

WELITOM TTATOM PEREIRA DA SILVA

MODELAGEM APLICADA À DETERMINAÇÃO DA QUOTA *PER CAPITA*  
DE ÁGUA: UM INSTRUMENTAL PARA GESTÃO DE RECURSOS  
HÍDRICOS NO MUNICÍPIO DE CUIABÁ

Orientador: Prof. Dr. Versides Sebastião Moraes e Silva  
Co-orientador: Prof. PhD. Luiz Airton Gomes

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Mato Grosso, como parte das exigências do Curso de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais para obtenção do título de mestre.

Cuiabá-MT  
2008

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
FACULDADE DE ENGENHARIA FLORESTAL  
Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: Modelagem aplicada à determinação da quota per capita de água:  
um instrumental para gestão de recursos hídricos no município de Cuiabá  
Autor: Welitom Ttatom Pereira da Silva  
Orientador: Prof. Dr. Versides Sebastião Moraes e Silva  
Co-orientador: Prof. PhD. Luiz Airton Gomes

Aprovada em 28 de março de 2008

Comissão examinadora:

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Luciana Sanches  
Universidade de Cuiabá

---

Prof. PhD. Luiz Airton Gomes  
UFMT/DESA

---

Prof. PhD. Mariano Martínez Espinosa  
UFMT/FENF

---

Prof. Dr. Versides Sebastião Moraes e Silva  
Orientador – UFMT/FENF

## **AGRADECIMENTOS**

Aos professores Versides Sebastião Moraes e Silva, e Luiz Airton Gomes pela orientação, amizade e parceria.

Ao professor Mariano Matinez Espinosa pelas significativas contribuições na construção e análise dos modelos estatísticos.

A professora Eliana Beatriz Nunes Rondon Lima pelo auxílio à obtenção do banco de dados.

Ao professor Paulo Modesto Filho pelos ensinamentos e anos de pesquisa.

A Agência de Saneamento da Capital (Sanecap), a Centrais Elétrica Matogrossenses (Rede-Cemat), ao Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Urbano de Cuiabá (IPDU) e ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) pelo fornecimento dos dados tornando possível a realização deste trabalho.

Aos meus amigos dos bons tempos de universidade, que me auxiliaram de alguma forma nos estudos.

## SUMÁRIO

	Página
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	v
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	vii
<b>LISTA DE ABREVIATURAS</b> .....	viii
<b>RESUMO</b> .....	ix
<b>ABSTRACT</b> .....	x
<b>1. INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	1
1.1. REFERÊNCIAL TEÓRICO.....	2
1.1.1 Sistema de abastecimento de água em Cuiabá.....	2
1.1.2 Quota <i>per capita</i> de água: definição e fatores intervenientes .....	2
1.1.3 Análise de regressão .....	4
1.1.4 Análise de correlação .....	5
1.1.5 Modelos de previsão de quota <i>per capita</i> de água .....	6
1.1.6 Métodos de seleção de modelos .....	10
1.2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	11
<b>2. QUOTA <i>PER CAPITA</i> DE ÁGUA FRENTE A DIFERENTES CONDIÇÕES CLIMÁTICAS</b> .....	13
RESUMO .....	13
ABSTRACT.....	13
2.1 INTRODUÇÃO.....	13
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	15
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	17
2.4 CONCLUSÕES .....	23
2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	23
<b>3. PREVISÃO DA QUOTA <i>PER CAPITA</i> DE ÁGUA EM CUIABÁ-MT</b> ... 25	
RESUMO .....	25
ABSTRACT.....	25
3.1 INTRODUÇÃO.....	26
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	27
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	32
3.4 CONCLUSÕES .....	44
3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45
<b>4. CONCLUSÕES GERAIS</b> .....	48

## LISTA DE TABELAS

	Página
1. VALORES TÍPICOS DE QUOTA <i>PER CAPITA</i> DE ÁGUA.....	3
2. DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS ESTUDADAS .....	16
3. ESTATÍSTICA DESCRITIVA DAS VARIÁVEIS ESTUDADAS .....	18
4. COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO E VARIÁVEIS ESTUDADAS ....	20
5. RESUMO DOS MODELOS TESTADOS, VARIÁVEL DEPENDENTE PA E VARIÁVEL INDEPENDENTE TP .....	21
6. RESUMO DOS MODELOS TESTADOS, VARIÁVEL DEPENDENTE PA E VARIÁVEL INDEPENDENTE UR.....	21
7. RESUMO DOS MODELOS TESTADOS, VARIÁVEL DEPENDENTE PA E VARIÁVEL INDEPENDENTE IP.....	22
8. VARIÁVEIS SELECIONADAS PARA A MODELAGEM.....	28
9. VARIANTES DA CLASSE SÓCIO ECONÔMICA.....	28
10. CLASSE SÓCIO-ECONÔMICA SOB A FORMA DE VARIÁVEL <i>DUMMY</i> .....	29
11. ANOS OBSERVADOS SOB A FORMA VARIÁVEL <i>DUMMY</i> .....	29
12. TARIFA DE ÁGUA, CATEGORIA RESIDENCIAL .....	30
13. TARIFA SOCIAL SOB A FORMA VARIÁVEL <i>DUMMY</i> .....	30
14. ESTATÍSTICA DESCRITIVA DAS VARIÁVEIS QUANTITATIVAS....	32
15. ESTIMAÇÃO DO MODELO 1 .....	34
16. ANOVA PARA O MODELO 1 .....	34
17. ESTIMAÇÃO DO MODELO 2, FAIXA 0–30.....	35
18. ANOVA PARA O MODELO 2 .....	35
19. ESTIMAÇÃO DO MODELO 3, FAIXA 31–80.....	37
20. ANOVA PARA O MODELO 3 .....	37
21. ESTIMAÇÃO DO MODELO 4, FAIXA 81–100.....	39

22. ANOVA PARA O MODELO 4 .....	39
23. ESTIMAÇÃO DO MODELO 5, FAIXA 101–140.....	40
24. ANOVA PARA O MODELO 5 .....	40
25. ESTIMAÇÃO DO MODELO 6, FAIXA 140-SUPERIOR.....	42
26. ANOVA PARA O MODELO 6 .....	42

## LISTA DE FIGURAS

	Página
1. TÉCNICAS UTILIZADAS À PROJEÇÃO DA DEMANDA .....	7
2. MATRIZ DE DIAGRAMAS DE DISPERSÃO PA FRENTE ÀS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS .....	18
3. SÉRIE TEMPORAL DAS VARIÁVEIS TRANSFORMADAS .....	19
4. SEQÜÊNCIA DE ETAPAS PARA A MODELAGEM .....	31
5. GRÁFICO Q-Q PLOTS DO CONJUNTO DE OBSERVAÇÕES ANTES (a) E DEPOIS DA TRASNFORMAÇÃO (b) DA VARIÁVEL PÉ .....	33
6. GRÁFICO DA DISPERSÃO, ENTRE RESÍDUOS x TS, FAIXA 31 – 100 kWh.mês <sup>-1</sup> (a); RESÍDUOS x TS, FAIXA SUPERIOR A 140 kWh.mês <sup>-1</sup> (b) .....	34
7. ANÁLISE RESIDUAL DO MODELO 2 .....	36
8. ANÁLISE RESIDUAL DO MODELO 3 .....	38
9. ANÁLISE RESIDUAL DO MODELO 4 .....	39
10. ANÁLISE RESIDUAL DO MODELO 5 .....	41
11. ANÁLISE RESIDUAL DO MODELO 6 .....	43

## LISTA DE ABREVIATURAS

CB	Consumo de água por bairro
HB	População por bairro
PA	Quota <i>per capita</i> de água
TP	Temperatura média mensal do ar
UR	Umidade média mensal relativa do ar
IP	Índice pluviométrico
CS	Classe sócio-econômica
NA	Ano
ME	Mês
SZ	Sazonalidade
CE	Consumo de energia por bairro
PE	Quota <i>per capita</i> de energia
TA	Tarifa de água
TE	Tarifa de energia
TS	Tarifa social de energia
SR	Salário mínimo real
IF	Índice geral de preços de mercado
DO	Cotação do dólar
TJ	Taxa de juros
D2	Variável <i>Dummy</i> , classe sócio-econômica renda médio-baixa
D3	Variável <i>Dummy</i> , classe sócio-econômica renda médio
D4	Variável <i>Dummy</i> , classe sócio-econômica renda médio-alta
D5	Variável <i>Dummy</i> , classe sócio-econômica renda alta
D6	Variável <i>Dummy</i> , sazonalidade
D7	Variável <i>Dummy</i> , ano 2004
D8	Variável <i>Dummy</i> , ano 2005
D9	Variável <i>Dummy</i> , ano 2006
D10	Variável <i>Dummy</i> , faixa de consumo 31 – 80
D11	Variável <i>Dummy</i> , faixa de consumo 81 – 100
D12	Variável <i>Dummy</i> , faixa de consumo 101 – 140
D13	Variável <i>Dummy</i> , faixa de consumo 141 – superior



## RESUMO

SILVA, W.T.P. **Modelagem aplicada à determinação da quota *per capita* de água: um instrumental para gestão de recursos hídricos no município de Cuiabá.** 2008. (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá-MT. Orientador: Prof. Dr. Versides Sebastião Moraes e Silva. Co-orientador: Prof. PhD. Luiz Airton Gomes.

O presente estudo teve como objetivos a determinação da intensidade de interveniência das variáveis climáticas sobre a quota *per capita* de água, bem como sua forma de comportamento frente a diferentes condições e a determinação de um modelo estatístico capaz de projetar a quota *per capita* de água para cidade de Cuiabá-MT. Para isso, foi realizada coleta de dados junto a instituições públicas e privadas sediadas no município de Cuiabá. A metodologia empregada fundamentou-se em tratamento (codificação, eliminação de conjunto de dados com elementos faltantes, cálculo da quota *per capita* de água, cálculo da quota *per capita* de energia, descarte de valores não pertencentes ao intervalo [50; 500] L.(hab.dia)<sup>-1</sup>, transformação Z, transformação Box-Cox) de dados, os modelos foram obtidos por meio de análise de regressão múltipla, para validação dos modelos foi utilizada a análise residual e após esta análise foi considerado o teste estatístico F com nível de significância ( $p$ ) e o coeficiente de determinação ( $R^2$ ). Os resultados obtidos indicaram a inexistência de associação entre as variáveis climáticas com o consumo *per capita* de água para um conjunto de modelos adequados para a projeção da quota *per capita* de água para população de baixa renda. Os modelos apresentaram frágil capacidade de previsão para as demais classes sócio-econômicas.

Palavra-chave: recursos hídricos, gestão, *per capita* água

## ABSTRACT

SILVA, W.T.P. **Applied modelling to the *per capita* share of water: an instrumental to the administration of the water resources in Cuiabá.** 2008. (Master's degree in Forest and Environmental Sciences). Federal university of Mato Grosso, Cuiabá-MT. Orientador: Prof. Dr. Versides Sebastião Moraes e Silva. Co-orientador: Prof. PhD. Luiz Airton Gomes.

This study was carried out in Cuiaba, Mato Grosso, and intended to determine the intensity of the climate variables interference under the *per capita* water consumption, as well as its behavior in relation to different conditions and the determination of a statistical model able to project the *per capita* water consumption to Cuiaba. A historical series of data was gathered at National Meteorological Institute (INMET), Department of Water Supply and Sanitation (SANECAP), Research and Urban Development Institute (IPDU) of Cuiaba City Hall, Mato Grosso Electric Power Company (Rede-Cemat), Brasil Central Bank (BCB), Research Institute of Applied Economics (IPEA) and Getúlio Vargas Foundation (FGV). The methodology developed was based on treatment (codification, elimination of lacking data, calculus of the per capita water consumption, calculus of the per capita energy, discarding of the values out of the same interval  $[50; 500] \text{ L} \cdot (\text{inhab} \cdot \text{day})^{-1}$ , Z and Box-Cox transformations) of the data, the models obtained through multiple regression analysis and the validation of the results were done through statistical tests (correlation, F test, level of significance ( $p$ ), determination of the coefficient and residual analysis). The results indicated to the nonexistence of relationship between the climate variables and the *per capita* water consumption, and still pointed to a group of appropriate models to project the *per capita* water consumption of low socioeconomic class, but not able enough to project the other ones' consumption.

Key-word: hydro resources, manager, *per capita* water

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A cidade de Cuiabá está localizada na região centro-sul do estado de Mato Grosso e apresenta-se hoje como um dos pólos do desenvolvimento da região Centro-Oeste do Brasil, com uma taxa de crescimento populacional de 2,77% a.a., (CUIABÁ, 2004). Também se registrou taxas de crescimento industrial e comercial de 17 e 21%, respectivamente, no período de 1996 a 2001 (FIEMT, 2005).

Associado a este crescimento encontra-se a necessidade de atendimento a demanda por infra-estrutura, fator intimamente relacionado a consumo de recursos naturais. Daí, a imperativa obrigação do aprimoramento dos instrumentos de gestão dos recursos naturais. Dentro deste contexto encontra-se a gestão dos recursos hídricos, que visa essencialmente, melhorar a qualidade da água de maneira a viabilizar seus múltiplos usos (AMARAL e SHIROTA, 2002). Logo, informações relativas ao consumo *per capita* de água podem ser consideradas ferramentas de grande valia, quando se deseja crescimento urbano sustentável. A utilização na elaboração de projetos de valores de per capita tabelados ou de cidades com características semelhantes é questionável, dada a covariação deste consumo numa comunidade com fatores como nível socioeconômico; industrialização; clima; porte, diretamente relacionado ao número de habitantes e grau de industrialização; características e topografia; percentual de hidrometração; custo da tarifa; entre outros (FERNANDES et al., 2004).

Considerando a escassez e a necessidade de informações realistas à adequada gestão dos recursos hídricos, este trabalho tem por objetivo desenvolver um modelo estatístico capaz de projetar a quota *per capita* de água, que servirá como um instrumental de planejamento e gestão dos recursos hídricos para Cuiabá-MT.

## 1.1. REFERÊNCIAL TEÓRICO

### 1.1.1 Sistema de abastecimento de água em Cuiabá

A cidade é opulenta em recursos hídricos: diversos rios, ribeirões e córregos formadores da bacia do rio Cuiabá banham-na. A acelerada urbanização e o crescimento econômico por que passou Cuiabá a partir dos anos 70 alcança e afeta também o rio, parte integrante da cidade. Principal recurso hídrico teve intensificado e diversificada sua utilização, o que aumentou a captação de suas águas (CUIABÁ, 2004).

A Agência Municipal dos Serviços de Saneamento então com a finalidade de regular e controlar a prestação dos serviços públicos de saneamento, compreendendo abastecimento de água, esgotamento sanitário, coleta e disposição dos resíduos sólidos no município de Cuiabá. A Companhia de Saneamento da Capital (Sanecap) é a atual instituição gestora dos recursos hídricos em Cuiabá (CUIABÁ, 2004).

Atualmente a Sanecap (2007) apresenta os seguintes indicadores: cobertura da cidade 97%; extensão de rede 2.120,00 Km; adutora de água tratada 63,35 Km; adutora de água bruta 23,87 Km; total de ligações de água 133.383; total de economias 168.814; volume faturado 2.693.551 m<sup>3</sup>/mês; índice de hidrometração 62,81%; perda total 45 - 50%; evasão de receita 17,65%; arrecadação R\$ 4.588.334,00 (quatro milhões, quinhentos e oitenta e oito mil, trezentos e trinta e quatro reais) com o registro de nove sistemas de tratamento de água distribuídos entre a área urbana e rural (SANECAP, 2007).

### 1.1.2 Quota *per capita* de água: definição e fatores intervenientes

Ao consumo médio diário de água de um indivíduo denomina-se “quota *per capita* de água” (vON Sperling, 1996), também, definido como o volume de água diário, requerido por indivíduos, usualmente em litros por habitante por dia (FERNANDES NETO et al., 2004). De acordo

com vON Sperling (1996); Oshima e Kosuda (1998), Protopapas et al. (2000), Zhou et al. (2000), citados por Borges (2003); e Falkenberg (2005), diversos são os fatores que influenciam na quota *per capita* de água, entre eles:

- Fatores climáticos – precipitações, temperatura ambiente;
- Diários – dia da semana;
- Horários – picos horários durante o dia;
- Sazonalidade – estações do ano como verão ou inverno;
- Socioeconômicos – um melhor nível econômico associa-se a um maior consumo, renda familiar;
- Industrialização – localidades industrializadas apresentam maior consumo;
- Medição do consumo residencial – hidrômetro inibe o maior consumo;
- Custo da água – maiores tarifas da água reduzem o consumo;
- Pressão da água – elevada pressão induz a maiores consumos;
- Turismo – cidades turísticas incorporam forte sazonalidade em durante temporadas;
- Tipos de consumidores – consumidor comercial, residencial, industrial, etc.

A Tabela 1 apresenta valores típicos da quota *per capita* de água em função do porte da comunidade e faixa da população.

