

JOÃO FRANCISCO DE PAULA PIMENTA

**CARACTERIZAÇÃO DO CONSUMO RESIDENCIAL DE ÁGUA NA ÁREA
URBANA DE VIÇOSA-MG**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, para obtenção do título de Magister Scientiae.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2011

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

Pimenta, João Francisco de Paula, 1985-
P644c Caracterização do consumo residencial de água na área
2011 urbana de Viçosa-MG / João Francisco de Paula Pimenta. –
Viçosa, MG, 2011.
 xii, 117f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui anexos.
Orientador: Rafael Kopschitz Xavier Bastos.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Referências bibliográficas: f.98-106.

1. Água - Consumo. 2. Abastecimento de água.
3. Planejamento urbano. I. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Engenharia Civil. Programa de Pós-Graduação
em Engenharia Civil. II. Título.

CDD 22. ed. 628.1

JOÃO FRANCISCO DE PAULA PIMENTA

**CARACTERIZAÇÃO DO CONSUMO RESIDENCIAL DE ÁGUA NA ÁREA
URBANA DE VIÇOSA-MG**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, para obtenção do título de Magister Scientiae.

APROVADA: 19 de dezembro de 2011.

Prof. José Ivo Ribeiro Júnior

Prof^a. Sonaly Cristina Rezende
Borges de Lima

Prof^a. Paula Dias Bevilacqua
(Co-orientadora)

Prof. Rafael Kopschitz Xavier Bastos
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha família, presente e incentivadora em todos os momentos. Meu pai e minha mãe pelo exemplo, minhas irmãs pelo companheirismo, aos demais, que não são poucos e nem menos importantes, por todo carinho. Em especial aos primos Maiana e Dudu que me acolheram em suas casas durante diferentes fases desta jornada. À Luciana, minha “*boadrasta*” pela paciência e atenção.

A companheira de todas as horas, Ana Paula, por tudo.

Ao professor e orientador Rafael Bastos, por todos os anos de ensinamentos, oportunidades e amizade. Sem dúvida peça fundamental em minha formação profissional.

À Paula, pelo carinho e adoção.

À família formada na ETA. A todos os funcionários, em especial ao Raimundo Jacinto e ao Sebastião Camilo. E aos companheiros de jornada Demétrius, Edgard, Endrik, Isaías e Tiago.

A todos os amigos e companheiros de república.

Aos funcionários do SAAE - Viçosa, por toda presteza e estima.

À equipe do Plano Municipal de Saneamento Básico de Viçosa.

Aos professores José Ivo e Sonaly Rezende pela participação na banca e às importantes contribuições dadas a este estudo.

Ao DEC e à FAPEMIG pela disponibilização da bolsa que possibilitou o estudo.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	v
LISTA DE QUADROS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
RESUMO	XI
ABSTRACT	XII
1 - INTRODUÇÃO	1
2 - OBJETIVOS	4
3 - REVISÃO DE LITERATURA	5
3.1 - PROJEÇÃO POPULACIONAL	5
3.2 - PERÍODO DE PROJETO E POPULAÇÃO DE SATURAÇÃO	12
3.3 – CONSUMO <i>PER CAPITA</i> DE ÁGUA	14
3.3.1 - <i>Aspectos quantitativos</i>	14
3.3.2 - <i>Fatores influentes no consumo efetivo residencial per capita de água</i>	19
3.4 – BREVE DESCRIÇÃO SOBRE O DESENVOLVIMENTO URBANO EM VIÇOSA - MG	23
4 – MATERIAL E MÉTODOS	30
4.1–DADOS UTILIZADOS	30
4.2 - SUBDIVISÃO TERRITORIAL DOS DADOS	32
4.3 – CARACTERIZAÇÃO DAS REGIÕES URBANAS DE PLANEJAMENTO	36
4.3.1 – <i>Comparação entre regiões urbanas de planejamento</i>	38
4.3.2 – <i>Verificação da dependência espacial do consumo de água</i>	38
4.3.3 – <i>Comparação temporal entre consumos per capita anuais</i>	39
4.4 – FATORES INTERVENIENTES NO CONSUMO EFETIVO RESIDENCIAL <i>PER CAPITA</i> E NO CONSUMO TOTAL DE ÁGUA	40
4.4.1. <i>Seleção inicial de variáveis</i>	40
4.4.2– <i>Testes de correlação entre diferentes variáveis e o consumo residencial de água</i>	40
4.4.3– <i>Análise fatorial de componentes principais</i>	42
4.4.4– <i>Ajuste de modelos explicativos do consumo de água por meio de regressão múltipla</i>	43
5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
5.1 – CARACTERIZAÇÃO DA ZONA URBANA DE VIÇOSA – MG	45
5.1.1 – <i>Caracterização das regiões urbanas de planejamento</i>	45
5.1.1.1 – Aspectos demográficos	45
5.1.1.2 – Aspectos socioeconômicos	52
5.1.1.3. Consumo de água	60

5.1.2 – Comparação entre regiões urbanas de planejamento.....	68
5.1.3 – Autocorrelação espacial entre regiões urbanas de planejamento.....	71
5.1.4 – Comparação temporal entre consumos per capita anuais	74
5.2 – FATORES INTERVENIENTES NO CONSUMO RESIDENCIAL PER CAPITA E NO CONSUMO TOTAL DE ÁGUA.....	76
5.2.1 – Associação entre diferentes variáveis e o consumo residencial de água.....	76
5.2.2 – Seleção de variáveis e definição de fatores explicativos do consumo de água	83
5.2.3 – Ajuste de modelos explicativos do consumo de água por meio de regressão múltipla	87
6 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	96
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	98
ANEXO	107

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Estimativa média de consumo <i>per capita</i> de água em estabelecimentos comerciais e industriais.	15
Tabela 3.2 – Evolução do consumo <i>per capita</i> de água para diferentes usos e gastos no município de São Paulo (L.hab ⁻¹ .dia ⁻¹).	16
Tabela 3.3 - Consumo médio <i>per capita</i> de água na Escócia, Estados Unidos, Canadá e Austrália.	18
Tabela 3.4 – Valores sugeridos de consumo médio <i>per capita</i> de água em localidades de diferentes portes.	19
Tabela 3.5 - População e consumo médio efetivo <i>per capita</i> de água em cidades do estado de São Paulo, 1998 a 2000.	19
Tabela 3.6 – Modelos matemáticos explicativos da relação entre o consumo <i>per capita</i> de água e variáveis socioeconômicas na região metropolitana de Belo Horizonte, 1997.	20
Tabela 3.7 - Consumo efetivo residencial <i>per capita</i> de água por classes sociais em Guaratinguetá-SP, 2000.	22
Tabela 3.8 – População urbana e rural de Viçosa-MG no período de 1960 a 2010.	25
Tabela 3.9 – Taxas médias anuais de crescimento demográfico em Viçosa-MG no período de 1960 a 2010.	28
Tabela 4.1 – Caracterização das variáveis detalhadas por economia (residências).	32
Tabela 4.2 – Caracterização das variáveis meteorológicas.	32
Tabela 4.3 - Composição das regiões urbanas de planejamento (RUP) com os respectivos bairros e setores censitários (censo 2000).	36
Tabela 5.1 – Resultados dos testes de comparação entre regiões urbanas de planejamento dos valores médios de consumo de água, Viçosa-MG.	68
Tabela 5.2 – Resultados dos testes de comparação entre regiões urbanas de planejamento dos valores médios de economias por ligação, habitantes por domicílio, habitantes por economia e área construída por habitante, Viçosa-MG.	68
Tabela 5.3 – Resultados dos testes de comparação entre regiões urbanas de planejamento dos valores de habitantes e da participação em relação ao total da zona urbana de economias, ligações e domicílios, Viçosa-MG.	69
Tabela 5.4 – Resultados do teste de autocorrelação espacial para o consumo <i>per capita</i> de água médio das regiões urbanas de planejamento.	71

Tabela 5.5 – Resultados do teste de autocorrelação espacial para o consumo <i>per capita</i> individualizado por economia nas regiões urbanas de planejamento.....	71
Tabela 5.6 - Coeficientes de correlação de <i>Spearman</i> entre variáveis meteorológicas e de consumo de água, valores médios mensais da zona urbana do município como um todo.	76
Tabela 5.7 – Coeficientes de correlação de <i>Spearman</i> entre valores médios anuais de consumo de água agrupados em regiões urbanas de planejamento.....	77
Tabela 5.8 – Coeficientes de correlação de <i>Spearman</i> entre variáveis de consumo de água e valores médios anuais de diversas variáveis agrupados em regiões urbanas de planejamento.	79
Tabela 5.9 - Coeficientes de correlação de <i>Spearman</i> de variáveis que expressam área residencial construída com o consumo de água <i>per capita</i> e com o consumo anual <i>per capita</i>	83
Tabela 5.10 – Matriz das cargas fatoriais dos componentes principais extraídos das variáveis “síntese” e “operacionais” presentes simultaneamente nas pesquisas de 2000, 2005, 2007 e 2009.....	84
Tabela 5.11 – Matriz das cargas fatoriais dos componentes principais extraídos das variáveis “operacionais”.....	86
Tabela 5.12 – Modelos de regressão linear para estimativa de consumo anual (CAN) de água por região urbana de planejamento, ajustados pelo método <i>stepwise</i>	87
Tabela 5.13 – Coeficientes de variação e de correlação de <i>Spearman</i> entre o consumo anual de água e as variáveis inseridas no modelo de regressão nas regiões R6 e R7.	89
Tabela 5.14 – Modelos de regressão estimativa do consumo de água por ligação (CLigM) por região urbana de planejamento, ajustados pelo método <i>stepwise</i>	92
Tabela A.1 – Estatística descritiva das variáveis agrupadas em regiões urbanas de planejamento.	111
Tabela A.2 – Estatística descritiva da área construída residencial por ligação, Viçosa-MG, 2009.....	114
Tabela A.3– Estatística descritiva do consumo <i>per capita</i> calculado para cada economia, Viçosa-MG, 2000.....	114
Tabela A.4– Estatística descritiva do consumo <i>per capita</i> calculado para cada economia, Viçosa-MG, 2005.....	114
Tabela A.5– Estatística descritiva do consumo <i>per capita</i> calculado para cada economia, Viçosa-MG, 2007.....	114
Tabela A.6– Estatística descritiva do consumo <i>per capita</i> calculado para cada economia, Viçosa-MG, 2009.....	115

Tabela A.7– Estatística descritiva das variáveis meteorológicas agrupadas em intervalos mensais, Viçosa-MG, maio de 1998 a dezembro de 2009.	115
Tabela A.8 – Coeficientes de correlação de <i>Pearson</i> verificados entre as variáveis “síntese” e “operacionais”.	117
Tabela A.9 – Coeficientes de correlação de <i>Pearson</i> verificados entre as variáveis “operacionais”.	117

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1 - Projeção populacional. Métodos com base em fórmulas matemáticas.....	8
Quadro 3.2 - Projeções populacionais com base em métodos de quantificação indireta....	10
Quadro 3.3 – Principais métodos de projeções populacionais para pequenas áreas.....	11
Quadro A.1 – Variáveis socioeconômicas e de consumo de água agrupadas em regiões urbanas de planejamento selecionadas para análise no presente trabalho.....	108
Quadro A.2 – Listagem dos bairros e das respectivas regiões urbanas de planejamento às quais pertencem.....	116

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 – Distribuição do consumo <i>per capita</i> de água em Minas Gerais e no Brasil...	17
Figura 3.2 – Consumo <i>per capita</i> de água no Brasil.	18
Figura 4.1 - Setores censitários definidos pelo IBGE em 1991, 2000 e 2007 e regiões urbanas de planejamento adotadas pelo Censo em 2004, Viçosa-MG.....	34
Fonte: adaptado de CRUZ <i>et al.</i> , 2004.	35
Figura 4.2 - Regiões urbanas de planejamento adotadas pelo Censo em 2004, Viçosa-MG.	35
Figura 5.1 – Evolução do número de domicílios, habitantes, economias (Ec.R.) e ligações residenciais (Lig.R.) ao longo dos anos nas regiões urbanas de planejamento, Viçosa-MG 1996-2010.....	46
Figura 5.2 – Média da área construída por ligação residencial nas regiões urbanas de planejamento (barras) e em todo município (linha horizontal azul).....	47
Figura 5.3 – Frequência relativa de classes de área construída (m ²) das residências nas regiões urbanas de planejamento e no total do município.	47
Figura 5.4 – Série histórica do número de habitantes por domicílio nas regiões urbanas de planejamento, Viçosa-MG, 2000, 2005, 2007 e 2009.....	49
Figura 5.5 – Porcentagem de domicílios segundo o número de moradores nas regiões urbanas de planejamento, Viçosa-MG, 2000, 2007 e 2009.....	51
Figura 5.6 – Porcentagem de responsáveis familiares pelo domicílio por grau de instrução nas regiões urbanas de planejamento, Viçosa-MG, 2005 e 2007.....	53
Figura 5.7 – Porcentagem da população com mais de 25 anos de idade por grau de instrução nas regiões urbanas de planejamento, Viçosa-MG, 2005 e 2007.....	54
Figura 5.8 – Porcentagem da população com mais de 15 anos de idade alfabetizados e analfabetos nas regiões urbanas de planejamento, Viçosa-MG, 2000 e 2009.	56
Figura 5.9 – Porcentagem de frequência escolar segundo faixas etárias nas regiões urbanas de planejamento, Viçosa-MG, 2000, 2007 e 2009	57
Figura 5.10 – Porcentagem de famílias por faixa de renda <i>per capita</i> nas regiões urbanas de planejamento, Viçosa-MG, 2005 e 2007.....	58
Figura 5.11 – Renda familiar média em salários mínimos nas regiões urbanas de planejamento, Viçosa-MG, 2005, 2007 e 2009.....	60
Figura 5.12 – Renda familiar <i>per capita</i> média em salários mínimos nas regiões urbanas de planejamento, Viçosa-MG, 2005, 2007 e 2009.....	60

Figura 5.13–Consumo médio mensal de água por economia e por ligação nas regiões urbanas de planejamento, Viçosa-MG, 1996 a 2010	61
Figura 5.14 – Distribuição percentual economias residenciais por faixa de consumo mensal de água nas regiões urbanas de planejamento, Viçosa-MG, 1996 a 2010.	62
Figura 5.15 – Distribuição percentual das economias residenciais em relação ao município como um todo por faixas de consumo mensal de água nas regiões urbanas de planejamento, Viçosa-MG, 1996 a 2010.	64
Figura 5.16 – Consumo <i>per capita</i> de água nas regiões urbanas de planejamento, Viçosa-MG, 2000, 2005, 2007 e 2009.	65
Figura 5.17–Participação de cada região urbana de planejamento em relação ao total do município em termos de consumo mensal e per capita de água e das variáveis que compõem as estimativas de consumo, Viçosa-MG, 1996 a 2010.....	67
Figura 5.18 – Evolução consumo mensal e <i>per capita</i> de água, Viçosa-MG, 1996 a 2010	67
Figura 5.19–Distribuição de frequência dos dados de consumo <i>per capita</i> por região urbana de planejamento, Viçosa-MG, 2000, 2005, 2007 e 2009.	74
Figura 5.20 – Evolução temporal do consumo <i>per capita</i> de água ($L.hab^{-1}.d^{-1}$), Viçosa-MG, 1996 a 2009.	75
Figura 5.21 – Gráfico dos fatores rotacionados para as variáveis “síntese” e “operacionais”.	85
Figura 5.22 – Gráfico dos fatores rotacionados para as variáveis “operacionais”.	86
Figura 5.23 – Consumo anual de água nas regiões urbanas de planejamento, valores originais e valores estimados modelos preditivos ajustado por regressão linear.	90
Figura 5.24 – Histogramas de distribuição de frequência dos resíduos das regressões ajustadas ao dados de consumo de água anual por região urbanas de planejamento, sobrepostos a curvas de distribuição normal.	91
Figura 5.25 – Consumo mensal de água por ligação nas regiões urbanas de planejamento, valores originais e valores estimados modelos preditivos ajustado por regressão linear....	94
Figura 5.26 – Histogramas de distribuição de frequência dos resíduos das regressões ajustadas ao dados de consumo de água por ligação em cada região urbanas de planejamento, sobrepostos a curvas de distribuição normal.....	95

RESUMO

PIMENTA, João Francisco de Paula, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2011. **Caracterização do consumo residencial de água na área urbana de Viçosa-MG.** Orientador: Rafael Kopschitz Xavier Bastos. Coorientadoras: Paula Dias Bevilacqua e Maria Lúcia Calijuri.

