fábrica com chuveiros	Empregado	133
Fábrica sem chuveiros	Empregado	95
Lavagem de carro	Carro lavado	209
Lavanderia-comercial	Máquina	3000
Lavanderia- Laundromat	Máquina	2200
Lojas	Empregado	40
Lojas de departamento	(m ²) de área de piso	8
Lojas de departamento	Empregado	40
Posto de gasolina	Primeiro lavador	3800
Posto de gasolina	Lavador adicional	1900
Posto de gasolina	Empregado	190
Shoppin Center	m ² de área de piso	6
Shopping Center	Empregado	40

Fonte: Qasim, Syed R., (1994).

Na mesma oportunidade o autor apresenta a demanda de água por categoria industrial, conforme demonstra a Tabela 19.

Tabela 19. Demanda de água por categoria industrial.

USO INDUSTRIAL	QUANTIDADE
Abatedouro de gado	40 a 50 L/cabeça/dia
Aço	260 a 300 m ³ /tonelada
Cortume	60 a 70 m ³ /couro
Enlatamento de conservas	30 a 60 m ³ /tonelada
Fábrica de empacotamento de carne	15 a 25 m ³ /tonelada
Fábrica de laticínios	2 a 3 m ³ /tonelada
Granja/frango	30 a 40 L/100 frangos/dia
Leiteria	70 a 80 L/cabeça/dia
Polpa de papel	200 a 800 m ³ /tonelada

Fonte: Qasim, Syed R., (1994).

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – (SNIS 2002) divulgou dados sobre o saneamento no Brasil, com base em informações das 25 empresas prestadoras de serviços de saneamento regional no país, cada qual correspondente a uma unidade da Federação.

Não foram incluídos na pesquisa o Estado de Mato Grosso, por não possuir operadora regional, sendo os serviços gerenciados pelos próprios municípios e o Estado do Amazonas, devido a prestadora regional estar em processo de dissolução, e os serviços transferidos para operadoras locais.

De acordo com os dados o Estado do Rio de Janeiro apresentou o maior consumo de água médio per capita no ano de 2002, sendo o alto consumo justificado principalmente pela população flutuante “turismo” e pela grande concentração de indústrias. Pode ser observado nos dados apresentados pelo SNIS, que o poder aquisitivo das pessoas interfere no consumo. No caso, pode-se citar o Distrito Federal, onde o alto poder aquisitivo proporciona maior consumo, face ao uso de equipamentos eletrodomésticos e padrões residenciais de luxo, dotados de banheiras de hidromassagem, piscinas e amplos jardins.

A explicação para o ranking apresentado baseia-se na cultura de cada Estado. Segundo dados do SNIS (2002), o Estado de Pernambuco é o que apresenta menor consumo, o que é justificado pelo clima semiárido nordestino que doutrina os habitantes a economizar água. Fato que se estende a todo nordeste, devido a pouca oferta do precioso líquido.

Ainda segundo o SNIS (2002), o Estado de Rondônia fica em segundo lugar no ranking de consumo de água, devido a problemas com a produção, distribuição e medição de água, fatos ocorridos por conta de problemas com empresa operadora dos serviços.

A média do consumo no Brasil, calculada com base nos dados apresentados pelo SNIS (2002), é de 132 litros por habitante por dia.

Tabela 20. Ranking do consumo de água médio per capita, em litros por habitante por dia, em 25 unidades da Federação.

CONSUMO MÉDIO PER CAPITA		
ORDEM	UNIDADES DA FEDERAÇÃO	L/Hab/dia
1º	Rio de Janeiro	231,87
2º	Espírito Santo	192,83
3º	Distrito Federal	188,15
4º	Amapá	174,93
5º	Roraima	167,17
6º	São Paulo	165,67
7º	Minas Gerais	143,44
8º	Maranhão	141,88
9º	Santa Catarina	129,23
10º	Rio Grande do Sul	128,69
11º	Goiás	127,03
12º	Paraná	126,28
13º	Rio Grande do Norte	115,84
14º	Sergipe	114,10
15º	Ceará	113,84
16º	Tocantins	112,27
17º	Paraíba	112,08
18º	Bahia	111,53
19º	Piauí	107,33
20º	Alagoas	107,23
21º	Acre	104,44
22º	Mato Grosso do Sul	103,03
23º	Pará	98,28
24º	Rondônia	96,45
25º	Pernambuco	85,14

Fonte: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS 2002)

2.1.7. Redução no consumo de água.

O consumo médio de água mensal por domicílio no Brasil diminuiu de 15,8 m³ no ano de 1999 para 14,3m³ no ano de 2002, segundo o relatório do SNIS em 2002. As principais causas da queda de consumo foram atribuídas ao apagão e a elevação das tarifas, conforme afirmação de (Santos, 2002), membro integrante da equipe que elaborou

o relatório do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento em 2002. Afirma ainda que, “com a necessidade de economizar energia elétrica em 2001 e 2002, as pessoas passaram a usar menos o chuveiro, as máquinas de lavar e outros utensílios domésticos.”

Os programas educativos relacionados ao uso racional da água e outros métodos de conscientização, estão contribuindo para a formação dos bons hábitos do consumidor, apresentando como resultado uma expressiva diminuição no consumo, conforme demonstra a Tabela 21.

Tabela 21. Consumo de água médio por economia segundo a SABESP/SP em m³/economia/mês, abrangendo todas as modalidades.

Ano	Consumo (m³/econ/mês)
1998	17,79
1999	16,33
2000	15,51
2001	14,61

Fonte: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS (2002) Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos.

Tabela 22. Consumo médio por capita SABESP/SP. em L/hab/dia.

CONSUMO MÉDIO	PER CAPITA
Ano	Consumo (L/hab/dia)
1998	190,2
1999	181,8
2000	173,4
2001	160,8

Fonte: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – (SNIS 2002).

Elaborou-se tabela demonstrativa através das séries de dados obtidos em 24 bairros da cidade de Pirassununga, Estado de São Paulo, cenário desse trabalho, a qual mostra o nome do bairro, o número de ligações por bairro, o consumo de água médio por ligação por bairro, e renda média familiar dos consumidores por bairro. Os dados foram obtidos no SAEP – Serviço de Água e Esgoto de Pirassununga-SP., na Prefeitura Municipal de Pirassununga-SP., e na Agência do IBGE local., cujos resultados estão expostos na Tabela 23.

Tabela 23. Número de ligações, consumo médio por ligação e renda familiar em 24 bairros da cidade de Pirassununga-SP. em 2004.

ORDEM	BAIRRO Unidade	Nº LIGAÇÃO Unidade	CONSUMO L/ligação/dia	RENDA FAMILIAR Nº Salário mínimo
1º	Jardim Carlos Gomes	270	962,83	10,84
2º	Cidade Jardim	740	728,06	13,52
3º	Centro II	2.388	677,13	6,94
4º	Vila Brás	422	651,34	6,59
5º	Jardim São Fernando	266	633,95	5,83
6º	Vila Esperança	600	626,50	3,54
7º	Jardim Eldorado	253	625,29	9,23
8º	Centro I	1.461	621,28	7,76
9º	Vila Redenção	340	610,98	3,21
10º	Vila Pinheiro	615	604,49	6,30
11º	Jardim Laranjeiras	888	600,67	4,19
12º	Vila Santa Terezinha	475	597,82	6,73
13º	Vila Becker	88	590,15	5,00
14º	Vila Brasil	515	583,75	5,27
15º	Vila Guimarães	184	580,25	6,52
16º	Jardim Margarida	204	579,24	6,20
17º	Jd. Parque Eucaliptos	181	569,24	5,88
18º	Vila São Pedro	728	564,69	3,09
19º	Vila Belmiro	286	559,67	3,21
20º	Jardim Brasília	307	546,90	3,21
21º	Jardim Santa Rita	260	514,35	5,83
22º	Jardim Ferrarezi	351	482,90	6,73
23º	Vila Santa Fé	1.105	481,29	3,10
24º	Jardim São Valentin	1.006	461,96	3,92

Fonte: Próprio autor.

2.2. Método e modelo utilizados para cálculos do consumo de água

A demanda de água urbana pode ser prevista ou simulada aplicando modelos estatísticos desenvolvidos a partir de séries de dados históricos, por diferentes formas. Dois métodos são usualmente aplicados na análise desses dados: a regressão linear e a análise de série de tempo. A regressão linear apresenta bons resultados quando aplicada à dados anuais e mensais em cidades lentamente crescentes, quanto que análise de série de tempo é aplicável à dados mensais em cidades rapidamente crescentes e à dados diários e semanais. A aplicação de análise de série de tempo torna-se necessária quando os dados exibirem

autocorrelação significativa depois da tendência e variação sazonal serem removidas (MAIDMENT, 1984).

Os autores (Howe & Linaweaver, 1967); (Carver & Boland, 1980); (Boland et al., 1980) aplicaram a regressão linear a modelos de uso de água municipal que empregava dados sazonais anuais, mensais ou diários, medindo a série da média de produção de água anual da cidade relacionado à população, renda doméstica, preço da água, precipitação, temperatura do ar. Observa-se que resultados mais específicos do efeito de variáveis climáticas foram alcançados, com a separação do ano em duas estações, sendo a “estação de inverno” a que caracteriza uso da água em recinto fechado ou doméstico e a “estação de verão”, tendo além do uso da água normal, o uso ao ar livre para irrigação.

(Agthe & Billing, 1980), avaliaram os efeitos de mudanças de preço sobre consumo de água em Tucson, Arizona, incorporando o consumo de água no mês prévio como uma variável explicativa na regressão múltipla.

(Hansen & Marayanan, 1981) calcularam o coeficiente de autocorrelação de primeira ordem “p” dos resíduos de uma regressão múltipla em uso mensal, originando uma nova regressão na qual cada uma das variáveis é diferenciada de acordo com $x(t) - px(t-1)$, onde $x(t)$, $x(t-1)$ são os valores atuais e prévios da variável, respectivamente.

Para modelar o ciclo sazonal na regressão múltipla, inclui-se um conjunto de onze variáveis binárias, onde cada variável leva o valor de “1” quando dados de seu mês é empregado e “0” em outra situação. Os coeficientes de regressão correspondentes são as quantidades que devem ser somadas aos fatores da regressão geral para obter os valores constantes da regressão para cada mês do ano. O método foi usado de forma a responder pelo efeito de mudanças de preço em uso de água bimestral: uma variável binária com valor “0” antes da mudança de preço e “1” depois da mudança. Embora o uso indireto da estrutura de tempo possa ser considerada por colocar dispositivos especiais na aplicação da regressão múltipla, análise de série temporal é mais apropriada para responder por aquela estrutura (MORGAN & SMOLEN, 1976), (YAMAUCHI & HUANG, 1977); (CASSUTO & RYAN, 1979).

Esses autores usaram um método semelhante para responderem pelo efeito de mudanças de preço em uso de água bimestral: uma variável binária com valor “0” antes da mudança de preço e “1” depois da mudança.

Embora o uso indireto da estrutura de tempo possa ser considerada por colocar dispositivos especiais na aplicação da regressão múltipla, a análise de série temporal é mais apropriada para responder por aquela estrutura.

A respeito, é interessante considerar o modelo de (Yamauchi & Huang, 1977), por ser univariado (série única) modelo de série de tempo, embora esteja baseada em regressão múltipla. Este modelo pode ser escrito como:

$$Wm^{(t)} = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + a_3 t^3 + a_4 t^4 + \sum_{m=1} \beta_m X_m + e^{(t)} \quad (4)$$

Onde:

$Wm^{(t)}$ é o consumo de água no mês (janeiro é o mês básico, $m = 1$; para fevereiro, $m = 2$; para março, $m = 3$; etc...).

(t) é um índice de tempo mensal contado desde o princípio das observações;

X_m é uma variável binária (e.g., $X_1 = 1$ para fevereiro e $t = 2, 14, 26, \dots$, e 0 em outro lugar);

β_m é o coeficiente de regressão mensal correspondente;

$e^{(t)}$ é o erro residual.

O polinômio em t responde pela tendência a longo prazo no uso da água de ano para ano e as variáveis binárias respondem pelo ciclo sazonal dentro do ano. Segundo os autores pode-se aplicar o modelo na forma aditiva como está explícito na expressão 4, ou o modelo na forma multiplicativa, onde substitui $Wm(t)$ por seu logaritmo natural como variável dependente em 1.

Os autores consideram que o modelo multiplicativo é o mais apropriado, devido a variação sazonal do uso da água mudar de ano para ano, de acordo com a tendência do meio, enquanto que o modelo aditivo considera a variação sazonal constante de ano para ano.

Como o objetivo desse trabalho é tratar da função por demanda de água, é interessante ressaltar que apesar da complexidade e das diferenças existentes entre os sistemas de abastecimento, pode-se considerar que existem características comuns entre eles, segundo (ZARNIKAU, 1994).

Geralmente os serviços urbanos de abastecimento de água são organizados na forma de monopólio, público ou privado, sujeito à regulação do Estado.

Várias são as linhas de estudo sobre a estimativa da curva de demanda de água residencial. Os primeiros trabalhos testaram a hipótese da inelasticidade de preço por demanda de água residencial. Entre eles estão os trabalhos publicados até a década de setenta, cuja preocupação era determinar as variáveis relevantes para explicar a demanda.

Após os trabalhos desenvolvidos por (Taylor, 1975) e (Nordin, 1976), relacionados à estrutura da tarifa em blocos, surge outra questão bastante discutida no meio literário, ou seja, sobre qual preço o consumidor reage, ao preço médio ou o preço marginal.

Além da percepção do preço pelo consumidor, existe o problema econométrico da simultaneidade na determinação da quantidade consumida e o preço pago.

Entende-se que: uma vez que a quantidade consumida determina o preço, este por sua vez, é determinante da quantidade.

Outro fator importante a ser considerado é a desagregação dos dados, isto é, quando se utilizam valores médios para o município no lugar de valores por residência. Nesse caso, os dados podem ser de série temporal, cross-section, ou uma combinação de ambos. Podem ser municipal, regional ou nacional.

As considerações em debate relacionadas à demanda de água provem do sistema de cobrança, quando a estrutura tarifária é de blocos, cujo sistema determina preços diferenciados de acordo com as faixas de consumo.

No Brasil, geralmente adota-se a tarifação da água, tarifas em blocos crescentes, tal que, no primeiro bloco de consumo (até 10m^3) mês, paga-se pelo consumo máximo do bloco, apresentando cota única, mesmo para os que consomem menos de $10\text{m}^3/\text{mês}$.

Esse tipo de cobrança não condiz com a teoria do consumidor, pois na primeira faixa de consumo, para qualquer consumo inferior ao máximo a tarifa não é racional e impondo um custo adicional para consumidores de baixa renda e estimula o aumento do consumo.

Sabendo que o valor cobrado varia por faixa de consumo, resta a dúvida sobre qual preço o consumidor leva em consideração, se é o preço médio PMe ou o preço marginal PMa , (Gottfried, 1963) usa o preço médio na determinação da curva de demanda de água.

(Howe & Linaweaver, 1967) defendem que, “se o preço não tem efeito significativo sobre a demanda, decisões sobre tarifas possuem duas finalidades: a) cobrir os custos do sistema de abastecimento de água; b) ter algum poder de equilíbrio entre os consumidores.” Os autores fizeram algumas pressuposições sobre o comportamento da curva de demanda, aplicando o preço marginal. A primeira é que quanto maior a proporção da renda gasta com o bem, maior será o efeito renda, devido a uma mudança no preço e maior será a variação na quantidade demandada. A segunda é que quanto maior o número

de substitutos próximos existir, maior será o efeito substituição de uma mudança no preço e maior será a mudança na quantidade demandada do bem.