TABELA 1 – VALORES TÍPICOS DE QUOTA *PER CAPITA* DE ÁGUA

Porte da comunidade	Faixa da população (hab)	Consumo per capita (L.(hab.dia) <sup>-1</sup> )
Povoado rural	< 5.000	90 -140
Vila	5.000 – 10.000	100 – 160
Pequena localidade	10.000 – 50.000	110 – 180
Cidade média	50.000 – 250.000	120 – 220
Cidade grande	> 250.000	150 – 300

Fonte: vON Sperling (1996)

Embora os dados de municípios semelhantes e o uso de tabelas possam representar uma estimativa razoável da quota *per capita*, é questionável sua validade na previsão de demandas reais para projetos de sistemas de abastecimento de água dada a covariação desse consumo em uma comunidade com fatores intervenientes acima mencionados (FERNANDES NETO et al., 2004).

De acordo com Borges (2003), o conhecimento do comportamento da quota *per capita* tem diferentes finalidades, entre eles destacam-se: (i) plano diretor de planejamento; (ii) estudo de concepção de projetos de saneamento ambiental; (iii) o planejamento operacional de readaptação; (iv) programação da operação.

O plano diretor visa contemplar uma expectativa futura de longo prazo para definição de planos de investimentos, focando o crescimento vegetativo da população a ser abastecida e o comportamento do consumo. Em continuidade do definido no plano diretor realizam-se estudos de concepção e construção projetos de saneamento ambiental que atendam a demanda por água. Com o passar dos anos estas obras precisam ser revistas, para atendimento do consumo demandado, então o planejamento operacional aliado a readaptação atualiza e aprimora os recursos disponíveis. Ainda, quando se realiza racionamento em função dos baixos níveis dos reservatórios ou inadequada qualidade da água do manancial, considera-se a previsão do consumo de água como uma informação de grande valia a programação operacional dos sistemas de tratamento de água (BORGES, 2003).

### 1.1.3 Análise de regressão

De acordo com Gujarati (2000) a análise de regressão se ocupa do estudo da dependência de uma variável (variável dependente) em relação a uma ou mais variáveis (variáveis explanatórias) com vistas a estimar e/ou prever o valor médio de uma população de dados. Prioritariamente a análise de regressão é uma técnica estatística

comumente usada com o propósito de prever e modelar relações entre variáveis de entrada e saída (MARTINS, 2002).

A determinação da equação de regressão linear múltipla é comumente determinada pelo Método dos Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), que se trata de um método de estimação de parâmetros fundamentados na nulidade da diferença entre os valores reais e os valores observados pelo modelo (DRAPER e SMITH, 1981).

Outra definição consiste na minimização da função da soma dos quadrados dos desvios, de forma que ela seja mínima (MARTINS, 2002). Relata-se ainda que o MQO trata-se de um método que penaliza os erros grandes relativamente mais que os erros pequenos, e, se fundamenta no fato de que a linha que melhor se ajuste é aquela que minimiza a soma dos desvios quadrados (PINDYCK e RUBINFELD, 2004).

O modelo de regressão linear múltipla utilizado é definido como  $y = \beta_0 + \beta_1.x_1 + \beta_2.x_2 + \dots + \beta_i.x_i + \varepsilon_j$ , onde  $y$  = estimativas dos valores observados,  $\beta_0$  = coeficiente linear,  $\beta_1, \beta_2, \beta_i$  = coeficientes de regressão das variáveis independentes  $x_1, x_2, x_i$  = variável independente na repetição  $i$  e  $\varepsilon_j$  = erro aleatório associado à variável  $Y$  na repetição  $j$  (DRAPER e SMITH, 1981).

#### 1.1.4 Análise de correlação

A possibilidade da existência de relação entre as variáveis orienta análises, conclusões e evidenciam achados numa pesquisa. De acordo com Draper e Smith (1981), o coeficiente de correlação ( $r$ ) é uma medida de associação entre duas variáveis aleatórias, por exemplo, as variáveis  $U$  e  $W$ , e pode se apresentar no intervalo de  $-1 \leq r \leq 1$ . Então se  $r = 1$ ,  $U$  e  $W$  são perfeitamente e positivamente relacionados, sendo que todos os valores de  $U$  e  $W$  estão sobre uma reta de inclinação positiva. Se  $r = 0$ , então as variáveis  $U$  e  $W$  não se relacionam umas com as outras. Já, se  $r = -1$ , então  $U$  e  $W$  são perfeitamente e negativamente

relacionados, sendo que todos os valores de U e W estão sobre uma reta de inclinação negativa.

Também Martins (2002), relata que a intensidade de relação linear entre duas variáveis intervalares denomina-se coeficiente de correlação do produto de momentos de Person ( $r$ ), trata-se uma medida de associação. Seu valor varia de -1 a +1, quanto maior a capacidade de explicação da variável independente, mais próximo de -1 ou +1 será o valor do coeficiente. Na prática, se o  $r > 0,70$  ou  $r < - 0,70$ , e  $n \geq 30$ , diremos que há forte correlação linear entre as variáveis dependente e independente (MARTINS, 2002).

Um dispositivo bastante útil na verificação de associação das variáveis quantitativas, ou entre dois conjuntos de dados, é o gráfico de dispersão (BUSSAB E MORETTIN, 2006). A inferência sobre a existência de associação entre as variáveis faz-se à medida que se observa a proporcionalidade entre variáveis estudadas, ou seja, aumento no valor da variável independente e aumento ou decréscimo da variável dependente.

#### 1.1.5 Modelos de previsão de quota *per capita* de água

Quanto aos métodos de previsão mais empregados destacam-se na literatura a regressão linear múltipla, a análise de séries temporais, redes neurais artificiais e sistemas nebulosos (FALKENBERG, 2005). De acordo com Borges (2003), ainda existem outros diversos sistemas inteligentes que tentam imitar a capacidade humana de tomar decisões tais como: algoritmos genéricos, sistemas especialistas e tipos como a Teoria do Caos.

Os métodos quantitativos são métodos analíticos baseados em modelo estatístico, são considerados métodos de previsão. Já os métodos qualitativos são métodos não analíticos, considerados métodos de predição, baseados em julgamento, intuição, experiência dos envolvidos, entrevistas com especialistas, pesquisa de mercado entre outros, e usados para criação de cenários futuros (TRAUTWEIN, 2004).



A Figura 1 apresenta um fluxograma das principais técnicas empregadas na previsão de demanda de água (TRAUTWEIN, 2004).

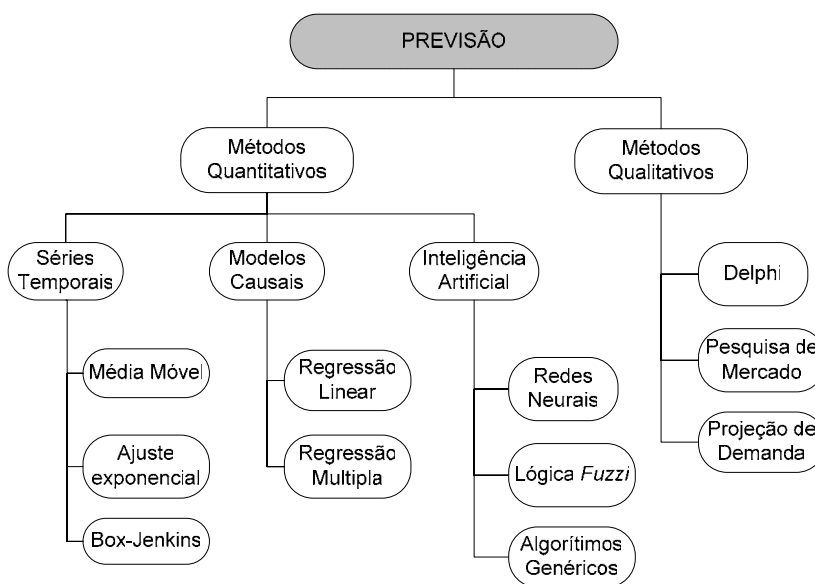


FIGURA 1 – TÉCNICAS UTILIZADAS À PROJEÇÃO DA DEMANDA  
Fonte: Trautwein (2004)

Mui et al. (2007) realizaram um estudo na cidade de Hong Kong, tal estudo fundamentou-se na observação do consumo de água e número de ocupantes em 60 apartamentos, e, a comparação destes resultados com o consumo médio da cidade de Hong Kong e no Reino Unido. Também se realizou a proposição de um modelo simples a previsão do consumo residencial de água, usando a simulação de Monte Carlo. Os resultados que o modelo pode ser utilizado como referência ao consumo residencial de água e também para promoção dos edifícios sustentáveis.

Karlis et al. (2007) inseriram a heterocedasticidade e multiplicidade a modelos estatísticos para realização de ajuste ao conjunto de dados de consumo de água na cidade de Athenas. Como resultados indicaram que o perfil de menor consumo refere-se a homem e mulher solteiros, além de se observar problemas com a análise residual dos modelos (análise gráfica: resíduos *versus* número de ocupantes).

Keshavarzi et al. (2006) desenvolveram um estudo direcionado a determinação dos fatores intervenientes a demanda e ao consumo de água em áreas rurais. Como metodologia adotada empregou-se a coleta

de dados junto a 653 famílias, a realização de análise de correlação entre os possíveis fatores intervenientes e a comparação com comportamentos de famílias de pequeno, médio e alto consumo de água. Os resultados indicaram como fatores intervenientes a área da residência e a idade do chefe da família.

Um trabalho realizado na cidade de Ponta Grossa, “Previsão de consumo urbano de água em curto prazo”, por Falkenberg (2005), objetivou apresentar diferentes modelos de previsão de consumo em curto prazo utilizando diferentes técnicas, tais como redes neurais artificiais, regressão linear múltipla e modelos do tipo Box e Jenkins. Os modelos foram aplicados para três bairros com perfis de consumo distintos da cidade de Ponta Grossa: Uvaranas (residencial), Centro Histórico (comercial) e Distrito Industrial (misto). Inicialmente, os dados provenientes de uma base de dados de um ano foram coletados, filtrados e validados de forma a tornar possível a obtenção dos modelos de previsão. Os resultados alcançados foram satisfatórios para os objetivos propostos, mesmo com a limitação dos dados e com a ausência de informações meteorológicas, fatores que influenciam diretamente no consumo.

Trautwein (2004) em “Avaliação de métodos para previsão do consumo de água para curtíssimo prazo: um estudo de caso em empresa de saneamento” analisou dois métodos de previsão de consumo de água, o método do ajuste exponencial e o método das redes neurais. A avaliação consistiu na submissão dos dados históricos a um sistema de supervisão e controle. Os resultados da pesquisa comprovam a eficiência das previsões de consumo em intervalos de hora, mas não mostram que existe um modelo ideal, que possa ser aplicável em qualquer sistema de abastecimento de água.

Um estudo intitulado “Estimativa de demanda de água residencial urbana no Estado do Ceará”, realizado por Governo do Estado do Ceará (2003) apresentou como variáveis explicativas a renda, o preço, o número de cômodos e o número de moradores por domicílio. Também se constatou que existem diferenças de demanda entre: (i) os domicílios conectados à rede geral de esgotos os conectados em apenas em água;

(ii) as residências que consomem até  $20\text{m}^3$  d'água, as que consomem mais de  $20\text{m}^3$  e até  $50\text{m}^3$ , e as que consomem mais de  $50\text{m}^3$ . O estudo apresentou como etapas da metodologia a definição do tamanho da amostra, a regionalização do Estado do Ceará, a seleção das unidades observacionais, além de aplicação de questionários.

Borges (2003) realizou estudo intitulado “Acompanhamento de um modelo de previsão de demanda de água a um modelo de simulador em tempo real – estudo de caso: sistema adutor metropolitano de São Paulo”, onde foi proposta uma evolução metodológica na evolução do sistema operacional, via implantação de um modelo matemático, em tempo real, de previsão do consumo de água horário. Os resultados indicaram que é possível estabelecer regras operacionais mais eficientes.

Amaral e Shirota (2002) estudaram os efeitos das componentes sazonais e o ciclo de tendência do consumo de água, o que lhes permitiu estimarem a média de água para a cidade de Piracicaba-SP. Utilizando para tal o método de séries temporais e de decomposição - X11, que consiste em sucessivas filtragens, pela aplicação de filtros lineares. Os resultados mostraram que o consumo da água apresenta forte componente sazonal e que o consumo de água é diretamente proporcional a temperatura.

Também Zhou et al. (2001)<sup>1</sup>, citado por Fernandes et al. (2004), avaliaram os efeitos da temperatura na *per capita* de água na cidade australiana de Melbourne. Detectaram-se uma relação complexa entre estas duas variáveis, estas com duas regressões representando o fenômeno.

Oshima e Kosuda (1998) obtiveram um modelo de previsão de demanda de água horário a partir da Teoria do Caos, reconstruído pelo método fuzzy local. A técnica utilizada se resume em uma série de dados observados –  $y(t)$ , que geram vetores –  $(y(t), y(t-\tau), y(t-(n-1)-\tau))$ , onde  $y$  é o consumo de água em um dado momento,  $n$  é a dimensão inicial da variável  $y$  e  $\tau$  o período de defasagem.

---

<sup>1</sup> ZHOU, S. L.; Mc MAHON, T. A. & WANG, Q. J. Frequency Analysis of Water Consumption for Metropolitan Area of Melbourne, **Journal of Hydrology**, vol. 247, p. 72-84. 2001.

Os resultados foram correlacionados aos dados medidos e obteve-se  $R^2 = 0,985$ , os benéficos adquiridos com a aplicação do modelo de previsão puderam ser conferidos com simulações que estabeleceram melhores regras de bombeamento entra a captação e os reservatórios de distribuição.

Campos e vON Sperling (1997) relacionaram classe econômica (alta, média alta, média, média baixa e baixa) e *per capita* de água, sendo este realizado em nove bairros de Belo Horizonte e Contagem–MG. Os resultados apresentaram correções bastante significativas.

#### 1.1.6 Métodos de seleção de modelos

A decisão de rejeitar ou não uma função em particular se baseia nos diagnósticos de regressão usuais, tais como  $R^2$ ,  $t$ ,  $F$  e a estatística  $d$  de Durbin-Watson (GUJARATI, 2000). Dentre os erros de especificação destacam-se a inclusão de variável desnecessária, omissão de variável relevante e a adoção de forma funcional errada, e os erros de medidas. Tem-se então uma questão prática não é como se comete tais erros, mas sim como os detectar.

A detecção de variáveis desnecessárias pode realizar-se-á por meio simples, o teste significância de seu coeficiente pelo teste  $t$ , caso ainda não se esteja certo se pode testar se há coeficientes iguais, por meio do teste  $F$ , e assim detectar a presença de uma variável irrelevante (GUJARATI, 2000).

Outro lado do teste de variáveis necessárias é o teste de variáveis omitidas e forma funcional incorreta. Neste momento pode-se usar um dos seguintes métodos: (i) o exame dos resíduos; (ii) a estatística  $d$  Durbin-Watson; (iii) o teste RESET de Ramsey; (iv) o teste do multiplicador de Lagrange (GUJARATI, 2000).

Os erros de medida trazem sério problema quando presentes em uma ou mais variáveis explicativas, porque impossibilita a estimativa consistente dos parâmetros. Sua correção não é fácil, num extremo pode-se admitir que, se  $\sigma^2$  da variável dependente for pequeno comparado com o  $\sigma^2$  da variável independente, pode-se, para fins práticos, “fazer vista grossa” ao problema e prosseguir com as estimativas (GUJARATI, 2000).

## 1.2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA DE SANEAMENTO DA CAPITAL – SANECAP. Sistema de abastecimento de água de Cuiabá. Cuiabá, 2007. Disponível em: <<https://sanecap.locaweb.com.br/produtos.php?idcategoria=282>>. Acesso em: 14 de abr. 2007.

AMARAL, A.M.P.; SHIROTA, R. Consumo residencial médio de água tratada: uma aplicação de modelos de séries temporais em Piracicaba. **Revista Agrícola**, v. 49, n. 1, p. 55-72, 2000.

BORGES, V.M.N.A **Acompanhamento de um modelo de previsão de demanda de água a um modelo simulador em tempo real – um estudo de caso**: sistema adutor metropolitano de São Paulo. 2003. 206 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica) – Universidade de São Paulo, São Paulo-SP.

BUSSAB, W.O.; MORETTIN, P.A. **Estatística básica**. 5. ed. São Paulo: Saraiva, 2006. 526 p.

CAMPOS, H. M. & SPERLING, M. **Proposição de Modelos para Determinação de Parâmetros de Projeto para Sistemas de Esgotos Sanitários com Base em Variáveis de Fácil Obtenção** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 1997, Foz do Iguaçu. Anais Eletrônicos do 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Foz do Iguaçu: ABES, 1997.

CARREIRA-FERNANDEZ, J.; GARRIDO, R.J. **Economia dos recursos hídricos**. Salvador: Edufba, 2002. 548 p.