Este trabalho teve como objetivos principais verificar a evolução temporal e a distribuição espacial do consumo efetivo residencial de água, total e *per capita*, em Viçosa-MG, bem como identificar fatores de influência sobre essas variáveis. Para tanto, foram utilizados os seguintes dados secundários de fontes diversas (SAAE Viçosa. Prefeitura Municipal de Viçosa, IBGE e CENSUS – uma Organização Não Governamental com sede em Viçosa), cobrindo diferentes períodos de tempo no intervalo de 1996 a 2010: consumo residencial de água micromedido, número de economias e de ligações de água; dados climatológicos, demográficos, socioeconômicos e de tipologia residencial. Esses dados, bem como as análises em torno do consumo de água, foram tratados de forma global (na zona urbana de Viçosa como um todo) e agrupados em 10 “regiões urbanas de planejamento” (tal como delimitadas nos estudos do CENSUS). Foram detectadas discrepâncias consideráveis de consumo *per capita* de água entre diferentes regiões urbanas, relacionadas à segregação sócio-espacial, por sua vez evidenciada por fatores socioeconômicos das diferentes regiões, tais como renda e tipologia residencial. O consumo *per capita* de água não apresentou variações expressivas ao longo dos anos, mas o consumo total (geral e nas diversas regiões urbanas) exibiu aumento influenciado pelo crescimento populacional. Enquanto fatores demográficos influenciaram mais nitidamente o consumo total de água, o consumo *per capita* se viu determinado de forma mais clara por fatores socioeconômicos. Variáveis tais como o número de ligações de água e área construída demonstraram potencial para serem utilizadas em modelos preditivos do consumo de água.

ABSTRACT

PIMENTA, João Francisco de Paula, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, December 2011. **Characterization of the residential water consumption in the urban area of Viçosa-MG.** Adviser: Rafael Kopschitz Xavier Bastos. Co-advisers: Paula Dias Bevilacqua and Maria Lúcia Calijuri.

The main objectives of this work were to investigate the temporal evolution and the spatial distribution of the effective residential water consumption, total and *per capita*, in Viçosa - MG, and to identify factors that influence these variables. The following secondary data from different sources (Viçosa Municipality, Viçosa water utility, the Brazilian Institute of Geography and Statistics – IBGE, and CENSUS - an NGO based in Viçosa), covering different periods of time from 1996 to 2010, were used: measured residential water consumption, number of residential water connections, and climate, demographic, socioeconomic and residential typology data. These data, as well as the water consumption evaluation, were analysed both on a global basis (i.e. for the urban area of Viçosa as a whole) and grouped into 10 "urban planning regions" (as defined in the CENSUS' studies). Considerable differences in *per capita* water consumption between different urban regions were detected, which were related to socio-spatial segregation revealed by socioeconomic factors in the different regions, such as income and residential typology. The *per capita* water consumption showed no marked changes over the years, but the total water consumption (global and in the different urban areas) increased, being influenced by population growth. While demographic factors influenced more clearly the total water consumption, the *per capita* consumption was determined mostly by socioeconomic factors. Variables such as the number of water connections and the building's area demonstrated potential for being used in predictive models of water consumption.

1 - INTRODUÇÃO

A aprovação da Lei nº 11.445 que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico (BRASIL, 2007), regulamentada pelo Decreto nº 7.217 em 21 de junho de 2010 (BRASIL, 2010), representou importante passo no país, que há muito carecia de marco regulatório para o setor.

A chamada “Lei do Saneamento” tem na universalização desses serviços um de seus princípios fundamentais, com vistas a superar o histórico déficit de cobertura, principalmente de serviços de esgotamento e tratamento de esgotos sanitários.

Outro grande desafio, e ao mesmo tempo oportunidade, imposto pela nova legislação é a necessidade da ação planejada na prestação de serviços de saneamento, instituindo que o titular dos serviços é responsável por elaborar um Plano Municipal de Saneamento Básico, o qual, dentre outros aspectos, deve abranger: (i) diagnóstico da situação atual; (ii) objetivos e metas de curto, médio e longo prazo para a universalização, admitidas soluções graduais e progressivas; (iii) programas, projetos e ações necessárias para atingir os objetivos e as metas e (iv) mecanismos e procedimentos para avaliação sistemática da eficiência e eficácia das ações programadas (BRASIL, 2007).

Com vistas à sustentabilidade dos serviços de saneamento, o planejamento deve, a partir de diagnóstico da infra-estrutura existente, projetar sua capacidade de absorver demandas futuras e a necessidade de eventual expansão dos sistemas. Entretanto, como observado por Bastos *et al.* (1998), um dos grandes desafios do planejamento se dá exatamente na dificuldade de se “prever” o futuro em dinâmicas urbanas, por vezes complexas

Em se tratando de sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, a demanda de água e, conseqüentemente, a contribuição de esgotos sanitários, é determinada pela evolução da população e pelo padrão de consumo de água, comumente expresso pelo consumo *per capita*. São essas, portanto, as principais variáveis a serem projetadas temporalmente.

Diversos estudos tentam explicar e, ou prever como se dá a evolução da população no espaço urbano tendendo cada vez mais ao detalhe, ou seja, visando projeções de subdivisões cada vez menores (JANNUZZI, 2007). Afinal, como destacam Bastos *et al.* (1998), a população se distribui e evolui de forma desigual no espaço urbano e, por conseguinte, a demanda por serviços de saneamento também se dá e evolui de forma heterogênea. A outra variável em questão, o consumo *per capita* de água, também tem sido objeto de vários estudos a fim de identificar condicionantes espaciais e temporais, tais

como variáveis climáticas e socioeconômicas (CAMPOS e VON SPERLING, 1997; VON SPERLING *et al.*, 2002; FERNANDES NETO *et al.*, 2004; DIAS *et al.* 2010). Todavia, modelos para projeções intra-urbanas devem sempre ser ajustados às realidades locais.

O município de Viçosa, Zona da Mata – MG apresenta crescimento populacional e processo de urbanização intenso, tendo como principal fator indutor os ciclos de expansão da Universidade Federal da Viçosa (UFV): em 1960 a população era de 20.846 habitantes, sendo a maioria residente no meio rural (11.625); a população atual é de 72.244 habitantes, com mais de 93% residentes na área urbana (IBGE, 2010). Porém, Viçosa conta com grande contingente populacional de estudantes, da ordem de 20% da população, que são contabilizados pelo IBGE em seus municípios de origem. O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) é de 0,855 (PMV, 2010).

Os serviços de saneamento no município são de responsabilidade do Serviço Autônomo de Água e Esgotos (SAAE Viçosa), uma autarquia municipal criada em 1969. Os serviços apresentam índices de cobertura superiores às médias nacionais e estaduais: aproximadamente 98% da população urbana é atendida pelo sistema de abastecimento de água (260 km de rede de distribuição) e, cerca de, 88% pelo sistema de coleta de esgotos sanitários (180 km de rede coletora) (SAAE, 2011). Entretanto, o tratamento de esgotos é praticamente inexistente, contando a cidade, atualmente, com apenas duas estações de pequeno porte em dois bairros da cidade. Contudo, a Prefeitura Municipal de Viçosa (PMV) conseguiu financiamento do Governo Federal para construção de uma Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) para o tratamento, de aproximadamente, 80% da contribuição de esgotos da área urbana da cidade. O SAAE já conta com o terreno para a construção dessa ETE e os interceptores já se encontram em fase avançada de implantação (SAAE, 2011; PMV, 2011).

Em 1996, o SAAE Viçosa elaborou o Plano Diretor de Esgotos Sanitários e, recentemente, a PMV foi contemplada com recursos da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) para a elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico de Viçosa (PMSBV). Em fase de conclusão, o PMSBV incluiu técnicas de planejamento participativo e logrou ampla mobilização e participação social.

Nota-se, portanto, que o município de Viçosa conta com razoável arcabouço para consolidar a prestação de serviços de saneamento de qualidade e de acordo com os postulados do planejamento estipulado na Lei nº11. 445/2007. Não obstante, projeções temporais devem ser objetos de aferição contínua dada à complexidade dos processos urbanos e, portanto, as incertezas inerentes a todo exercício de projeção futura (BASTOS

et al., 1997). A própria Lei nº11.445 estabelece que planos de saneamento básico devam ser revistos periodicamente, em prazo não superior a quatro anos.

É importante ainda salientar que a Lei nº11.445 estabelece como outro princípio fundamental da prestação de serviços de saneamento básico o controle social nas atividades de planejamento, regulação e fiscalização dos serviços (BRASIL, 2007).

Na visão de Bastos (2009), a concretização do novo cenário desenhado na Lei nº11.445 em muito dependerá da percepção da indissociabilidade de aspectos tais como planejamento, regulação, capacitação, gestão técnica qualificada, participação e controle social e do reconhecimento do lugar estratégico do empoderamento dos atores sociais para o alcance da desejada eficiência e eficácia dos serviços de saneamento.

Por empoderamento, tomando emprestadas reflexões de Carvalho (2004) no campo da saúde, entende-se viabilizar estratégias que garantam a participação e que valorizem o encontro entre profissionais e usuários. Nesse processo, ainda de acordo com Carvalho (2004), mais do que repassar informações deve-se buscar mecanismos que possibilitem pessoas e comunidades realizarem suas próprias análises para que tomem as decisões que considerem corretas, desenvolvendo consciência crítica e capacidade de intervenção sobre a realidade. Nesse sentido, a informação qualificada é ponto chave para o planejamento, a gestão e a participação, também qualificados, na prestação de serviços de saneamento, sendo esta a ótica e o objetivo maior do presente estudo, que trata da evolução e das variações de consumo *per capita* de água na área urbana de Viçosa-MG.

2 - OBJETIVOS

Objetivo geral

Caracterizar o consumo efetivo residencial, total e *per capita*, de água na zona urbana de Viçosa-MG a fim de subsidiar a população e os prestadores dos serviços de saneamento com informações relevantes aos processos de planejamento.

Objetivos específicos

- Caracterizar e comparar diferentes regiões urbanas da cidade de Viçosa em termos demográficos, socioeconômicos, habitacionais e de consumo de água.
- Verificar a evolução temporal e a distribuição espacial do consumo de água na zona urbana de Viçosa-MG.
- Verificar a distribuição espacial do consumo de água na zona urbana de Viçosa-MG.
- Verificar a influência de variáveis climáticas, demográficas, habitacionais e socioeconômicas no consumo de água na zona urbana de Viçosa-MG.
- Propor modelos preditivos de consumo de água na zona urbana de Viçosa-MG.

3 - REVISÃO DE LITERATURA

3.1 - Projeção populacional

O conhecimento da população atual e a estimativa de projeção futura são pontos de partida para o dimensionamento de sistemas de saneamento.

Segundo o IBGE (2008), projeção populacional é considerada um “conjunto de resultados provenientes de cálculos relativos à evolução futura de uma população, partindo-se, normalmente, de certos supostos com respeito ao curso que seguirá a fecundidade, a mortalidade e as migrações”.

Em geral, as projeções são condicionais, ou seja, indicam o comportamento futuro da população caso realmente ocorram as tendências assumidas na ocasião da realização das projeções (WALDVOGEL, 1998).

Uma das dificuldades ao se projetar a população como subsídio aos serviços de saneamento diz respeito à escala geográfica das áreas de estudo intra-urbanas. Segundo Maricato (2001), o planejamento urbano dos anos 70 se ocupava com as projeções demográficas e buscava traçar cenários de crescimento que envolvia toda a cidade. Atualmente, os cenários se referem a áreas bem delimitadas marcadas pelo uso e ocupação cultural, institucional e empresarial.

No caso de estudos de concepção de sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, de acordo com Bastos *et al.* (1998), é preciso “recortar” o espaço urbano em unidades de ocupação mais ou menos homogêneas, de forma que se possa identificar indicadores (diagnósticos e prospectivos) característicos de cada uma dessas unidades territoriais, como, por exemplo, densidade demográfica, consumo de água, consumo *per capita* de água e contribuição *per capita* de esgotos.

Entretanto, Waldvogel (1998) identifica as dificuldades listadas a seguir para projeções em escalas municipais, as quais tendem a acentuar-se com a subdivisão da cidade em áreas menores:

- Número limitado de eventos demográficos (nascimentos, óbitos e migrações), o que dificulta o uso de metodologias tradicionais para analisar tendências históricas de dinâmicas demográficas.
- Qualidade das informações básicas provenientes de recenseamento e de registro civil, sendo que a frequente subenumeração pode acarretar erros importantes nas estimativas.

- Movimentos migratórios intra e inter-regionais, assim como intra-urbanas podem influenciar as tendências de crescimento, que alteram em curto prazo a dinâmica demográfica dessas regiões.
- Diferentes graus de detalhamento de informações entre as áreas abordadas.
- O tamanho da população também é determinante da probabilidade de erro, sendo que, quanto menor área, maiores serão as incertezas nos resultados.

Segundo Brito *et al.* (2008), para áreas geográficas menores como distritos ou outras subdivisões espaciais intra-urbanas, projeções e estimativas populacionais apresentam dificuldades adicionais que condicionam o correto aproveitamento das informações disponíveis para sua elaboração e a precisão de seus resultados. Entre tais dificuldades, duas merecem destaque: (i) a existência de informações com a mesma qualidade e disponibilidade para todas as micro-áreas estudadas; (ii) a compatibilização das projeções realizadas para diferentes níveis geográficos. Desse modo, de acordo com esses autores, a metodologia a ser considerada para projetar ou estimar as populações deve levar em conta tais constrangimentos.

De forma geral, as metodologias de projeção demográfica podem ser separadas em dois grandes grupos (JANNUZZI e PATARRA, 2006; WALDVOGEL, 1998): (i) métodos dos componentes demográficos, que concentram os modelos que visam relacionar o tamanho e a composição da população com o comportamento de variáveis demográficas (fecundidade, mortalidade e migração), através do tempo; (ii) métodos sem os componentes demográficos, que englobam a extrapolação matemática, modelos de projeção que procuram uma relação entre o tamanho da população e o tempo, ou métodos de quantificação indireta, considerando outras variáveis como determinantes do tamanho futuro da população, como informações econômicas, número de domicílios, número de matrículas escolares, entre outras.

Waldvogel (1998), sobre o método das componentes demográficas, afirma que quando a área alvo é pequena sua utilização costuma ser problemática face às dificuldades na avaliação da respectiva dinâmica demográfica, quer pela inexistência de dados populacionais mais detalhados, quer pela maior ocorrência de fatos aleatórios que interferem nas estimativas. Isso é consequência do número escasso de eventos vitais e dos fortes movimentos migratórios em localidades menores.

Outro ponto crítico encontra-se na grande dificuldade de formular hipóteses futuras para as variáveis demográficas para cada área pequena, sendo necessários estudos exaustivos sobre a dinâmica populacional e a situação socioeconômica para cada uma delas. Estas hipóteses formuladas para cada localidade não poderiam ser elaboradas

separadamente, dada a grande influência que as áreas limítrofes e regionais exercem no comportamento de cada população, sendo necessário considerar as interações entre as diversas áreas (WALDVOGEL, 1998).