Os mesmos autores desenvolvem trabalhos nos quais separam o consumo da água em interno e externo, sendo o uso interno definido como consumo nos meses de inverno e o uso externo como consumo nos meses de verão menos o consumo no inverno. Nas regiões de clima temperado onde foram desenvolvidos trabalhos dessa natureza, aplicaram essa divisão, face à presença do verão rigoroso não permitir atividade externa com o uso de água nesta estação, como regar jardim ou lavar a garagem.

Aplicaram ainda uma série *cross-section* do consumo médio e dos picos de consumo diário e semanal. Os resultados mostraram que a demanda de água externa foi elástica, enquanto as demais, isto é, a demanda interna e a demanda nos picos diário e semanal foram relativamente inelásticas em relação ao preço.

(Morgan, 1973) desenvolveu um modelo para Santa Bárbara, Califórnia, no qual considera a separação do consumo de água em interno e externo, usando dados por residência, obtidos através de amostragem. As variáveis significativas para o modelo encontradas foram: valor da propriedade, número de residentes e detectou economia de escala no uso da água para tamanho da residência. O autor teceu críticas sobre o trabalho de (Howe & Linaweaver, 1967) por terem usado dados médios na estimativa do consumo residencial, por estes diminuir a variância das estimativas, devido o modelo ter sido aplicado num corte de tempo, os autores não usaram a variável preço.

Essa discussão tomou grande proporção após (Taylor, 1975) publicar um artigo referente à demanda por elasticidade nos Estados Unidos, onde consta que muitos artigos sobre demanda, usavam o preço médio como variável explicativa, o que não condiz com a teoria econômica, por apresentar dependência negativa estabelecida entre consumo e preço, que reflete nada mais do que a média aritmética.

Muitos autores contornaram o problema, considerando o preço da última unidade consumida como preço marginal *P_{Ma}*, (Howe & Linaweaver Jr., 1967), (Berry & Bonem, 1974) e (Danielson, 1979). Danielson argumenta que a maioria das famílias contidas na sua amostra concentra-se no primeiro bloco de consumo, justificando, portanto, o uso do preço correspondente àquele bloco, desprezando os demais preços da tabela.

Segundo Taylor, a utilização de um único preço marginal *P_{Ma}*, ignora o efeito renda de mudanças nos preços intramarginais. Argumenta que somente um preço marginal não é suficiente para decisão do consumidor, mas sim, toda tabela de preços. Com a intenção de melhorar o modelo, o autor introduziu além do preço marginal, uma variável independente

definida como preço intramarginal, que é (valor dos gastos do consumidor com eletricidade até o último bloco de preço exclusive, dividido pela quantidade consumida até o último bloco exclusive) ou os gastos com eletricidade até o último bloco de preço exclusive. A omissão de qualquer uma das duas variáveis relacionadas ao preço, segundo o autor, resultaria em coeficientes de elasticidade preço superestimado.

(Nordin, 1976), comentando sobre a especificação do modelo de demanda proposto por Taylor, afirma que as variáveis corretas a serem consideradas são o preço marginal (que é o preço cobrado pela última unidade consumida) e a renda real depois de levar em conta os preços intramarginais. Sendo a última denominada de diferença D é definida pelo autor como a diferença entre o que o consumidor paga pela quantidade consumida até o último bloco exclusive e o que ele teria que pagar por essa quantidade se o preço marginal fosse cobrado por todas as unidades consumidas de água. Segundo o autor, quando a tabela de preços é decrescente, os valores da variável D são positivos, representando um “pagamento de entrada” que o consumidor efetua antes que lhe seja permitido pagar por tantas unidades do produto quanto queira ao preço marginal. Quando a tabela for de preços crescentes, os valores da variável D serão negativos, a qual representa “subsídios implícitos” aos consumidores. Ainda segundo o autor, o sinal do coeficiente da diferença, em ambos os casos, deve ser negativo e de igual valor absoluto ao coeficiente de regressão da renda. Quanto ao coeficiente de elasticidade da diferença, espera-se que seja negativo quando a tabela é de preços decrescentes e, positivo quando crescentes. (Billings e Agthe, 1980) aceitam a especificação do modelo de Nordin e estimam a demanda por água utilizando o PMA e a diferença D como variáveis explicativas, além de outras como a renda e o clima para a cidade de Tucson no Estado do Arizona, Estados Unidos, no período de setembro de 1973 a setembro de 1977.

Os modelos que utilizaram as variáveis de Nordin bem como aqueles que usaram somente o preço médio, apresentaram problemas de simultaneidade, uma vez que a quantidade de água consumida determina o preço e este, por sua vez é determinante da quantidade.

De acordo com (Henson, 1984), se o método de estimação por mínimos quadrados ordinários MQMO for aplicado, poderá se obter estimativas tendenciosas dos parâmetros da demanda. Ainda segundo Henson espera-se que o coeficiente do preço marginal PMA tenda a zero e o coeficiente da diferença D tenda a um valor distante de zero, quando a tabela de preços for de blocos crescentes. Espera-se o contrário quando os preços são decrescentes. Em se tratando de tabela de preços compostos por duas partes, um custo

mínimo fixo por mês e um preço constante por m^3 , resolve-se adequadamente o problema com o uso do preço marginal PMa , (Berndt, 1991). Porém, no mesmo caso quando é usado o preço médio, gera coeficientes tendenciosos, (Henson, 1984). A tendenciosidade será maior em valor absoluto quanto maior for a diferença entre os preços marginais em blocos, (Hewitt & Hanemann, 1995). (Henson, 1984), lembra ainda, que a tendenciosidade no coeficiente estimado seja qualquer variável-preço endógena pelo MQMO, não desaparece assintoticamente, portanto, também são inconsistentes.

Varios autores como (Griffin & Martin, 1981), (Terza & Welch, 1982), (Henson et al., 1984) alertaram quanto a possibilidade do preço marginal PMa e a diferença D estarem correlacionadas com o erro da regressão, principalmente quando as variáveis relacionadas ao preço forem calculadas a partir de níveis de consumo expost e não a níveis de consumo pré determinado. O possível erro de medida pode resultar em estimativas tendenciosas dos parâmetros. O viés segundo (Griffin & Martin, 1981) em crítica ao trabalho de (Billings & Agthe, 1980), dependerá da grandeza da variância do erro, ou seja, quanto maior a variância, maior a tendência da linha de regressão girar no sentido contrário ao da demanda real, isto é, na direção da curva da oferta.

Apesar da maioria dos autores desenvolverem modelos que levam em conta toda tabela de preços, na decisão do consumidor, há autores que colocam em dúvida o entendimento dessa tabela por parte do consumidor.

(Shin, 1985), defende que a insegurança dos consumidores com relação à especificação da função de demanda surge, devido ao fato de não se saber por qual dos preços o consumidor reage, se ao preço médio PMe ou ao preço marginal PMa .

A hipótese levantada por Shin, foi colocada em prática com a estimativa da demanda por água de consumo em Tucson, Arizona, nos Estados Unidos, onde foram utilizados os dois tipos de tabela de preços: decrescente no período de 1976 a 1980 e a crescente no período de 1981 a 1985.

Aplicou-se o método de estimativa utilizado por (Hausman, Kinnucan & Mac Fadden, 1979), (Terza, 1986) e pelos próprios autores (Nieswiadomy & Molina, 1989). Pelos resultados obtidos, os autores concluíram que os consumidores respondiam ao preço médio PMe e não pelo preço marginal PMa em se tratando de tabela de preços decrescentes. Porém, os resultados sugerem que quando a tabela for de preços crescentes os consumidores respondem pelo preço marginal PMa . Os autores observam ainda, que os resultados deveriam ser interpretados com cuidado, uma vez que o valor da variância do parâmetro percepção de preço K se mostrou muito alto.

Das duas linhas de pesquisa, a primeira é a que tem prevalecido no meio literário, ou seja aquela que defende a inclusão da tabela de preços nos modelos de demanda. O inconveniente é que as estimativas podem apresentar problemas econométricos. Esses problemas são contornados em certos modelos, aplicando métodos alternativos de estimação, alguns sugeridos na literatura, a exemplo (Wilder e Willenborg, 1975) aplicaram o método dos mínimos quadrados em dois estágios MQMDE para estimar a demanda por eletricidade.

Os autores (Hewitt e Hanemann, 1995) e (Nieswiadomy, 1989) utilizaram o mesmo método para estimar a demanda por água em comparação a outros métodos de estimação. Os últimos autores no primeiro estágio estimaram valores para o preço marginal e diferença D usando valores observados dessas variáveis como função da renda, temperatura, tamanho do gramado da residência e preços contidos nas tabelas de preços em vigor no período analisado pelo MQMO. No segundo estágio o preço marginal e a diferença D foram estimados sobre as variáveis explicativas do consumo de água observado, juntamente com a renda, clima, tamanho da residência, área do gramado e temperatura.

(Billings, 1982), utilizando-se de dados de um estudo anterior (Billings & Agthe, 1980) obteve valores para o preço marginal e da diferença D para cada tabela de preços. No primeiro ato, estimou-se uma função de dispêndio total DT para cada tabela de preços, abrangendo todas as quantidades encontradas no conjunto de dados. Isso quer dizer que, a conta do consumidor para cada quantidade de água Q é calculada, usando somente a tabela oficial de preços. Os valores de DT são estimados sobre os valores correspondentes da quantidade, “isto para cada tabela de preço”:

$$DT = A + bQ + u \quad (5)$$

Neste caso, o coeficiente angular da função estimado foi interpretado como o preço marginal e o coeficiente linear como a diferença. Os resultados mostram que os coeficientes dessas duas variáveis foram não tendenciosos, enquanto que as estimativas dos coeficientes das outras variáveis, incluindo renda, foram tendenciosas para baixo.

Estudos semelhantes foram desenvolvidos em demanda de eletricidade por (Hewlett, 1977) e (Taylor, Blattenberger & Rennhack, 1981) e foi alvo de críticas por (Deller, Chicoine & Ramammurthy, 1986), como: a) a variável instrumental do preço estimado não soluciona o problema de medida da quantidade, tornando tendenciosas as

instrumentais do preço marginal e da diferença D ; e b) poderá existir algum feedback de simultaneidade entre dispêndio total do consumidor e quantidade consumida de água.

Os autores (Nieswiadomy e Molina, 1989) utilizaram-se do método desenvolvido por (MacFadden, Puig e Kirschner, 1977), onde a princípio estimaram o consumo de água como função dos preços das tabelas em blocos e de outras variáveis explicativas (renda, clima, tamanho da família, tamanho do gramado da residência e tamanho da residência). Logo a seguir, os autores estimaram os preços marginais usando valores observados dessa variável como função do consumo estimado e dos preços das tabelas. Os valores estimados do preço marginal são utilizados no cálculo da variável diferença. E por fim, os valores assim estimados do preço marginal e da diferença D são utilizados como variáveis explicativas do consumo observado, juntamente com as demais variáveis explicativas.

O MQMO foi comparado com técnicas alternativas instrumentais VI por (Deller, Chicoine e Ramammurthy, 1986) na estimativa da demanda de água residencial rural por água de distritos de Illinois nos Estados Unidos. Os autores concluíram que o método é superior ao de MQMO, embora “a técnica de desenvolvimento de variável instrumental nem sempre pode ser preferida a outra. A melhor escolha depende, em particular, da natureza dos dados disponíveis”. Chamam a atenção quanto a especificação de Nordin que não foi validada e que os resultados do MQMO não foram substancialmente diferentes daqueles obtidos com o uso das variáveis instrumentais.

(Mattos, 1998) estima a equação de demanda residencial de água para o município de Piracicaba, usando o modelo proposto por Nordin. Apesar da limitação de dados existentes, ela utiliza os diferentes métodos de estimação: mínimos quadrados ordinários; variável instrumental e mínimos quadrados em dois estágios. O método de variáveis instrumentais foi superior ao de mínimos quadrados ordinários, confirmado pelo teste de Hausman. As únicas variáveis significativas foram PMa e D . Os resultados encontrados para o Brasil são semelhantes aos demais, isto é, não existe igualdade dos valores absolutos e sinais contrários nos coeficientes estimados para diferença e renda.

Para a região de Sabaé, estado da Bahia, (Carrera-Fernandez & Menezes, 2000) estudaram os determinantes da disponibilidade em pagar pelo serviço de abastecimento de água e a demanda de água potável pelo método de valoração contingencial. Constatam que a disposição dos consumidores a pagar pelo serviço de água é inferior à necessidade da melhora do abastecimento e ao atendimento da população. O estudo constata ainda que

deve haver participação do poder público para promover a melhoria e ampliação dos sistemas de abastecimento público de água potável, pois os consumidores não estão dispostos a assimilarem aumentos de preços das faturas para custear os investimentos necessários.

No Brasil, passamos pelos mesmos problemas que (Wong, 1972) comentava, sobre a obtenção de dados precisos para a estimação da demanda residencial de água, pois:

- Os dados sobre consumo residencial de água de cada unidade não são encontrados a não ser em amostras isoladas, para fins específicos (ANDRADE et al., 1996);

- Os dados sobre renda familiar individual são de difícil acesso, motivo pelo qual utiliza-se variáveis *proxy* tais como: renda média do censo populacional, renda média familiar obtida através de pesquisa de mercado ou de vendas; ou *proxy* como: tamanho do imóvel, ou número de utensílios domésticos. Um dado muito usado como *proxy* para a variável renda é o valor adicionado;

- A maioria dos serviços de abastecimento de água não dispõe de séries de dados históricos de longos períodos;

No próximo capítulo serão apresentados, dados sobre a cidade de Pirassununga-SP., dados sobre o SAEP Serviço de Água e Esgoto de Pirassununga-SP., o método por ligação, o método por coeficiente unitário e o modelo por coeficientes múltiplos, com aplicação de regressão linear simples e regressão múltipla.

3.0. MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo foi desenvolvido na cidade de Pirassununga, Estado de São Paulo, com objetivo de modelar o consumo médio de água, total e residencial a partir da série de dados históricos, relacionados ao consumo. A cidade está localizada a noroeste do Estado de São Paulo, distante 208 km da capital e a 67 km da cidade de São Carlos.

Trata-se de uma cidade de porte médio que possui atualmente uma população de 65000 habitantes na área urbana, servidos por 20150 ligações de água e serviço de esgoto, no ano de 2002.

O sistema de abastecimento é mantido e operado pelo SAEP – Serviço de Água e Esgoto de Pirassununga, Autarquia Municipal criada através da Lei Municipal nº 1.153 de 14 de março de 1973.

Esse capítulo abrangeu levantamentos das séries de dados históricos, análise dos dados e modelagens realizadas.

3.1. Levantamento de campo.

- Coleta de dados e informações pertinentes no SAEP.

Os dados históricos e demais informações relacionadas ao consumo médio de água residencial, comercial, industrial e misto, foram obtidos através do rol de leituras, blocos de tarifas, histogramas, entrevistas com servidores autárquicos e outros apontamentos relevantes existentes na autarquia referentes ao período de 1993 a 2002.

- Coleta de dados e informações na Prefeitura Municipal

Foram coletados dados e informações junto ao setor de cadastro municipal para análise do desenvolvimento urbano, dados urbanísticos referentes ao plano diretor e a setorização da cidade.