CUIABÁ. P.M. **Perfil Socioeconômico de Cuiabá**. Cuiabá: Instituto de pesquisa e Desenvolvimento Urbano: Central de Texto, 2004. 405 p.

DRAPER, N.R.; SMITH, H. **Applied regression analysis**. New York: John Wiley and Sons, 1981. 709 p.

FALKENBERG, A. V. **Previsão de consumo urbano de água em curto prazo**. 2005. 85 f. Dissertação (Mestrado em Métodos Numéricos em Engenharia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE MATO GROSSO – FIEMT. **Análise de alguns indicadores macroeconômicos**. Cuiabá, 2005. Disponível em: <<http://www.fiemt.com.br>>. Acesso em: 08 de abr. 2006.

FERNANDES NETO, M.L.; NAGHETTINI, M.; VON SPERLING, M.; LIBÂNIO, M. Avaliação da relevância dos parâmetros intervenientes no consumo per capita de água para os municípios de Minas Gerais. **Revista ABES**, v. 9, n. 2, p. 100-107, 2004.

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ. SECRETARIA DE PLANEJAMENTO E COORDENAÇÃO. INSTITUTO DE PESQUISA ESTRATÉGICA E ECONOMICA – IPECE. **Estimativa de demanda de água residencial do Ceará – Fortaleza**: IPECE, 2003. 33 p.

GUJARATI, D. N. **Econometria básica**. 3 ed. São Paulo: Pearson Makron Books, 2000. 864 p.

KARLIS, D.; VASDEKIS, V.G.S.; BANTI, M. Heteroscedastic semiparametric models for domestic water consumption aggregated data, **Environmental and Ecological Statistics**. 2007. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/content/v8715453396h0417/>>. Acesso em: 03 de fev. 2008.

KESHAVARZIA, A.R.; SHARIFZADEHB, M.; HAGHIGHIA, A.A.K.; AMINA S.; KESHTKARA, S.; BAMDADA, A. Rural domestic water consumption behavior: A case study in Ramjerd area, Fars province, I.R. Iran, **Water Research**, v. 40, p. 1173–1178, 2006. Disponível em: <[www.elsevier.com/locate/watres](http://www.elsevier.com/locate/watres)>. Acesso em: 03 de fev. 2008.

MARTINS, G.A. **Estatística geral e aplicada**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

MUI, K.W.; WONG, L.T.; LAW, L.Y. Domestic water consumption benchmark development for Hong Kong, **Building Serv Eng Res Technol**, v. 28, n. 4, p. 329-335, 2007. Disponível em: <<http://bse.sagepub.com>>. Acesso em: 03 de fev. 2008.

OSHIMA, N.; KOSUDA, T. Distribution reservoir control with demand prediction using deterministic-chaos method, **Water Science and Technology**, v. 37, n. 12, p. 389-395, 1998.

PINDYCK, R.S.; RUBINFELD, D.L. **Econometria**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004. 726 p.

TRAUTWEIN JR, B. **Avaliação de métodos para previsão de consumo de água para curtíssimo prazo**: um estudo de caso para a empresa de saneamento. 2004. 107 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba-PR.

VON SPERLING, M. **Princípio de tratamento biológico de águas Residuárias**. 2 ed. Belo Horizonte: DESA-UFMG, 1996. 243 p.

## 2. QUOTA *PER CAPITA* DE ÁGUA FRENTE A DIFERENTES CONDIÇÕES CLIMÁTICAS

### RESUMO

O trabalho teve por objetivo a determinação da intensidade de interveniência das variáveis climáticas sobre a quota *per capita* de água, bem como sua forma de comportamento frente a diferentes condições no município de Cuiabá-MT. Para tal, realizou-se coleta de uma série histórica de dados junto a diversas instituições, tais como: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Companhia de Saneamento da Capital (SANECAP) e Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Urbano (IPDU) da Prefeitura do Municipal de Cuiabá, Estado de Mato Grosso. A metodologia empregada fundamentou-se em tratamento (codificação, eliminação de dados faltantes, cálculo da quota *per capita* de água, descarte de valores não pertencentes ao intervalo  $[50; 500]$  L.(hab.dia)<sup>-1</sup>, transformação Z) de dados e a validação dos resultados foram efetuados pelos testes estatísticos. Os resultados obtidos indicaram a não existência de associação entre as variáveis climáticas e o consumo *per capita* de água.

Palavras-chave: sazonalidade, recursos hídricos, consumo.

### ABSTRACT

The aim of this research was to determine the intensity of the climate variables interference under the *per capita* water consumption as well as its behavior in relation to different conditions found in Cuiaba-MT. Data were gathered from several institutions such as the National Meteorological Institute (INMET), the Department of Water Supply and Sanitation (SANECAP) and the Research and Urban Development Institute (IPDU) of Cuiaba City Hall. The methodology adopted was based on data treatment (codification, elimination of the lacking data, calculation of the *per capita* water consumption, discarding of the values out of the same interval  $[50; 500]$  L.(inhab.day)<sup>-1</sup>, Z transformation) and the validation of the results whose were done through statistical tests. The results indicated the non-existence of relationship between the climate variables and the *per capita* water consumption.

Key words: climatic variables, water resources, per capita quota of water

### 2.1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional, o aumento da atividade econômica e as demandas por uma melhor qualidade de vida conduzem

a crescente competição pelos recursos naturais, dentre eles, os recursos hídricos, gerando conflitos pela pouca disponibilidade de água potável (CAP-NET e GWP, 2005). Sobre a ótica da gestão, a água é um recurso natural finito, escasso e de grande valor econômico, sendo considerado um recurso tão importante que define o desenvolvimento ou não de uma região (SETTI, 2001). Segundo o mesmo autor, a correta gestão é a forma pela qual se pretende equacionar e resolver as questões de escassez de recursos hídricos, bem como fazer o uso adequado, visando a otimização dos recursos em benefício da sociedade. No Brasil os problemas de escassez hídrica, fundamentalmente, são originados pela: explosão demográfica, desenvolvimento econômico, crescente deterioração dos recursos hídricos e da poluição indiscriminada (SCARE, 2003). Dentro deste contexto encontra-se o Estado de Mato Grosso, cuja capital apresenta sérios problemas urbanos, entre eles: (i) fluxos migratórios cada vez mais intensos demandando novos espaços e de equipamentos urbanos; (ii) o êxodo rural; (iii) a carência de infra-estrutura, acarretando gravíssimos problemas sociais e econômicos; (iv) a criação de uma cidade ilegal ou informal bem maior do que a legalmente constituída (CUIABÁ, 2007).

O crescimento desordenado e os problemas de oferta de serviços públicos iniciados na década de 70. O autor ainda observa que o descompasso entre os investimentos em saneamento básico e o ritmo de crescimento da cidade, compromete a qualidade das águas que são contaminadas por esgoto doméstico e industrial (CUIABÁ, 2007). Em 1960, a capital contava com 57.860 moradores, vinte anos depois, esse número saltou para 402.813. A cidade cresceu, mas o poder público não acompanhou o rápido desenvolvimento da capital, adequando-a com a infra-estrutura necessária.

O contexto de deficiência no planejamento urbano associado ao impacto ambiental sobre os recursos hídricos, traz consigo a necessidade do desenvolvimento de instrumentos regionais e eficientes voltados à gestão dos recursos hídricos. Silva e Porto (2003) sugerem um espectro de atividades cabíveis em cenários de desenvolvimento básico, intermediário e avançado, entre elas a realização de estudos de previsão



de demanda *per capita* de água. Carreira-Fernandez e Garrido (2002) relatam que o consumo *per capita* de água depende de uma série de características da comunidade a ser atendida, em meio a elas tem-se as características sócio-econômicas, as naturais e as tecnológicas. Matos e Bernardes (2007) observam a complexidade em se estabelecer cota *per capita* e um padrão de consumo doméstico de água no Brasil, devido à interferência de diversos fatores difíceis de serem mensurados (proximidade de água do domicílio, clima, hábitos da população, renda, etc.). Outro fator importante a ser considerado, é a especificidade regional do clima, que é essencialmente Tropical Continental, e a existência de dois momentos climáticos: o chuvoso, com duração de oito meses e o seco, com duração de quatro (CUIABÁ, 2004). De acordo Yassuda et al. (1976)<sup>2</sup>, citado por Falkenberg (2005), consumo de água aumenta conforme aumenta a temperatura; a umidade exerce influência no consumo, sendo que em regiões mais secas o consumo é maior; e a presença de chuvas afeta diretamente o consumo, reduzindo-o drasticamente na sua ocorrência. Ainda von Sperling (1996) relata que climas mais quentes e secos induzem a maior consumo de água.

O objetivo deste trabalho foi à determinação da correlação e da natureza de associação das variáveis climáticas sobre a quota *per capita* de água, bem como sua forma de comportamento frente a diferentes condições climáticas, no município de Cuiabá-MT. Especificamente buscou-se a coleta de séries históricas das características de clima, de consumo de água e sócio-econômicas, e, a determinação de suas correlações e possíveis naturezas de associação.

## 2.2 MATERIAL E MÉTODOS

Os dados foram obtidos por enumeração completa, considerando todos os bairros de Cuiabá e suas respectivas populações.

---

<sup>2</sup> YASSUDA E. R., OLIVEIRA W. E., GAGLIANONE S., NOGAMI P. S., PEREIRA B. E. B., MARTINS J. A., 1976. **Técnica de abastecimento e tratamento de água** – vol. 1. 2a. edição, CETESB, São Paulo – SP.

Com a realização de investigação dos elementos da população, o que tornou desnecessário a utilização de técnicas de amostragem. A definição das variáveis selecionadas para a realização deste trabalho considerou a existência de dois momentos climáticos e algumas das características naturais intervenientes citadas por vON Sperling (1996); Oshima e Kosuda (1998), Protopapas et al. (2000), Zhou et al. (2000), citados por Borges (2003); e Falkenberg (2005), a saber: (i) a quota *per capita* de água; (ii) a temperatura do ar; (iii) a umidade relativa do ar; (iv) o índice pluviométrico. As variáveis estudadas, sua codificação, sua unidade, fórmula de cálculo e fontes de dados estão apresentadas na Tabela 2. Os dados foram coletados considerando uma série histórica de 4 anos, no período de 2003 a 2006.

TABELA 2 – DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS ESTUDADAS

Variável estudada	Codificação	Unidade	Fonte de dados
1*	CB	$m^3 \cdot (\text{bairro} \cdot \text{mês})^{-1}$	Sanecap
2*	HB	Habitante	IPDU
3*	PA	$L \cdot (\text{hab} \cdot \text{dia})^{-1}$	Autor
4*	TP	°C	INMET
5*	UR	%	INMET
6*	IP	$mm \cdot h^{-1}$	INMET

1\*: Consumo de água por bairro metros cúbicos por mês; 2\*: Número de habitantes por bairro; 3\*: quota *per capita* de água em litros por habitante por dia, obtida a partir da equação  $PA = (CB \cdot (HB \cdot DM)^{-1}) \cdot 1000$ ; 4\*: Temperatura média mensal do ar; 5\*: Umidade relativa do ar média mensal; 6\*: Índice pluviométrico médio mensal; Sanecap: Agência de Saneamento da Capital; IPDU: Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Urbano de Cuiabá; INMET: Instituto Nacional de Meteorologia; DM: número de dias no mês.

Quanto ao tratamento e preparação dos dados obtidos optou-se pela codificação, conforme Tabela 2, afim de categorização e simplificação dos nomes de variáveis. Também se definiram observações a ser rejeitada aquelas que apresentarem: (i) dados faltantes; (ii) valores de PA menores que  $50 L \cdot (\text{hab} \cdot \text{dia})^{-1}$ ; e (iii) maiores que  $500 L \cdot (\text{hab} \cdot \text{dia})^{-1}$ .

As ferramentas utilizadas para a verificação das formas de comportamento da variável PA frente a variáveis climáticas foram: o *software* estatístico SPSS e o *software* Minitab.

A realização deste trabalho se propôs no processamento e análise dos dados: análise estatística descritiva (média, valor máximo,

valor mínimo e desvio padrão), matriz de diagramas de dispersão, gráfico de série temporal, análise correlação e regressão com diferentes modelos lineares simples e múltiplos, polinomiais lineares, exponenciais de natureza logarítmica e aritmética.

Para elaboração do gráfico de série temporal utilizou-se a transformação normal padronizada ( $Z$ ) das variáveis estudadas. Assim a  $PA = ZPA =$  padronização  $Z$  da variável  $PA$ ;  $TP = ZTP+5 =$  (padronização  $Z$  da variável  $TP$ ) + 5;  $UR = ZUR+10 =$  (padronização  $Z$  da variável  $UR$ ) + 10;  $IP = ZIP+15 =$  (transformação  $Z$  da variável  $IP$ ) + 15. Tais transformações objetivaram a padronização das unidades de medidas e a obtenção de diferentes eixos  $X$  para cada variável estudada na série temporal, onde os eixos 0, 5, 10 e 15, referem-se aos dados das variáveis  $PA$ ,  $TP$ ,  $UR$  e  $IP$ , respectivamente.

Em relação à regressão, adota-se ainda que diante de níveis de significância ( $\alpha$ )  $\geq 0,01$  de probabilidade se aceita a hipótese nula ( $H_0$ ), e no caso contrário, a hipótese alternativa ( $H_1$ ). Como exemplo esta apresenta a seguir as hipóteses referentes à regressão linear da  $PA$  em função da  $TP$ , sendo:

$H_0$ : Não há associação entre a  $PA$  e a  $TP$ , considerando o modelo linear, ou seja, a  $PA$  não é influenciada linearmente pela  $TP$ ;

$H_1$ : Há associação entre a  $PA$  e a  $TP$ , considerando o modelo linear, ou seja, a  $PA$  é influenciada linearmente pela  $TP$ .

Tais procedimentos tiveram a finalidade de avaliar as possíveis formas comportamento da  $PA$ , afastando a inferência preditiva dos modelos.

### 2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após coleta de dados brutos e realização dos respectivos tratamentos obteve-se um banco de dados validado, com 4608 linhas e 4 colunas, totalizando 18432 registros.

A análise descritiva deste banco de dados está apresentada na Tabela 3. Observou-se um valor médio de  $PA$  de  $142 \text{ L.}(\text{hab.dia})^{-1}$ ,

próximo aos valores obtidos por ISA (2007), que apontou um consumo médio micromedido para Cuiabá de 147 L.(hab.dia)<sup>-1</sup>.

TABELA 3 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA DAS VARIÁVEIS ESTUDADAS

VE <sup>a</sup>	Mín.	Máx.	Média	Variância	DP <sup>b</sup>
TP	18,10	28,40	25,85	4,83	2,20
UR	53,00	96,00	72,83	90,87	9,53
IP	0,00	344,20	103,87	7612,83	87,25
PA	52,93	457,49	141,93	3357,81	57,95

número de observações: 4.608; <sup>a</sup> variável estudada; <sup>b</sup> desvio padrão; TP: temperatura; UR: umidade relativa; IP: índice pluviométrico; PA: quota *per capita* de água

A TP foi a variável de menor desvio padrão e uma amplitude de IP igual à 344,2 mm.h<sup>-1</sup> entre os meses. Tais observações indicam a existência de diferentes momentos climáticos com pequena variação de temperatura. A Figura 2 apresenta a matriz de diagramas de dispersão referentes ao conjunto de dados da PA e as variáveis climáticas.

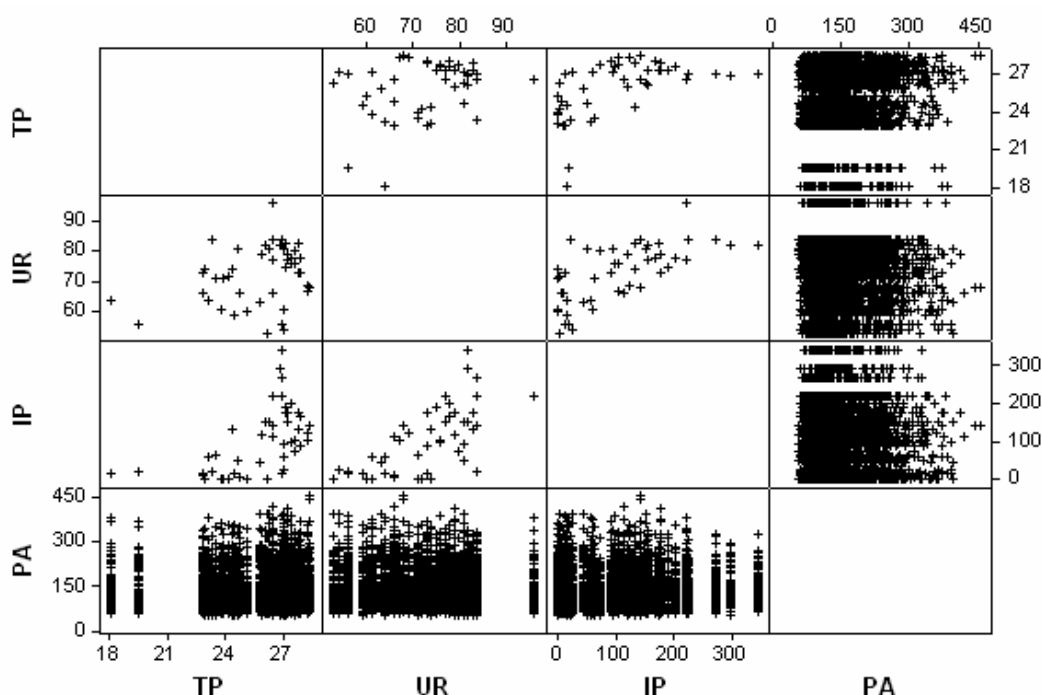


FIGURA 2 - MATRIZ DE DIAGRAMAS DE DISPERSÃO PA FRENTE ÀS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS

Observou-se a ausência de correlação linear desta relação entre a variável PA com as variáveis climáticas. Destacando-se ainda a existência de 3, 2 e 3 agrupamentos, ao se observar os diagramas de

dispersão referentes as variáveis de TP, UR e IP, respectivamente. Outra forma de interpretação dos resultados é a observação do fato de que à medida que se caminha para o aumento nos valores da variável x (TP, UR, IP), não se apresenta nenhuma tendência particular de comportamento da variável y (PA), não havendo correlação entre as variáveis. Também se verificou a associação de relação entre as variáveis climáticas, associação já esperadas já que se tem como sabido que a relação entre UR e IP.