Irwin (1987), citado por Waldvogel (1998), ressalta que “o componente migratório é o principal obstáculo para as projeções locais, pois as alterações de população devidas a este componente podem ser consideravelmente maiores que os resultantes da fecundidade e da mortalidade”.

Jannuzzi e Patarra (2006) endossam a dificuldade de se trabalhar com o método dos componentes demográficos em pequenas áreas e, apesar de o considerarem conceitualmente consistente, salientam dificuldades encontradas em obter séries históricas e estabelecer hipóteses sobre a fecundidade, mortalidade e migração para domínios territoriais intra-urbanas.

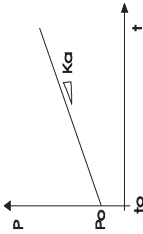
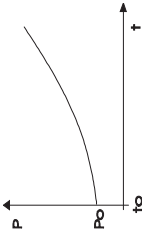
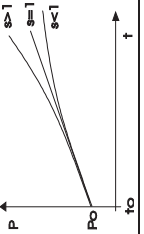
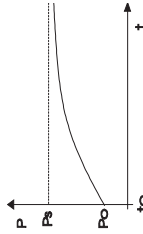
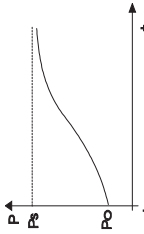
Portanto, para as projeções populacionais de pequenas áreas são utilizados, em geral, modelos de extrapolação de uma função matemática de dados populacionais passados, de repartição de acréscimos populacionais de uma área maior ou o emprego de modelo estatístico de regressão baseado em séries históricas de determinada variável, supostamente correlacionada ao crescimento populacional (SANTOS, 1989; WALDVOGEL, 1998; JARDIM, 2001).

von Sperling (2005) elenca e distingue algumas das técnicas clássicas de projeção populacional mais utilizadas no campo do saneamento, a saber:

- (a) Métodos de extrapolação matemática: (i) Crescimento aritmético; (ii) Crescimento geométrico; (iii) Regressão multiplicativa; (iv) Taxa decrescente de crescimento; (v) Curva logística
- (b) Métodos de quantificação indireta: (i) Previsão com base nos empregos ou em serviços de utilidade; (ii) Método da razão e correlação; (iii) Comparação gráfica entre cidades similares

O Quadro 3.1 apresenta as principais características dos métodos de extrapolação matemática. von Sperling (2005) ressalta que esses métodos podem, e se possível devem, ser resolvidos através de análise estatística de regressão (linear ou não linear), pois isso permite a incorporação de uma série histórica maior, ao invés de apenas dois ou três pontos, como nos métodos algébricos.

Quadro 3.1 - Projeção populacional. Métodos com base em fórmulas matemáticas.

Método	Descrição	Forma da curva	Taxa de crescimento	Fórmula da projeção	Coefficientes (se não for efetuada análise da regressão)
<i>Projeção aritmética</i>	Crescimento populacional segundo uma taxa constante. Método utilizado para estimativas de menor prazo. O ajuste da curva pode ser também feito por análise da regressão.		$\frac{dP}{dt} = K_a$	$P_t = P_0 + K_a \cdot (t - t_0)$	$K_a = \frac{P_2 - P_0}{t_2 - t_0}$
<i>Projeção geométrica</i>	Crescimento populacional função da população existente a cada instante. Utilizado para estimativas de menor prazo. O ajuste da curva pode ser também feito por análise da regressão.		$\frac{dP}{dt} = K_g \cdot P$	$P_t = P_0 \cdot e^{K_g \cdot (t - t_0)}$ ou $P_t = P_0 \cdot (1 + i)^{(t - t_0)}$	$K_g = \frac{\ln P_2 - \ln P_0}{t_2 - t_0}$ ou $i = e^{K_g} - 1$
<i>Regressão multiplicativa</i>	Ajuste da progressão populacional por regressão linear (transformação logarítmica da equação) ou regressão não linear.		-	$P_t = P_0 + r \cdot (t - t_0)^s$	r, s - análise da regressão ou transformação logarítmica
<i>Taxa decrescente de crescimento</i>	Premissa de que, à medida que a cidade cresce, a taxa de crescimento torna-se menor. A população tende assintoticamente a um valor de saturação. Os parâmetros podem ser também estimados por regressão não linear.		$\frac{dP}{dt} = K_d \cdot (P_s - P)$	$P_t = P_0 + (P_s - P_0) \cdot [1 - e^{-K_d \cdot (t - t_0)}]$	$P_s = \frac{2 \cdot P_0 \cdot P_1 \cdot P_2 - P_1^2 \cdot (P_0 + P_2)}{P_0 \cdot P_2 - P_1^2}$ $K_d = \frac{-\ln[(P_s - P_2)/(P_s - P_0)]}{t_2 - t_0}$
<i>Crescimento logístico</i>	O crescimento populacional segue uma relação matemática, que estabelece uma curva em forma de S. A população tende assintoticamente a um valor de saturação. Os parâmetros podem ser também estimados por regressão não linear. Condições necessárias: $P_0 < P_1 < P_2$ e $P_0 \cdot P_2 < P_1^2$. O ponto de inflexão na curva ocorre no tempo $[t_0 - \ln(c)/K_1]$ e com $P = P/2$.		$\frac{dP}{dt} = K_1 \cdot P \cdot \frac{(P_s - P)}{P}$	$P_t = \frac{P_s}{1 + c \cdot e^{K_1 \cdot (t - t_0)}}$	$P_s = \frac{2 \cdot P_0 \cdot P_1 \cdot P_2 - P_1^2 \cdot (P_0 + P_2)}{P_0 \cdot P_2 - P_1^2}$ $c = (P_s - P_0)/P_0$ $K_1 = \frac{1}{t_2 - t_1} \cdot \ln \left[\frac{P_0 \cdot (P_s - P_1)}{P_1 \cdot (P_s - P_0)} \right]$

Fonte: von Sperling (2005). Adaptado de Qasim (1985).

- dP/dt = taxa de crescimento da população em função do tempo
- P_0, P_1, P_2 = populações nos anos t_0, t_1, t_2 (as fórmulas para taxa decrescente e crescimento logístico exigem valores equidistantes, caso não sejam baseadas na análise da regressão) (hab.).
- P_t = população estimada no ano t (hab.); P_s = população de saturação (hab.).
- $K_a, K_g, K_d, K_1, i, c, r, s$ = coeficientes (a obtenção dos coeficientes pela análise da regressão é preferível, já que se pode utilizar toda a série de dados existentes, e não apenas P_0, P_1 e P_2).

Nos métodos de extrapolação matemática, o objetivo básico é encontrar uma função matemática que se ajuste à evolução do tamanho da população através do tempo, com a suposição básica de que a tendência populacional observada no passado continuará válida no futuro. Porém, esses métodos podem levar a estimativas de população sem sentido, principalmente quando as projeções das localidades são realizadas de maneira individual e independente da área maior (WALDVOGEL, 1998).

Santos (1978), citado por Waldivogel (1998), afirma que do ponto de vista demográfico a utilização de diversas funções matemáticas para extrapolar a população é referendada apenas pela afirmativa de que “a tendência do passado continuará válida no futuro”, ou seja, que as condições determinantes da forma de crescimento da população no passado modificam-se lentamente. Entretanto, tal afirmativa deve ser relativizada e vem sendo empregada com ressalvas, principalmente em vista das atuais transformações na dinâmica demográfica brasileira. Lotka (1969), citado por Waldivogel (1998), demonstrou que em regime constante de coeficientes específicos de fecundidade e mortalidade, o crescimento de uma população seguia curva exponencial. Porém, com a mudança na estrutura etária da população em função da postergação dos nascimentos e do declínio da fecundidade, a razão do crescimento geométrico tem sido reduzida e se aproximado da razão aritmética, ou seja, quase constante (IBGE, 2010).

Já a curva logística é um tipo especial de extrapolação de tendência que possui duas assíntotas: uma inferior e a outra superior, supondo que a população, em um primeiro momento, apresentará uma evolução acelerada e, posteriormente, sofrerá uma redução em seu ritmo de crescimento até se aproximar de seu limite; essa abordagem pode diminuir o risco de se projetar populações demasiadamente grandes, porém remete à discussão sobre qual seria a população de saturação (limite) e sobre a validade da dedução matemática sem incorporação de diversos fatores intervenientes.

No Quadro 3.2 são descritos os métodos de quantificação indiretos citados por von Sperling (2005).

Quadro 3.2 - Projeções populacionais com base em métodos de quantificação indireta

Método	Descrição
<i>Comparação gráfica</i>	O método envolve a projeção gráfica dos dados passados da população em estudo. Os dados populacionais de outras cidades similares, porém maiores, são plotados de tal maneira que as curvas sejam coincidentes no valor atual da população da cidade em estudo. Estas curvas são utilizadas como referências na projeção futura da cidade em estudo.
<i>Razão e correlação</i>	Assume-se que a população da cidade em estudo possui a mesma tendência da região (região física ou política) na qual se encontra. Com base nos registros censitários, a razão "população da cidade/população da região" é calculada e projetada para os anos futuros. A população da cidade é obtida a partir da projeção populacional da região (efetuada em nível de planejamento por algum outro órgão) e da razão projetada.
<i>Previsão de empregos ou de serviços de utilidades</i>	A população é estimada utilizando-se a previsão de empregos (efetuada por algum outro órgão). Com base nos dados passados da população e pessoas empregadas, calcula-se a relação "emprego/população", a qual é projetada para os anos futuros. A população da cidade é obtida a partir da projeção do número de empregos da cidade. O procedimento é similar ao método da razão. Pode-se adotar a mesma metodologia a partir da previsão de serviços de utilidade, como eletricidade, água, telefone etc. As companhias de serviços de utilidade normalmente efetuam estudos e projeções da expansão de seus serviços com relativa confiabilidade.

Nota do autor: a projeção futura das relações pode ser feita com base na análise da regressão

Fonte: von Sperling (2005). Adaptado de Qasim (1985).

O método denominado em von Sperling (2005) de “Razão e Correlação” possui os mesmos pressupostos de um método consagrado no Brasil como “método dos coeficientes” ou AiBi. Esse método, que estabelece relação linear entre a população de uma área menor e a população da área maior; foi proposto por Pickard em 1959, com a denominação *Apportionment Method*, ou projeção da participação no crescimento. Método utilizado de forma pioneira por Madeira e Simões, em 1972, para estimar as populações urbanas e rurais das Unidades Federativas no período de 1960/1980 e até hoje é utilizado pelo IBGE para projetar a população dos municípios e estados a partir da projeção para o Brasil (GARCIA e SOARES FILHO, 2005).

Jannuzzi e Patarra (2006) consideram que, diferentemente dos modelos extrapolativos mais simples, o método AiBi é uma técnica híbrida que combina a extrapolação de tendências passadas das pequenas áreas com o balizamento definido pelas projeções futuras para a área maior. Porém, esse método apresenta algumas limitações, como a necessidade de projeção da área maior e, principalmente quando o crescimento da área menor for em direção contrária do referente à área maior, a possibilidade de expressivas distorções (WALDVOGEL, 1998).

No Brasil, além do método AiBi, outros têm sido aplicados para estimação de população municipal, tais como: (i) o método dos parâmetros demográficos para pequenas áreas, usado pela Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados do estado de São Paulo (Fundação Seade), que conta com o registro de nascimentos e óbitos atualizados e georreferenciados; (ii) a relação de coortes de Duchesne, que proporciona uma estratificação etária e por sexo, sendo um dos métodos mais utilizados atualmente por

considerar a mudança na estrutura etária da população; e (iii) o modelo dinâmico de projeção ProjPeq que utiliza pesos e funções de atratividade relevantes aos movimentos migratórios intrarregionais (Quadro 3.3).

Quadro 3.3 – Principais métodos de projeções populacionais para pequenas áreas.

Métodos de extrapolação de funções matemáticas	
➤ População Total	
Linear	$P^{t+10} = P^t + (P^t - P^{t-10})$
Geométrica	$P^{t+10} = P^t * (1 + ((P^t / P^{t-10})^{1/10} - 1) 10)$
Logística	$P^{t+10} = \text{logística}(P^t, P^{t-10}, P^{t-20})$
➤ Proporção da População (desde que haja projeção para área maior)	
Linear	$pp^{t+10} = pp^t + (pp^t - pp^{t-10})$
Geométrica	$pp^{t+10} = pp^t * (1 + ((pp^t / pp^{t-10})^{1/10} - 1) 10)$
Logística	$pp^{t+10} = \text{logística}(pp^t, pp^{t-10}, pp^{t-20})$
Modelo AiBi	
$P_i(t) = a_i P(t) + b_i$	
Com	
$a_i = (P_i(t_1) - P_i(t_0)) / (P(t_1) - P(t_0))$	
$b_i = P_i(t_0) - a_i P(t_0)$	
Onde:	
$P_i(t)$: população da pequena área i em t	
$P(t)$: população da área maior em t	
Método da Distribuição Pró-rata do crescimento Populacional	
$P^{t+10} = P^t + (P^t - P^{t-10}) + P^t / PAM^t * ((PAM^{t+10} - PAM^t) - (PAM^t - PAM^{t-10}))$	
Onde	
P^t População da pequena área em t	
PAM^t População da área maior em t	
Modelo de repartição e correlação baseado em variáveis sintomáticas	
População Total	
$P^{t+10} = P^t * (VS^t / VS^{t-10}) * Fa$, onde:	
$Fa = PAM^{t+10} / \hat{O}(P^t * (VS^t / VS^{t-10}))$; e	
Com VS = variável sintomática	
Modelo de Relação de Coortes de Duchesne	
Taxas de crescimento das coortes da área maior:	
${}_{10}CR_{x,t,t+10} = {}_{10}R_{x+10,t+10} / {}_{10}R_{x,t}$	
Fator K (calculado em Censos anteriores):	
${}_{10}K_x = ({}_{10}P_{x+10,t} / {}_{10}P_{x,t-10}) / ({}_{10}R_{x+10,t} / {}_{10}R_{x,t-10})$	
Para cada área menor, aplica-se essa razão sobre a população da coorte anterior, multiplicada pelo fator K, diferencial para cada pequena área	
${}_{10}P_{x+10,t+10} = {}_{10}K_x * {}_{10}CR_{x,t,t+10} * {}_{10}P_{x,t}$	
Modelo dinâmico de equações diferenciais da dinâmica populacional(ProjPeq)	
$(dP_1/dt) = c_1 P_1(t) + d_1 P_1(t) T(t)$	
$(dP_2/dt) = c_2 P_2(t) + d_2 P_2(t) T(t)$	
.....	
$(dP_n/dt) = c_n P_n(t) + d_n P_n(t) T(t)$	
sujeito a condição de contorno $\sum_{i=1..n} P_i(t) = T(t)$	
Onde $T(t)$: total populacional da região ou grande área no ano t	
$P_i(t)$: população da pequena área no ano t	
c_i : fator relacionado à taxa de crescimento vegetativo da população da pequena área i	
d_i : fator relacionado à atratividade residencial da pequena área i	

Fonte: Jannuzzi e Patarra (2006).

Outros métodos vêm sendo estudados e testados para projetar áreas intra-urbanas. Fígoli *et al.* (2010) realizaram projeções intra-urbanas ao nível de sedes, vilas e outros aglomerados urbanos (divisões definidas pelo IBGE no censo 2000) utilizando a proporcionalidade entre a participação relativa da população de cada localidade em relação à população total do município encontrada no ano inicial da projeção (censo 2000) e extrapolada para o ano final (2050). Porém, esse método é pouco razoável para ser utilizado em subdivisões menores, como zonas censitárias, pois a migração populacional intra-urbana se dá de forma muito mais intensa e variada.