- Coleta de dados climáticos

Os dados climáticos como, precipitação, temperatura do ar e umidade do ar, foram fornecidos pela Academia da Força Aérea de Pirassununga.

- Os dados sobre a população foram obtidos junto ao IBGE, posto de atendimento em Pirassununga-SP.

- Os dados do valor adicionado público fiscal do Município de Pirassununga-SP., foram obtidos junto ao SEADE.

3.2. Métodos e modelo aplicáveis na estimativa do consumo de água em Pirassununga-SP.

A modelagem do consumo de água é um instrumento imprescindível para o planejamento e fundamental à gestão do saneamento, oferecendo condições de projetar o futuro com base no comportamento observado no passado, dando portanto, oportunidade de moldar as tendências futuras.

As previsões de curto prazo são mais sensíveis do que as de longo prazo, portanto, são adequadas ao controle operacional das vazões ofertadas. Logo, pode-se dizer que são passíveis de correções.

Duas aproximações se dispõem em analisar as séries de dados: a regressão linear e a análise de série de tempo.

Os métodos e modelos utilizados para a estimativa de consumo de água são classificados na literatura segundo os autores (Herrington & Gardines, 1986) em seis categorias, de acordo com as formas de contabilizar as correlações estabelecidas entre parâmetros e consumo de água na previsão da demanda: a) método per capita; b) método por conexão ou ligação; c) método por coeficiente unitário; d) modelo por coeficientes múltiplos; e) modelo econométrico e f) modelo de contingências. Embora os autores citam seis categorias, aplica-se nesse estudo apenas três delas para a estimativa do consumo de água na cidade de Pirassununga, a seguir:

3.2.1. Método por ligação

Esse método consiste em aplicar uma única variável explanatória. O coeficiente pode ser estimado ou adotado, cujo valor é recomendado por diversos autores e entidades de classe. Nesse caso, a variável explanatória representa o número de ligação $N_{lig}(t)$, e o coeficiente representa consumo médio por ligação $C_{m/lig}(t)$. Embora muito utilizada no Brasil, este método não possibilita incorporar fatores importantes que influenciam o consumo. É representado pela equação:

$$C_{m/lig} = C_{m/lig}(t) * N_{lig}(t) \quad (6)$$

Onde:

$C_{m/lig}$ = consumo de água total por modalidade por mês, (m³/mês);

$C_{m/lig}(t)$ = consumo de água por ligação por modalidade (m³/lig/mês);

$N_{lig}(t)$ = número total de ligação por modalidade por mês.

3.2.2. Método por coeficiente unitário

Esse método adota coeficiente unitário e somente uma variável explanatória. Portanto, está sujeito a limitações análogas ao método anterior no que diz respeito ao desprezo de outras variáveis com valores relevantes na determinação da demanda. Tende a ser preciso, por apresentar valores desagregados por modalidades específicas de uso. É representado pela equação:

$$C_{m/lig} = a + b.N_{lig}(t) \quad (7)$$

Onde:

$C_{m/lig}$ = Consumo médio de água por ligação por mês, (m³/lig/mês);

a = intercepto;

b = coeficiente angular;

$N_{lig}(t)$ = número total de ligação mês.

3.2.3. Modelo linear por coeficientes múltiplos

Esse modelo utiliza múltiplas variáveis explanatórias que incorporam e cruzam diferentes correlações, inclusive as estabelecidas no âmbito dos dois primeiros métodos, onde procura estabelecer previsões que reflitam a resultante de todos os fatores considerados. Em geral, também incorporam variáveis econométricas, mas não as reconhecem como prevalecentes sobre as demais.

A combinação de critérios do consumo médio, substituindo o número de habitantes pelo número total de ligações (residencial, comercial, industrial e mista), conforme apontado na subseção precedente pode ser entendido em sentido amplo como um procedimento de

análise multivariável, pois associa uma magnitude de consumo bruto a um de consumo interno específico. No ponto de vista da literatura internacional sobre modelos de demanda, são entendidos como multivariável aqueles que associam em uma mesma estrutura de processamento e controle, informações sobre consumo, meio ambiente, clima, urbanística e socioeconômica. O modelo adotado é semelhante ao aplicado por (Billings & Agthe, 1980), cuja equação representa:

$$D = a + b HL + c PMa + d VA + c T + d P + e U + e \quad (8)$$

Onde:

D = consumo de água residencial, (m³/mês);

HL = habitante por ligação;

PMa = preço marginal. (R\$/m³);

VA = renda per capita. (R\$/ano);

T = temperatura média mensal, (°C);

P = precipitação mensal, (mm);

U = umidade relativa do ar (%).

O preço marginal PMa foi determinado segundo (Billings e Agthe, 1982) a partir da tabela de tarifas em bloco. Para cada bloco de tarifa têm-se o preço da água em função da quantidade consumida. Esses valores podem ser representados por uma relação linear, cujos coeficientes a e b , são calculados por regressão linear, como se segue:

$$\text{Tarifa} = a + b Q + \varepsilon \quad (9)$$

Onde:

Tarifa = preço por m³ consumido, (R\$);

Q = consumo de água, (m³/mês);

a = intercepto da equação;

b = coeficiente angular igual ao preço marginal, (PMa);

ε = termo de erro residual da estimativa de regressão.

Os valores resultantes para a e b são considerados independentes das variações da quantidade usada no mês, dependendo de mudanças nos valores das taxas.

3.3. Das análises gráficas

Análises gráficas na série de dados, medidas de ajuste e análise de aplicabilidade da regressão linear às séries históricas.

O coeficiente de determinação ou R^2 representa a proporção da variabilidade do consumo explicada pelo ajuste. O R^2 pode variar de 0 a 1, sendo ideal quando próximo de 1 ou igual a 1, isto para uma curva perfeita, porém, pelos dados serem reais torna-se difícil essa aproximação, por não considerar certas variáveis que possam explicar a variabilidade do consumo. Levando-se em conta as variáveis consideradas, haverá sempre um resíduo.

O teste F verifica se pelo menos uma das variáveis independentes contribui significativamente para o modelo e para a predição do consumo. Um valor grande da estatística F indica que pelo menos uma das variáveis independentes contribui significativamente para o modelo. A estimativa da estatística F é dita ser suficientemente grande se o $Pvalor$ for menor, normalmente, que 0,05.

O $Pvalor$ representa a probabilidade de se observar um valor da estatística F maior do que o observado com o conjunto de dados e o modelo ajustado.

A significância das variáveis empregadas é confirmada pelo teste t de Student, se da mesma forma o $Pvalor$ for menor que 0,05.

A verificação das suposições dos modelos de regressão linear simples e múltipla é visto, através de gráficos de resíduos (resíduos contra valores de demanda previstos), de autocorrelação e de normalidade de resíduos.

4.0. ANÁLISE DOS RESULTADOS

São apresentados neste capítulo a aplicação e os resultados dos modelos empregados na projeção do consumo médio de água para a cidade de Pirassununga – SP.

Os modelos foram ajustados de acordo com os dados históricos anuais, metódicos e sequenciais, referentes ao período de 01 de janeiro de 1993 a 31 de dezembro de 2002. Utilizou-se como variáveis explanatórias o número de ligações, o consumo registrado nas micromedições por modalidade e o preço marginal.

Não foram computadas as perdas ocorridas até o cavalete do usuário. Foram obtidos também, dados climatológicos da altura precipitada, temperatura média, umidade relativa do ar e dados populacionais, referentes ao período mencionado.

Inicialmente realizou-se análise gráfica da variação de consumo total por modalidade em função do tempo, da variação do consumo por ligação e por modalidade em função do tempo. Na sequência foi ajustado o modelo do consumo médio, utilizando o método por ligação, o método de coeficiente unitário e, posteriormente o modelo linear de coeficientes múltiplos.

Para o modelo de coeficientes múltiplos foram verificados os ajustes dos dados, bem como a adequação às suposições do modelo.

4.1. Análise gráfica do consumo de água total mensal e consumo por modalidades

Foram analisados, o consumo de água total mensal e o consumo de água mensal por modalidades, conforme Figura 1.9 representando o consumo de água total mensal, Figura 1.10 representando o consumo de água mensal residencial, Figura 1.11 representando o consumo de água mensal comercial, Figura 1.12 representando o consumo de água mensal industrial e Figura 1.13 representando o consumo de água mensal misto todos referentes ao período de janeiro de 1993 a dezembro de 2002.

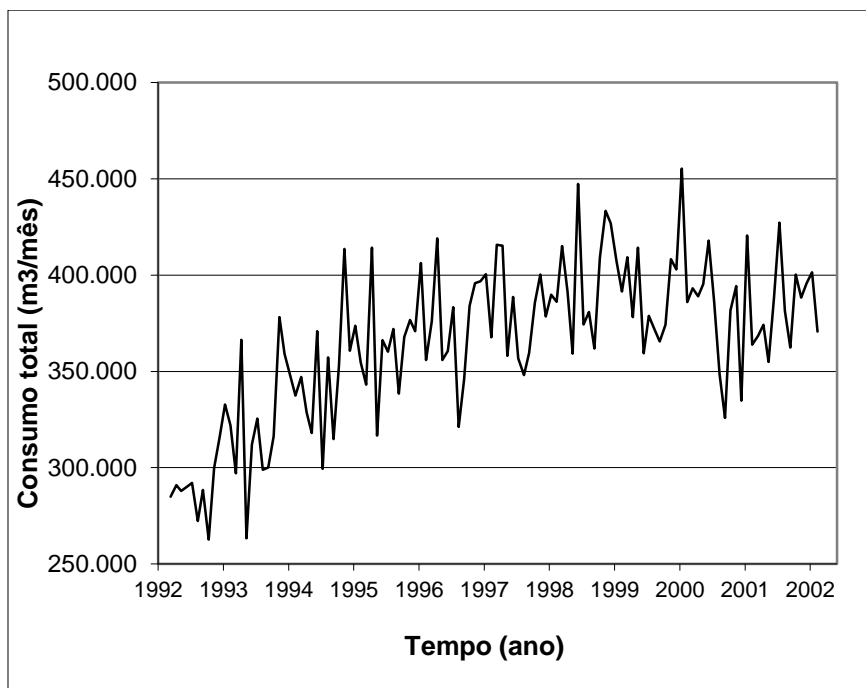


Figura 1.9 – Consumo de água total mensal em Pirassununga-SP.

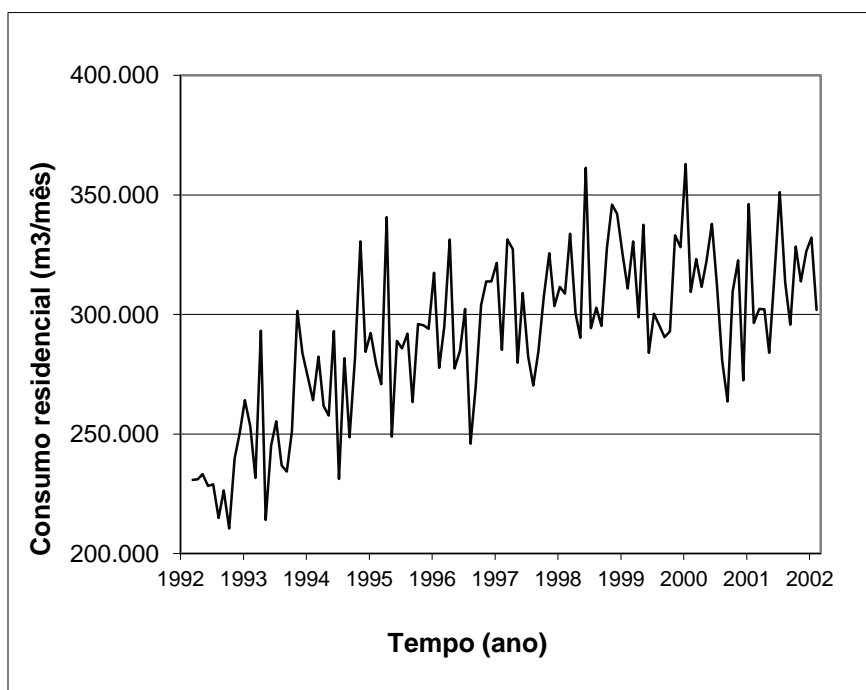


Figura 1.10 – Consumo de água residencial mensal em Pirassununga-SP.

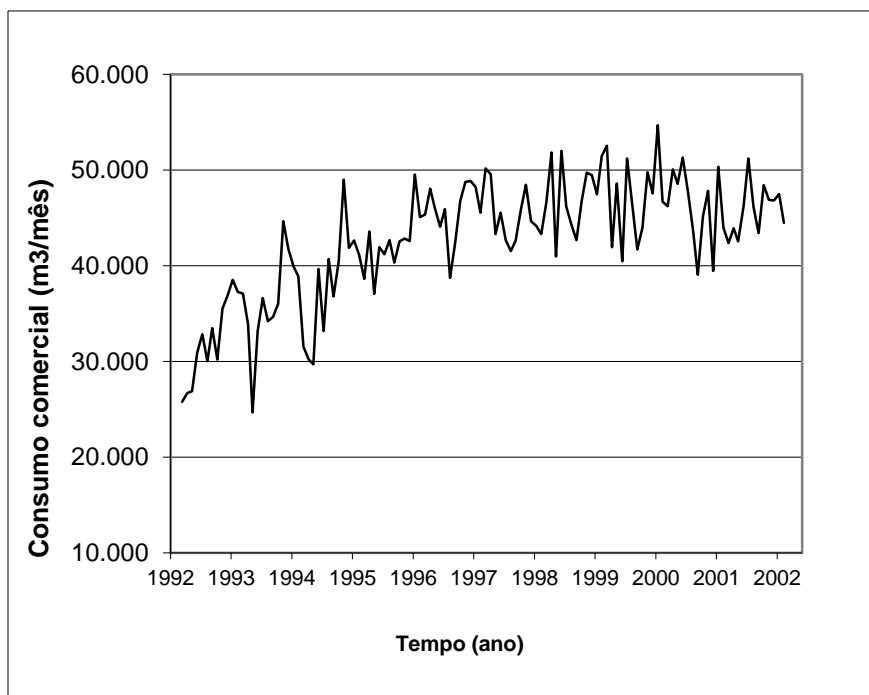


Figura 1.11 – Consumo de água comercial mensal em Pirassununga – SP.

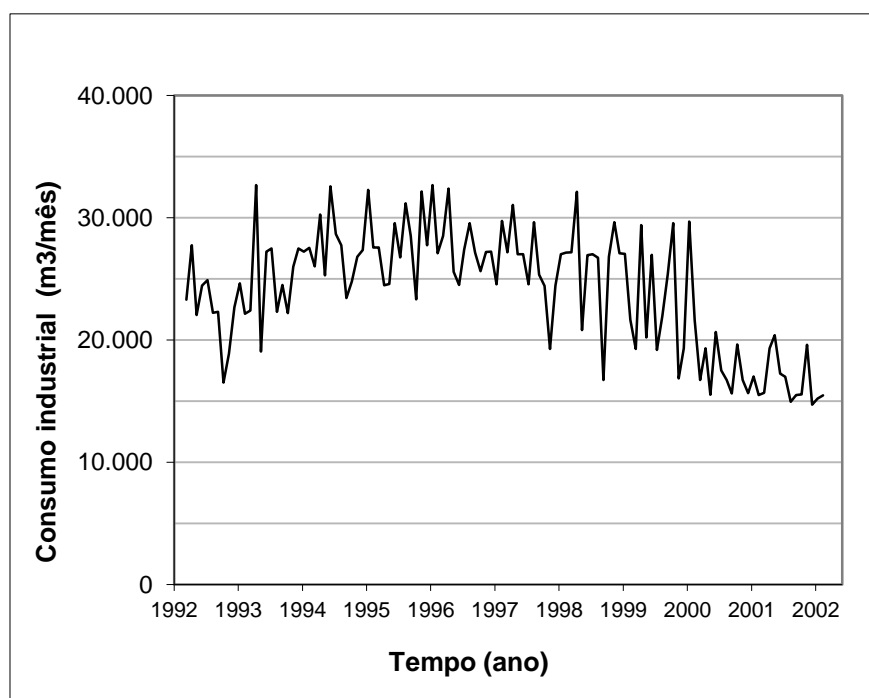


Figura 1.12 – Consumo de água industrial mensal em Pirassununga – SP.