O gráfico de séries temporais o período de 4 anos (2003 a 2004) esta apresentado na Figura 3.

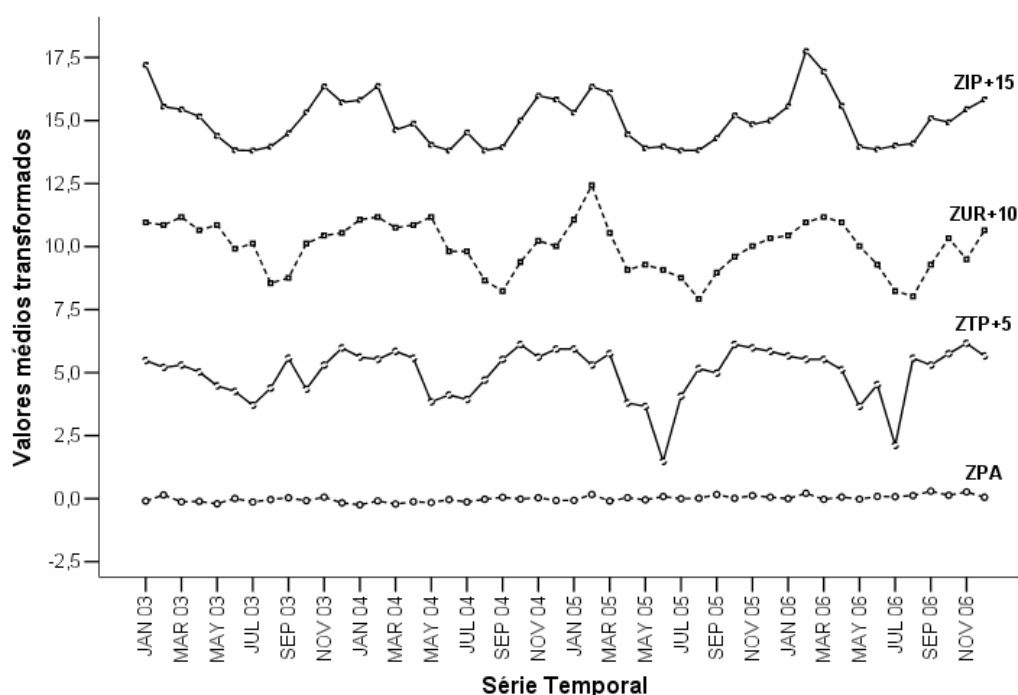


FIGURA 3 – SÉRIE TEMPORAL DAS VARIÁVEIS TRANSFORMADAS

De acordo com Morettin (2006) uma série temporal é qualquer conjunto de observações ordenadas no tempo. As variáveis climáticas apresentaram a mesma tendência e que a PA não variou ao longo do ano. Além disso, observa-se a presença da sazonalidade, ou seja, distintos momentos climáticos, com redução nos valores de TP, UR e IP, em concordância com o apresentado por CUIABÁ, 2004. Os resultados não diferiram dos apresentados pela matriz de diagramas de dispersão.

A Tabela 4 apresenta a matriz dos coeficientes de correlação entre as variáveis analisadas.

TABELA 4 – COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO E VARIÁVEIS ESTUDADAS

Variável	ZTP	ZUR	ZIP	ZPA
ZTP	1	0,321	0,552	0,007
ZUR	0,321	1	0,669	-0,036
ZIP	0,552	0,669	1	0,008
ZPA	0,007	-0,036	0,008	1

ZTP: temperatura padronizada; ZUR: umidade relativa padronizada; ZIP: índice pluviométrico padronizada; ZPA: quota *per capita* de água padronizada

Os coeficientes de correlação apontaram a existência de uma fraca correlação da variável PA com as variáveis climáticas, quando se examina os resultados a partir da definição de MARTINS, 2002. Dentre os resultados observados destaca-se o coeficiente de correlação entre PA e UR ( $r = -0,036$ ), como sendo o menor valor, indicando que à medida que se tem um incremento da UR há uma redução no PA. Todavia, trata-se de uma fraca correlação, não sendo possível a inferência de dependência entre as variáveis. De qualquer forma, os coeficientes obtidos na Tabela 4 estão em conformidade com os resultados obtidos anteriormente nas Figuras 1 e 2, onde a partir da análise gráfica, nota-se relações entre as variáveis climáticas.

Os resultados das técnicas de regressão com os diferentes modelos e respectivos testes de significância estatística estão apresentados nas Tabelas 5, 6 e 7. Os resultados apresentados na Tabela 5 reportam a inexistência de relação comportamental entre as naturezas linear, logarítmica, quadrática, cúbica e exponencial e os valores de PA, uma vez que nota-se: (i) baixos valores de  $R^2$  e (ii) níveis de significância estatística ( $\alpha$ ) maiores 0,01; permitindo a aceitação da hipótese  $H_0$ , ou seja, não há relação entre os modelos propostos e o comportamento da variável PA. Os níveis de significância estatística obtidos para UR e IP, também permitem a aceitação da hipótese  $H_0$ , ou seja, não há relação entre os modelos propostos e o comportamento da variável PA. Observou-se que os valores de coeficientes de determinação ( $R^2$ ), definido por Martins (2002) como indicador de qualidade de

ajustamento, foram próximos de zero, o que reforçando a aceitação da hipótese  $H_0$ , também para as variáveis UR e IP.

TABELA 5 – RESUMO DOS MODELOS TESTADOS, VARIÁVEL DEPENDENTE PA E VARIÁVEL INDEPENDENTE TP

Resumo do modelo					Coeficientes estimados			
Natureza do modelo	R <sup>2</sup>	gl1	gl2	F (p)	$\beta_0$ (p)	$\beta_1$ (p)	$\beta_2$ (p)	$\beta_3$ (p)
Linear ( $PA=\beta_0+\beta_1.TP$ )	0,000	1	4606	0,226 (0,635)	137,168 (0,000)	0,184 (0,635)		
Logarítmica ( $PA=\beta_0+\beta_1.Log(TP)$ )	0,000	1	4606	0,131 (0,718)	131,020 (0,000)	3,360 (0,718)		
Quadrática ( $PA=\beta_0+\beta_1.TP+\beta_2.TP^2$ )	0,001	2	4605	1,235 (0,291)	242,405 (0,001)	-8,605 (0,143)	0,181 (0,134)	
Cúbica ( $PA=\beta_0+\beta_1.TP+\beta_2.TP^2+... \beta_3.TP^3$ )	0,001	2	4605	1,167 (0,311)	207,754 (0,000)	-4,240 (0,167)	9,076 (0,168)	0,002 (0,146)
Exponencial ( $PA=\beta_0+\beta_1.10^{TP}$ )	0,000	1	4606	0,269 (0,604)	127,575 (0,000)	0,001 (0,604)		

R<sup>2</sup>: coeficiente de determinação; gl1: grau de liberdade da devido à regressão; gl2: grau de liberdade do resíduo; F (p): estatística F (nível de significância da regressão);  $\beta$  (p): coeficiente estimado (nível de significância dos estimadores, estatística t).

TABELA 6 – RESUMO DOS MODELOS TESTADOS, VARIÁVEL DEPENDENTE PA E VARIÁVEL INDEPENDENTE UR

Resumo do modelo					Parâmetros estimados			
Natureza do modelo	R <sup>2</sup>	gl1	gl2	F (p)	$\beta_0$ (p)	$\beta_1$ (p)	$\beta_2$ (p)	$\beta_3$ (p)
Linear ( $PA=\beta_0+\beta_1.UR$ )	0,001	1	4606	5,909 (0,015)	157,783 (0,000)	-0,218 (0,015)		
Logarítmica ( $PA=\beta_0+\beta_1.Log(UR)$ )	0,001	1	4606	6,157 (0,013)	208,849 (0,000)	-15,637 (0,013)		
Quadrática ( $PA=\beta_0+\beta_1.UR+\beta_2.UR^2$ )	0,002	2	4605	3,520 (0,030)	199,863 (0,000)	0,008 (0,210)	199,863 (0,288)	
Cúbica ( $PA=\beta_0+\beta_1.UR+\beta_2.UR^2+... \beta_3.UR^3$ )	0,002	2	4605	3,706 (0,025)	189,537 (0,000)	-0,895 (0,110)	-7,653 (0,014)	$4.10^{-5}$ (0,221)
Exponencial ( $PA=\beta_0+\beta_1.10^{UR}$ )	0,001	1	4606	3,922 (0,048)	143,436 (0,000)	-0,001 (0,048)		

R<sup>2</sup>: coeficiente de determinação; gl1: grau de liberdade da devido à regressão; gl2: grau de liberdade do resíduo; F (p): estatística F (nível de significância da regressão);  $\beta$  (p): coeficiente estimado (nível de significância dos estimadores, estatística t).

Estes resultados diferem dos obtidos por MARTINEZ-ESPIÑEIRA (2002), que encontrou significativas relações entre a demanda de água e as variáveis climáticas, ao estudar demanda residencial de água na região Nordeste da Espanha. Também diferem

dos resultados encontrados por Mukhopadhyay et al. (2001), que ajustaram modelos matemáticos inserindo as variáveis temperatura e umidade relativa usando técnicas de regressão linear e redes neurais artificiais, para um conjunto de dados de 48 residências no Kuwait.

TABELA 7 – RESUMO DOS MODELOS TESTADOS, VARIÁVEL DEPENDENTE PA E VARIÁVEL INDEPENDENTE IP

Resumo do modelo					Parâmetros estimados			
Natureza do modelo	R <sup>2</sup>	gl1	gl2	F (p)	β <sub>0</sub> (p)	β <sub>1</sub> (p)	β <sub>2</sub> (p)	β <sub>3</sub> (p)
Linear (PA=β <sub>0</sub> +β <sub>1</sub> .IP)	0,000	1	4606	0,311 (0,577)	141,368 (0,000)	0,005 (0,577)		
Logarítmica (PA=β <sub>0</sub> +β <sub>1</sub> .Log(IP))*	-	-	-	-	-	-		
Quadrática (PA=β <sub>0</sub> +β <sub>1</sub> .IP+β <sub>2</sub> .IP <sup>2</sup> )	0,000	2	4605	0,502 (0,605)	142,085 (0,000)	8.10 <sup>-5</sup> (0,565)	-0,016 (0,405)	
Cúbica (PA=β <sub>0</sub> +β <sub>1</sub> .IP+β <sub>2</sub> .IP <sup>2</sup> +... β <sub>3</sub> .IP <sup>3</sup> )	0,001	3	4604	0,980 (0,401)	140,957 (0,000)	0,064 (0,311)	-0,001 (0,224)	1.10 <sup>-6</sup> (0,164)
Exponencial (PA=β <sub>0</sub> +β <sub>1</sub> .10 <sup>IP</sup> )	0,000	1	4605	0,798 (0,372)	131,169 (0,000)	5.10 <sup>-5</sup> (0,372)		

R<sup>2</sup>: coeficiente de determinação; gl1: grau de liberdade da devido à regressão; gl2: grau de liberdade do resíduo; F (p): estatística F (nível de significância da regressão); β (p): coeficiente estimado (nível de significância dos estimadores, estatística t); \* variável independente (IP) contém valores nulos, logo o modelo logarítmico não pode ser calculado.

Uma possível explicação a não interveniência das condições climáticas sobre a PA seria o fato de que o banco de dados se refere às observações de médias mensais e não médias diárias. O que teria absorvido a variabilidade nos valores de PA, uma vez que as médias tendem a amortecer picos de consumo. Acredita-se também, que a demanda reprimida permanente, causada pelas perdas no sistema distribuição de água, que no caso de Cuiabá atingem mais de 65%, segundo ISA (2007), possa ser outra justificativa aos resultados. Além da existência da especificidade climática regional.

Considerando que uma das primeiras etapas à elaboração de projetos de saneamento ambiental é a adoção e/ou investigação da PA e das características climáticas, e que estas demandam tempo e custo, pode-se constatar que este estudo contribuirá no sentido de auxílio à tomada de decisão e gestão operacional.



## 2.4 CONCLUSÕES

- Não foi possível à determinação da natureza de associação entre as variáveis PA e as de TP, UR e IP.
- As variações na TP, UR e IP não implicaram em mudanças significativas na PA.
- Os fatores determinantes para o aumento na PA não estão representadas pelas variáveis estudadas.
- Como possíveis justificativas destacam-se a existência de: tendências e comportamentos distintos entre PA e variáveis climáticas; e, uma especificidade climática regional.
- Sugere-se que, futuros estudos nesta linha deverão privilegiar dados obtidos a partir do volume de água tratada e a realização de coleta de dados primários.

## 2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAP-NET; GWP. **Planejamento para a gestão integrada de recursos hídricos: Manual de Capacitação e Guia Operacional**, s.d. local: AGÊNCIA CANADENSE DE DESENVOLVIMENTO INTERNACIONAL; RECURSOS HÍDRICOS AFRICANOS, 2005. 100 p.

CARREIRA-FERNANDEZ, J.; GARRIDO, R.J. **Economia dos recursos hídricos**. Salvador: Edufba, 2002. 548 p.

CUIABÁ. P.M. **Perfil Socioeconômico de Cuiabá**. Cuiabá: Instituto de pesquisa e Desenvolvimento Urbano: Central de Texto, 2004. 405 p.

CUIABÁ. P.M. **Perfil Socioeconômico de Cuiabá**. Cuiabá: Instituto de pesquisa e Desenvolvimento Urbano: Central de Texto, 2007. 477 p.

FALKENBERG, A. V. **Previsão de consumo urbano de água em curto prazo**. 2005. 85 f. Dissertação (Mestrado em Métodos Numéricos em Engenharia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGICO. INMET. Consulta genérica. Cuiabá: INMET, 2007. 4 p. (Relatório climatológico 2003-2006).

INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL – ISA. **Abastecimento de água e esgotamento sanitário nas capitais brasileiras, em 2004**. São Paulo: ISA, 2007. 23 p. (Relatório Abastecimento de água e esgotamento sanitário nas capitais brasileiras).

MARTINEZ-ESPIÑEIRA, R. Residential Water Demand in the Northwest of Spain. **Environmental and Resource Economics**, v. 21, p. 161–187, 2002.

MARTINS, G.A. **Estatística geral e aplicada**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

MATOS, J.C.C.T.; BERNARDES, R.S. Proposição de método para determinação de cotas *per capita* mínimas de água para consumo humano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. 24, 2007, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2007. p. 1-7.

MORETTIN, P.A. Noções básicas sobre séries temporais. In: MINICURSO MINISTRADO NA SEMANA DE MATEMÁTICA. 4, 2006, Uberlândia. **Minicurso...** Uberlândia:Universidade Federal de Uberlândia, 2006. p. 1-81.

MUKHOPADHYAY, A.; AKBER, A.; AL-AWADI, E. Analysis of flashwater consumption patterns in the private residences of Kuwait. **Urban Water**, v. 3, p. 53-62, 2001.

SCARE, R. F. **Escassez de água e mudança institucional**: análise de regulação de recursos hídricos no Brasil. 2003. 134 p. Dissertação de Mestrado – Universidade de São Paulo, São Paulo.

SETTI, A.A.; LIMA, J.E.F.W.; CHAVES, A.G.M.; PEREIRA, I.C. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. Brasília: Agencia Nacional de Energia Elétrica; Agência Nacional de Águas, 2001. 327 p.

SILVA, R.T.; PORTO, M.F.A. Gestão urbana e gestão das águas: caminhos da integração. **Estudos Avançados**, v. 17, n. 47, p. 129-145, 2003.