Pitta *et al.* (2010) salientam a possibilidade de incorporar informações auxiliares georreferenciadas cada vez mais disponíveis em escala intra-urbana, tais como dados do setor energético residencial e de saneamento. Esses autores ajustaram um modelo de proporção de economias residenciais de energia elétrica associada à proporção do crescimento vegetativo do distrito para 694 subdivisões do município de São Paulo. Esta é a técnica conhecida como modelo de repartição e correlação, baseada na tendência observada de uma variável sintomática (por exemplo, evolução de matrículas na rede de ensino, eleitores, economias de água, ligações residenciais de energia) associada ao crescimento demográfico (JANNUZZI e PATARRA, 2006).

Segundo Jardim (2001), a vantagem das técnicas de estimativas populacionais com variáveis sintomáticas, quando comparadas com os métodos convencionais de projeção, reside na detecção de mudanças no movimento populacional entre um censo e outro, por meio de informações que podem ser consideradas como sinalizadoras da tendência diferenciada do crescimento de regiões específicas. Para aplicar esse modelo é necessário dispor da população de uma área maior e de séries históricas das variáveis sintomáticas.

Em Viçosa, Bastos *et al.* (1997) realizaram projeções se valendo de registros dos serviços de saneamento como variáveis sintomáticas, mais especificamente o número de ligações e de economias de água. Entretanto, análise após uma década demonstrou que a metodologia empregada acabou por superestimar a população esperada para 2007 (CAPELETE e PIMENTA, 2008).

3.2 - Período de projeto e população de saturação

Em projeções populacionais, denomina-se prazo ou alcance cronológico (ou horizonte da projeção) o período coberto pela projeção ou pela previsão, sendo que, na maioria das vezes, trabalha-se com projeção (previsão) de curto prazo, porque o risco de erro cresce consideravelmente na medida em que o prazo aumenta (IBGE, 2008).

Ao analisar projeções municipais, Waldvogel (1998) salienta que o período de tempo abrangido pela projeção é fator determinante na probabilidade de erro. Santos (1989) acrescenta que quando se extrapolam tendências verificadas no passado, as distorções tendem a ampliar em quantidade e intensidade com o transcorrer do tempo. Duchesne (1987), citado por Waldvogel (1998), sugere prazos médios de 20 a 25 anos para pequenas áreas.

No planejamento de sistemas de abastecimento de água, trabalha-se com o conceito de período de projeto, usualmente em torno de 20 anos para partes do sistema tais como estações de tratamento de água e a rede de distribuição (TSUTIYA, 2004). Portanto, há que se aferir a evolução da demanda de água ao longo desse período.

Entre os fatores que apontariam para a adoção de períodos de projeto mais curtos estariam: facilidade de ampliação da infra-estrutura, juros elevados e prazos curtos para amortização dos empréstimos. Dentre os que indicariam períodos mais longos, poderiam ser citados: maior vida útil dos componentes do sistema, melhor comportamento inicial das estruturas implantadas, disponibilidade de recursos e capacidade de pagamento da população usuária. O período de projeto é ainda influenciado pelo ritmo de crescimento da população, em razão inversa, visto que taxas de crescimento populacional muito elevado com longos períodos de projeto acarretariam obras grandiosas que iriam onerar demais a comunidade nos anos iniciais (CETESB, 1977).

Por sua vez, o dimensionamento das diferentes partes dos sistemas de esgotos envolve vazões futuras de período de projeto e de saturação urbanística (TSUTIYA e ALÉM SOBRINHO, 2000). Portanto, nesse caso não basta aferir a evolução do consumo de água e, por conseguinte, de contribuição de esgotos, mas especular também sobre os limites de crescimento de cada sub-bacia de esgotamento. Saturação urbanística é um conceito atemporal e de difícil estimativa, estando sujeito à complexidade da dinâmica urbana, incluindo aspectos socioeconômicos, de regulação urbana e de mercado imobiliário.

Como destacado por Bastos *et al.* (1997), a existência de dispositivos tais como Planos Diretores, leis de parcelamento e uso do solo e código de obras em muito facilitaria a previsão da demanda por infra-estrutura de saneamento, tanto com base na população de projeto quanto na de saturação urbanística. Entretanto, se não for esta realidade, torna-se necessário buscar indicadores que permitam uma leitura da dinâmica de ocupação do espaço urbano.

Por exemplo, o acompanhamento de séries históricas do número de ligações e economias e do consumo de água possibilita a identificação de índices de crescimento em

diferentes regiões da cidade e, conseqüentemente, a projeção da população usuária e do consumo ao longo do tempo. Informações sobre o número de economias por ligação ou de economias por metro de rede constituem indicadores de, respectivamente, densidades demográficas e densidade de usuários. A evolução histórica desses indicadores pode sugerir tendência à verticalização em uma dada região; por outro lado o “achatamento” da curva de crescimento poderia sugerir aproximação da saturação urbanística (BASTOS *et al.*, 1998).

No trabalho de Bastos *et al.* (1997), os autores realizaram projeções se valendo de séries históricas de número de ligações e economias. Realizaram, ainda, visitas a campo para análise da dinâmica de ocupação do espaço urbano em cada uma das sub-bacias de esgotamento, a fim de subsidiar inferências sobre como se daria a ocupação na saturação urbanística. Os autores apresentaram essa abordagem como alternativa sensível a diferenciações intra-urbanas e viável para aplicação em cidades de pequeno porte. Entretanto, análise após uma década demonstrou que a metodologia empregada por Bastos *et al.* (1997) acabou por superestimar a população esperada para 2007; não obstante terem logrado estimativas mais próximas da realidade para o número de residências (CAPELETE e PIMENTA, 2008).

3.3 – Consumo *per capita* de água

3.3.1 - Aspectos quantitativos

Como já destacado, o consumo *per capita* de água é umas das variáveis, que, em conjunto com o levantamento da população consumidora, permite estimar a demanda de água. Como é também uma variável sujeita a influências de natureza diversa, tende a apresentar comportamento espacial e temporal dinâmico e isso precisa ser apropriado de forma tal que propicie projeções consistentes da demanda por abastecimento de água (BASTOS *et al.*, 2008).

Consumo *per capita* diário é o volume de água teoricamente demandado por pessoa por dia. Genericamente, é calculado com base no volume anual de água distribuído para um determinado contingente populacional. Entretanto, o consumo *per capita* assim calculado inclui não somente o uso residencial propriamente dito, mas também outros usos urbanos (tais como comercial, industrial e de prédios públicos), além de perdas no sistema de distribuição (TSUTIYA, 2004).

O consumo residencial inclui a ingestão, preparo de alimentos, higiene pessoal, limpeza interna e externa do imóvel, rega de jardins, limpeza de veículos, entre outros.

Alguns desses usos podem ser considerados como de necessidade básica, tais como a ingestão, preparo de alimentos e higiene pessoal. Howard e Bartram (2003) identificaram na literatura valores mínimos de 15 a 50 L.hab⁻¹.dia⁻¹ para a garantia desses usos; valores estes que apresentam variação de mais de 300%, demonstrando o nível de incerteza que envolve o assunto.

A demanda para uso comercial e industrial varia com a tipologia e o porte do empreendimento, mas outros fatores também podem influenciar o consumo, tais como variações sazonais e a tarifa praticada. A Tabela 3.1 apresenta estimativas médias de consumo de água segundo a natureza de atividades comerciais e industriais.

Tabela 3.1 – Estimativa média de consumo *per capita* de água em estabelecimentos comerciais e industriais.

Natureza	Consumo
Escritórios comerciais	50 L / pessoa.dia
Restaurantes	25 L / refeição
Hotéis e pensões	10 L / hóspede.dia
Lavanderias	30 L / Kg de roupa
Hospitais	250 L / leito.dia
Garagens	50 L / veículo.dia
Postos de serviços para veículos	150 L / veículo.dia
Indústrias (uso sanitário)	70 L / operário.dia
Matadouros (animais de grande porte)	300 L / cabeça abatida
Matadouros (animais de pequeno porte)	150 L / cabeça abatida
Laticínios	1-5 L / Kg de produto
Curtumes	50-60 L / Kg de couro
Fábrica de papel	100-400 L / Kg de papel
Tecelagem (sem alveijamento)	10 – 20 L / Kg de tecido
Indústria têxtil	1000 L / Kg de tecido
Laminação do aço	85 L / Kg de aço
Saboarias	2 L / Kg de sabão
Usinas de açúcar	75 L / Kg de açúcar
Fábrica de conservas	20 L / Kg de conserva
Cervejarias	20 L / L de cerveja

Fonte: Gomes (2009).

Perdas no sistema de abastecimento podem chegar a valores tão elevados quanto 80%, sendo a média nacional em torno de 40%, em 2009 a média foi de 41,6% (SNIS, 2009). As perdas são computadas com base na diferença entre os volumes tratados e distribuídos e os não faturados. As perdas físicas (reais) correspondem aos volumes de água não consumidos e são devidas a vazamentos no sistema. Perdas aparentes (não físicas) correspondem à água consumida e não registrada e têm origem em ligações clandestinas ou problemas com hidrômetros (por exemplo, inoperantes, com submedições ou fraudados) (SILVA *et al.*, 1998). Em Viçosa, em 2008, as perdas reais e aparentes eram de, respectivamente, 24,6% e 13% do volume disponibilizado totalizando 37,6% de perdas totais (SAAE, 2011).

A Tabela 3.2 apresenta dados de variação da demanda de água para diversos usos ao longo de 85 anos no município de São Paulo, incluindo perdas, onde fica clara a grande variação verificada nestes valores ao longo dos anos (AZEVEDO NETTO *et al.*, 1998).

Tabela 3.2 – Evolução do consumo *per capita* de água para diferentes usos e gastos no município de São Paulo (L.hab⁻¹.dia⁻¹).

Tipo de consumo	Saturnino de Brito (1905)		CNSOS (1951)		DAE (1957)		SAEC (1972)		SABESP (1990)	
	Total	(%)	Total	(%)	Total	(%)	Total	(%)	Total	(%)
Residencial	100	45,5	55	42,5	140	46,7	180	45,0	120	40,0
Comercial e Industrial	50	22,7	50	25,0	100	33,3	150	37,5	90	30,0
Público	45	20,4	25	12,5	15	5,0	20	5,0	20	6,7
Perdas	25	11,4	40	20,0	45	15,0	50	12,5	70	23,3
Total	220	100	200	100	300	100	400	100	300	100

CNSOS - Codificação das Normas Sanitárias para Obras e Serviços do Estado de São Paulo.

DAE - Departamento de Águas e Esgotos de São Paulo.

SAEC - Superintendência de Águas e Esgotos da Capital

SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

Fonte: Azevedo Netto *et al.* (1998).

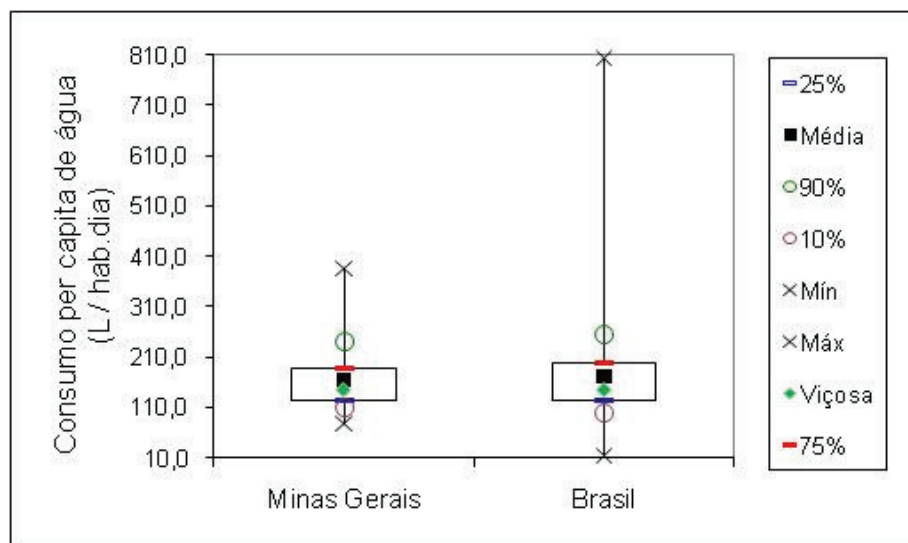
Em projetos de sistemas de abastecimento de água, a estimativa de consumo *per capita* deve satisfazer esses diversos usos (residencial, comercial, industrial e público), bem como considerar as perdas no sistema (ABNT, 1990), pois, caso contrário, o sistema ficaria subdimensionado. Em contrapartida, no dimensionamento de sistemas de esgotos, deve ser utilizado o consumo de água efetivo *per capita*, não incluindo as perdas de água, sob-risco de superestimativas (TSUTIYA e ALÉM SOBRINHO, 2000).

Ao contemplar todos esses usos, o consumo *per capita* de água sofrerá influência de diversos fatores, associados à população abastecida (ex.: socioeconômicos, hábitos culturais, tipologia das residências), ao sistema de abastecimento (ex.: hidrometração do consumo, pressurização, preço da tarifa, serviço de gerenciamento) e à cidade ou região abastecida (ex.: clima, grau de industrialização, porte, topografia) (CETESB, 1978; AZEVEDO NETTO *et al.*, 1998; FUNASA, 1999, TSUTIYA e ALÉM SOBRINHO, 2000, VON SPERLING, 2005).

Com tantas condicionantes, é natural que o consumo *per capita* sofra grande variação entre as cidades brasileiras. Em 2009, o consumo *per capita* no Brasil, segundo dados divulgados pelo Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento - SNIS, variou entre 15 e 803 L.hab⁻¹.dia⁻¹, porém 80% das cidades apresentaram variação entre 98 e 255 L.hab⁻¹.dia⁻¹. Naquele ano, as médias nacional e do estado de Minas Gerais foram, respectivamente, 172 L.hab⁻¹.dia⁻¹ e 164 L.hab⁻¹.dia⁻¹, enquanto Viçosa apresentou consumo *per capita* de 145 L.hab⁻¹.dia⁻¹ (SNIS, 2011). A Figura 3.1 apresenta a

distribuição estatística dos dados de consumo *per capita* no Brasil e em Minas Gerais em 2009, onde é evidente a grande variação dos dados do SNIS, principalmente de seus valores extremos.