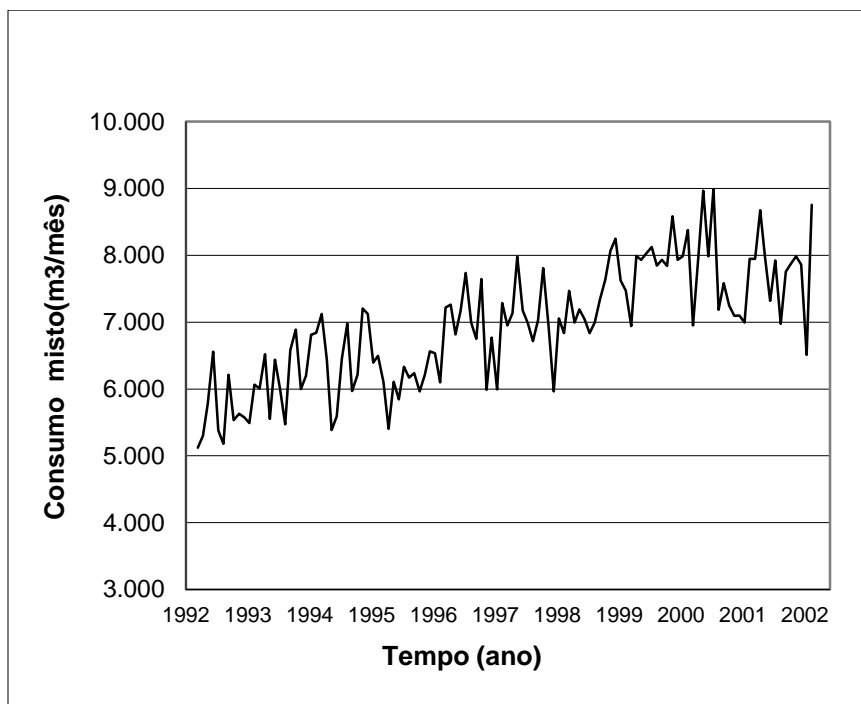


Figura 1.13 – Consumo de água mensal misto em Pirassununga – SP.

Análise gráfica do consumo de água mensal total Figura 1.9, apresenta no período um crescimento moderado nos primeiros cinco anos, seguido de uma tendência à estabilidade nos anos subsequentes.

Análise gráfica do consumo de água mensal residencial Figura 1.10 é dominante entre os demais por representar aproximadamente 79,8% do consumo total. Apresenta um crescimento acentuado até o final de 1998, seguido de um período de estabilidade até o final de dezembro de 2002.

Análise gráfica do consumo de água mensal comercial Figura 1.11 apresenta um crescimento acentuado até o final de 1998, seguido de um consumo próximo da estabilidade nos anos subsequentes até o final de dezembro de 2002.

Análise gráfica do consumo de água mensal industrial Figura 1.12 apresenta um crescimento moderado até o final de 1996, seguido de um decréscimo acentuado até o final do período em dezembro de 2002.

Análise gráfica do consumo de água mensal misto Figura 1.13 apresenta um crescimento moderado até o final de 1998, seguido de um período próximo à estabilidade até final de dezembro de 2002.

Tabela 24 – Valores de consumo total e por modalidade mensal na cidade de Pirassununga SP de 1993 a 2002.

Valores	Modalidade de consumo								
	Residencial		Comercial		Industrial		Misto		Total
	m³/mês	(%)	m³/mês	(%)	m³/mês	(%)	m³/mês	(%)	m³/mês
Média	291189,8	79,8	42616,7	11,7	24045,9	6,6	6935,6	1,9	364788,0
Máximo	362968,0	79,3	54668,0	11,9	32659,0	7,1	8993,0	2,0	459288,0
Mínimo	210537,0	82,5	24676,0	9,7	14696,0	3,9	5119,0	5,8	255028,0
Mediana	294649,0	79,6	43479,0	11,8	24831,0	6,7	6984,0	1,9	369943,0
1o Quartil	270432,0	80,6	39170,0	11,6	19602,0	5,8	6208,0	1,8	335412,0
3o Quartil.	313895,0	79,2	47313,0	11,9	27384,0	6,9	7713,0	1,9	396305,0

Fonte: Próprio autor.

4.2. Análise gráfica do consumo médio mensal de água por ligação

Foi analisado o consumo de água mensal total por ligação, abrangendo todas as modalidades, residencial, comercial, industrial e mista, no período de janeiro de 1993 a dezembro de 2002.

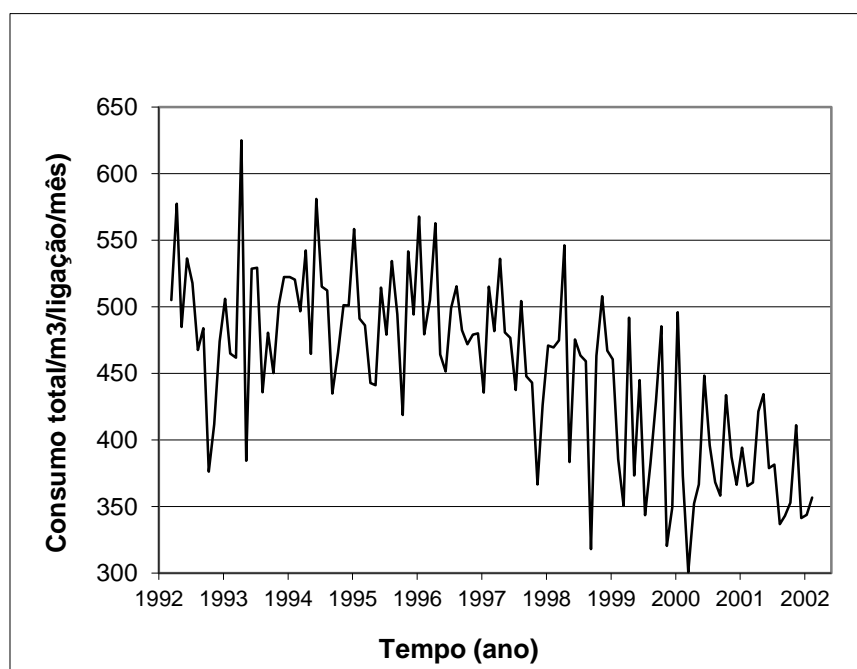


Figura 1.14 – Consumo de água mensal total por ligação em Pirassununga-SP.

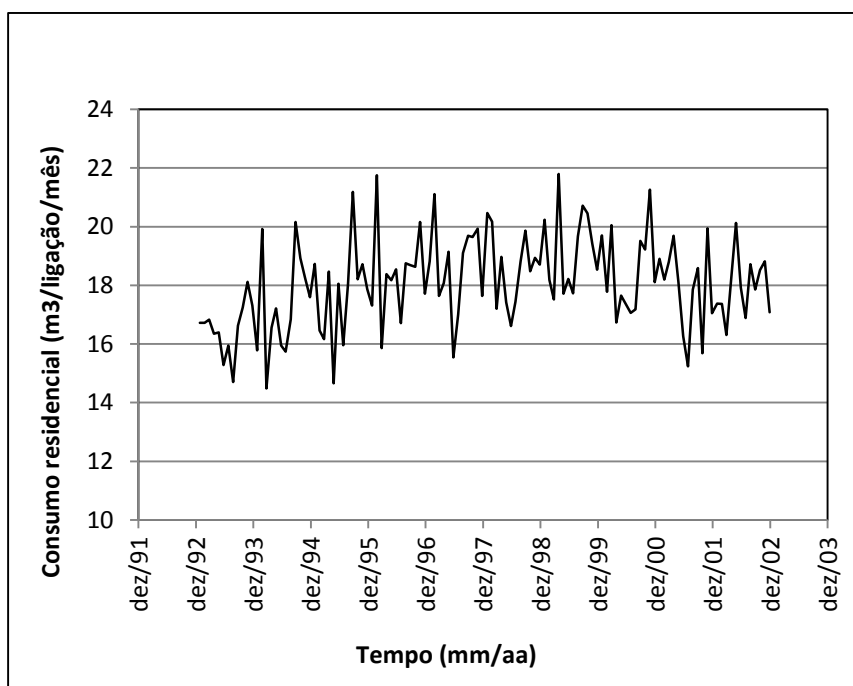


Figura 1.15 – Consumo de água mensal residencial por ligação em Pirassununga-SP.

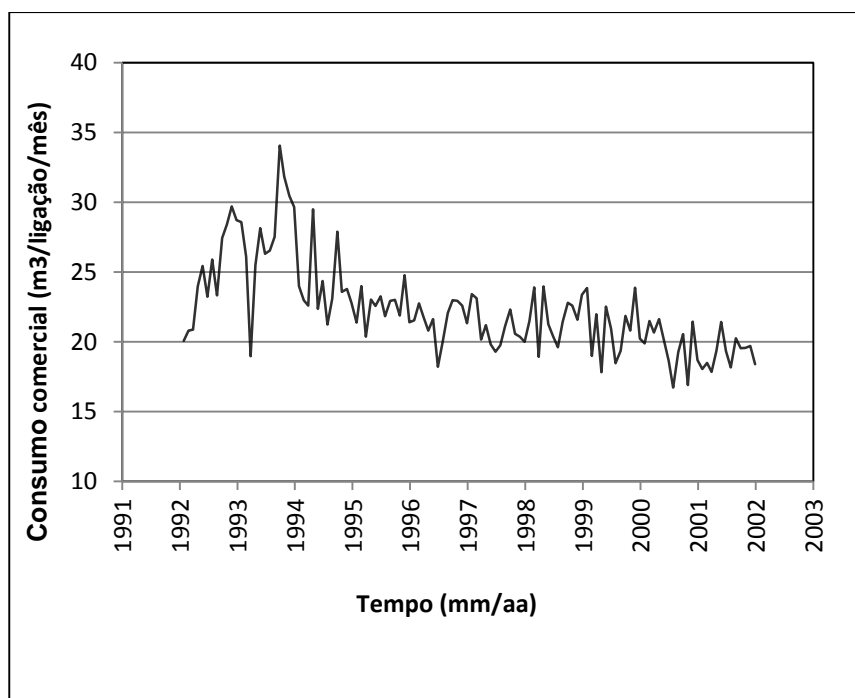


Figura 1.16 – Consumo de água mensal comercial por ligação em Pirassununga-SP.

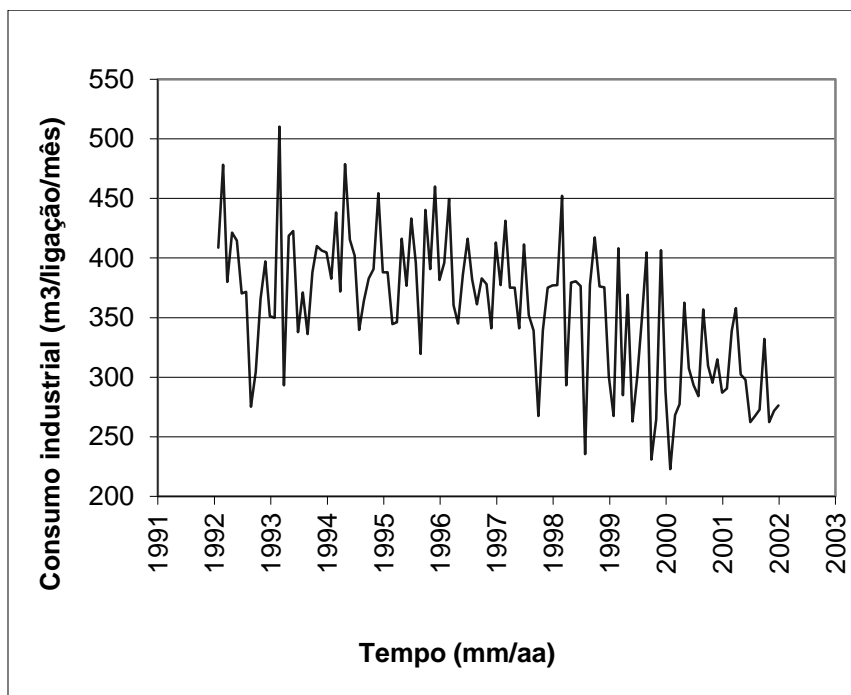


Figura 1.17 – Consumo de água mensal industrial por ligação em Pirassununga-SP.

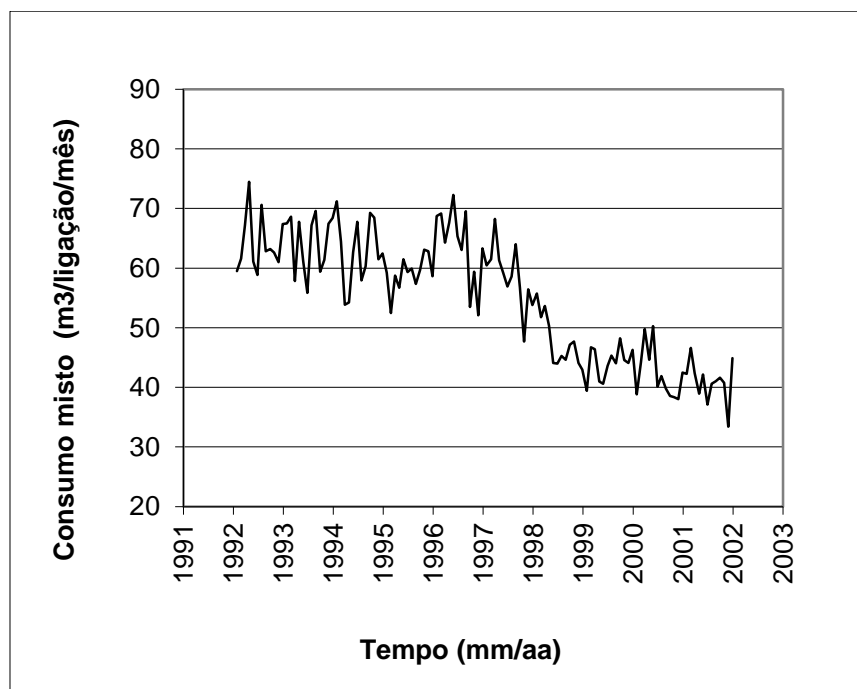


Figura 1.18 – Consumo de água mensal mista por ligação em Pirassununga-SP.

A análise gráfica do consumo de água mensal total por ligação, Figura 1.14, apresenta crescimento moderado próximo à estabilidade nos primeiros cinco anos, seguido de decréscimo moderado até o final do período em dezembro de 2002.