SILVA, R.T.; ROCHA, W.S. **Caracterização da demanda urbana de água**. Brasília: Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano, 1999.

SOUZA, W.H.S. ENC: Relatórios de Consumo. Mensagem recebida por <ttatom@universiabrasil.net> em: 29 de mar. 2007.

VIEIRA, M. Rel. 2003 a 2006. Mensagem recebida por: <ttatom@universiabrasil.net> em: 11 de jul. 2007.

VON SPERLING, M. **Principio de tratamento biológico de águas Residuárias**. 2 ed. Belo Horizonte: DESA-UFMG, 1996. 243 p.

### 3. PREVISÃO DA QUOTA *PER CAPITA* DE ÁGUA EM CUIABÁ-MT

#### RESUMO

O objetivo deste estudo foi à determinação de um modelo estatístico capaz de projetar a quota *per capita* de água para cidade de Cuiabá-MT. O estudo foi desenvolvido a partir das variáveis de: quota *per capita* de água e de energia, temperatura média mensal do ar, umidade média mensal relativa do ar, índice pluviométrico médio mensal, classe sócio-econômica, sazonalidade, tarifa de água e de energia, tarifa social de energia, salário mínimo real, além de indicadores econômicos. A população amostral foi composta pelo universo dos 115 bairros reconhecidos por Cuiabá (2004), estratificados por mês e referentes ao período anual de 2003 a 2006. Os dados foram organizados e codificados em planilha eletrônica para alimentação dos *softwares* estatísticos SPSS e Minitab. A metodologia empregada fundamentou-se em tratamento de dados (eliminação de dados faltantes, descarte de valores não pertencentes ao intervalo [50; 500] L.(hab.dia)<sup>-1</sup>, transformações Box-Cox), realização de análises de regressão múltipla - *Backward*, análise residual e testes de qualidade do ajuste. Como resultado obteve-se um conjunto de modelos adequados para a projeção da quota *per capita* de água para população de baixa renda, e frágil capacidade de previsão às demais classes sócio-econômicas.

Palavras-chave: gerenciamento, modelagem, recursos hídricos

#### ABSTRACT

The main aim of this work was to propose a statistical model able to project the *per capita* water consumption to Cuiaba city, in Mato Grosso. The study was developed with collected data from many institutions such as the National Meteorological Institute (INMET), the Department of Water Supply and Sanitation (SANECAP), the Research and Urban Development Institute (IPDU) of Cuiaba City Hall, the Mato Grosso Electric Power Company (Rede-Cemat), the Research Institute of Applied Economics (IPEA) and the Getúlio Vargas Foundation (FGV). The population sampled was composed by 115 neighborhood of Cuiaba (2004), classified per month and between the period of 2003 to 2006. Data were arranged and codified in a spreadsheet to be used within the SPSS and Minitab statistical softwares. Data treatment (elimination of the lacking data, discarding of the values out of the interval [50; 500] L.(inhab.day)<sup>-1</sup>, transformations Box-Cox), multiple regression analysis - *Backward*, residual analysis and tests of adjusting quality were in the foundations of this methodological approach. As a result, appropriate models were designed to project the *per capita* water consumption by the population of low class, but they were not able enough to project the other socioeconomic classes' consumption.

Word-key: management, modeling, hydro resources

### 3.1 INTRODUÇÃO

Cada vez mais as organizações têm sofrido pressões na busca por resultados imediatos, onde a enorme variação de possibilidades contribui para um ambiente totalmente incerto (CONTIERO et al., 2004). Observa-se ainda, uma crescente preocupação com a mudança da máquina pública, no sentido de torná-la não apenas eficiente, mas também eficaz e passível de controle social (AZEVEDO, 1992). Como respostas a estas aspirações as organizações vêm utilizando instrumentos de minimização de incertezas. Há alguns anos, muitas empresas têm optado pela adoção do planejamento estratégico, que consiste basicamente na definição de caminhos e proposição de soluções (CONTIERO et al., 2004). A luz dos princípios teóricos do planejamento estratégico observa-se distintas etapas necessárias à sua elaboração, entre elas: a concepções dos objetivos, a declaração de missão, a de visão de negócio, e a elaboração de previsões entre outras (LUCION, 2004).

Não distante dessa realidade se encontra as operadoras de serviços de saneamento ambiental, não estão suficientemente estruturadas e organizadas para suprir as necessidades da população (CARREIRA-FERNANDEZ e GARRIDO, 2002). Segundo Setti et al. (2001) a gestão dos recursos hídricos deve ser resultado de um processo de planejamento fundamentado na separação entre atividades de oferta e as atividades de uso. Silva e Rocha (1999) relatam que a previsão de demanda de água é um instrumento básico de planejamento, necessário para o correto dimensionamento da oferta e para o direcionamento de medidas de gestão. Tal previsão consiste na proposição de modelos estatísticos, que têm sido utilizados ao longo da história para os mais diversos fins, entre eles a explicação e previsão de fenômenos observados na natureza, nos sistemas sociais e econômicos, nos equipamentos, nos simuladores de vôo, entre outros (AGUIRRE, 2007).

De acordo com a FEMA-MT (2004), o desenvolvimento de pesquisas específicas de demandas de água é uma ação fundamental ao gerenciamento das águas subterrâneas e superficiais, na área urbana de

Cuiabá. Ainda, Lima e Zeilhofer (2000) relatam à importância da elaboração de ferramentas eficientes que permitam o monitoramento e a análise na bacia do Rio Cuiabá. Tais necessidades sugerem o desenvolvimento de instrumentos de gestão voltados à demanda de água em Cuiabá. Assim, este trabalho objetiva a proposição de um modelo estatístico capaz de projetar a quota *per capita* de água, contribuindo à formulação de instrumentos a gestão de recursos hídricos em Cuiabá-MT.

### 3.2 MATERIAL E MÉTODOS

Para realização deste trabalho foi considerada como população (universo) a cidade de Cuiabá-MT e todos os bairros reconhecidos pelo Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Urbano de Cuiabá (IPDU) no ano de 2004, estratificados por mês e referentes ao período anual de 2003 a 2006. Desta forma, foram então investigados os 115 bairros existentes na cidade, por um período de 48 meses.

A seleção das variáveis ao desenvolvimento do modelo fundamentou-se no sugerido por Fernandes et al. (2004) e na inserção de indicadores econômicos não convencionais para a previsão de consumo de água (quota *per capita* de energia, tarifa de energia, tarifa social de energia, salário mínimo, inflação, cotação do dólar e taxa de juros). Tal inserção foi motivada pela recomendação de Silva et al. (2007), quando da realização de estudo da quota *per capita* de água. As variáveis selecionadas, sua codificação, unidade de medida e fonte de dados estão apresentadas na Tabela 8.

Apesar das variáveis climáticas não se relacionarem com a quota *per capita* de água, conforme apresentado no capítulo anterior, estas foram selecionadas na expectativa de que em meio à presença de outros fatores possivelmente intervenientes possam ser significativas.

Em relação à classe sócio-econômica, Cuiabá (2004) as apresenta em cinco categorias: a baixa, a médio-baixa, a média, a médio-alta e a alta, classificadas de acordo com rendimento nominal mediano

mensal do responsável pelo domicílio. A Tabela 9 apresenta a renda dos responsáveis pelos domicílios e respectivas classes sócio-econômicas.

TABELA 8 – VARIÁVEIS SELECIONADAS PARA A MODELAGEM

Variável	Codificação	Unidade	Fonte de dados
1*	CB	$m^3 \cdot (\text{bairro} \cdot \text{mês})^{-1}$	Sanecap
2*	HB	Habitante	IPDU
3*	PA	$L \cdot (\text{hab} \cdot \text{dia})^{-1}$	Equação 1
4*	TP	°C	INMET
5*	UR	%	INMET
6*	IP	$\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$	INMET
7*	CS	<sup>a</sup>	IPDU
8*	AN	<sup>a</sup>	<sup>b</sup>
9*	ME	<sup>a</sup>	<sup>b</sup>
10*	SZ	<sup>a</sup>	IPDU
11*	CE	$\text{kWh} \cdot \text{mês}^{-1}$	Rede-Cemat
12*	PE	$\text{kWh bairro} \cdot (\text{hab} \cdot \text{dia})^{-1}$	Equação 2
13*	TA	$\text{R\$} \cdot (\text{m}^3)^{-1}$	Sanecap
14*	TE	$\text{R\$} \cdot (\text{MWh})^{-1}$	Rede-Cemat
15*	TS	<sup>a</sup>	Rede-Cemat
16*	SR	R\$	IPEA
17*	IF	%	FGV
18*	DO	R\$	BCB
19*	TJ	%	BCB

1\*: Consumo de água por bairro; 2\*: População por bairro; 3\*: Quota *per capita* de água, obtida a partir da Equação 1  $PA = (CB \cdot (HB \cdot DM)^{-1}) \cdot 1000$ ; 4\*: Temperatura média mensal do ar; 5\* Umidade média mensal relativa do ar; 6\*: Índice pluviométrico médio mensal; 7\*: Classe sócio-econômica do bairro; 8\*: Ano em estudo; 9\*: Mês em estudo; 10\*: Sazonalidade; 11\*: Consumo de energia por bairro; 12\*: Quota *per capita* de energia, obtida a partir da Equação 2  $PE = (CE \cdot (HB \cdot DM)^{-1})$ ; 13\*: Tarifa de água; 14\*: Tarifa de energia; 15\*: Tarifa social de energia; 16\*: Salário mínimo real; 17\*: Índice geral de preços de mercado (IGP-M); 18\*: Cotação do dólar; 19\*: Taxa de juros; Sanecap: Agência de Saneamento da Capital; IPDU: Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Urbano de Cuiabá; INMET: Instituto Nacional de Meteorologia; DM: número de dias no mês; Rede-Cemat: Centrais Elétricas Mato-grossenses; IPEA: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada; FGV: Fundação Getúlio Vargas; BCB: Banco Central do Brasil; <sup>a</sup>: adimensional; <sup>b</sup>: Série temporal.

TABELA 9 – VARIANTES DA CLASSE SÓCIO ECONÔMICA

Classe sócio-econômica	Rendimento nominal mediano mensal dos responsáveis por domicílio
Renda Baixa	abaixo de 2,91 S.M.
Renda Média-Baixa	de 2,91 S.M. a 5,65 S.M.
Renda Média	de 5,66 S.M. a 11,65 S.M.
Renda Médio-Alta	de 11,66 S.M. a 21,94 S.M.
Renda Alta	acima de 21,94 S.M.

SM Salário mínimo

Fonte: IPDU – Cuiabá (2004)

Na abordagem da classe sócio-econômica, esta por se tratar de uma variável qualitativa, somente pode ser inserida na modelagem sob a forma de variáveis *Dummy*. Neste caso a classe sócio-econômica foi inserida na forma de quatro variáveis *Dummy* (D2, D3, D4 e D5) binárias (0 e 1), conforme Tabela 10.

TABELA 10 – CLASSE SÓCIO-ECONÔMICA SOB A FORMA DE VARIÁVEL *DUMMY*

D2	D3	D4	D5	Classe sócio-econômica
0	0	0	0	Renda Baixa
1	0	0	0	Renda Média-Baixa
0	1	0	0	Renda Média
0	0	1	0	Renda Médio-Alta
0	0	0	1	Renda Alta

Quanto à sazonalidade, observaram-se dois momentos climáticos bem definidos, o período chuvoso e o período seco, com redução nos valores de TP, UR e IP (CUIABÁ, 2004). Da mesma forma que foi tratada a classe sócio-econômica, a sazonalidade foi inserida como uma variável qualitativa, na forma *Dummy* (D6) e atribuída o valor 1 para o período de chuvoso e do valor 0 para caso contrário. Outra variável qualitativa presente no banco de dados refere-se aos anos de observação, que foram indicados recorrendo a três variáveis *Dummy* (D7, D8, e D9), conforme Tabela 11.

TABELA 11 – ANOS OBSERVADOS SOB A FORMA VARIÁVEL *DUMMY*

D7	D8	D9	Ano de referência
0	0	0	2003
1	0	0	2004
0	1	0	2005
0	0	1	2006

As informações constantes na Tabela 12 se referem às tarifas de água aplicadas ao consumidor, de acordo com o volume de água (m<sup>3</sup>) consumido por residência.

TABELA 12 – TARIFA DE ÁGUA, CATEGORIA RESIDENCIAL

Faixa de consumo (m <sup>3</sup> .mês <sup>-1</sup> )	Alíquota (R\$.m <sup>-3</sup> )
0 a 10	1,12
11 a 20	1,68
21 a 30	2,80
31 a 40	3,70
Acima de 40	5,56

Fonte: Agência de Saneamento da Capital - SANECAP

Em relação à TS, trata-se de um benefício concedido à população de Renda-baixa, conforme Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL (2002), e, por isso inserida no trabalho como instrumento de estratificação sócio-econômica. Como exemplo deste instrumento, pode ser citar as considerações do IDEC (2001), que relatou a existência de uma relação inversa entre a renda familiar e a participação da eletricidade no orçamento. Frente a este contexto, adotaram-se para o desenvolvimento deste estudo as faixas da TS, que foram inseridas sob a forma de variáveis *Dummy*. Os dados referentes às faixas foram obtidos junto à concessionária de energia local, a Centrais Elétricas Mato-grossenses. Na Tabela 13, encontram-se as informações referentes aos extratos tarifários e a sua transformação para variáveis *Dummy*.

TABELA 13 – TARIFA SOCIAL SOB A FORMA VARIÁVEL *DUMMY*

D10	D11	D12	D13	Faixa de consumo (kWh.mês <sup>-1</sup> )*
0	0	0	0	0 – 30
1	0	0	0	31 – 80
0	1	0	0	81–100
0	0	1	0	101 – 140
0	0	0	1	superior a 140

\* Fonte: Centrais Elétricas Mato-grossenses – Rede-Cemat

Ao processamento e análise dos dados a técnica de regressão, da mesma forma que no capítulo 2. O modelo estatístico aplicado na projeção foi estruturado em etapas, conforme mostrado na Figura 4. As Etapas I e II consistiram na análise estatística descritiva, teste de normalidade de variância (Q-Q Plots ou gráfico quantis de probabilidade), transformações de variáveis conforme o sugerido por Marroco (2003) e a



utilização da transformação de Box-Cox, para a normalização da variância em cumprimento dos pressupostos da regressão.

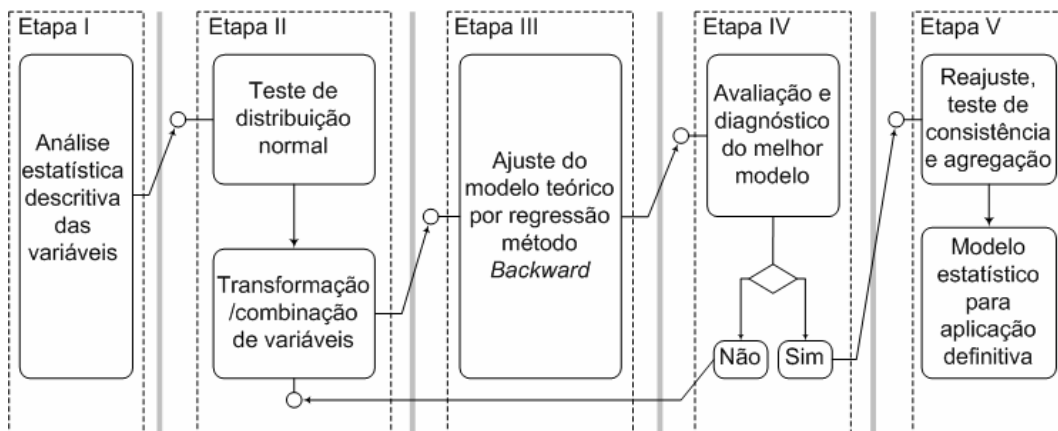


FIGURA 4 - SEQÜÊNCIA DE ETAPAS PARA A MODELAGEM

Quanto a Etapa III, realizaram-se análises de regressão conforme método *Backward*, considerando nível de significância  $p \leq 0,05$  para a permanência da variável no modelo. A Etapa IV fundamentou-se nos testes de homogeneidade de variância, distribuição normal e percentual de erro, para tal utilizou-se a elaboração de gráficos resíduos, gráfico Q-Q Plots e gráfico dos valores estimados *versus* valores observados da quota *per capita* de água. Na Etapa V obteve-se o modelo estatístico pronto a ser avaliado quando a qualidade do ajuste. Um exemplo do modelo linear aditivo a ser obtido esta apresentado na Equação 3.

$$\begin{aligned}
 PA = & \beta_0 + \beta_1.TP + \beta_2.UR + \beta_3.IP + \beta_4.D2 + \beta_5.D3 + \beta_6.D4 + \beta_7.D5 + \dots \\
 & \beta_8. D6 + \beta_9. D7 + \beta_{10}. D8 + \beta_{11}. D9 + \beta_{12}. D10 + \beta_{13}. D11 + \dots \\
 & \beta_{14}. D12 + \beta_{15}. D13 + \beta_{16}.ME + \beta_{17}. PE + \beta_{18}.TA + \beta_{19}.TE + \dots \\
 & \beta_{20}.SR + \beta_{21}.IF + \beta_{22}.DO + \beta_{23}.TJ + \varepsilon
 \end{aligned} \tag{3}$$

Onde:  $\beta_0, \dots, \beta_{23}$  = coeficientes; PA = quota *per capita* de água; TP = temperatura; UR = umidade relativa; IP = índice pluviométrico; D2 = *Dummy* classe médio-baixa; D3 = *Dummy* classe média; D4 = *Dummy* classe médio-alta; D5 = *Dummy* classe alta; D6 = *Dummy* sazonalidade; D7 = *Dummy* ano 2004; D8 = *Dummy* ano 2005; D9 = *Dummy* ano 2006;

D10 = *Dummy* faixa de consumo 31-80; D11 = *Dummy* faixa de consumo 81-100; D12 = *Dummy* faixa de consumo superior 101-140; D13 = *Dummy* faixa de consumo superior 140-superior; ME = mês; PE = consumo *per capita* de energia; TA = tarifa de água; TE = tarifa de energia; SR = salário mínimo real; IF = inflação; DO = cotação do dólar; TJ = taxa de juros;  $\varepsilon$  = erro.