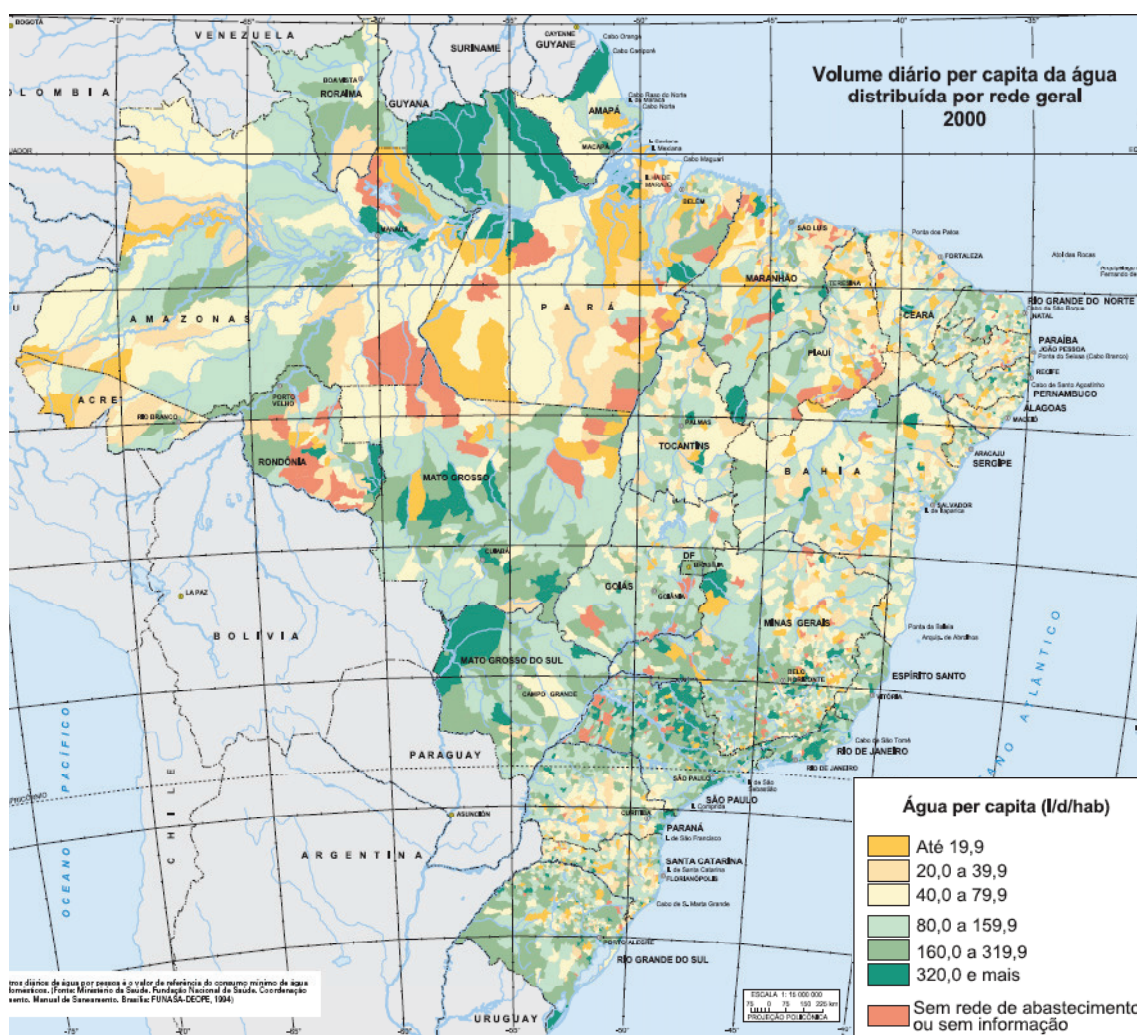
O mapa do Brasil com as diferentes faixas de valores de consumo *per capita* de água no ano 2000 é apresentado na Figura 3.2, valores que se mostram também muito discrepantes, com tendência à concentração de valores inferiores na região nordeste e norte.



Fonte: SNIS (2011)

Figura 3.1 – Distribuição do consumo *per capita* de água em Minas Gerais e no Brasil.

Sobre os dados do SNIS, é preciso registrar que se referem a um apanhado de informações autodeclaradas pelos prestadores de serviços, em resposta a um questionário, sem que haja verificação externa. Por isso, como destacado por Fernandes Neto (2003), esses dados podem ser pouco exatos; por outro lado, constituem a maior base de dados sobre os serviços de saneamento disponível no país, sendo, portanto, de grande valia.



Fonte: IBGE, Atlas do Saneamento, 2004.

Figura 3.2 – Consumo *per capita* de água no Brasil.

Para efeito de comparação, na Tabela 3.3 são apresentados valores de consumo *per capita* de água em países considerados desenvolvidos, onde se notam valores muito superiores aos da realidade brasileira.

Tabela 3.3 - Consumo médio *per capita* de água na Escócia, Estados Unidos, Canadá e Austrália.

País	Consumo médio (L.hab ⁻¹ .dia ⁻¹)
Escócia	410
Estados Unidos	300
Canadá	300
Austrália	270

Fonte: Scotti (2005) citado por Bucharles e Silva (2007).

A NBR 12.211 (ABNT, 1990), que trata dos estudos de concepção de sistemas de abastecimento de água, prevê duas possibilidades de determinação do consumo *per capita* de água: preferencialmente com base na análise de séries históricas do consumo da

população a ser atendida e, na impossibilidade disso, com base no verificado em cidades de características semelhantes.

A Tabela 3.4 traz valores indicativos de consumo *per capita* de água que poderiam ser adotados no caso de ausência de informações específicas da área de projeto.

Tabela 3.4 – Valores sugeridos de consumo médio *per capita* de água em localidades de diferentes portes.

Porte da comunidade	População (habitantes)	Consumo médio <i>per capita</i> (L.hab ⁻¹ .dia ⁻¹)
Povoado rural	< 5.000	90 a 140
Vila	5.000 a 10.000	100 a 160
Pequena localidade	10.000 a 50.000	110 a 180
Cidade média	50.000 a 250.000	120 a 220
Cidade grande	> 250.000	150 a 300

Fonte: von Sperling (2005).

Porém, há grande variabilidade e especificidades em torno do consumo *per capita* de água. Fernandes Neto (2003) questiona a validade de previsão das demandas de água para projetos de sistemas de abastecimento com base na semelhança do porte da população entre cidades. Tal questionamento é legitimado, por exemplo, em estudo realizado pela Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo (SABESP) em 83 sistemas de abastecimento de água entre 1998 e 2000. Os consumos médios *per capita*, geral (considerando as perdas) e efetivo (sem as perdas), foram de, respectivamente, 199 L.hab⁻¹.dia⁻¹ e 129 L.hab⁻¹.dia⁻¹ (com o índice de perdas de 35%), mas não foi encontrada associação entre os valores de consumo *per capita* e o porte dos sistemas (entre 80 e 113.000 habitantes) (MAGALHÃES *et al.*, 2001) (Tabela 3.5).

Tabela 3.5 - População e consumo médio efetivo *per capita* de água em cidades do estado de São Paulo, 1998 a 2000.

Faixa de população (habitantes)	Consumo <i>per capita</i> (L/pessoa/dia)
< 2.000	130
2.000 - 10.000	125
10.000 - 50.000	133
50.000 - 120.000	128

Fonte: Magalhães *et al.* (2001).

3.3.2 - Fatores influentes no consumo efetivo residencial *per capita* de água

A literatura elenca diversos fatores que podem influenciar o consumo residencial de água, tais como (TSUTIYA, 2004):

- Fatores climáticos: temperatura e umidade do ar; intensidade e frequência de chuvas.

- Renda familiar: entende-se que o valor da tarifa do serviço cobrada e a renda do usuário são fatores intrinsecamente associados, pois quanto mais baixa for a renda, maior é a importância dada ao valor gasto com o consumo de água, inibindo o consumo além do necessário.
- Características da habitação: área do terreno, área construída, número de habitantes, existência de reservatórios internos e instalações prediais.
- Natureza da região da cidade: área industrial, cidades-dormitórios e áreas comerciais.
- Características do abastecimento: continuidade do abastecimento, pressão na rede e qualidade da água.
- Gerenciamento do sistema de abastecimento: existência de campanhas de economia e uso racional da água, combate às perdas e micro medição.
- Características culturais da comunidade.

Alguns estudos priorizam alguns desses fatores. Campos e von Sperling (1997), em trabalho realizado durante dez meses em nove bairros da região metropolitana de Belo Horizonte, encontraram correlações significativas entre o consumo *per capita* e as seguintes variáveis: renda *per capita*, área do lote, número de vasos sanitários e área construída. Na Tabela 3.6 são apresentados os modelos sugeridos por Campos e von Sperling para explicar o consumo *per capita* de água.

Tabela 3.6 – Modelos matemáticos explicativos da relação entre o consumo *per capita* de água e variáveis socioeconômicas na região metropolitana de Belo Horizonte, 1997.

Variável independente	Dados da regressão			
	Equação	Coeficientes		R ²
Renda média familiar	$\hat{y} = x/(a+b.x)$	a=0,021	b=0,003	0,942
Área do lote	$\hat{y} = x/(a+b.x)$	a=1,7	b=0,001	0,887
Nº vasos sanitários	$\hat{y} = x/(a+b.x)$	a=0,006	b=0,003	0,810
Área construída	$\hat{y} = x/(a+b.x)$	a=0,64	b=0,002	0,742

Nota: Renda média familiar: número de salários mínimos por mês.

Fonte: Adaptado de Campos e Von Sperling (1997).

von Sperling *et al.* (2002) investigaram os principais fatores de influência no consumo *per capita* de água em 26 estados brasileiros e 45 municípios de Minas Gerais. Foi constatada associação entre a renda *per capita* e o consumo *per capita* de água para os estados; em nível municipal, os fatores com maior influência no consumo *per capita* foram: população municipal, faixa de rendado município e faixa de precipitação.

A partir de amostra de 96 municípios mineiros com população abastecida inferior a 300 mil habitantes, Fernandes Neto (2003) encontrou associação entre Índice de

Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M) e consumo *per capita* de água ($R^2 = 0,57$), em especial nos municípios com até 100 mil habitantes; a renda *per capita* foi o segundo indicador de maior influência no consumo *per capita* de água ($R^2 = 0,52$). A mesma autora ajustou também um modelo de regressão linear múltipla que foi capaz de explicar 78% da variância observada no consumo *per capita* de água em 19 cidades com população na faixa entre 50 e 100 mil habitantes (Equação 3.1)

$$\text{Consumo per capita} = -624,76 + 9,02X_1 - 153,05X_2 + 0,05X_3 \quad (3.1)$$

Onde:

X_1 = percentual de hidrometração

X_2 = valor da tarifa (R\$)

X_3 = consumo de energia pelos setores industrial e comercial (kWh).

Porém, Dias (2008) discute que IDH-M talvez não constitua variável independente adequada, já que é um indicador que contempla saúde, educação e renda e essa última variável poderia influenciar as demais, enviesando o índice.

Zhou *et al.* (2001), na Austrália, detectaram relação entre as temperaturas máximas diárias registradas durante o verão e o consumo *per capita*, no período de 1990 a 1997; foram obtidas duas funções, através de regressão não linear, uma para temperaturas inferiores a 39°C e outra para temperaturas acima desse valor.

Em estudo realizado em Piracicaba-SP, Amaral e Shiota (2002) concluíram que o consumo de água foi diretamente proporcional à temperatura. Utilizando análise de séries temporais e aplicação de filtros lineares, esses autores ressaltam a sazonalidade do consumo de água.

Penna *et al.* (2000), em estudo em cidades mineiras com população atendida de 10 mil a 50 mil habitantes, identificaram consumo médio *per capita* total de 147,5 L.hab⁻¹.dia⁻¹, sendo 122,5 L.hab⁻¹.dia⁻¹ de origem residencial. Esse trabalho identificou, ainda, significativa correlação entre o consumo *per capita* e a renda *per capita* em cidades com população superior a 30 mil habitantes.

Querido (2000) identificou grande influência da classe social do usuário sobre o consumo efetivo de água em estudo compreendendo 272 residências na cidade paulista de Guaratinguetá. A média ponderada de consumo das classes sociais indicou consumo efetivo médio geral de 148 L.hab⁻¹.dia⁻¹, o consumo médio das classes com maior rendimento (A e B) foi 42% maior que consumo médio geral das classes menos

favorecidas (D e E). A Tabela 3.7 apresenta o consumo efetivo médio encontrado para cada classe e sua representatividade na amostra utilizada.

Tabela 3.7 - Consumo efetivo residencial *per capita* de água por classes sociais em Guaratinguetá-SP, 2000.

Classe Social	Representação na amostra (%)	Consumo efetivo residencial <i>per capita</i> de água (L.hab ⁻¹ .dia ⁻¹)
A	2,6	218
B	13,6	217
C	20,2	153
D	26,6	133
E	36,6	126

Fonte: Querido (2000).

Estudo com usuários residenciais realizado na cidade de São Paulo evidenciou correlações, em primeiro lugar, entre a demanda doméstica de água, o número de habitantes por domicílio e a área construída; mas a demanda de água se mostrou também correlacionada com a área do terreno, o valor venal do imóvel e renda familiar (NARCHI, 1989).

Silva *et al.* (2008), para a cidade de Cuiabá-MT, obtiveram valor médio de consumo *per capita* de água de 175 L.hab⁻¹.dia⁻¹, com diferenças significativas em função das diferentes condições socioeconômicas da população, apresentando correlação de 0,764 entre estratificação de classes econômicas e o consumo *per capita*. Foi ajustado, ainda, um modelo estatístico para o consumo *per capita* de água em função da classe socioeconômica e do consumo de energia *per capita*; porém, apesar do coeficiente de determinação relativamente elevado ($R^2 = 0,79$), o modelo não validado por não apresentar distribuição normal dos resíduos. Ao final, os autores recomendaram adequações ao modelo proposto por meio de inserção e interação de variáveis econômicas.

Relação entre condições socioeconômicas da população e consumo *per capita* também foram encontradas por Dias *et al.* (2010). Esses autores testaram também a influência da variação da tarifa ao longo do tempo, concluindo que o aumento da tarifa de água acompanhou o aumento da inflação, sem maiores impactos na renda familiar. Foram ajustados modelos matemáticos em função da renda *per capita* deflacionada, sendo o melhor ajuste obtido para defasagem de três meses entre a renda e o consumo (Equação 3.2).

$$Y = 47,058 \ln(x) - 146,44 (R^2 = 0,77) \quad (3.2)$$

Onde:

y = consumo residencial *per capita* para defasagem mensal $m + 3$ (L.hab⁻¹.dia⁻¹)

x = renda *per capita* deflacionada (R\$/mês *per capita*)

Alguns autores salientam a influência de variáveis operacionais e de gestão do sistema, tais como a pressão na rede de distribuição e a hidrometração. Clark *et al.* (1977) identificaram que o aumento de 14 mca na pressão da rede pode levar a incremento de 35% no consumo de água, já a inexistência de medidores de controle de consumo pode aumentar o consumo em 25 % (ALBERTA ENVIRONMENTAL PROTECTION, 1996).

3.4 – Breve descrição sobre o desenvolvimento urbano em Viçosa - MG

O município de Viçosa tem seu centro geográfico localizado na latitude 20°45'14''S e longitude 42°52'53''W e está inserido na região da Zona da Mata do estado de Minas Gerais. Abrange área de aproximadamente 300 km², altitude média de 648,7 m acima do nível do mar e dista, aproximadamente, 230 km rodoviários da capital do estado, Belo Horizonte. O município conta com dois distritos além da sede, sendo eles: Silvestre e Cachoeira de Santa Cruz, considerando que São José do Triunfo pertence oficialmente ao distrito de Silvestre (SILVA *et al.*, 2010).

O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) calculado para Viçosa em 2007 foi de 0,855, o que classifica o município como de alto desenvolvimento humano (0,8 a 1), com destaque para o índice da educação que alcançou 0,965 (SILVA *et al.*, 2010). Porém, um índice único municipal mascara desigualdades existentes. Em trabalho realizado sobre a setorização do IDH 2000 de Viçosa-MG, que era de 0,809 à época, Abreu *et al.* (2011) demonstram grande discrepância entre as regiões urbanas, variando de 0,94 nos setores “mais desenvolvidos” a 0,57 em regiões “subdesenvolvidas”.

Viçosa pertence à Bacia do rio Doce, tendo como principais cursos d'água o ribeirão São Bartolomeu e o rio Turvo Sujo, sendo ambos, ao mesmo tempo, mananciais de abastecimento e corpos receptores das contribuições de esgotos.

A ocupação da cidade começou em torno do ribeirão São Bartolomeu. Segundo Rodrigues (2010), desde as primeiras construções limítrofes ao ribeirão São Bartolomeu os fundos estavam voltados para o seu leito, facilitando o lançamento de lixo e esgoto sanitário, que contribuem, desde então, para sua degradação.