A análise gráfica do consumo de água mensal residencial por ligação, Figura 1.15, é dominante entre os demais por representar aproximadamente 79,8% do consumo total. Apresenta crescimento moderado até junho de 1996, seguido por tendência de consumo próximo à estabilidade até janeiro de 2000, após, segue com decréscimo moderado até dezembro de 2002.

A análise gráfica do consumo de água mensal comercial por ligação, Figura 1.16, apresenta crescimento moderado até março de 1994, seguido por tendência a um decréscimo moderado até dezembro de 2002.

A análise gráfica do consumo de água mensal industrial por ligação, Figura 1.17, apresenta tendência a crescimento moderado até final de 1997, seguido de um decréscimo acentuado até dezembro de 2002.

A análise gráfica do consumo de água mensal mista por ligação, Figura 1.18, apresenta decréscimo moderado até dezembro de 1996, seguido por decréscimo acentuado até dezembro de 2000, retomando a estabilidade até o final de dezembro de 2002.

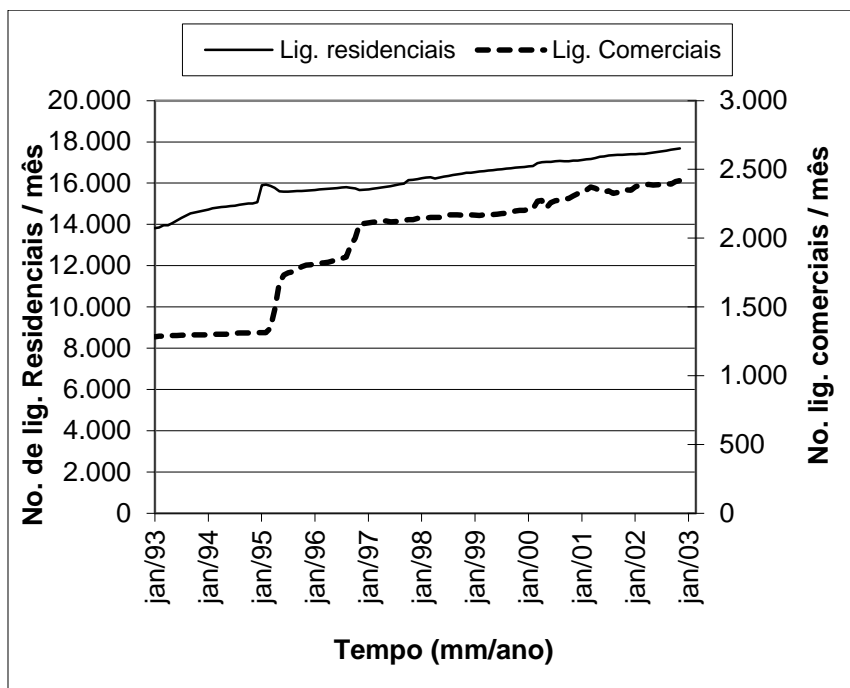


Figura 1.19 – Número de ligações residenciais e comerciais em Pirassununga-SP.

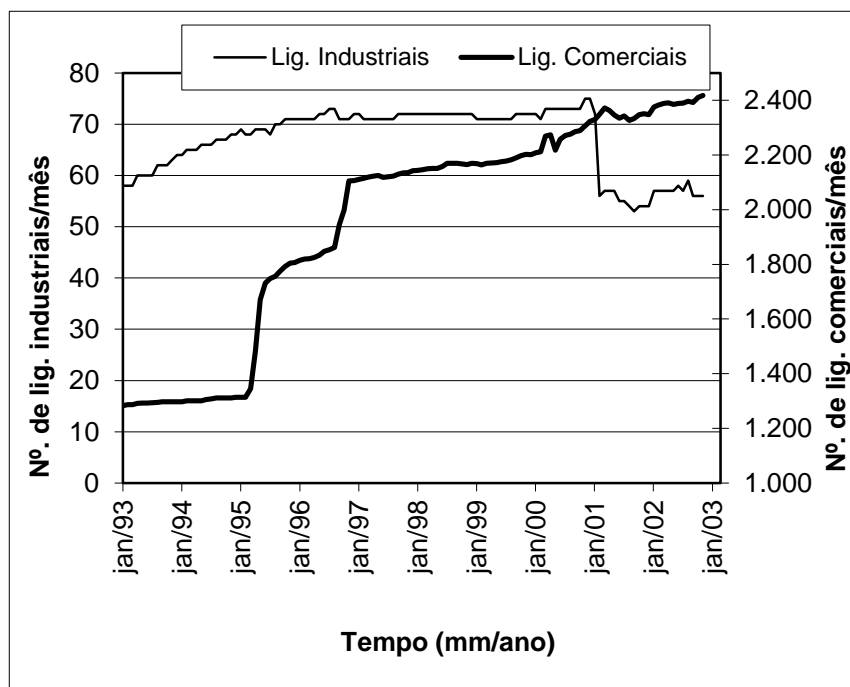


Figura 1.20 - Número de ligações industriais e comerciais em Pirassununga-SP.

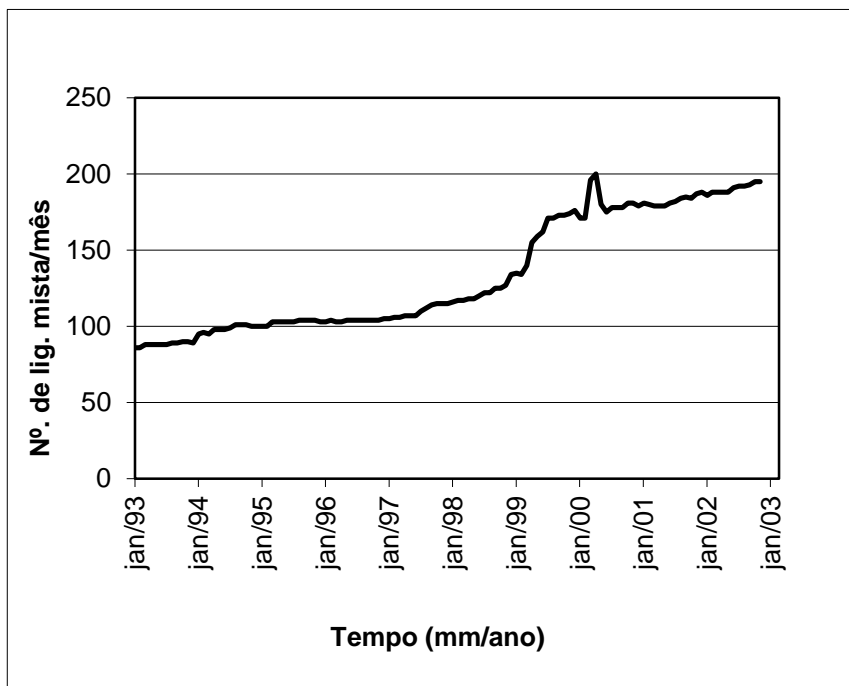


Figura 1.21 – Número de ligações mistas em Pirassununga-SP.

4.3. Análise gráfica de alguns fatores que podem influenciar o consumo

Os fatores levantados foram: custos da água/esgoto por metro cúbico (tarifa), temperatura média, altura precipitada e umidade relativa do ar, os quais são apresentados nas figuras 1.22 a 1.25, respectivamente.

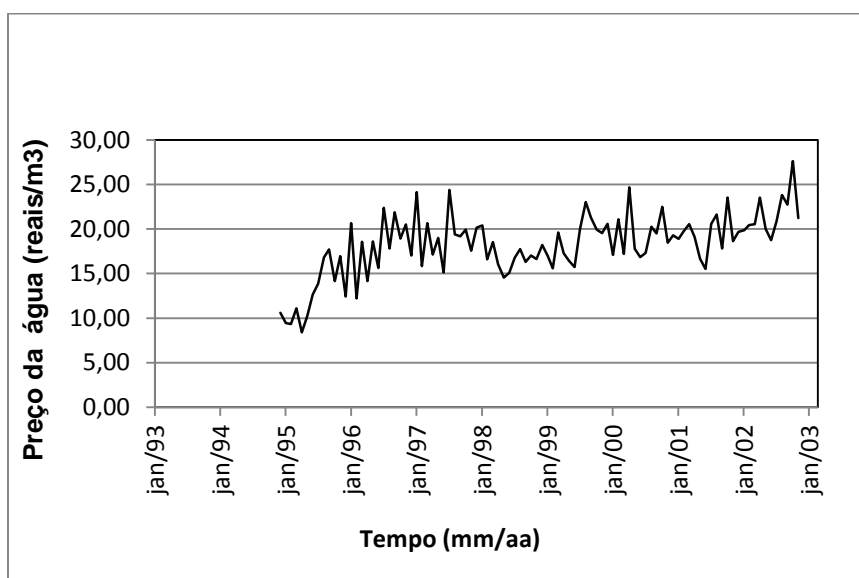


Figura 1.22 – Preço médio por metro cúbico de água e esgoto em Pirassununga-SP.

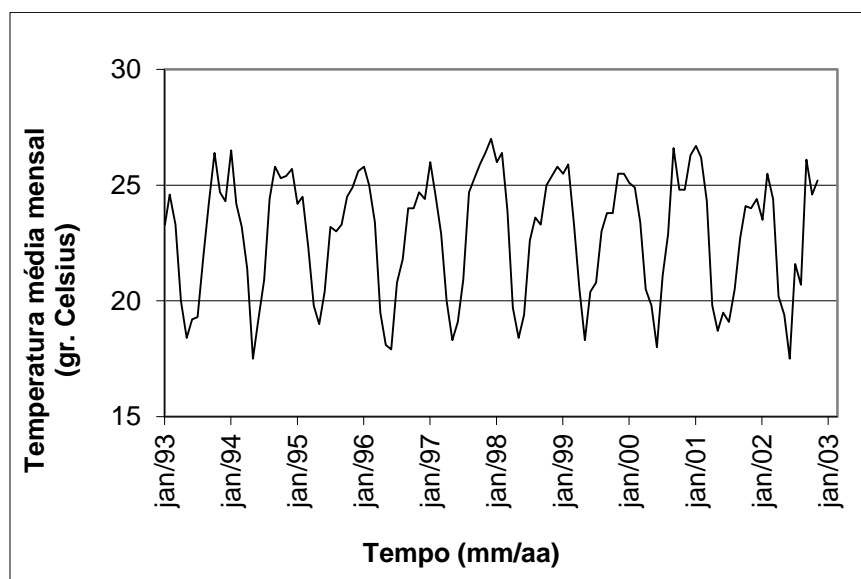


Figura 1.23 – Temperatura média mensal, em graus Celsius, em Pirassununga-SP.

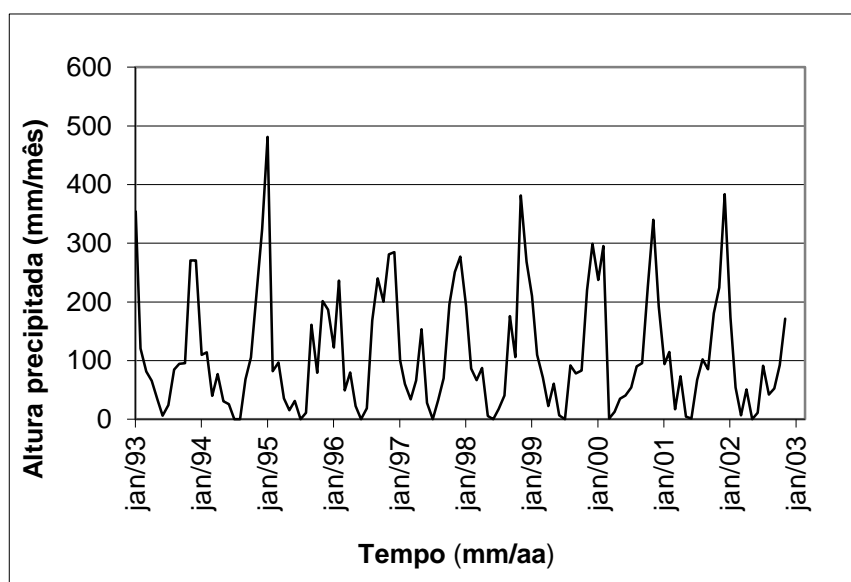


Figura 1.24 – Altura precipitada média mensal em (mm), em Pirassununga – SP.

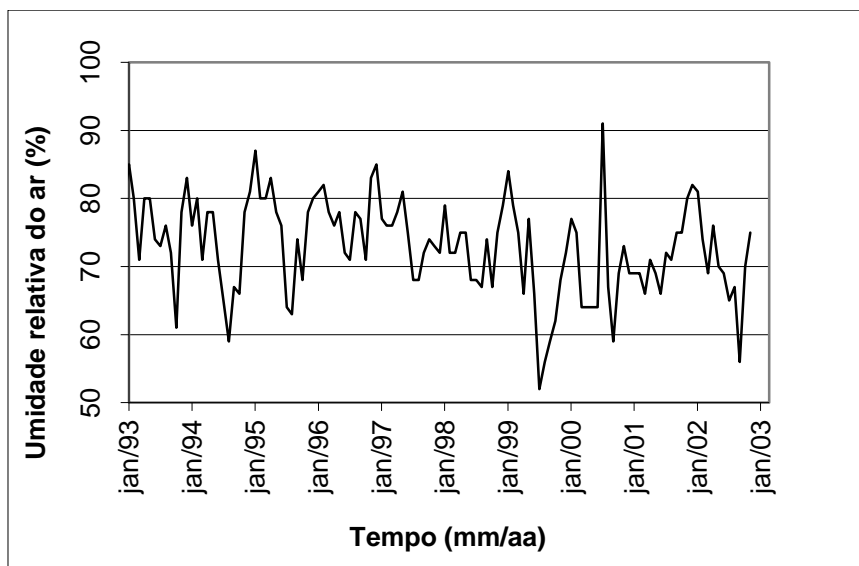


Figura 1.25 – Umidade relativa do ar média mensal (%), em Pirassununga-SP.

A Figura 1.22 apresenta a variação tarifária, que é o preço cobrado do consumidor por cada metro cúbico de água, e o valor marginal, referente aos custos de produção da água, mais uma pequena margem de lucro para investimentos. Os dados referentes aos valores dos dezoito meses iniciais foram prejudicados face às alterações da moeda em consequência do plano econômico do período e também sofreram com as variações inflacionárias anteriores à implantação do mesmo, razões para não serem utilizados.

Analisando os dados, nota-se um crescimento contínuo dos custos, tornando visíveis as oscilações ocorridas entre os anos de 1995 e 1997. Com relação ao custo marginal, nota-se sua ascensão em patamares regulares, de forma consistente.

Os dados climáticos aplicados no modelo como: temperatura média, altura precipitada e umidade relativa do ar, representadas pelas Figuras 1.23, 1.24 e 1.25 respectivamente, apresentam variações no decorrer do período, não evidenciando eventos excepcionais.

4.4. Comparação das análises gráficas sobre o consumo total de água, consumo por modalidade e consumo por ligação:

Comparando os resultados das análises gráficas observa-se que o consumo mensal total Figura 1.9 e o consumo mensal total por ligação, Figura 1.14, apresentam tendências semelhantes nos cinco anos iniciais. Após, nota-se que o consumo total segue com tendência próxima à estabilidade até dezembro de 2000, seguido de decréscimo

moderado até o final do período, enquanto que a Figura 1.14 apresenta decréscimo moderado até o final do período em dezembro de 2002.