Em relação aos testes de adequação do ajuste do modelo optou-se pela utilização de alguns dos indicadores recomendados por Aguirre (2007), Gujarati (2006), Souza (1998), Sokal e Rohlf (1995), Draper e Smith (1980), Neter e Wasserman (1974), entre eles o  $R^2$  e a estatística F.

### 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultados da Etapa I, o número de observações (N), os valores mínimos e máximos, bem como os valores médios e o desvio padrão, de todas as variáveis quantitativas estudadas, encontram-se na Tabela 14.

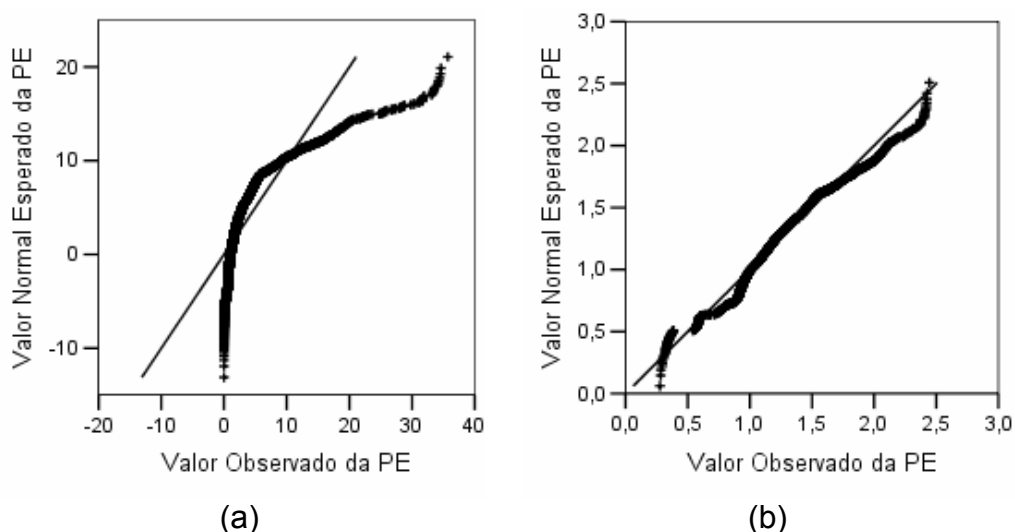
TABELA 14 - ESTATÍSTICA DESCRITIVA DAS VARIÁVEIS QUANTITATIVAS

VE <sup>a</sup>	Mín.	Máx.	Média	Variância	DP <sup>b</sup>
TP	18,10	28,40	25,85	4,83	2,20
UR	53,00	96,00	72,83	90,87	9,53
IP	0,00	344,20	103,87	7612,83	87,25
PA	52,93	457,49	141,93	3357,81	57,95
PE	0,01	35,70	3,98	22,02	4,69
TA	1,12	3,70	1,73	0,15	0,39
TE	131,13	237,10	152,24	545,71	23,36
SR	244,00	362,04	303,40	1047,01	32,36
IF	-0,11	2,47	0,49	0,22	0,47
DO	2,13	3,59	2,65	0,16	0,40
TJ	13,19	26,32	18,34	13,23	3,64

número de observações: 4.608; <sup>a</sup> variável estudada; <sup>b</sup> desvio padrão

Os testes de distribuição normal, pertencentes à Etapa II, indicaram distribuições razoavelmente normais as variáveis TP, UR, IP, TA, TE, IF, DO e TJ.

No entanto, as variáveis PA, PE e SR apresentaram necessidade de transformação. Para esta transformação foram efetuadas as seguintes transformações: Normal da PA = NPA = Log(PA); Normal da PE = NPE = PE<sup>λ</sup>, para λ = 0,25; e, Normal da SR = NSR = SR<sup>λ\*</sup>, para λ\* = 0,75. Sendo os valores de λ e λ\* obtidos por transformação Box-Cox. Um exemplo do efeito das transformações foi à normalização das variáveis estão apresentadas nas Figuras 5a e 5b.



(a) (b)  
 FIGURA 5 – GRÁFICO Q-Q PLOTS DO CONJUNTO DE OBSERVAÇÕES ANTES (a) E DEPOIS DA TRANSFORMAÇÃO (b) DA VARIÁVEL PE

O primeiro modelo obtido pelo método da regressão *Backward* para a projeção da PA, seus fatores intervenientes e a análise de variância, estão apresentados na Equação 4 e nas Tabela 15 e 16 (análise de variância do modelo – ANOVA).

$$NPA = \beta_0 + \beta_1.D2 + \beta_2.D3 + \beta_3.D4 + \beta_4.D5 + \beta_5.D10 + \beta_6.D11 + \beta_7.D12 + \dots + \beta_8.D13 + \beta_9.TA + \beta_{10}.DO + \beta_{11}.NPE \quad (4)$$

O valor de R<sup>2</sup> = 0,600 obtido no modelo 1, e análise residual não satisfatória, sugere nova transformação e/ou combinação entre variáveis. Como alternativa a investigação das possíveis causas elaborou-se gráficos de dispersão dos resíduos contra variáveis explicativas, conforme Gujarati (2006) e Souza (1998).

TABELA 15 - ESTIMAÇÃO DO MODELO 1

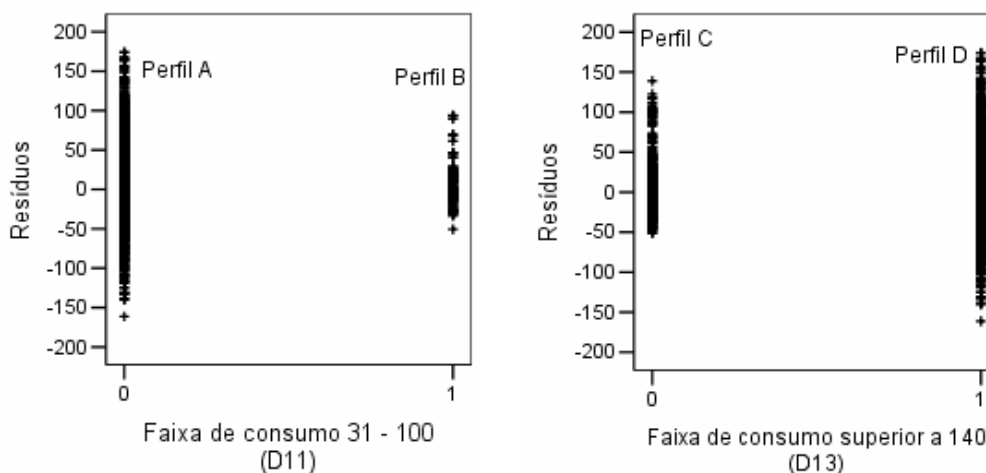
Variável explicativa	Coef.	DP <sup>a</sup>	t	p	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> aj <sup>b</sup>	F
Constante	1,712	0,016	107,869	0,000			
D2	0,061	0,005	13,431	0,000			
D3	0,083	0,005	16,072	0,000			
D4	0,052	0,006	8,733	0,000			
D5	0,067	0,011	6,144	0,000			
D10	-0,045	0,012	-3,570	0,000	0,600	0,599	629,143
D11	-0,079	0,013	-5,862	0,000			
D12	-0,150	0,011	-13,785	0,000			
D13	-0,221	0,011	-20,053	0,000			
TA	0,066	0,005	13,679	0,000			
DO	-0,017	0,004	-4,533	0,000			
NPE	0,376	0,008	46,951	0,000			

<sup>a</sup> desvio padrão; <sup>b</sup> ajustado

TABELA 16 – ANOVA PARA O MODELO 1

FV <sup>a</sup>	SQ <sup>b</sup>	gl <sup>c</sup>	QM <sup>d</sup>	F <sup>e</sup>	p <sup>f</sup>
Regressão	9295951	11	845086,5	629,143	0,000
Residual	6173497	4596	1343,233		
Total	15469448	4607			

<sup>a</sup> fonte de variação; <sup>b</sup> soma de quadrados; <sup>c</sup> graus de liberdade; <sup>e</sup> estatística F; <sup>f</sup> nível de significância



(a) (b)  
 FIGURA 6 – GRÁFICO DA DISPERSÃO, ENTRE RESÍDUOS x TS, FAIXA 31 – 100 kWh.mês<sup>-1</sup> (a); RESÍDUOS x TS, FAIXA SUPERIOR A 140 kWh.mês<sup>-1</sup> (b)

Os resultados revelaram a existência de diferentes perfis de PA contra a variável TS. Tal fato sugere a proposição de distintos modelos face aos perfis de consumo. As Figuras 6a e 6b são apresentados dois dos perfis observados.

Ao se analisar o primeiro perfil de consumo, faixa 0 – 30 kWh.mês<sup>-1</sup>, encontrou-se os resultados apresentados na Equação 5 e nas Tabela 17 e 18, sendo todos os cinco coeficientes estimados significativos ao nível de 1% (D2, D3, TA e NPE).

$$NPA = \beta_0 + \beta_1.D2 + \beta_2.D3 + \beta_3.TA + \beta_4.NPE \quad (5)$$

A este perfil obteve-se como variáveis intervenientes as classes sócio-econômicas baixa, médio-baixa (D2), média (D3), a TA e NPE. As classes sócio-econômicas, médio-alta (D4) e alta (D5) foram excluídas por serem constantes e nulas. Tal fato demonstra a existência de uma relação entre limitação econômica e o perfil específico de consumo de água estudado, no caso uma parte da população de menor renda.

TABELA 17 - ESTIMAÇÃO DO MODELO 2, FAIXA 0–30

Variável explicativa	Coef.	DP <sup>a</sup>	t	p	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> aj <sup>b</sup>	F
Constante	1,219	0,059	20,701	0,000			
D2	-0,195	0,021	-9,098	0,000			
D3	-0,171	0,038	-4,503	0,000	0,908	0,905	328,4763
TA	0,524	0,013	41,876	0,000			
NPE	0,377	0,074	5,059	0,000			

<sup>a</sup> desvio padrão; <sup>b</sup> ajustado

TABELA 18 – ANOVA PARA O MODELO 2

FV <sup>a</sup>	SQ <sup>b</sup>	gl <sup>c</sup>	QM <sup>d</sup>	F <sup>e</sup>	p <sup>f</sup>
Regressão	101874,216	4	25468,554	328,47632	0,000
Residual	10234,6772	132	77,535		
Total	112108,893	136			

<sup>a</sup> fonte de variação; <sup>b</sup> soma de quadrados; <sup>c</sup> graus de liberdade; <sup>e</sup> estatística F; <sup>f</sup> nível de significância

O R<sup>2</sup> encontrado foi próximo aos valores 0,942 e 0,985, encontrados por Campos e vON Sperling (1996), e Oshima e Kosuda (1998), respectivamente. Há evidências para se aceitar a hipótese de que as variáveis x têm contribuição na explicação de y (PA), ao nível de 95% de significância. Em relação à Estatística F, esta se mostrou altamente significativa. Conclui então que, com risco de 1% existe a

regressão linear múltipla, e esta pode prever a variável PA. Os resultados da análise residual encontram-se apresentados nas Figuras 7a, 7b, 7c e 7d.

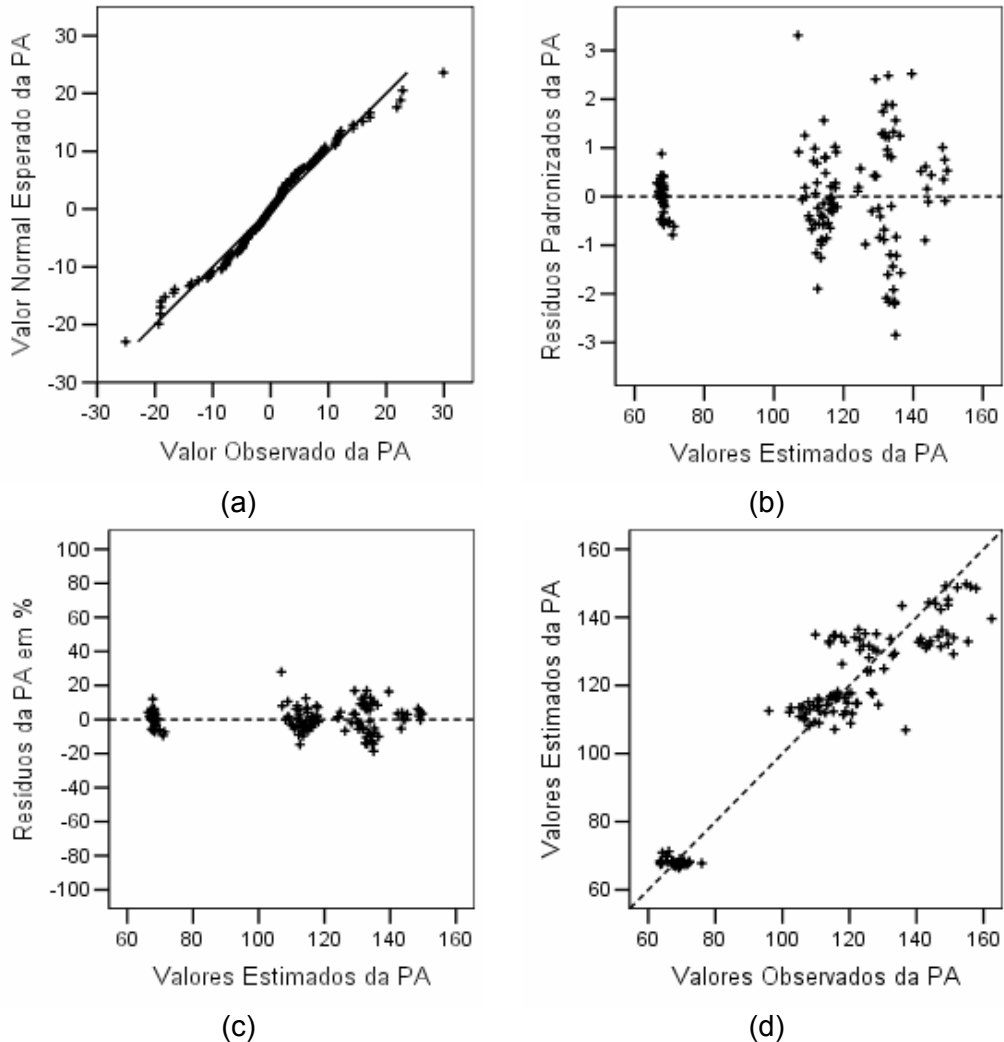


FIGURA 7 – ANÁLISE RESIDUAL DO MODELO 2

Na Figura 7a, considerou-se que a suposição da normalidade foi válida, uma vez que os pontos do gráfico estiveram localizados aproximadamente ao longo da reta normal. Na Figura 7b observa-se a presença de *outliers* e a não constância da variância dos resíduos. Quanto as Figuras 7c e 7d, estas indicaram um percentual de erro de 20% e uma relação linear entre os valores observados e os estimados, respectivamente.