Ribeiro Filho (1997) relata que essa ocupação começou como um pequeno povoado, cuja população era composta por escravos, ex-escravos, garimpeiros, descendentes de portugueses, grandes latifundiários e índios Puris.

Segundo Paniago (1990), a formação do município está ligada ao ciclo do ouro em Minas Gerais no período colonial, quando servia como fonte de abastecimento de produtos alimentícios das populações mineradoras de Vila Rica, hoje Ouro Preto, e Ribeirão do Carmo, atual Mariana. Com o término desse ciclo, o município experimentou crescimento populacional proveniente do fluxo migratório à procura de melhores terras para lavoura. Viçosa ainda participou do ciclo do café, com suas terras sendo praticamente tomadas por essa cultura e depois, com o declínio do preço, passou por um longo período de decadência, assim como praticamente toda a Zona da Mata mineira. A cultura do café foi então substituída por pecuária extensiva e agricultura de subsistência, atividades que figuram ainda hoje como majoritárias na zona rural do município.

Viçosa foi elevada à categoria de cidade no ano de 1876. Até então chamada de Vila de Santa Rita do Turvo, a nova cidade passou a se chamar Viçosa de Santa Rita e, posteriormente, apenas Viçosa (PANIAGO, 1990).

Como destacado por Ribeiro Filho (1997), a UFV figura ao longo de sua história como o principal fator indutor do crescimento populacional e da urbanização do município de Viçosa, desde a criação da Escola Superior de Agricultura e Veterinária (ESAV), construída no período de 1922 a 1926, posteriormente transformada em universidade estadual (Universidade Rural do Estado de Minas Gerais - UREMG) em 1948 e, em 1969, foi federalizada passando a ser denominada Universidade Federal de Viçosa - UFV. Segundo esse mesmo autor, já na década de 1920 a cidade passou por transformações importantes no espaço urbano, porém foi no início da década de 1960 que a cidade se consolidou em termos de urbanização e ocupação de diversos logradouros públicos em meio à malha urbana já existente. Década esta caracterizada por grande êxodo rural em Viçosa, e em toda a região da Zona da Mata, o que provocou em Viçosa acentuado incremento da população urbana, tendência esta que se acentuou nas décadas seguintes. Ainda segundo Ribeiro Filho (1997), na década de 1960, além do mencionado fenômeno do êxodo rural ocorrido na região, a UREMG exerceu forte papel na atração de novos moradores para o município, principalmente para a zona urbana, processo este que se potencializou com a federalização da UFV em 1969. Com o rápido crescimento da universidade, agravaram-se os problemas da esfera urbana, principalmente no que se refere à moradia, aliada a um expressivo crescimento da especulação imobiliária.

Até 1974, a UFV contava com dezenove cursos de graduação e pós-graduação. A partir de 1975, foram instalados novos cursos, passando a instituição a contar com trinta e nove cursos de graduação e pós-graduação. No mesmo período, o orçamento da instituição

foi aumentado em quase dez vezes. Hoje, a UFV conta com mais de oitenta cursos oferecidos no âmbito da graduação e da pós-graduação (PEREIRA, 2005).

Segundo Santos (1991), o crescimento populacional e o êxodo rural não se deram apenas pela expansão da UFV, mas se inserem em um contexto nacional de mudanças na estrutura de emprego resultante da acumulação de oportunidades de trabalho remunerado nos centros urbanos em todo país. Logo, a força de trabalho de Viçosa, que estava concentrada no campo, passou a partir da década de 1960, a se deslocar para a cidade em busca de emprego urbano. Melo e Novais (2010), ao se referirem a esse momento histórico, argumentam que “a vida na cidade atrai e fixa porque oferece melhores oportunidades e acena um futuro de progresso individual, mas, também, porque é considerada uma forma superior de existência. A vida no campo, ao contrário, repele e expulsa”.

Os dados da Tabela 3.8 evidenciam esse processo na população viçosense, cuja população urbana somava 9.221 habitantes em 1960 e representava 44% da população total do município, passou a 67.337 habitantes em 2010 ou 93% do total da população do município. Esse fenômeno representa significativo aumento pela demanda de serviços de infra-estrutura urbana, como os de saneamento básico.

Tabela 3.8 – População urbana e rural de Viçosa-MG no período de 1960 a 2010.

Ano	Pop. Urbana	(%)	Pop. Rural	(%)	Total
1960	9.221	(44%)	11.625	(56%)	20.846
1970	17.000	(66%)	8.784	(34%)	25.784
1980	31.179	(81%)	7.507	(19%)	38.686
1991	46.456	(90%)	5.202	(10%)	51.658
1996	52.647	(92%)	4.803	(8%)	57.450
2000	59.792	(92%)	5.062	(8%)	64.854
2007	65.042	(92%)	5.362	(8%)	70.404
2010	67.337	(93%)	4.907	(7%)	72.244

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Na visão de Pereira *et al.* (2005), na década de 1970, quando a zona urbana sofria acentuado aumento de sua população, por iniciativa da PMV foi instituído um aparato legal de verdadeira segregação sócio-espacial no município por meio da Lei nº609 de 31 de dezembro de 1971, que proibia a construção de casebres no centro urbano de Viçosa com o objetivo de não “sujar” a imagem de uma cidade universitária, escondendo a realidade da cidade. Concomitantemente, os políticos locais “presenteavam os pobres” com loteamentos afastados do centro e de toda infra-estrutura urbana. Um exemplo notório disso é o bairro Nova Viçosa, onde nenhuma legislação de ocupação do solo e infra-estrutura básica foram seguidas. Segundo os mesmos autores, isso era um ato político

populista ao mesmo tempo em que favorecia a especulação imobiliária no centro da cidade.

Tais loteamentos figuram ainda hoje como regiões segregadas sócio-espacialmente, com defasagem dos serviços urbanos (CARVALHO e FARIA DE OLIVEIRA, 2008) e índices de renda e escolaridade abaixo da média municipal (SILVA *et al.* 2010), o que acaba sendo traduzido em regiões com baixo IDH, consideradas “subdesenvolvidas” (ABREU *et al.*, 2011).

Na concepção de Corrêa (1995), a produção da segregação sócio-espacial está diretamente ligada às classes dominantes, onde se destacam os agentes produtores e consumidores de espaço, como os proprietários dos meios de produção, proprietários fundiários e os promotores imobiliários. Essa classe segrega outros grupos sociais, pois detém o controle do mercado de terras, domina a incorporação imobiliária e a construção, determinando dessa forma o direcionamento da localização das outras classes no espaço urbano e do próprio crescimento desse espaço, atuando sob a égide do Estado que lhe oferece suporte jurídico para tal.

Para Carneiro e Faria (2005), o processo de ocupação em Viçosa, de maneira geral, caracteriza-se por não obedecer a critérios de planejamento, acontecendo de forma desordenada, levando em conta apenas os interesses financeiros e imediatistas. Esse processo impulsiona a ocupação de áreas inadequadas para a urbanização por parte dos mais carentes e gera impactos socioambientais no sistema urbano, consequência da segregação sócio-espacial e das desigualdades econômicas.

Para Mello (2002), como decorrência do processo de especulação imobiliária e da segregação sócio-espacial, ocorrem em Viçosa diversos problemas de ocupação irregular de áreas que deveriam ser preservadas, tais como encostas, topos de morro, margens de rios e córregos. Especulação imobiliária que se dá, principalmente, no centro da cidade e nas áreas de acesso à Universidade, as quais oferecem a melhor infra-estrutura em relação a emprego e ofertas de serviços urbanos, levando a construção de prédios em áreas de encostas e margens de rio por “falta de espaço”. Esses condomínios verticais são destinados às classes média-alta e alta, mas modificam toda a paisagem da cidade, enquanto a população de baixa renda ocupa áreas periféricas e de baixa qualidade físico-espacial (MELLO, 2002).

Segundo Carvalho e Faria de Oliveira (2008), apesar de Viçosa ser uma cidade de porte médio, vem passando nas últimas décadas por intenso processo de verticalização, que está transformando a paisagem urbana de forma acelerada e sobrecarregando os serviços de infra-estrutura, especialmente no que tange à capacidade do sistema viário e dos

serviços urbanos, entre eles o saneamento básico. Esse processo teve início na década de 1970 com o surgimento dos primeiros edifícios de quatro pavimentos em média, mas que já na década de 1980 e mais intensamente nas décadas posteriores ultrapassavam os dez pavimentos. No relato desses autores, na década de 1990 houve clara migração para regiões cada vez mais próximas à UFV e nos anos 2000 um direcionamento do mercado imobiliário para o público estudantil, através do fracionamento das moradias em apartamentos “quarto e sala”. No ano 2000 houve também a aprovação do Plano Diretor e da legislação de uso e ocupação do solo (Lei nº 1.420/2000), com diretrizes que estabeleceram número máximo de cinco pavimentos em bairros da cidade, influenciando ainda mais a concentração de edifícios altos na área central da cidade, principalmente no entorno da UFV.

A pesquisa realizada por Silva *et al.* (2010) chama atenção para a superação do número de apartamentos em relação às casas em 2009, com 44% a 42% das unidades residenciais, respectivamente, sendo que no centro da cidade a proporção de apartamentos atingiu 85%. Essa pesquisa revela também claramente aspectos de desigualdade, por exemplo, na estimativa de que 13% das moradias em toda cidade eram compostas por edificações precárias, como sótãos, porões e barracões.

A população da área urbana tem crescido acentuadamente, mas com taxas mais elevadas entre os anos de 1960 e 1979, acima de 6% ao ano (Tabela 3.9). Atualmente, o crescimento se apresenta de forma mais comedida com taxas próximas a 1% ao ano. A população total do município apresentou maior taxa de crescimento na década de setenta (4,14% ao ano) e, mais recentemente, entre os anos de 1996 a 1999, experimentou novamente taxa elevada (3,08% ao ano). Esses períodos correspondem a ciclos de expansão da UFV, o primeiro, logo após sua federalização e o segundo coincidente com a implementação de novos cursos (Tabela 3.9). A cidade enfrenta as consequências do crescimento populacional da área urbana, com vários problemas relacionados à infraestrutura urbana e às condições socioeconômicas de determinados bairros fortemente presentes (PEREIRA, 2005).

Tabela 3.9 – Taxas médias anuais de crescimento demográfico em Viçosa-MG no período de 1960 a 2010.

Período	Taxa urbana (%)	Taxa rural (%)	Taxa total (%)
1960 a 1969	6,31	-2,76	2,15
1970 a 1979	6,25	-1,56	4,14
1980 a 1990	3,69	-3,28	2,66
1991 a 1995	2,53	-1,58	2,15
1996 a 1999	3,23	1,32	3,08
2000 a 2006	1,21	0,83	1,18
2007 a 2010	1,16	-2,91	0,86

Fonte: Calculado a partir dos dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Recentemente, a cidade ganhou novos eixos de crescimento da malha urbana, com destaque para a região próxima a BR-120 em direção ao distrito de Silvestre, sentido contrário ao *Campus* da UFV, onde foram instaladas instituições particulares de ensino superior: Universidade de Viçosa (UNIVIÇOSA), Escola Superior de Viçosa (ESUV) e a Faculdade de Viçosa (FDV) (CARVALHO e FARIA DE OLIVEIRA, 2008).

Outro eixo que sofre forte pressão imobiliária é a região no entorno do ribeirão São Bartolomeu a montante do campus da UFV e da captação de duas Estações de Tratamento de Água (ETAs), uma abastece a UFV e a outra é responsável pelo abastecimento de grande parte do distrito sede. Essa região vem sendo ocupada por condomínios fechados de alto padrão e já há indícios de verticalização, causando preocupação quanto à interferência na disponibilidade e qualidade da água captada por essas ETAs.

Além da ETA abastecida pelo ribeirão São Bartolomeu, a região urbana do município é servida por mais uma ETA, suprida pelo rio Turvo Sujo. Esses dois sistemas são interligados e contam com micro medição integrais. O município conta ainda com dez sistemas pequenos ou isolados, abastecidos por poços profundos seguidos por desinfecção.

Ao todo, o sistema de abastecimento de água do município distribui aproximadamente 16 milhões de litros diários e conta com aproximadamente 260 km de extensão de rede de distribuição e adutoras, com 18.325 ligações, estando 16.356 em funcionamento em 2010 (SAAE, 2011).

Os serviços de saneamento, excluía a drenagem urbana, são de responsabilidade do Serviço Autônomo de Água e Esgotos (SAAE Viçosa) uma autarquia municipal criada em 1969. Os serviços apresentam índices de cobertura superiores às médias nacionais e estaduais, sendo que aproximadamente 98% da população urbana é atendida pelo sistema de abastecimento de água e cerca de 88% pelo sistema de coleta de esgotos sanitários.

Há um sistema de informações implantado no SAAE totalmente informatizado e georreferenciado, que conta com cadastro sobre a rede de distribuição, as ETAs, o arruamento da cidade, e de todos os usuários e seus respectivos consumos micro medidos.

Todo esse banco de dados é trabalhado no formato *shape* no programa ArcGis® e recebe acompanhamento de dois setores internos, o de contas e consumo e o de topografia.

As atuais atividades econômicas do município se concentram fundamentalmente na área de prestação de serviços, como consequência da demanda criada pela presença da UFV. Além disso, a cidade se destaca como pólo educacional, não apenas pela presença da UFV, mas, também, pela expressiva rede de escolas públicas e privadas nos diversos níveis do ensino básico, profissionalizante e superior (SILVA *et al.*, 2010). Essa rede de ensino atrai muitos estudantes de fora que, entretanto, não são considerados pelas estatísticas oficiais como cidadãos viçosenses, sendo contabilizados em suas cidades de origem; isso significa um contingente de população “flutuante” da ordem de 20% da população total e acarreta distorções entre as dotações orçamentárias destinadas ao município com base em sua população oficial e a real demanda por serviços públicos.

No setor industrial, a construção civil é significativa e tem apresentado crescimento relevante nos últimos anos. Na agricultura, a atividade cafeeira representou grande significado ao longo da história do município. Atualmente, a avicultura tem se destacado como atividade de relevante importância econômica no meio rural, constituindo-se, fundamentalmente, de pequenas propriedades baseadas na agricultura familiar (PANIAGO, 1990; PMV, 2011).

4 – MATERIAL E MÉTODOS

4.1–Dados utilizados

No presente estudo foram utilizados, essencialmente, dados secundários. Informações populacionais e socioeconômicas foram extraídas de pesquisas realizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e pelo Centro de Promoção do Desenvolvimento Sustentável (CENSUS), uma Organização Não Governamental com sede em Viçosa-MG.

As pesquisas do IBGE utilizadas foram o censo demográfico referente ao ano de 2000 e a contagem populacional referente ao ano de 2007, todas com grau de detalhamento em setores censitários. Segundo o próprio IBGE, o setor censitário é a unidade territorial criada para fins de controle cadastral da coleta de informações, sendo a menor unidade territorial em que as informações são disponibilizadas para proteção dos informantes.

Os dados obtidos do CENSUS foram extraídos de pesquisas realizadas por amostragem de domicílios referentes aos anos de 2005, 2007 e 2009, com levantamentos realizados com a aplicação de questionários, distribuídos em dez regiões urbanas de planejamento definidas a partir da agregação de Setores Censitários do Censo IBGE 2000. O tamanho da amostra foi determinado estatisticamente com o objetivo de se obter informações desagregadas para cada região (CRUZ *et al.*, 2006, 2008 e SILVA *et al.*, 2010).

O SAAE Viçosa disponibilizou a base cartográfica municipal georreferenciada que serviu de base para esse estudo. Disponibilizou também série histórica dos seguintes dados no período de 1996 a 2010: registros e localização das economias e ligações de água, consumo mensal de água de cada economia e ligação; esse extenso banco de dados abrangeu aproximadamente 3 milhões e 200 mil dados de consumo mensal de água.