O consumo de água mensal residencial Figura 1.10 e o consumo de água mensal residencial por ligação Figura 1.15, apresentam as mesmas tendências de crescimento nos primeiros cinco anos. Após, o consumo mensal residencial segue com tendência próxima à estabilidade nos anos subsequentes, enquanto que o consumo mensal residencial por ligação apresenta tendência próxima à estabilidade até dezembro de 2000, seguido por decréscimo moderado até o final do período.

O consumo de água mensal comercial, Figura 1.11 apresenta crescimento moderado até o final de 1998, seguido de consumo próximo à estabilidade nos anos subsequentes, enquanto que o consumo mensal comercial por ligação Figura 1.16 apresenta crescimento moderado até final de 1994, seguido por decréscimo moderado até final de dezembro de 2002.

O consumo de água mensal industrial Figura 1.12 apresenta crescimento moderado até o final de 1996, seguido de decréscimo acentuado até final de dezembro de 2002, enquanto que o consumo mensal industrial por ligação Figura 1.17 apresenta crescimento moderado até final de 1997, seguido de decréscimo acentuado até dezembro de 2002.

O consumo de água misto mensal, Figura 1.13 apresenta crescimento moderado até final de 1998, seguido de um período próximo à estabilidade até dezembro de 2002, enquanto que o consumo mensal misto por ligação Figura 1.18 apresenta tendência a crescimento moderado até final de 1996, seguido de decréscimo acentuado até dezembro de 2000, retornando à estabilidade até dezembro de 2002.

4.5. Aplicação e resultados do método por ligação

O método consiste em aplicar uma única variável explanatória. O coeficiente pode ser calculado ou adotado, visto encontrar valores específicos recomendados por diversos autores e entidades de classe. Neste caso, a variável explanatória representa o número de ligações, e o coeficiente representa o consumo médio por ligação. Embora muito utilizado no Brasil, este método não possibilita incorporar fatores importantes que influenciam no consumo. O consumo médio de água total e por ligações calculados estão representados nas Tabela nº 25, 26 e 27.

Tabela nº 25 - Consumo de água total e por modalidades, período 1993 a 2002.

Modalidades	CONS.RES.	CONS. COM	CONS. IND.	CONS. MIST.	TOTAL
Unid/medida.	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³
1993	2812008	384953	271728	67813	3536502
1994	3084998	435506	305982	75302	3901788
1995	3324993	456713	332703	77371	4191780
1996	3471503	507907	335531	73571	4388512
1997	3544850	548810	329362	83623	4506645
1998	3642162	541791	314019	84572	4582544
1999	3830179	569446	309662	88904	4798191
2000	3763636	565526	279362	95521	4704045
2001	3699222	553500	206578	92038	4551338
2002	3769223	549846	200591	93557	4613217
Vc = (dez anos) m ³	34942774	5113998	2885518	832272	43774562
Vc:10 = m ³ /ano	3494277,4	511399,8	288552	83227	4377456
Vc:120 = m ³ /mês	291189,7	42616,6	24046	6936	364788
C _{méd} /(m ³ /lig/mês)					
Vc(mês)/Nº Lig.(mês)				Média- mês	19,98

Onde: Vc = Volume de água consumido no período (1993 a 2002); Vc:10 = Volume de água consumido em um ano; Vc:120 = Volume de água consumido em um mês; Vc(mês) / Nº Lig.(mês) = volume de água consumido no mês por ligação.

Próprio autor.

Tabela nº 26 - Ligações de água por modalidades, residencial, comercial, industrial e mista.

<i>DATA</i>	CONS. RES.	CONS. COM.	CONS. IND.	CONS. MIST.	TOTAL
Ano	Unid.	Unid.	Unid.	Unid.	Unid.
1993	170135	15497	720	1056	187408
1994	178440	15655	790	1171	196056
1995	187819	19047	830	1231	208927
1996	188767	22531	858	1244	213400
1997	190448	25459	857	1309	218073
1998	195923	25884	864	1442	224113
1999	199655	26139	856	1881	228531
2000	203815	27066	874	2165	233920
2001	207176	28118	699	2180	238173
2002	210156	28667	681	2284	241788

Fonte: Próprio autor.

Tabela nº 27 – Consumo de água médio mensal por ligação, por modalidade no período de 1993 a 2002.

Modalidades	CONS.RES.	CONS.COM.	CONS.IND.	CONS.MISTO
Unid/medida.	m ³ /lig/mês	m ³ /lig/mês	m ³ /lig/mês	m ³ /lig/mês
1993	16,53	24,84	377	64
1994	17,29	27,82	387	64
1995	17,7	23,97	401	63
1996	18,39	22,54	391	59
1997	18,61	21,56	384	64
1998	18,59	20,93	363	59
1999	19,18	21,78	362	47
2000	18,46	20,88	320	44
2001	17,85	19,68	296	42
2002	17,93	19,18	295	42

Fonte: Próprio autor.

4.6. Aplicação e resultados do método por coeficiente unitário

O método do coeficiente unitário adota somente uma variável explanatória que é o número de ligações. Portanto, está sujeito a limitações análogas ao método anterior no que diz respeito ao desprezo de outras variáveis com valores relevantes na determinação do consumo. Tende a ser preciso por apresentar valores desagregados por modalidades específicas de uso. Aplica-se a equação: $Cm(t) = a + b * Nlig(t)$.

A variável explanatória compreende o número de ligações total. As Figuras 1.26 a 1.30 apresentam os consumos mensais do período de 1993 a 2002 e as retas representando os modelos para o consumo médio total e para os consumos médios, residencial, comercial, industrial e misto. Nos gráficos, Figuras 26 a 30, o “y” representa o consumo médio de água em (L/seg) e o “x” representa o número de ligações.

Tabela nº 28. Aplicações e resultados do método por “coeficiente unitário” e respectivas Equações.

CONSUMO	EQUAÇÕES	R ²
Eq.10- Consumo Total	$Cm(t) = 0,3364 + 0,0078 . Nlig (total)$	0,42
Eq.11- Consumo Residencial	$Cm(res.) = - 37,8380 + 0,0094 . Nlig (res.)$	0,45
Eq.12- Consumo Comercial	$Cm(com.) = 6,9717 + 0,0049 . Nlig (com.)$	0,59
Eq.13- Consumo Industrial	$Cm(ind.) = 1,6706 + 0,1658 . Nlig (ind.)$	0,40
Eq.14- Consumo Misto	$Cm(misto.) = 1,7716 + 0,0069 . Nlig (misto)$	0,55

Fonte: Próprio autor.

Verifica-se que os modelos apresentaram coeficientes de determinação acima de 0,40, atingindo 0,59.

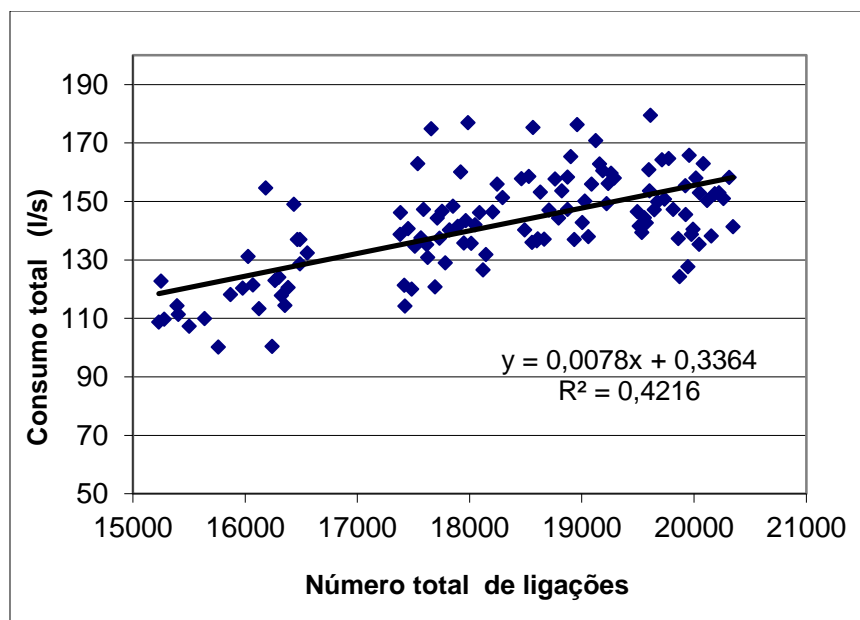


Figura 1.26 – Consumo de água total em função do número de ligações em Pirassununga – SP.

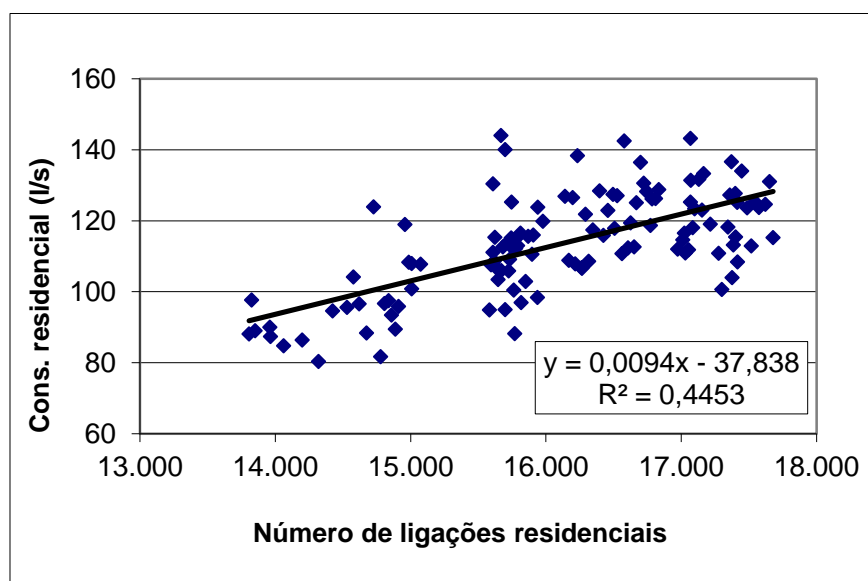


Figura 1.27 – Consumo de água residencial em função do número de ligações em Pirassununga – SP.

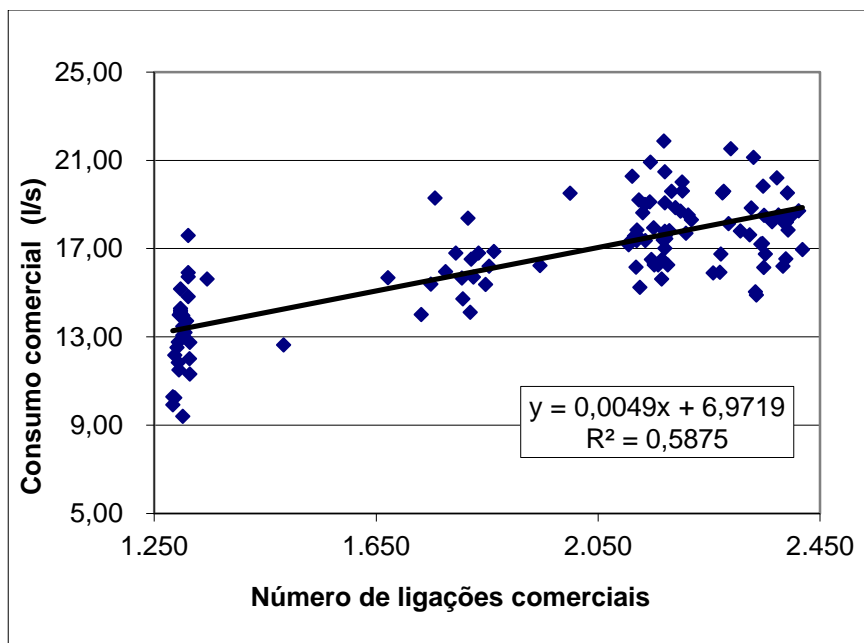


Figura 1.28 – Consumo de água comercial em função do número de ligações em Pirassununga – SP.

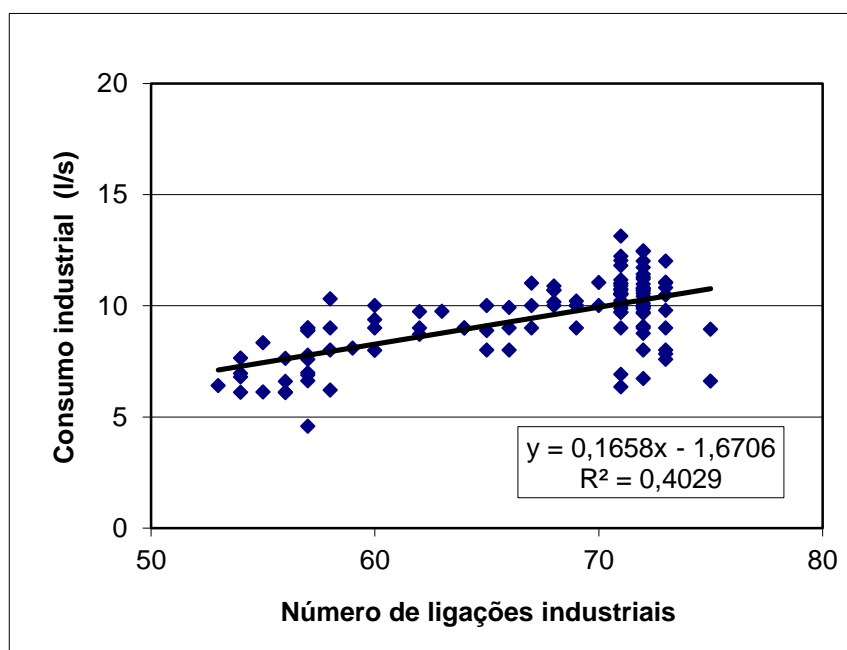


Figura 1.29 – Consumo de água industrial em função do número de ligações em Pirassununga – SP.

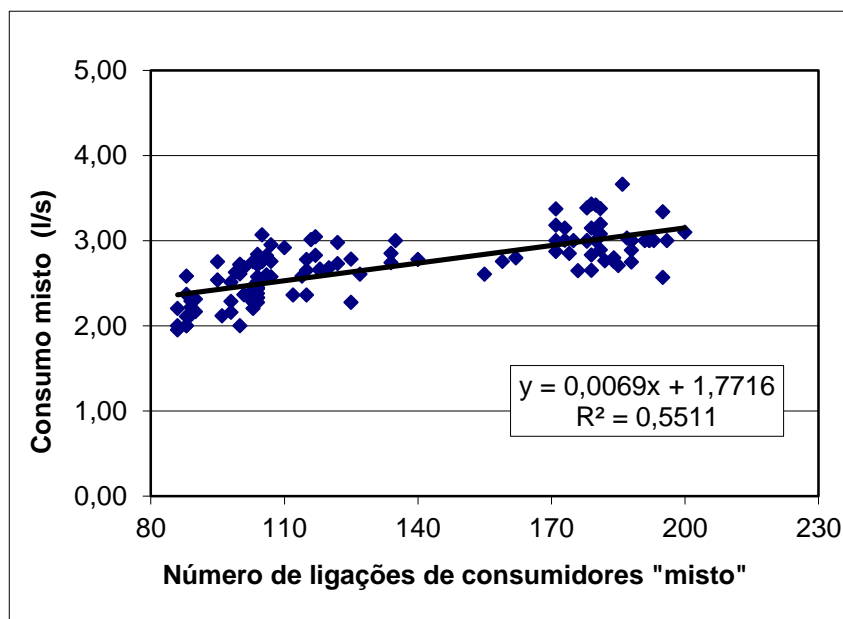


Figura 1.30 – Consumo de água misto em função do número de ligações em Pirassununga – SP.