O modelo de projeção para o segundo perfil de consumo, Equação 6, referente a faixa de 31 – 80 kWh.mês<sup>-1</sup>, tem seus resultados

apresentados nas Tabelas 19 e 20, sendo todos os coeficientes estimados significativos ao nível de 1% de significância estatística.

$$PA = \beta_0 + \beta_1.D2 + \beta_2.NPE + \beta_3.IT \quad (6)$$

TABELA 19 - ESTIMAÇÃO DO MODELO 3, FAIXA 31–80

Variável explicativa	Coef.	DP <sup>a</sup>	t	p	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> aj <sup>b</sup>	F
Constante	-287,175	55,773	-5,149	0,000			
D2	18,817	3,883	4,846	0,000	0,530	0,522	66,999
NPE	408,472	58,459	6,987	0,000			
IT <sup>c</sup>	-130,843	19,343	-6,765	0,000			

<sup>a</sup> Desvio padrão; <sup>b</sup> ajustado; <sup>c</sup> IT = TA.NPE

TABELA 20 – ANOVA PARA O MODELO 3

FV <sup>a</sup>	SQ <sup>b</sup>	gl <sup>c</sup>	QM <sup>d</sup>	F <sup>e</sup>	p <sup>f</sup>
Regressão	69979,869	3	23326,623	66,999	0,000
Residual	61972,985	178	348,163		
Total	131952,85	181			

<sup>a</sup> fonte de variação; <sup>b</sup> soma de quadrados; <sup>c</sup> graus de liberdade; <sup>e</sup> estatística F; <sup>f</sup> nível de significância

Da mesma forma que no Modelo 2 as variáveis D4 e D5 foram excluídas por serem constantes e nulas, e a variável PA não foi transformada. Observa-se agora um perfil de consumo que é fortemente influenciado pela NPE e variável IT, resultante da combinação das variáveis TA e NPE.

O Modelo 3 apresentou as mesmas características de Estatística F, do Modelo 2. No entanto verificou-se redução no valor do R<sup>2</sup>, valor ainda superior ao R<sup>2</sup> = 0,3689, encontrado por Fernandes Neto et al. (2004), no estudo realizado em 96 municípios do Estado de Minas Gerais e próximo aos encontrados por Mukhopadhyay et al. (2001), no estudo de 48 residências no Kwuait. Os gráficos de dispersão confeccionados à análise residual são apresentados na Figura 8. Podem-se notar uma razoável distribuição normal e inexistência heterocedasticidade nos dados, Figuras 8a e 8b, respectivamente. Analisando as distribuições dos resíduos nas Figuras 8c e 8d, encontrou-

se erro do modelo de 40% e relação linear com presença de agrupamentos, respectivamente.

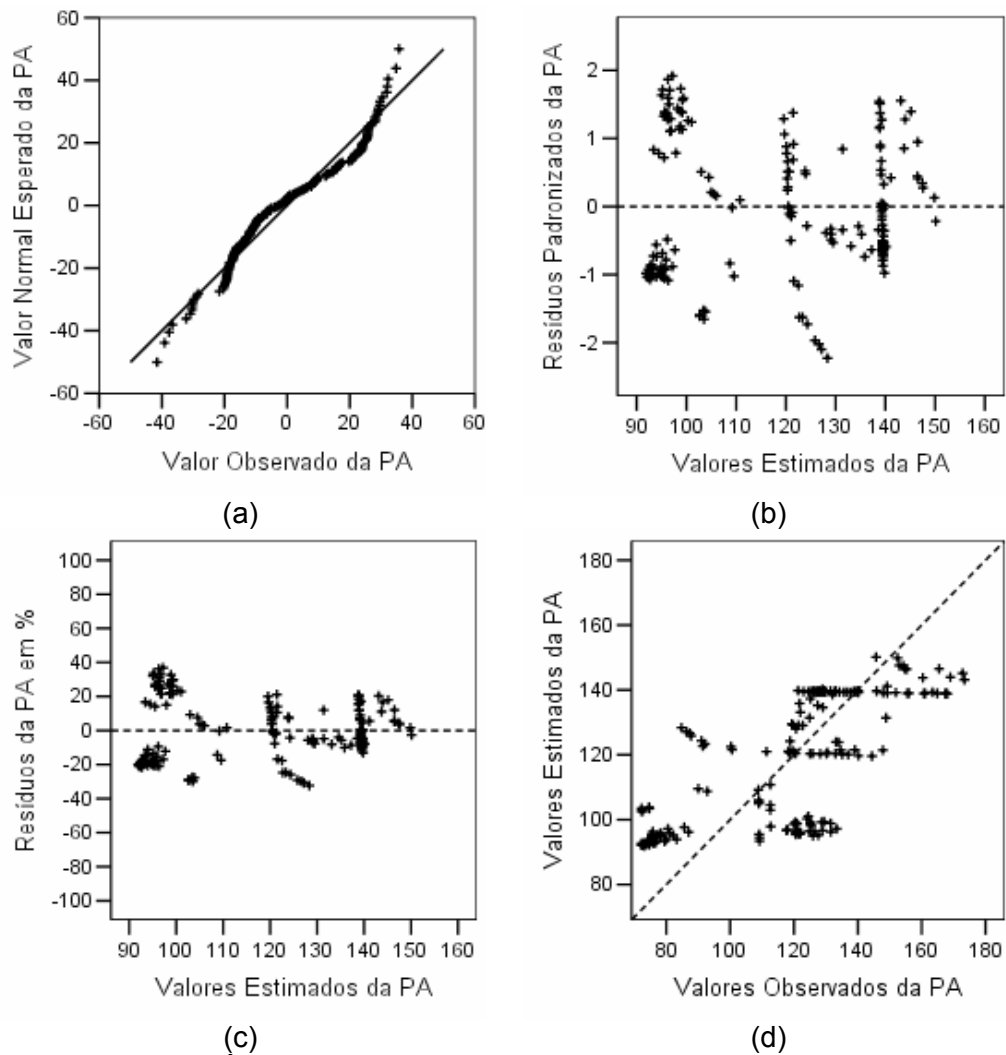


FIGURA 8 – ANÁLISE RESIDUAL DO MODELO 3

A análise do terceiro perfil de consumo de água, faixa 81–100 kWh.mês<sup>-1</sup>, obteve-se um modelo, Equação 7, valores de R<sup>2</sup>, Estatística F e níveis de significância estatística satisfatórios (Tabela 21 e 22).

$$PA = \beta_0 + \beta_1.D2 + \beta_2.D3 + \beta_3.D6 + \beta_4.IT^2 \quad (7)$$

Neste conjunto de dados não se observou as variáveis D4 e D5, não sendo válidos este modelo às classes sócio-econômicas médio-alta e alta.



TABELA 21 - ESTIMAÇÃO DO MODELO 4, FAIXA 81–100

Variável explicativa	Coef.	DP <sup>a</sup>	t	p	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> aj <sup>b</sup>	F
Constante	51,718	7,439	6,952	0,000			
D2	16,745	2,914	5,746	0,000			
D3	103,831	7,543	13,766	0,000	0,781	0,774	114,183
D6	11,938	2,792	4,276	0,000			
IT <sup>2</sup> <sup>c</sup>	23,077	3,134	7,364	0,000			

<sup>a</sup> Desvio padrão; <sup>b</sup> ajustado; <sup>c</sup> IT = TA.NPE

TABELA 22 – ANOVA PARA O MODELO 4

FV <sup>a</sup>	SQ <sup>b</sup>	gl <sup>c</sup>	QM <sup>d</sup>	F <sup>e</sup>	p <sup>f</sup>
Regressão	111084,823	4	27771,206	114,183	0,000
Residual	31131,832	128	243,217		
Total	142216,655	132			

<sup>a</sup> fonte de variação; <sup>b</sup> soma de quadrados; <sup>c</sup> graus de liberdade; <sup>e</sup> estatística F; <sup>f</sup> nível de significância

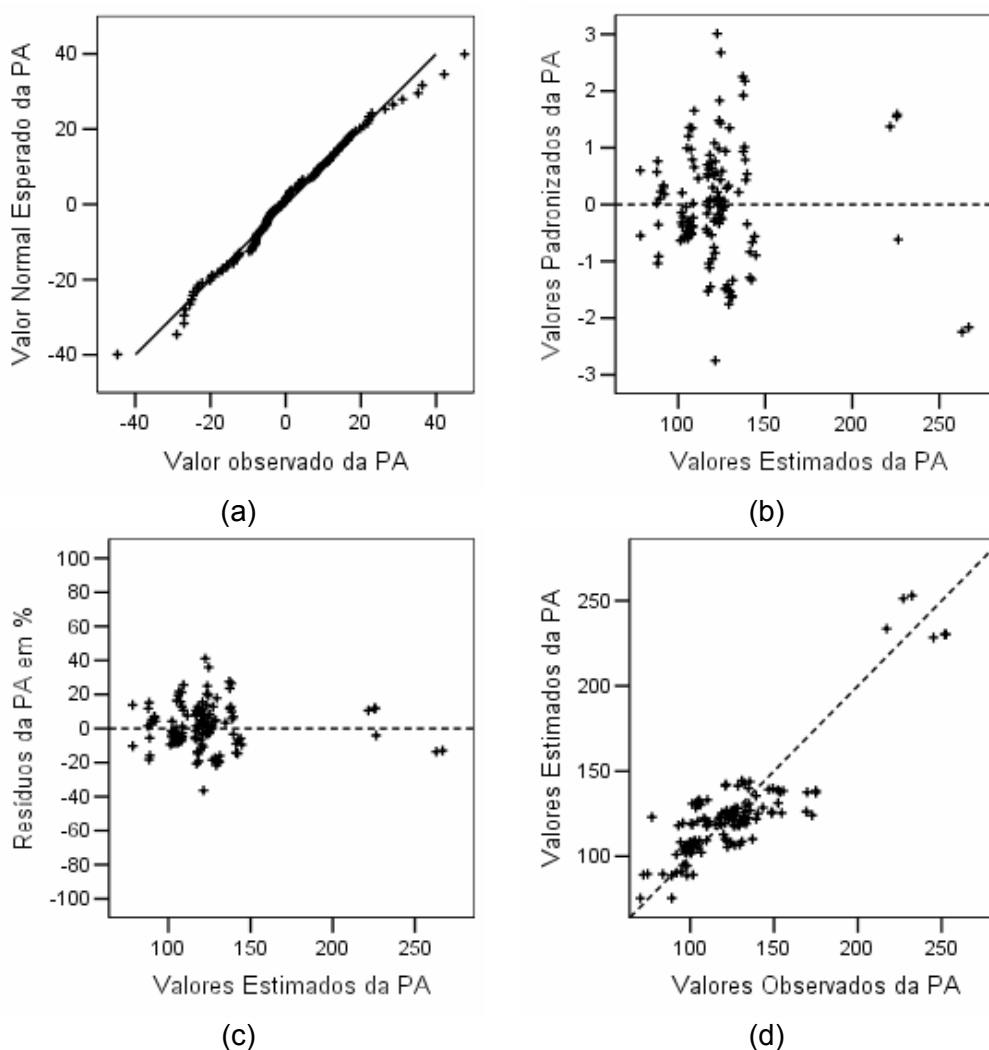


FIGURA 9 – ANÁLISE RESIDUAL DO MODELO 4

Possíveis justificativas podem ser atribuídas a interveniência sócio-econômica na PA, uma vez que maiores níveis sócio-econômicos implicam na maior utilização da água para atividades que proporcionem conforto e lazer (FERNANDES NETO et al., 2004). Em relação ao comportamento residual deste modelo obtiveram-se resultados aceitáveis, conforme Figuras 9a, 9b, 9c e 9d. Tratando-se de resíduos normalmente distribuídos, não-autocorrelacionados e homocedásticos. Um importante evento existente neste modelo refere-se à presença da variável D6, não presente nos modelos anteriores e influenciando positivamente na PA.

A Tabela 23 apresenta os coeficientes médios ao modelo do quarto perfil de consumo de água, apresentado na Equação 8 e referente a faixa 101–140 kWh.mês<sup>-1</sup>, bem como as variáveis intervenientes, e testes de qualidade de ajuste.

$$PA = \beta_0 + \beta_1.D3 + \beta_2.D8 + \beta_3.D9 + \beta_4.TA + \beta_5.NPE^2 \quad (8)$$

Igualmente aos modelos anteriores as variáveis D4 e D5 foram excluídas devido a sua nulidade. A Tabela 24 apresenta a análise de variância do respectivo modelo de regressão.

TABELA 23 - ESTIMAÇÃO DO MODELO 5, FAIXA 101–140

Variável explicativa	Coef.	DP <sup>a</sup>	t	p	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> aj <sup>b</sup>	F
Constante	-177,237	6,923	-25,602	0,000			
D3	16,249	2,012	8,077	0,000			
D8	7,030	1,652	4,255	0,000	0,839	0,838	544,917
D9	9,517	1,774	5,365	0,000			
TA	48,397	3,389	14,281	0,000			
NPE <sup>2</sup>	212,018	4,764	44,503	0,000			

<sup>a</sup> Desvio padrão; <sup>b</sup> ajustado

TABELA 24 – ANOVA PARA O MODELO 5

FV <sup>a</sup>	SQ <sup>b</sup>	gl <sup>c</sup>	QM <sup>d</sup>	F <sup>e</sup>	p <sup>f</sup>
Regressão	686994,909	5	137398,982	544,917	0,000
Residual	131368,399	521	252,147		
Total	818363,308	526			

<sup>a</sup> fonte de variação; <sup>b</sup> soma de quadrados; <sup>c</sup> graus de liberdade; <sup>e</sup> estatística F; <sup>f</sup> nível de significância

O teste F mostrou-se altamente significativo, indicando que as variáveis explicativas são, conjuntamente, significativas para explicar o comportamento da quantidade consumida de água. Em conformidade com os modelos anteriores o  $R^2$  encontrado foi de 0,839.

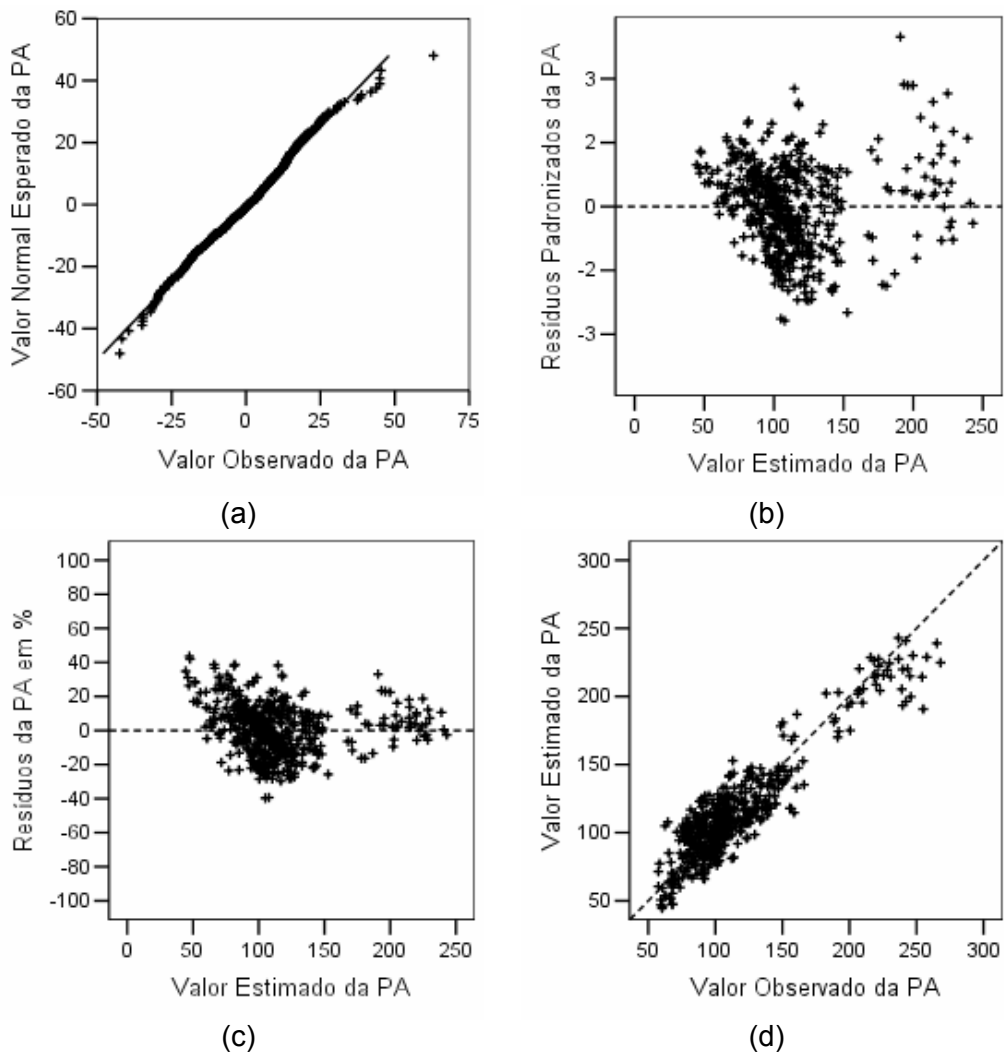


FIGURA 10 – ANÁLISE RESIDUAL DO MODELO 5

O teste de normalidade dos resíduos, Figura 10a, indicou como resposta a aceitação da hipótese nula, ou seja, os resíduos são normalmente distribuídos. O teste de homogeneidade de variância, Figura 10b, apontou a presença de *outliers* e a exibição de padrões não definidos de comportamento. Já o teste de percentual de erro, Figura 10c apontou erro de aproximadamente 40%. Na Figura 10d, notou-se uma relação linear entre os valores observados e estimados, não sendo observadas tendências de superestimação ou subestimação. Ainda se

tratando do Modelo 5, este apresentou como variáveis intervenientes, além das variáveis econômicas já inseridas em modelos anteriores, a variável ano, indicando a possibilidade de influência temporal na PA.