Os dados de consumo de água hidrometrado fornecidos pelo SAAE e o número de moradores por domicílio determinado pelas pesquisas populacionais permitiram determinar o consumo *per capita* de água para os anos de 2000, 2005, 2007 e 2009. Ao se levar em consideração o número de moradores por domicílio foi respeitado diferenças regionais e temporais encontradas nas pesquisas. Dados individualizados por domicílio de consumo *per capita* de água foram calculados considerando as economias residenciais como um domicílio e o valor de moradores por domicílio referente à região que a economia se localiza, disponibilizado pelas pesquisas citadas anteriormente. Salienta-se que para o ano de 1996, como não há regionalização dos resultados da pesquisa do IBGE,

utilizou-se um único valor de moradores por domicílio, enquanto nos anos seguintes (2000, 2005, 2007 e 2009) foram utilizados valores regionalizados de moradores por domicílio.

A fim de reduzir problemas de possíveis falhas do banco de dados de consumo de água fornecido pelo SAAE, foram retirados os pontos atípicos, ou *outliers*. Primeiramente foram excluídos os valores negativos e, a seguir, foram “marcados” os valores considerados discrepantes com base nos seguintes critérios: pontos que correspondiam ao valor do 3º quartil acrescido de três vezes a diferença entre o 3º e o 1º quartis; esses pontos foram então avaliados *vis-à-vis* a série histórica da respectiva ligação, sendo retirados aqueles que de fato aparentavam incongruências.

A PMV disponibilizou o cadastro residencial do município que, entretanto, se encontra defasado da realidade presente, pois desde 2000 não se realiza levantamento cadastral dos imóveis no município, sendo a atualização efetuada apenas com o cadastramento voluntário de proprietários que buscam regularização de seus imóveis. Porém, esse cadastro ainda é a fonte disponível mais precisa sobre a área construída dos imóveis da zona urbana do município.

Esse banco de dados possuía em torno de 6% de valores próximos a zero e até negativos e, assim, foi considerada como área mínima construída o valor aleatório de 10 m², limite abaixo do qual foram descartados os dados existentes, entendidos como possíveis falhas. Dados elevados, acima de 2.000 m², foram avaliados segundo sua localização e cadastro no SAAE, e os que apresentaram inconsistência foram descartados.

Cabe salientar que tanto o cadastro de economias e ligações do SAAE como o de imóveis e de área construída da PMV são armazenados apenas em sua última atualização, sobrepondo-se aos dados antigos; isto é, permanecem disponíveis apenas as informações mais atuais. Diante de tal problema, adotou-se como critério para considerar determinado imóvel como “ativo”, o registro de consumo de água na respectiva economia ou ligação. Porém, os dados de evolução histórica de uma mesma economia, ligação e, ou imóvel foram perdidos.

As variáveis fornecidas pelas fontes citadas, utilizadas no presente estudo, estão apresentadas no anexo. Já as variáveis utilizadas que contaram com detalhamento residencial, ou seja, não agrupadas em um determinado recorte territorial, estão apresentadas na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Caracterização das variáveis detalhadas por economia (residências).

Variável	Significado	Unidade	Observações	Fonte
AREA_M2	Área construída do imóvel	m ²	16398	PMV
Cons PC 00	Consumo <i>per capita</i> de água em 2000	Litros.hab ⁻¹ .dia ⁻¹	11954	Calculado*
Cons PC 05	Consumo <i>per capita</i> de água em 2005	Litros.hab ⁻¹ .dia ⁻¹	14340	Calculado*
Cons PC 07	Consumo <i>per capita</i> de água em 2007	Litros.hab ⁻¹ .dia ⁻¹	15093	Calculado*
Cons PC 09	Consumo <i>per capita</i> de água em 2009	Litros.hab ⁻¹ .dia ⁻¹	15892	Calculado*

* [consumo mensal por economia residencial/ (média de habitantes por economia residencial em cada região. 30dias)].

Foram utilizados dados meteorológicos do Sistema Nacional de Dados Ambientais (SINDA), ligado ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), capturados pela estação meteorológica de Viçosa-MG, que é integrante do Programa de Monitoramento de Tempo, Clima e Recursos Hídricos (PMTCRH) e está localizada a uma altitude de 686 m, no campus da UFV. Esses dados são coletados sete vezes ao dia, tendo sido utilizado o banco de dados de maio de 1998 a janeiro de 2011. Para efeito de compatibilização com os dados de consumo de água, os dados meteorológicos foram agrupados mensalmente. As variáveis meteorológicas utilizadas estão apresentadas na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 – Caracterização das variáveis meteorológicas.

Variável	Unidade
Precipitação acumulada / mês	mm
Temperatura máxima do ar / mês	°C
Temperatura mínima do ar / mês	°C
Média da temperatura ar / mês	°C
Média da umidade relativa do ar / mês	%

Os dados de consumo de água, já agrupados nas regiões urbanas de planejamento, foram analisados em relação às respectivas médias anuais. No intervalo de 1996 a 2010 as médias foram computadas em relação ao número de economias, de ligações e ao consumo total de cada região, segundo dados do SAAE. Já para os anos de 2000, 2005, 2007 e 2009, anos com dados censitários, foram calculados os valores de consumo *per capita* de cada região. Para tanto foram utilizados os seguintes programas computacionais: Microsoft Access 2007 e Microsoft Excel 2007.

4.2 - Subdivisão territorial dos dados

O diversificado banco de dados a ser analisado possuía variados recortes territoriais, tornando necessário adotar uma única base territorial compatível com todas as séries de dados para que pudessem ser analisadas em conjunto. Para tanto, foi escolhida a base territorial com o menor número de subdivisões, minimizando a necessidade de subdivisão de dados que se apresentavam agrupados em regiões maiores, o que poderia

levar a conclusões equivocadas, como as identificadas como falácia ecológica, quando, inadequadamente são levadas ao nível individual conclusões agrupadas (DIAS *et al.*, 2002). Esse critério, por outro lado, levou à necessidade de agregação de dados em bases espaciais maiores, o que, por sua vez, acarreta perda de detalhamento de informações.

Segundo Ramos (2002), a agregação de dados espaciais é tratada por diversos autores como Problema de Unidade de Área Modificável (*Modifiable Areal Unit Problem – MAUP*), onde se identificam dois efeitos: (i) o efeito escala, quando a variação da escala de análise leva a diferentes resultados estatísticos para um mesmo conjunto de dados (ao, por exemplo, analisar um indicador na escala municipal e na escala de setores censitários); (ii) o efeito de zoneamento, que seria a variação de um resultado estatístico a partir de diferentes agrupamentos em uma dada escala.

Foram agregados apenas valores absolutos e calculados novos índices após a associação. Foi adotado o zoneamento realizado pelo CENSUS em 2004, em que se realizou o agrupamento de setores censitários definidos pelo IBGE (censo de 2000) a fim de se obter regiões com características mais homogêneas. Tal zoneamento foi denominado como regiões urbanas de planejamento– RUP (CRUZ *et al.*, 2004).

Foi necessário também compatibilizar a geometria dos recortes territoriais de datas distintas, bem como dos respectivos dados, pois as fronteiras adotadas nos diferentes recortes territoriais foram modificadas a cada pesquisa realizada; tal compatibilização não envolveu apenas a agregação de setores, mas incluiu também a desagregação de algumas áreas.

Para efeito de compatibilização das subdivisões adotadas, foram considerados o número e a localização das economias residenciais ativas em cada ano pesquisado. Como critério para a compatibilização foi adotado que se determinada região urbana de planejamento englobasse 60% das economias ativas de outro recorte territorial, como, por exemplo, algum setor censitário, os dados referentes a tal setor seriam distribuídos ponderadamente: 60% para a região em questão e o restante para as demais regiões com as quais houvesse também sobreposição de economias ativas.

Na Figura 4.1 são apresentadas as subdivisões das diferentes bases de dados utilizadas, e na Figura 4.2 a subdivisão definida na pesquisa do CENSUS de 2004 adotada no presente estudo para análise dos dados.

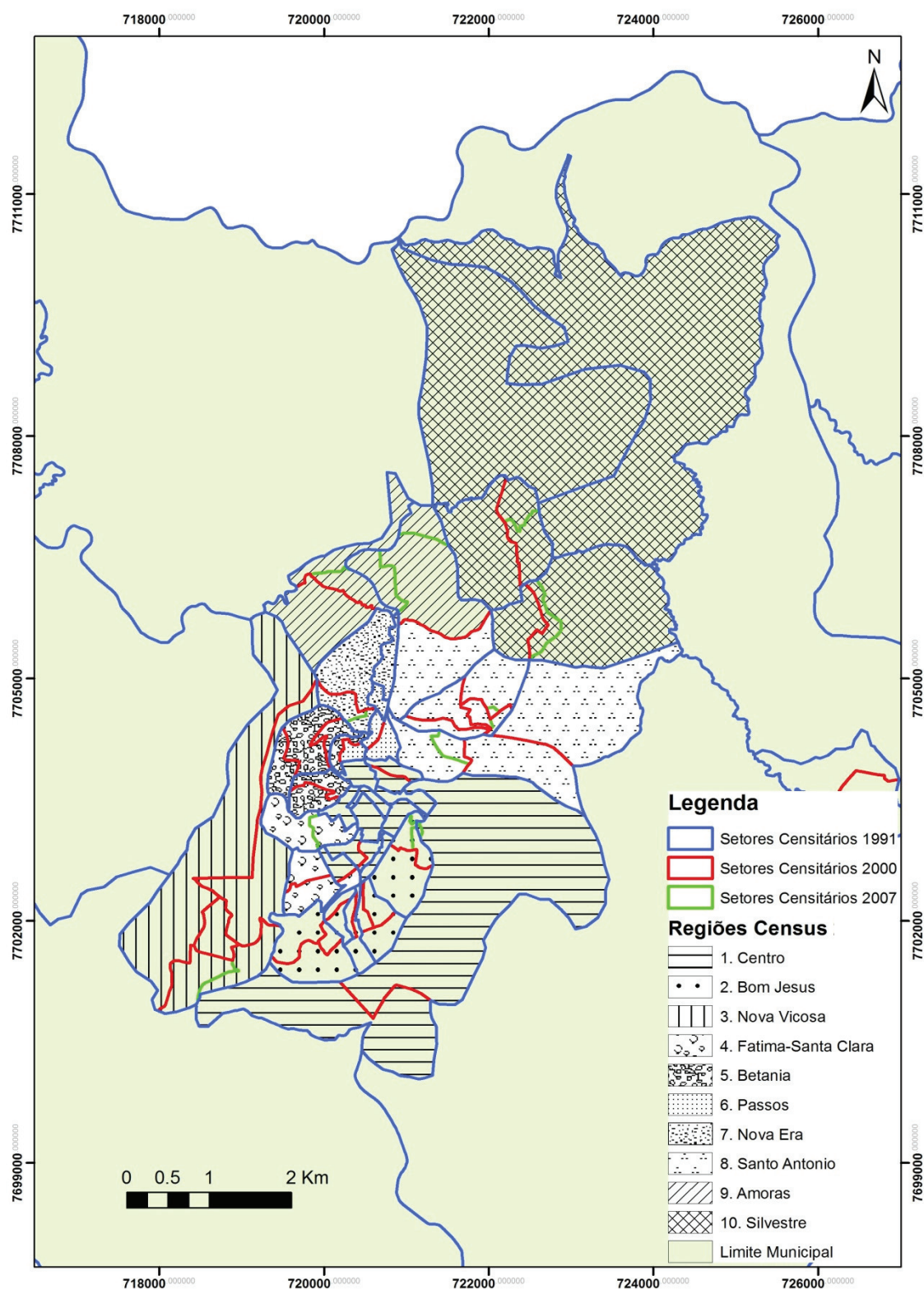
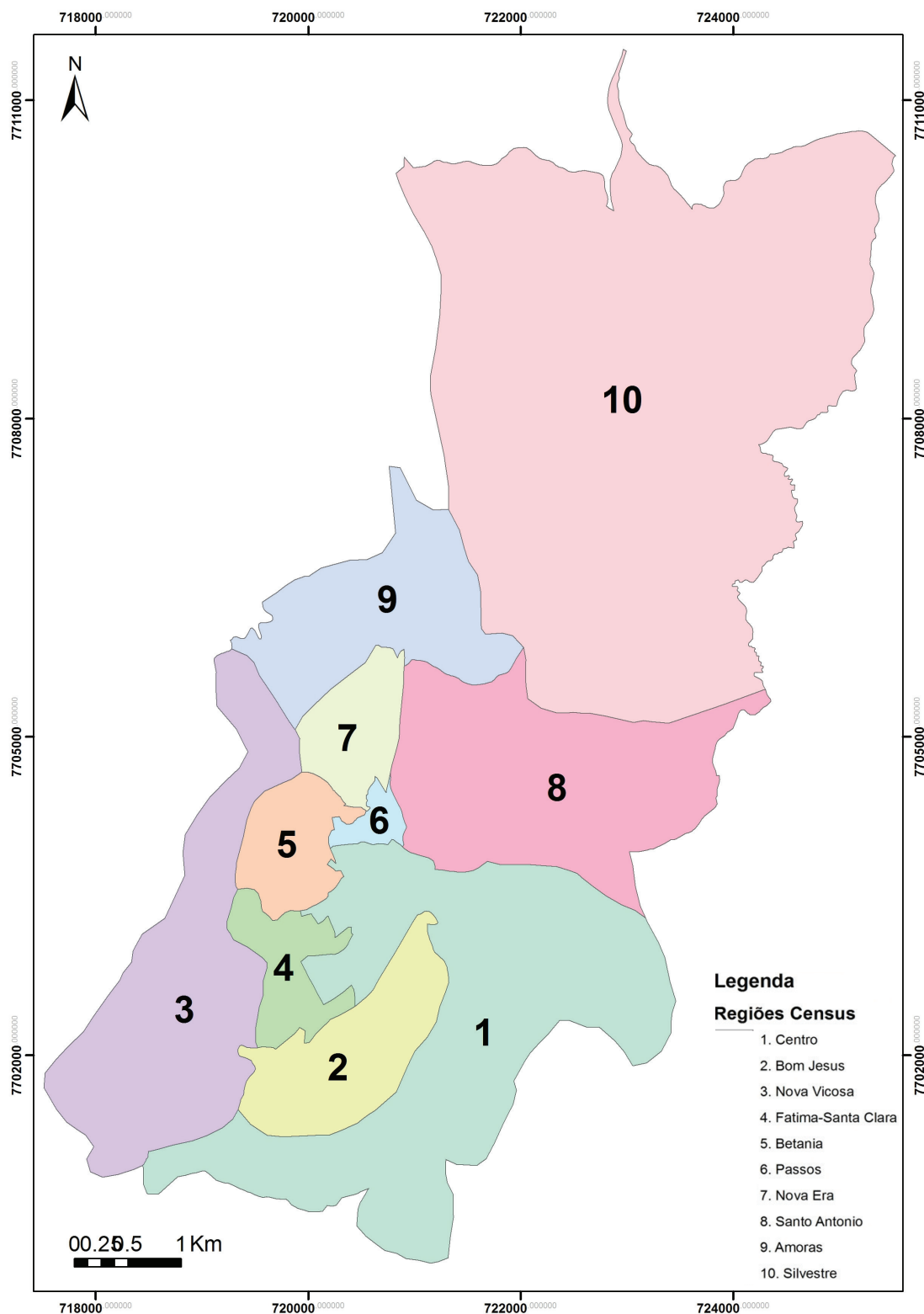


Figura 4.1 - Setores censitários definidos pelo IBGE em 1991, 2000 e 2007 e regiões urbanas de planejamento adotadas pelo Censo em 2004, Viçosa-MG.



Fonte: adaptado de CRUZ *et al.*, 2004.