4.7. Aplicação e resultados do modelo linear por coeficientes múltiplos

Este modelo foi aplicado por utilizar múltiplas variáveis explanatórias que incorporam e cruzam diferentes correlações, por incorporar variáveis econométricas e que permite associar na mesma estrutura de processamento e controle, informações sobre consumo, ambiental, climática, urbanística e sócioeconômica.

Foram consideradas no modelo como variáveis explanatórias: o número de habitantes por ligações HL , o preço marginal PMa , a renda por ligação, substituída pela próxi adicionada VA , a temperatura média $^{\circ}C$ T , a altura precipitada P e umidade relativa do ar UR .

Modelo obtido: (15)

$$\frac{Cons}{lig} \cdot mês = 9,097 + 6,714 * HL - 5,852 * PMa + 0,00003 * VA + 0,189 * T + 0,0025 * P - 0,076 * UR.$$

Observa-se que o ajuste apresentou bons resultados com relação aos sinais esperados dos parâmetros, ou seja, positivo para as variáveis HL , VA e T , e negativo para PMa e UR . Esperava-se que a variável precipitação pudesse contribuir para redução do consumo, porém isso não foi constatado devido seu coeficiente apresentar sinal positivo.

O modelo mostrou-se altamente significativo pelo teste F apresentar valor igual a 795, associado ao P valor que é igual 0,0000, ou seja, menor que 0,01. O teste t de Student aplicado para análise da significância das variáveis explicativas é apresentado na última coluna da Tabela 4.2. Verifica-se que a probabilidade P value ficou abaixo de 0,01% para o intercepto HL , PMa , T e UR . Não foram significativos os coeficientes VA e P , devido os valores dos desvios padrões de seus coeficientes serem muito pequenos.

Apresenta-se na Figura 1.31 o consumo estimado e o consumo medido no período de 1996 a 2002. A figura 1.32 mostra a verificação de distribuição normal de resíduos. A Figura 1.33 representa a análise da variabilidade dos resíduos, sua média é constante, e igual, zero. As Figuras 1.34 e 1.35 mostram que não há evidência de autocorrelação entre as variáveis, pois os valores de autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos estimados se encontram dentro dos limites de confiança para até 18 meses. Portanto, as suposições do modelo são consideradas aceitáveis e o modelo adequado para a estimação da demanda.

Tabela 29. Valores da análise de significância do modelo por coeficientes múltiplos aplicados no consumo médio de água na cidade de Pirassununga-SP.

	Coeficiente	St. Err.		
		of B	t(67)	p-level
Intercepto	9,097	1,914	4,75	0,00001
HL (hab/lig)	6,714	0,705	9,53	0,00000
PMa (R\$/lig)	-5,852	0,678	-8,64	0,00000
VA (R\$/lig)	0,000	0,000	-0,57	0,57168
T (°C)	0,189	0,067	2,83	0,00616
P (mm)	0,003	0,002	1,24	0,21836
UR (%)	-0,076	0,026	-2,90	0,00497

Fonte: Próprio autor.

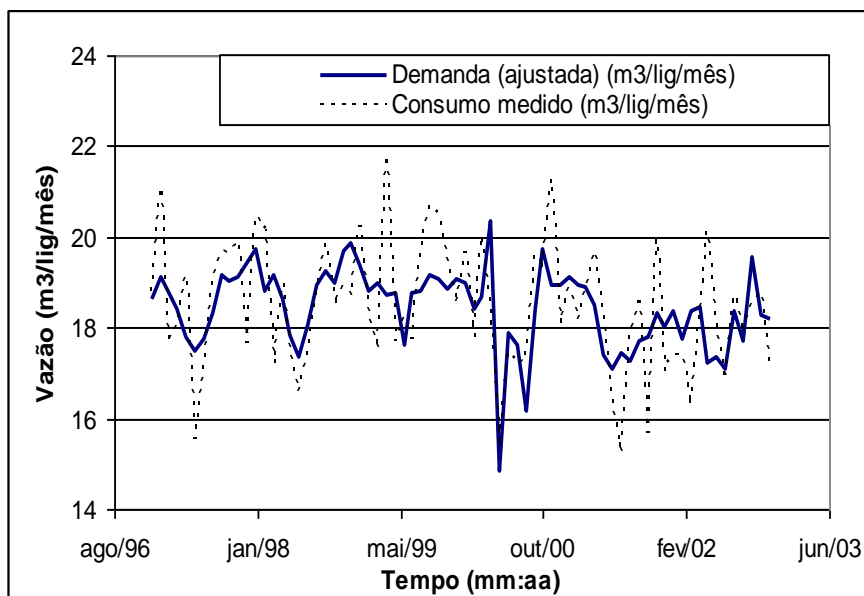


Figura 1.31 – Consumo médio residencial de água calculado pelo modelo por coeficientes múltiplos em Pirassununga – SP.

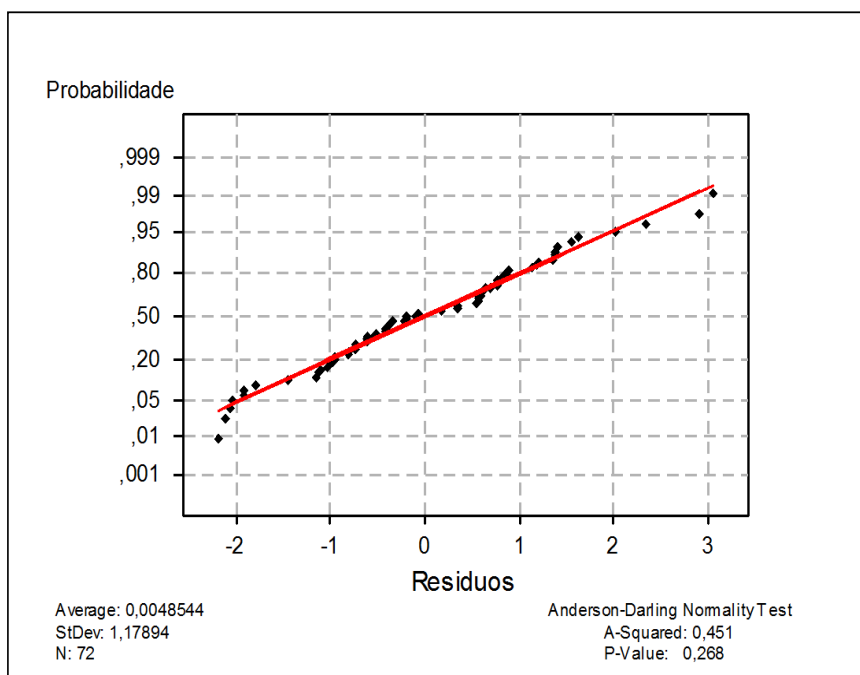


Figura 1.32 – Verificação de distribuição normal de resíduos.

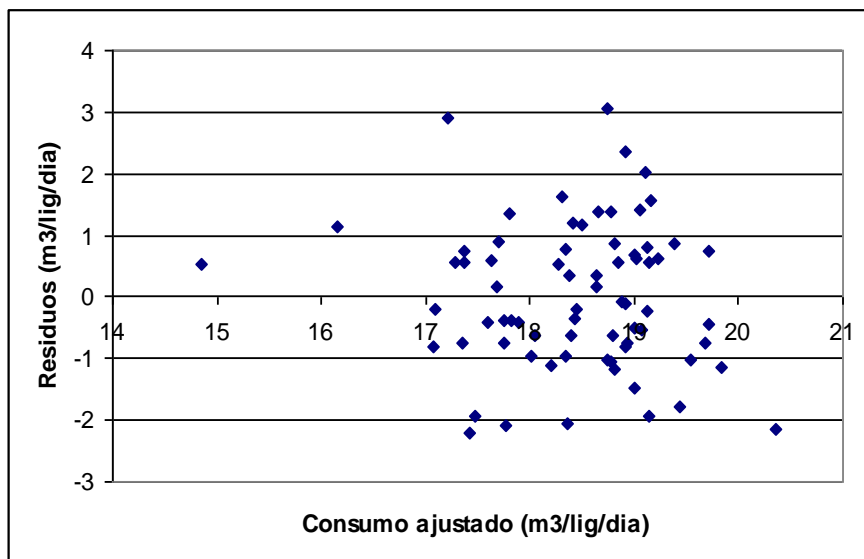


Figura 1.33 – Análise da variabilidade de resíduos.

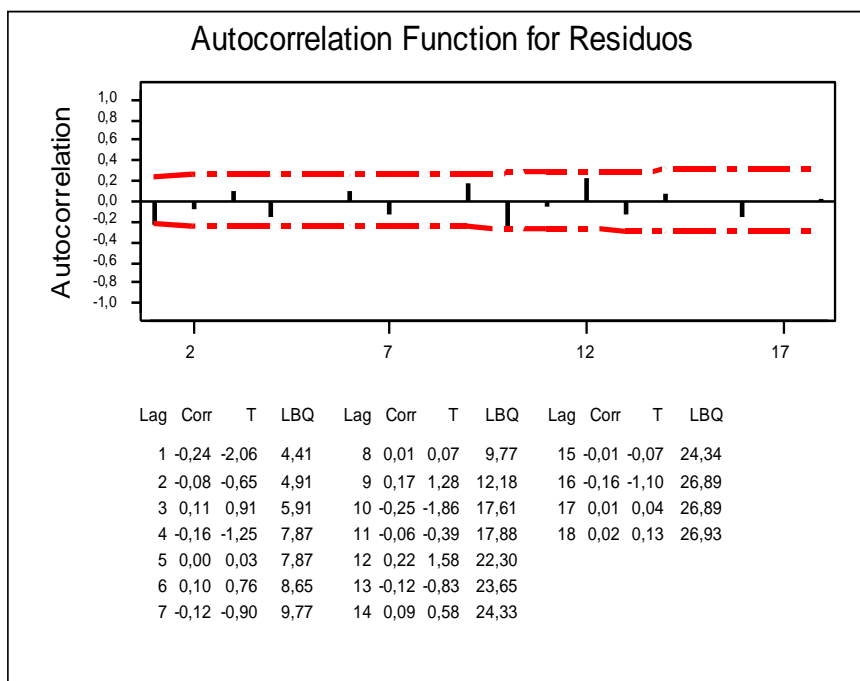


Figura 1.34 – Análise de autocorrelação entre os resíduos

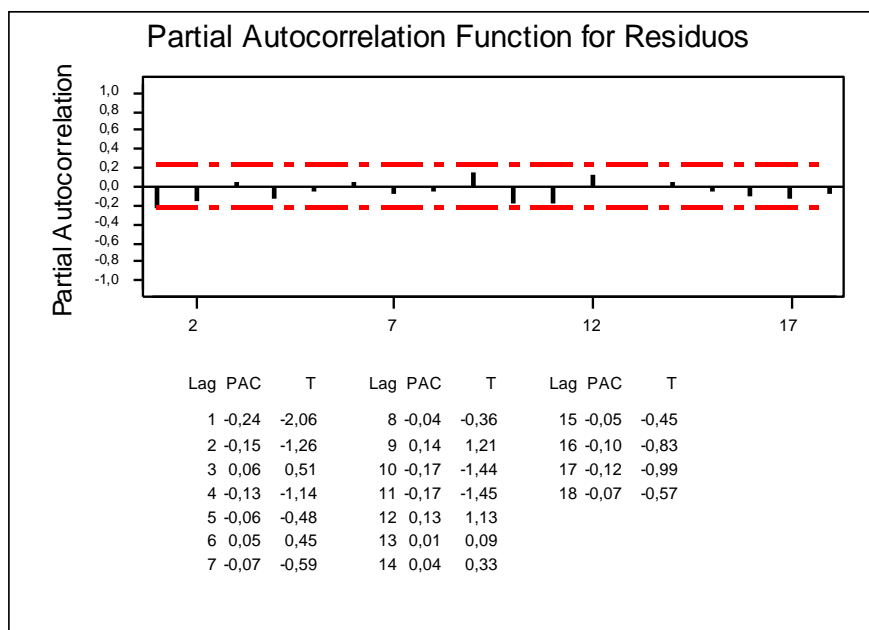


Figura 1.35 – Análise da autocorreção parcial dos resíduos.

5.0 – PROJEÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA

O modelo ajustado, mostrado acima pode ser utilizado para projeções de curto prazo com boa confiabilidade. Projeções de longo prazo não produzem resultados precisos, muito embora seja prática comum a utilização das mesmas na ausência de instrumentos melhores. De fato, a prática adequada é a atualização permanente do modelo ajustado à medida que novos dados estejam disponíveis.

Para fazer a projeção devemos “alimentar” o modelo com as variáveis que o compõem. As variáveis devem ser fornecidas em função das expectativas de sua realização. Para efeito de ilustração estamos fazendo a projeção para o ano seguinte ao último ano para o qual os dados estão disponíveis, neste caso o ano de 2003.

A tarifa total média utilizada no exemplo que segue foi a última tarifa disponível, a de dezembro do último ano considerado. Caso um plano de reajuste de tarifas para o ano que se está buscando projetar, este pode ser mais adequado que o procedimento utilizado.

No caso das variáveis ambientais, utilizamos no exemplo que segue os valores médios históricos, cujos valores são mostrados na Tabela 5. Neste caso o usuário do modelo também pode testar outros cenários caso informação esteja disponível.

A variável ano foi definida da seguinte forma: ano=1 para o primeiro ano cujos dados estão disponíveis, ano=2 para o segundo e assim por diante, até ano=10 para o último ano. Desta forma o ano para o qual faremos a projeção, o não subsequente ao último, corresponde ao ano=11.

A variável mês deve ser tratada de forma diferente para os modelos com ou sem intercepto.

A projeção utilizando o modelo sem intercepto deve ser feita da seguinte maneira: Considere a projeção para o mês de março, mês 3.

Valor projetado para o mês 3 = mês 3 +
 (temperatura média do mês) Temp Media +
 (precipitação do mês) Precipitação +
 (umidade do ar esperada para o mês) Umid AR +
 (tarifa total média esperada para o mês) Tarifa Total Media + (k) ano

Onde:

(k) é o número do ano para o qual desejamos fazer a projeção e os demais valores entre parênteses devem ser valores projetados para as variáveis ou valores realizados no caso de verificação do modelo.

No caso do modelo com intercepto, o que muda é que o (Intercepto) deve ser somado à expressão e o mes1 assume o valor zero.

Tabela 30: Valores históricos das variáveis ambientais

Mes	TempMedia	Precipitacao	UmidAR
Jan	25.39	268.39	78.2
Fev	25.26	207.73	79.6
Mar	25.18	127.42	76.7
Abr	23.44	46.49	72.2
Mai	20.14	57.19	74.7
Jun	18.59	36.21	75.0
Jul	19.06	15.28	70.1
Ago	21.03	27.31	68.9
Set	22.65	66.55	67.2
Out	24.51	112.24	68.5
Nov	24.84	136.71	68.3
Dez	25.10	255.41	76.1

A Tabela 31: Valores preditos pelo modelo bem como os limites inferior e superior. Estes valores foram obtidos considerando as condições estabelecidas acima, ou seja, valores históricos das variáveis ambientais, tarifa do último dezembro. Estes mesmos valores são apresentados graficamente na Figura 22.