O último perfil de consumo, faixa superior a 140 kWh.mês<sup>-1</sup>, tem seus resultados apresentados na Tabela 25 e 26. Na Equação 9 esta apresentada o modelo e respectivas variáveis intervenientes.

$$PA = \beta_0 + \beta_1.D2 + \beta_2.D3 + \beta_3.D4 + \beta_4.D5 + \beta_5.D6 + \beta_6.D6 + \beta_7.D8 + \dots + \beta_8.D9 + \beta_9.TA + \beta_{10}.Log(PE) \quad (9)$$

TABELA 25 - ESTIMAÇÃO DO MODELO 6, FAIXA 140-SUPERIOR

Variável explicativa	Coef.	DP <sup>a</sup>	t	p	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> aj <sup>b</sup>	F
Constante	23,352	3,285	7,108	0,000			
D2	15,251	1,561	9,768	0,000			
D3	9,314	1,532	6,078	0,000			
D5	25,692	3,186	8,065	0,000	0,639	0,638	800,831
D6	-6,266	1,294	-4,843	0,000			
D8	4,129	1,488	2,776	0,006			
D9	9,262	1,477	6,271	0,000			
TA	29,730	1,750	16,984	0,000			
Log(PE)	121,822	2,206	55,231	0,000			

<sup>a</sup> Desvio padrão; <sup>b</sup> ajustado

TABELA 26 – ANOVA PARA O MODELO 6

FV <sup>a</sup>	SQ <sup>b</sup>	gl <sup>c</sup>	QM <sup>d</sup>	F <sup>e</sup>	p <sup>f</sup>
Regressão	8525634,464	8	1065704,308	800,831	0,000
Residual	4817302,507	3620	1330,747		
Total	13342936,970	3628			

<sup>a</sup> fonte de variação; <sup>b</sup> soma de quadrados; <sup>c</sup> graus de liberdade; <sup>e</sup> estatística F; <sup>f</sup> nível de significância

Durante o desenvolvimento deste modelo, notou-se que a não transformação da variável PA e a transformação da PE para a escala logarítmica resultou em melhores ajustes, sendo aqui adotados. Ainda observaram-se evidências para se aceitar a hipótese de que as variáveis independentes têm contribuição na explicação de dependente (PA), ao nível de 95% de probabilidade. A Estatística F confirmando a capacidade de projeção do mesmo. Em relação ao valor de R<sup>2</sup>, considerando-se que este varia de 0 a 1, e que neste estudo os

valores próximos a 1 são desejados, o valor de 0,639 pode ser considerado como aceitável.

Como pontos fracos, quando comparado aos demais modelos, a análise residual mostrou uma distribuição não normal dos resíduos, a presença de heterocedasticidade, um alto percentual de erro e uma tendência à subestimação, conforme Figuras 11a, 11b, 11c, 11d e observações apresentadas por Souza (1998).

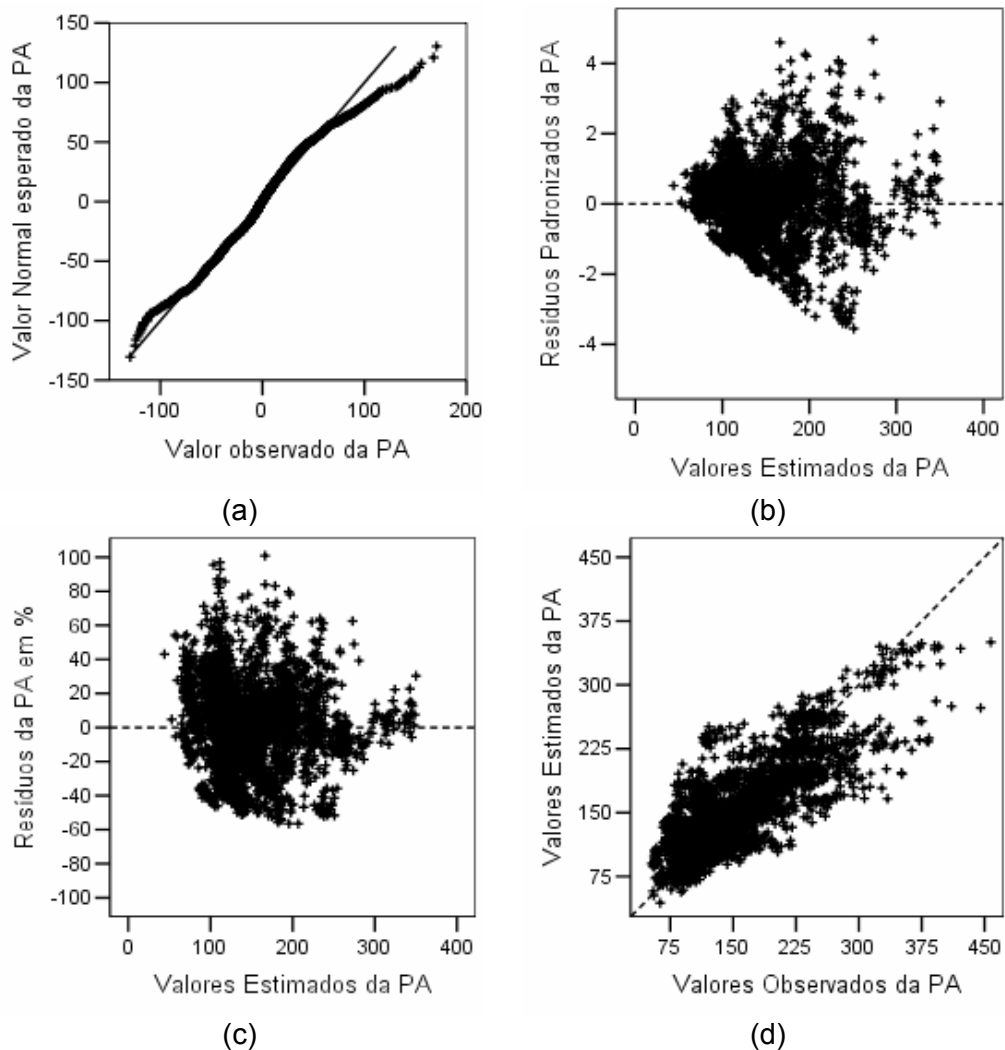


FIGURA 11 – ANÁLISE RESIDUAL DO MODELO 6

Tais resultados foram próximos aos encontrados por Karlis et al. (2007), quando realizou um estudo da inserção da heterocedasticidade e multiplicidade a modelos matemáticos para realização de ajuste a um conjunto de dados de consumo de água na cidade de Athenas.

Essas observações tornam extremamente fracas quaisquer inferências relativas a esse perfil de consumo, apenas concluindo-se que as variáveis presentes são intervenientes. Dois novos aspectos foram constatados neste modelo, um deles é a presença de todas as classes sócio-econômicas, o que não aconteceu nos modelos anteriores, onde as classes médio-alta e alta estão presentes. O outro se trata da presença da sazonalidade. Este evento sugere que as variáveis climáticas, aqui estudadas, isoladamente não influem na PA, porém quando agrupadas pela sazonalidade apresentam interveniência. Os indicadores econômicos SR, IF, DO e TJ não se apresentaram com significativos em nenhum dos modelos.

### 3.4 CONCLUSÕES

- Foram desenvolvidos cinco modelos para previsão da PA para a cidade Cuiabá, sendo que quatro deles apresentaram bons ajustes.
- O consumo de energia e a TS estratificam os perfis de consumo de água, sendo estes, frente ao cenário atual, uma alternativa validada a ser estudada quando se desejar a regulação do consumo de água na cidade de Cuiabá.
- Como recomendação sugere-se:
  - (i) inserção de variáveis convencionalmente utilizadas para projeção da PA;
  - (ii) continuidade deste estudo utilizando a coleta de dados primários;
  - (iii) realização de estudos voltados ao desenvolvimento de algoritmos capazes de prever eficientemente a PA, considerando especificidades regionalizadas;
  - (iv) verificar a influência da precariedade dos sistemas de abastecimento no país, que de modo geral não fornecem água 24 horas, nem atende as normas estabelecidas para pressão mínima na rede.

### 3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA DE SANEAMENTO DA CAPITAL - SANECAP. Tarifa do consumidor. Disponível em: <<https://sanecap.locaweb.com.br/produtos.php?IDCategoria=306>> Acesso em: 18 abr. 2007.

AGUIRRE, L.A. **Introdução a identificação de sistemas – Técnicas lineares e não-lineares aplicadas a sistemas reais**. 3. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2007. 728 p.

AZEVEDO, C.S. Planejamento e Gerência no Enfoque Estratégico-Situacional de Carlos Matus. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, n. 8, p. 129-133, abr./jun., 1992.

BANCO CENTRAL DO BRASIL - BCB. Cotação. Disponível em: <<http://www5.bcb.gov.br/pec/taxas/port/ptaxnpesq.asp?id=txcotacao>> Acesso em: 08 jun. 2007.

BANCO CENTRAL DO BRASIL - BCB. Histórico das taxas de juros. Disponível em: <<http://www5.bcb.gov.br/pec/taxas/port/ptaxnpesq.asp?id=txcotacao>> Acesso em: 23 mar. 2007.

BRASIL, **AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL**; Resolução nº. 485 de 29 de agosto de 2002. Regulamenta o disposto no Decreto no 4.336, de 16 de agosto de 2002, que estabelece as diretrizes para classificação na Subclasse Residencial Baixa Renda de unidade consumidora com consumo mensal entre 80 e 220 kWh e dá outras providências. Brasília.

CAMPOS, H. M. & SPERLING, M. **Proposição de Modelos para Determinação de Parâmetros de Projeto para Sistemas de Esgotos Sanitários com Base em Variáveis de Fácil Obtenção** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 1997, Foz do Iguaçu. Anais Eletrônicos do 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Foz do Iguaçu: ABES, 1997.

CARREIRA-FERNANDEZ, J.; GARRIDO, R.J. **Economia dos recursos hídricos**. Salvador: Edufba, 2002. 548 p.

CENTRAIS ELÉTRICAS MATOGROSSENSE – REDE-CEMAT. Consulta a tarifas. Disponível em: <[http://www.gruporede.com.br/ceamat/info\\_consultatarifa.asp](http://www.gruporede.com.br/ceamat/info_consultatarifa.asp)> Acesso em: 18 abr. 2007.

CONTIERO, C.A.; CANTARUTTI, E.; GIOVANNI, S.C.F.; MORELLO, V. Premissas para realização de um Planejamento Estratégico. **Revista de Administração Nobel**, Maringá, n. 3, p. 77-86, jan./jun., 2004.

CUIABÁ. P.M. **Perfil Socioeconômico de Cuiabá**. Cuiabá: Instituto de pesquisa e Desenvolvimento Urbano: Central de Texto, 2004. 405 p.

DRAPER, N.R.; SMITH, H. **Applied regression analysis**. New York: John Wiley and Sons, 1981. 709 p.

FERNANDES NETO, M.L.; NAGHETTINI, M.; VON SPERLING, M.; LIBÂNIO, M. Avaliação da relevância dos parâmetros intervenientes no consumo per capita de água para os municípios de Minas Gerais. **Revista ABES**, v. 9, n. 2, p. 100-107, 2004.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE – FEMA-MT. **Projeto Implementação de Práticas de Gerenciamento Integrado de Bacia Hidrográfica para o Pantanal e Bacia do Alto Paraguai ANA/GEF/PNUMA/OEA**. Cuiabá: FEMA-MT, 2004. 72 p. (Relatório Final Gerenciamento de Recursos Hídricos nas Vizinhanças da Cidade de Cuiabá/MT). Disponível em: <[http://www.ana.gov.br/gefap/arquivos/Subprojeto\\_1.6MT\\_Resumo\\_Executivo.pdf](http://www.ana.gov.br/gefap/arquivos/Subprojeto_1.6MT_Resumo_Executivo.pdf)> Acesso em: 26 nov. 2007.

GUJARATI, D. **Econometria Básica**. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006. 812 p.

INSTITUTO DE DEFESA DO CONSUMIDOR – IDEC. Considerações do IDEC sobre critérios de tarifa social de baixa-renda. Disponível em: <[http://www.idec.org.br/files/serv\\_energia\\_1.doc](http://www.idec.org.br/files/serv_energia_1.doc)> Acesso em: 26 nov. 2007.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA - IPEA. Inflação - IGP-M (% a.m.). Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/ipeaweb.dll/ipeadata?322913109>> Acesso em: 23 mar. 2007.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA - IPEA. Salário mínimo real. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/ipeaweb.dll/ipeadata?322913109>> acesso em: 23 mar. 2007.

KARLIS, D.; VASDEKIS, V.G.S.; BANTI, M. Heteroscedastic semiparametric models for domestic water consumption aggregated data, **Environmental and Ecological Statistics**. 2007. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/content/v8715453396h0417/>>. Acesso em: 03 de fev. 2008.

LUCION, C.E.R. Planejamento Financeiro. **Revista Eletrônica de Contabilidade**, Santa Maria, v. 1, n. 3, p. 142-160, mar./abr., 2005.

MARROCO, J. **Análise estatística com utilização do SPSS**. 2. ed. Lisboa: Silabo Ltda, 2003. 508 p.



MUKHOPADHYAY, A.; AKBER, A.; AL-AWADI, E. Analysis of flashwater consumption patterns in the private residences of Kuwait. **Urban Water**, v. 3, p. 53-62, 2001.

NETER, J.; WASSERMAN, W. **Applied linear statistical models: regression, analysis of variance and experimental designs**. Georgia: Richard D. Irwin, 1974. 842 p.

OSHIMA, N.; KOSUDA, T. Distribution reservoir control with demand prediction using deterministic-chaos method, **Water Science and Technology**, v. 37, n. 12, p. 389-395, 1988.

SETTI, A.A.; LIMA, J.E.F.W.; CHAVES, A.G.M.; PEREIRA, I.C. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica; Agência Nacional de Águas, 2001. 327 p.

SILVA, R.T.; ROCHA, W.S. **Caracterização da demanda urbana de água**. Brasília: Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano, 1999.

SILVA, W.T.P.; SILVA, L.M.; CHICHORRO, J.F. Gestão de recursos hídricos: perspectivas do consumo *per capita* de água em Cuiabá. **Revista ABES**, Rio de Janeiro, 2007. No prelo.

SOKAL, R.R.; ROHLF, F.J. **Biometry: the principles and statistics in biological research**. 3. ed. New York: W.H. Freeman and Company, 1995. 850 p.

SOUZA, G.S. **Introdução aos modelos de regressão linear e não-linear**. Brasília: Empraba-SPI, 1998. 505 p.

SOUZA, W.H.S. ENC: Relatórios de Consumo. Mensagem recebida por <ttatom@universiabrasil.net> em: 29 de mar. 2007.

SULLIVAN, O.S.; SHEFFRIN, S.M. **Princípios de Economia**. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

LIMA, E.B.R.; ZEILHOFER, P. SIBAC - Sistema Integrado de Monitoramento Ambiental da Bacia do Rio Cuiabá. Disponível em: <<http://www.ufmt.br/esa/sibac.htm>> acesso em: 12 nov. 2007.

VIEIRA, M. Rel. 2003 a 2006. Mensagem recebida por: <ttatom@universiabrasil.net> em: 11 de jul. 2007.

#### 4. CONCLUSÕES GERAIS

Observaram-se correlações insignificantes, não sendo possível a determinação da natureza de associação entre as variáveis PA e as de TP, UR e IP, isso devido ao fato destas apresentarem tendências e comportamentos distintos em Cuiabá, MT.

Supõem-se como possíveis causas: (i) a existência de uma especificidade climática regional; (ii) o fato do banco de dados se referirem às observações de médias mensais e não médias diárias; (iii) a demanda reprimida permanente, causada pelas perdas no sistema distribuição de água.

Em relação à previsão da PA, encontrou-se um conjunto de modelos razoavelmente eficientes à projeção da PA quando se observa populações de médio e baixo poder econômico, e, pouco competente a projeção do caso contrário. Uma outra importante observação é o fato de que o consumo de energia e a TS estratificam os perfis de consumo de água, sendo estes, frente ao cenário atual, uma alternativa válida a ser estudada quando se desejar planejar a regulação do consumo de água em Cuiabá.

Como recomendação sugere-se: (i) a inserção de variáveis convencionalmente utilizadas a projeção da PA; (ii) a continuidade deste estudo utilizando a coleta de dados primários; (iii) realização de estudos voltados ao desenvolvimento de algoritmos capazes de prever eficientemente a PA considerando especificidades regionalizadas e, (iv) verificação da influência da precariedade dos sistemas de abastecimento no país, que de modo geral não fornecem água 24 horas, nem atende as normas estabelecidas para pressão mínima na rede.