Tabela 31: Valores preditos e os respectivos intervalos de confiança.

Mes	Preditos	Lim. Inf.	Lim. Sup.
jan	18.45576	17.21558	19.69594
fev	18.50701	17.46947	19.54455
mar	17.28742	16.35259	18.22224
abr	18.84091	17.94141	19.74041
mai	18.11767	17.18903	19.04631
jun	17.32951	16.41983	18.23919
jul	16.93113	16.00784	17.85441
ago	18.17198	17.27401	19.06996
set	19.44531	18.55370	20.33691
out	18.26702	17.34617	19.18788
nov	19.30257	18.36938	20.23576
dez	17.11941	15.94855	18.29027

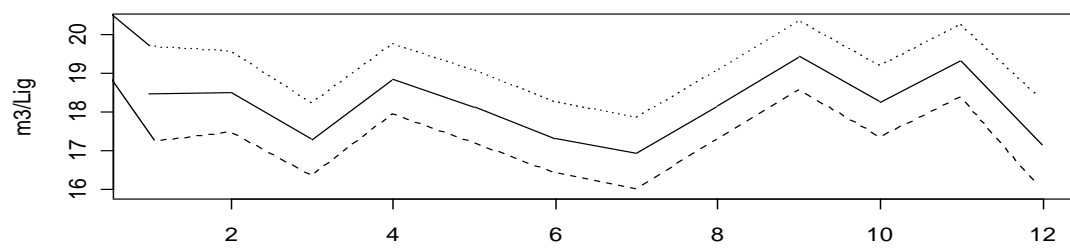


Figura 1.36. Previsão de consumo de água por ligação residencial para 2003.

6.0 – CONCLUSÃO

Foram analisados o consumo de água de abastecimento total composto por todas as modalidades: residencial, comercial, industrial e misto, e o consumo de forma individualizada por modalidade: residencial, comercial, industrial e misto.

Utilizou-se séries de dados históricos dos anos 1993 a 2002 relativos ao consumo de água, ao número de ligações, aos valores de renda substituída pela próxi do valor adicionado e ainda as variáveis climáticas: temperatura, precipitação e umidade relativa do ar.

A análise gráfica mostra a porcentagem do consumo de cada modalidade em relação ao consumo total, sendo, o consumo residencial 79,8%, o consumo comercial 11,7%, o consumo industrial 6,6% e o consumo misto 1,9%. Observa-se que o consumo total fig. 1.9, o consumo residencial fig. 1.10 e o consumo comercial fig. 1.11, apresentam semelhanças em crescimento nos primeiros cinco anos, com tendência próxima à estabilidade até o final de dezembro de 2002. O consumo industrial fig. 1.12, mostra crescimento moderado até o final de 1996, seguido de um decréscimo acentuado até o final do período em dezembro de 2002.

O consumo misto fig. 1.13 apresenta um crescimento moderado até o final de 1998, seguido de um período próximo à estabilidade até o final de dezembro de 2002.

Analisando o consumo total e o consumo das modalidades por ligação, nota-se que o consumo total por ligação fig. 1.14, o consumo residencial por ligação fig. 1.15 e o consumo comercial por ligação fig. 1.16, apresentam crescimento regular nos cinco anos iniciais, seguido de tendências próximas à estabilidade até o ano 2000, com decréscimo moderado até o final de dezembro de 2002.

O consumo industrial por ligação fig. 1.17, apresenta-se próximo à estabilidade até o ano de 1997, seguido de um decréscimo acentuado até o final de dezembro de 2002.

O consumo misto por ligação fig. 1.18, apresenta crescimento moderado até o final de 1996, seguido por um decréscimo acentuado até o ano de 2000, retomando a estabilidade até o final de dezembro de 2002.

Observa-se crescimento no número de ligações total e por modalidades, proporcionado pela expansão populacional, enquanto houve decréscimo no consumo durante o mesmo período, figuras 1.19 a 1.21.

Foram modeladas as séries de dados do consumo a partir de 1993, excluindo os períodos de oscilações, fatos não explicados por algumas variáveis.

O método de consumo por ligação apresenta arbitrariedade, portanto, difícil de ser comparado com outros métodos, porém se adotado em relação à média de consumo no Estado de São Paulo, fica bem acima da média praticada.

O método linear de coeficiente unitário utiliza como variável explanatória o número de ligações, que apresenta desempenho satisfatório, considerando sua própria limitação. Sua modelagem apresenta valores de 0,40 a 0,59 para os coeficientes de determinação R^2 referentes aos consumos: total fig. 1.26, residencial fig. 1.27, comercial fig. 1.28 e misto fig. 1.30.

O modelo linear de coeficientes múltiplos utiliza como variáveis explanatórias: número de habitantes por ligação HL , preço marginal PMa , próxi de renda VA , temperatura T , precipitação P e umidade relativa do ar UR , cujos resultados apresentam altos valores em R^2 , embora o ajuste visualizado não pareça corresponder ao ajuste calculado, fig. 1.31.

O ajuste apresenta bons resultados com relação aos sinais esperados dos parâmetros, sendo positivo para as variáveis HL , VA e T e negativo para o PMa e UR . Esperava-se que a variável precipitação pudesse contribuir para a redução do consumo, porém isso não foi constatado, por seu coeficiente apresentar sinal positivo.

A variável DI (diferença) que deveria conjuntamente com o PMa explicar a reação do consumidor diante da tabela de tarifas, não foi incluída no modelo, devido a mesma reduzir sua representatividade.

O modelo mostra-se altamente significativo pelo teste F apresentar valor igual a 795, associado ao $Pvalor$ igual a 0,0000, ou seja, menor que 0,01.

Verifica-se que a probabilidade $Pvalor$ está abaixo de 0,01% para o intercepto HL , PMa , T e UR . Os coeficientes VA e P , não são significativos, por apresentarem valores dos desvios padrões muito pequenos.

Os valores do teste t de Student aplicado à análise de significância das variáveis explanatórias estão dispostos na última coluna da tabela 29.

A análise mostra que a probabilidade normal, não apresenta evidência de afastamento significativo em relação à suposição de normalidade Fig.1.32. A análise da variabilidade mostra que não há evidência de discrepância significativa em relação às hipóteses de normalidade Fig. 1.33. Não apresenta evidência de autocorrelação entre os consumos, pois os valores de autocorrelação e autocorrelação parcial dos resíduos encontram-se dentro dos limites de confiança até lag 18 Figuras 1.34 e 1.35.

Para a introdução de um número maior de variáveis explanatórias nos modelos de demanda exige-se maior número de dados, motivo pelo qual dificulta o ajuste.

Quando não se tem dados confiáveis, torna-se mais seguro adotar o método de coeficiente único.

Espera-se que este trabalho ajude a esclarecer a influência das variáveis analisadas pelos modelos e que contribua no desenvolvimento de modelagens mais sofisticadas e enseje a introdução de novas variáveis explanatórias a outros modelos a serem experimentados.

7.0 BIBLIOGRAFIA

AGTHE, D.E., BILLING, B.R., Models of Residential – Water Demand, Water Resources Rese-arch. v.16, n.3, p.476-80, 1980.

ARCHIBALD, G. Forecasting water demand – a disaggregated approach. Journal of Forecasting, v.2, n.2, p. 181 – 192, 1983.

ANDRADE, T.A.; BRANDÃO, S.P.; WHITCOMB, J.B. et. Al. Estudos da Função de Demanda por Serviço de Saneamento e Estudos da Tarificação do Consumo Residencial. Brasília: IPA, 1996. 61p. (Texto para discussão IPEA, n.415)

AMARAL, A.M.P., Consumo Total e Residencial de Água Tratada; Aplicação de um modelo de séries temporais em Piracicaba,SP. Tese de (doutorado) Escola Superior de Agricultura “Luis de Queirós” USP.

AZEVEDO NETTO, J. M. E ALVAREZ, G. ^a (1982) – Manual de Hidráulica, Volume II , 7^a Edição, São Paulo, Edgard Blucher, 1982.

BAZZANELLA, V.L. – Sistema de Planejamento e de Tarifas – Manuais de Gestão os Serviços de Saneamento, cap. III – 59-83 – Junho/2000.

BERNARDO, L.D. Programa de Pesquisa em Saneamento (PROSAB) v.3, n.1, p. 02-17.

BERNARDO, L.D. – Tratamento de Água para Abastecimento por Filtração Direta., v.3,n.1, p.1-17.

BILLINGS, B.R. Specification of block rate variables in demand models. Land Economics v. 58, n.3, p.386-394, Aug. 1982.

BILLING. BR.; AGTHE, D.E. Price elasticities for water: a case of increasing block rates. Land Economics, v. 56, n.1, p.73-84, Feb.. 1980.

BILLING. BR.; AGTHE, D.E. Price elasticities for water; case of increasing block rates: reply Land Economics, v.57. n.2, p.276-8, May 1981.

CARRERA-FERNANDES, J.; MENEZES, WF. Avaliação contingente e a estimativa da função de demanda por água potável. Revista Econômica do Nordeste v.31, n.1, p.9-34, jan/mar.2000.

CARVER, P.H.; and J.J. BOLLAND – Short Run and Long Run Effects of Price or Municipal. Water Use. Water Resources Bulletin, v.16, n.4, p.609-16-1980.

CASSUTO. AE.; and S.RYAN. – Effect of Price on – Residential Demand for water within an Agency. Water Resources Buletin, v.16,n.2, p.345-53-1979

DANIELSON, L.E. Na analysis of residential demand for water using micro time-séries data. Water Resources Research, v.15, n.4, p. 763-767, Aug.1979.

DELLER, S. C.; CHICOINE, D. L.; RAMAMMURTHY, G. Instrumental variables approach to rural water service demand. *Southern Economic Journal*, v. 53, p.333-346. Oct. 1986.

FOSTER, H.; BEATTIE, BR. Urban residential demand for water in the United States: reply *Land Economics*, v. 57, n.2, p.257-65, May 1981.

FOSTER, H.; BEATTIE, B.R. Urban residential demand for water in the U.S. *Land Economics*, v.55, n.1, p.43-58, Feb, 1979.

FOSTER, H.S. and B.R. BEATTIE – On the Specification of Price in Studies of Consumer Demand Under Block Price Scheduling – *Land Economics*, v.57, n.4, p.624-629-1981.

GRIFFIN, A.H.; MARTIN, W.E. Price elasticities for water; a case of increasing block rate: comment. *Land Economics*, v. 57, n.2, p. 266-75, May 1981.

GRIFFIN, A.H.; MARTIN, W.E.; WADE, J.C. Urban residential demand for water in the United States: comment. *Land Economics* v.57, n.2, p.252-256. May 1981.

GRIFFIN, R.C.; CHANG, C. Pretest analyses of water demand in thirty communities. *Water Resources Research*, v.26, n.10, p.2251-2255. Oct. 1990.

GOTTLIED, M. Urban domestic demand for water: a Kansas study. *Land Economics*, v.9,p.204-210, May-1963.

HANSEN, L.G. Water and energy price impacts on residential water demand in Copenhagen. *Land Economics* v. 72, n.1, p. 66-69, Feb. 1996.

HAUSMAN, J.A. Specification tests in econometrics. *Econometrica*, v.46, p.1251-1271. Nov.1978.

HAUSMAN, J. A.; KINNUCAN, M.; MACFADDEN, D.A. two-level electricity demand model: evaluation of the Connecticut time-of-day pricing test. *Journal of Econometrics*, v.10. p.263-289, Aug.1979.

HENSON, S.E. Electricit demand estimates under increasing block rates. *Southern Economic Journal*, v. 61, p.262-289, Aug. 1984.

HESPANHOL, I. Água e saneamento básico – Uma visão realista. In: REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. *Água doce no Brasil*. São Paulo – Escrituras Editora, 1999., cap. 7, -249-303.

HOWE, C.W., and F.P. LINAWEAVER – The Impact of Price on Residential Water Demand and Its Relationa to System Design and Price Structure – *Water Resources Resarch* – v.3,n.1,p.13-32-1967.

HEWLLET, J.G. Changing patterns of household's consumption of energy commodities. *Proceedings of the American Statistical Association. Business and Economic Section. Part. I. P. 99-108. Aug. 1977.*

JONES, C.V. MORRIS, JR. Instrumental price estimates and residential water demand. *Water Resources Research*. V.20, n.2, p.197-202. Feb.1984.

MACFADDEN, D.; PUIG, C.; KIRSCHNER, D. determinants of the long-run demand for electricity. *Proceedings of the American Statistical Association. Business and Economic Section, Part I*.p. 109 – 113, Aug. 1977.

MARTIN, W.E.; THOMAS, J.F. Policy relevance in studies of urban residential water demand. *Water Resources Research*, v. 22, n.13, p.1735-1741, dec. 1986.

MATTOS, Z.P.B. Uma análise de demanda residencial por água usando diferentes métodos de estimação. *Pesquisa e Planejamento Econômico*. V,28, n.1, p.207-223, Jan. 1977.

MORGAN, W.D. Residential Water Demand: the case from micro data. *Water Resources Research*, v.9, n.4, p.1065-1067, Aug. 1973.

MORGAN, W.D. – A time Series Demand for water Using Micro Data and Binary Variables *Water Resources Bulletin*. V.10,n.4,p.697-702-1974.

NAZEN, S.M. *Applied time series analysis for business and economic forecasting*. New York: Ed. M. Dekker, aug 1973.

NIESWIADOMY, M.L.; MOLINA, D.J. Comparing residential water demand estimates under decreasing and increasing block rates using household data. *Land Economics*, v. 65, n.3, p.280-304, Aug.1989.

NORDIN, J.A. A proposed modification of Taylor's demand analysis; comment *The Bell Journal of Economics*, v.7, p.719-721. Autumn 1976.

NOVAES, R. Água: o que falta é qualidade. *Banas Ambiental*, v. 1, n. 1 ago. 1999

OPALUCH, J.J. Urban residential demand for water for water in the United States: further discussion. *Land economic*, v.58, p. 225-227, May 1982

PINDYCK, R.S.; RUBINFELD,D.L. *Microeconomia e ed*. São Paulo: Makron Books, 1994. 969p.

PINHEIRO, J.C.V. Valor econômico da água para irrigação no semi-árido cearense. Piracicaba, 1998. 161p. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

POLZIN, P.E. The specification of price in studies of consumer demand under block price scheduling: additional empirical evidence. *Land economics*, v.60, n.3, p. 306-309, Aug. 1984.

RUTKOWSKI, E.W. *Desenhando a bacia ambiental – Subsídios para o planejamento das águas doces metropolitan(izad)as*. 1999. 160p Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. Tese (Doutorado).

TERZA, J.V.; WELLCH, W.P. Estimating demand under block rates: electricity and water. *Land Economics*, v.58,p.181-188, May 1982.

TOMAZ, P. Previsão de Consumo de Água. V.1, p. 16-100. 2000.

WONG, S.T. A model of municipal water demand: a case study of Northeastern Illinois. *Land Economics*. V.48, n.2, p.181-188, Feb. 1972

YONG, R. A Price elasticity of demand for municipal water: a case study of Tucson, Arizona. *Water Resources Resesarch*, v.9,n.4, p.1068-1073, Aug.1973.

ZARNIKAU, J. Spot market pricing of water resources and efficient means of rationing water during scarcity (water pricing). *Resource and Energy Economics*, v.16,p.189-210.1944.