Figura 4.2 - Regiões urbanas de planejamento adotadas pelo Censo em 2004, Viçosa-MG.

A Tabela 4.3 apresenta os bairros e os setores censitários (censo 2000) que compõem cada uma das regiões urbanas de planejamento.

Tabela 4.3 - Composição das regiões urbanas de planejamento (RUP) com os respectivos bairros e setores censitários (censo 2000).

RUPO	BAIRRO	SETORCENSITÁRIO (Censo 2000)
01. Centro	Rua Nova, Acamari, Romão dos Reis, Jardins do Vale, Clélia Bernardes, Ramos, Centro, Campus, parte do Lourdes e do Fátima	1,2,3,20,22,23,24,25,26, 27,29,30,53,54
02. Bom Jesus	Sagrada Família, Bela Vista, Bom Jesus, Estrelas e parte do Centro	4,5,6,7,8,9,10,11,12,13, 14,15
03. Nova Viçosa	Nova Viçosa e Posses	16,17,57,58
04. Fátima e Santa Clara	Santa Clara, Morada do Sol, parte do Lourdes e do Fátima	18,19,21,28
05. Betânia	Maria Eugênia, Betânia, J.K. e parte do São Sebastião, do Lourdes e do Santa Clara	31,32,33,34,35,36
06. Passos	Fuad Chequer, Sagrado Coração de Jesus e parte do Centro	37, 38, 39
07. Nova Era e Vale do Sol	Nova Era, Vale do Sol e União	40, 41,42,43
08. Santo Antônio	Santo Antônio, Julia Mollá, Belvedere e parte do Inácio Martins	47,48,49,50,51, 52,55,56
09. Amoras (Arduíno Bolívar)	Amoras (Arduíno Bolívar) Boa Vista, Laranjal, Barrinha, Vau-Açu, Floresta e parte do Inácio Martins	44,45,46
10. Silvestre e adjacências	João Brás, Silvestre, Novo Silvestre, Inconfidência, Parque do Ipê, Fazenda Lustosa, Liberdade, Violeira e Recanto da Serra	001, 002, 004, 005,006

Fonte: Cruz *et al.*(2004).

O Quadro A.2 anexo lista detalhadamente os bairros e a quais regiões pertencem.

4.3 – Caracterização das regiões urbanas de planejamento

As RUP foram caracterizadas de forma comparada entre si e em relação ao município como um todo por meio de análise descritiva dos dados. Para tanto, foram escolhidas algumas variáveis que apresentaram correlação com o consumo de água total ou *per capita*, englobando as seguintes categorias: ocupação urbana, escolaridade, renda e o próprio consumo de água.

Sobre a ocupação urbana, foram utilizadas as seguintes variáveis: (i) evolução do número de domicílios (Dom), (ii) de habitantes (Hab), (iii) de economias residenciais (EcRMM) e (iv) de ligações residenciais (LigRMM) ao longo dos anos; (v) média da área construída por ligação residencial de água (Área/LigR); (vi) frequência relativa de ligações residenciais segundo a área construída; (vii) número de habitantes por domicílio (Hab/Dom) e (viii) frequência relativa de domicílios segundo o número de moradores.

A série histórica da porcentagem de domicílios segundo o número de moradores foi elencada em domicílios com 1 (Dom1m); 2 (Dom2m); 3 (Dom3m); 4 (Dom4m); 5 (Dom5m); e 6 ou mais moradores (Dom6m).

Os números de habitantes (Hab) e de domicílios (Dom) foram provenientes das pesquisas populacionais do IBGE (2000 e 2007) e do CENSUS (2005 e 2009), enquanto os dados de economias (EcRMM) e ligações (LigRMM) foram disponibilizados pelo SAAE Viçosa.

Com os dados provenientes da PMV, foram calculadas a média da área construída por ligação residencial de água (Área/LigR) e a frequência relativa de classes de área construída das residências. As classes seguiram a seguinte distribuição: classe 1-10 a 50 m²; classe 2-51 a 100 m²; classe 3 -101 a 150 m²; classe 4 -151 a 200 m²; classe 5-201 a 250 m², classe 6-251 a 300 m²; classe 7 -301 a 350 m²; classe 8 - mais de 350 m².

Como variáveis referentes à escolaridade, foram utilizadas as porcentagens da população por grau de instrução dos responsáveis familiares e da população adulta, com idade igual ou superior a 25 anos. As seguintes classes de grau de instrução foram utilizadas: 1º Grau incompleto (R1ginc e I1ginc25), 1º Grau completo (R1gcomp e I1gc25), 2º Grau incompleto (R2ginc e I2ginc25), 2º Grau completo (R2gcomp e I2gc25), Superior incompleto (Rsupinc e Isupin25), Superior completo (Rsupcomp e Isupc25), Pós-Graduação (Rpos e Ipos25) e sem instrução (Rsinstr e InstS25); denominações equivalentes ao ensino fundamental (1º Grau) e ensino médio (2º Grau). Foram, ainda, utilizadas as taxas de alfabetizados (Alfab15) e analfabetos (Analf15) entre a população com mais de 15 anos de idade e também as porcentagens de frequência escolar segundo as faixas etárias de 6 a 15 anos (Freq6a15), 15 a 18 anos (Freq15a18), 18 a 25 (Freq18a25) anos e ainda o total de 6 a 25 anos (FreqT) em cada RUP.

As variáveis referentes à renda familiar utilizadas foram: (i) distribuições de famílias por faixa de renda *per capita*; (ii) renda familiar média em salários mínimos (RFamSM) e (iii) renda familiar *per capita* média (RPCptSM), também em salários mínimos. As faixas de renda *per capita* mensal utilizadas seguiram as pesquisas do CENSUS, sendo: até R\$ 100,00 (Ate100); de R\$ 100,00 a R\$ 200,00 (a200); de R\$ 200,00 a R\$ 300,00 (a300); de R\$ 300,00 a R\$ 600,00 (a600); de R\$ 600,00 a R\$ 900,00 (a900); de R\$ 900,00 a R\$ 1.200,00 (a1200); de R\$ 1.200,00 a R\$ 1.500,00 (a1500) e superior a R\$ 1.500,00 (Md1500).

As variáveis utilizadas, diretamente ligadas ao consumo de água foram: (i) séries históricas do consumo residencial de água por economia (CEcM), (ii) por ligação (CLigM) e (iii) *per capita* (CPCpt); (iv) frequência de economias residenciais segundo faixas de consumo de água e (v) impacto relativo de cada RUP no consumo total de água (CAn) e (vi) na ocupação do município segundo número de economias residenciais ativas (EcRMM), apresentados em valores percentuais.

O consumo foi expresso em m^3 , representa valores médios anuais do consumo mensal de água e foi subdividido em quatro faixas de valores: 1 a $15 m^3$ (CCA+CCB), 16 a $30 m^3$ (CCC+CCD+CCE), 31 a $60 m^3$ (CCF+CCG+CCH) e superior a $60 m^3$ (CCI+CCJ+CKK+CCL). Já os dados da série histórica do consumo *per capita* de água foram expressos em $L.hab^{-1}.d^{-1}$, sendo estes valores calculados pela soma do consumo total anual (CAn) em cada RUP dividida pelo número de habitantes (Hab) verificado pelas pesquisas populacionais; portanto, têm-se dados de consumo *per capita* apenas para os anos de 2000, 2005, 2007 e 2009, anos referentes às pesquisas populacionais, do IBGE e CENSUS.

4.3.1 – Comparação entre regiões urbanas de planejamento

A fim de verificar se havia diferença estatisticamente significativa entre as RUP, foram realizados testes estatísticos não paramétricos: teste de Kruskal-Wallis de comparação entre k amostras, seguido do teste bilateral utilizando o procedimento de Dunn para verificação de quais pares das k amostras diferem entre si. Esses testes foram aplicados às seguintes variáveis: (i) de consumo de água (CAn, CEcM, CLigM e CPCpt); (ii) variáveis relativas à ocupação residencial: número de economias por ligação (Ec/Lig), número de habitantes por domicílio (Hab./Dom.), número de habitantes por economia (Hab/Ec.), e área construída por habitante (Área/Hab); (iii) variáveis demográficas e relacionadas à ocupação urbana: participação percentual do número de economias de cada RUP em relação ao total da zona urbana do município (EcR%); participação percentual do número de ligações residenciais de cada RUP em relação ao total da zona urbana do município (LigR%); número de domicílios de cada RUP em relação ao total da zona urbana do município (Dom%) e número de habitantes (Hab).

Testes não paramétricos são aplicáveis independentemente da forma da distribuição dos dados e essa foi, essencialmente, a razão da escolha do tipo de teste. Os resultados dos testes foram analisados tomando como referência o valor de 5% como significância estatística

4.3.2 – Verificação da dependência espacial do consumo de água

Segundo Fucks *et al.* (2004), a maior parte das variáveis, naturais ou sociais, apresentam entre si uma relação que depende da distância, intitulada dependência espacial. Tal conceito remete à afirmativa de Waldo Tobler é conhecida como primeira lei da

Geografia: “todas as coisas são parecidas, mas coisas mais próximas se parecem mais que coisas mais distantes” (TOBLER, 1970 apud ALMEIDA *et al.*, 2007).

No ambiente computacional, o conceito de dependência espacial é traduzido em autocorrelação espacial, termo derivado do conceito estatístico de correlação, porém a análise de correlação é realizada com a mesma variável aleatória (“auto”) medida em diferentes locais (“espacial”).

Foram realizadas análises geoestatísticas para verificar a existência de autocorrelação espacial entre dados de consumo *per capita* de água utilizando o “Índice Global de Moran”, e para distinguir possíveis heterogeneidades internas nas RUP (com padrões de consumo mais elevados ou mais baixos que a média) utilizando o “Índice Local de Autocorrelação Espacial” (LISA), mais especificamente “Índice Local de Moran”.

Tais análises foram realizadas para as médias anuais das dez RUP por meio da verificação de vizinhança de polígonos; foram realizadas também para os dados de consumo *per capita* de água de 2009 individualizados por economia, utilizando a distância euclidiana (verificação da influência pelo inverso do quadrado da distância) para um raio de 500m. Todas as análises espaciais foram realizadas no programa de Sistemas de Informações Geográficas - ArcGis[®], versão 9.3.1, distribuído pela ESRI.

4.3.3 – Comparação temporal entre consumos *per capita* anuais

A fim de verificar se havia diferença entre os consumos *per capita* ao longo dos anos foram apresentadas as distribuições de dados em gráficos Box plot, sintetizando os valores extremos e percentis 25%, 50% e 75% dos dados relativos à zona urbana como um todo e para cada uma das 10 RUP. Os dados de consumo *per capita* foram também organizados em gráficos de variação temporal, utilizando os valores médios e os percentis 25%, 50% e 75%.

O consumo *per capita* foi calculado pela divisão da média do consumo mensal verificado para cada ligação residencial pelo produto do número de economias por ligação residencial pelo número médio de habitantes/economia (calculado pelos dados das pesquisas censitárias); dessa forma foram obtidos valores de consumo *per capita* para cada ligação residencial de água.

4.4 – Fatores intervenientes no consumo efetivo residencial *per capita* e no consumo total de água

4.4.1. Seleção inicial de variáveis

As variáveis utilizadas no presente trabalho, como já mencionado, foram extraídas de diferentes estudos sob diferentes metodologias, o que inviabiliza a análise conjunta de algumas variáveis.

Tentando adequar o estudo à necessidade de um número mínimo de observações da mesma variável, foram descartadas das análises aquelas variáveis socioeconômicas que não se mostraram presentes simultaneamente nas pesquisas realizadas nos anos de 2000, 2005, 2007 e 2009; ressalta-se que essas pesquisas somavam 86 variáveis. As variáveis remanescentes nas análises foram: (i) número de habitantes (Hab); (ii) número de domicílios (Dom); relação habitantes por domicílio (Hab/Dom); (iv) renda familiar (RFamSM) e (v) renda *per capita* (RPCptSM), ambas medidas em número de salários mínimos. Essas variáveis foram denominadas “variáveis síntese”.

Em um segundo momento, restringiu-se ainda mais a gama de variáveis, utilizando-se apenas aquelas cuja disponibilidade e periodicidade de atualização ocorrem em maior frequência. Nesse sentido, foi feita opção pelas variáveis gerenciadas pelo SAAE e pela PMV em suas atividades rotineiras: (i) número de economias residenciais ativas (EcRMM e EcR%); (ii) número de ligações residenciais ativas (LigRMM e LigR%), (ii) área construída (Área Total, Área/LigR e Área/EcR) e (iii) número de economias por ligação (Ec/Lig). A este grupo de variáveis foi dado o título de variáveis “operacionais”.

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do *software* Microsoft Excel 2007, XLSTAT 2009 e SPSS - *Statistical Package for the Social Sciences* 18.0.

O Quadro A.1 e a Tabela A.1(anexos) apresentam as variáveis utilizadas e agrupadas nas RUP e resultados de estatísticas descritivas destas variáveis.

4.4.2–Testes de correlação entre diferentes variáveis e o consumo residencial de água

Dada a diversidade das variáveis, a ampla variação de tamanho dos bancos de dados disponíveis para cada variável e o desconhecimento da distribuição dessas variáveis, optou-se por um teste não-paramétrico. O coeficiente de correlação posto-ordem de *Spearman* (ρ) foi utilizado para verificar a existência de associação entre o consumo de água e as diferentes variáveis, bem como de inter-relação entre as variáveis. Porém, como o número elevado de variáveis não permitiu a apresentação de uma matriz única de

correlações entre todas as variáveis, os resultados foram apresentadas por partes, considerando aspectos conceituais.

Variáveis meteorológicas

A fim de verificar a influência de fatores climáticos sobre o consumo residencial de água na zona urbana de Viçosa, foi aplicado o teste de correlação de *Spearman* entre as médias mensais dedados meteorológicos e de consumo de água, utilizando as seguintes variáveis: (i) “Pluviosidade” acumulada no mês; (ii) “Temperatura (Máx.)” máxima mensal; (iii) “Temperatura (Mín.)” mínima mensal; (iv) “Temperatura (Média)” média mensal; (v) ”Umidade Relativa” do ar; (vi) “Consumo Total” residencial urbano mensal; (viii) “Consumo/Ec.”: média mensal do consumo residencial verificado em economias ativas e (ix) “Consumo/Lig.”: média mensal do consumo residencial verificado em ligações ativas.

Foram obtidos dados mensais referentes ao intervalo de maio de 1998 a dezembro de 2009, perfazendo um total de 143 meses.

Médias anuais das regiões urbanas de planejamento

Os dados provenientes do IBGE (2000 e 2007) e de pesquisas do Centro de Promoção do Desenvolvimento Sustentável (CENSUS) (2005, 2007 e 2009) foram disponibilizados em valores anuais. Para realizar análises entre estes dados e os demais, como os de consumo de água, foi necessário agrupar os demais dados provenientes do SAAE e PMV em médias anuais, além de realizar a compatibilização espacial já discutida em seção anterior.

Essas médias anuais foram separadas em regiões urbanas de planejamento e englobam: (i) dados socioeconômicos e demográficos extraídos das pesquisas populacionais (IBGE e CENSUS); (ii) cadastro de área construída residencial (PMV); (iii) dados de consumo, economias e ligações de água (SAAE), assim como algumas inter-relações entre estas variáveis, somando 115 variáveis. Tal contingente inviabiliza a apresentação dos resultados em uma única matriz de correlações e, sendo assim, foram apresentados separadamente: primeiramente os coeficientes de correlação entre as variáveis de consumo de água e, na sequência, os coeficientes de correlação entre as variáveis de consumo e as demais variáveis.

Área residencial construída

O cadastro de área residencial construída foi disponibilizado com detalhamento ao nível de ligação residencial de água, o que possibilitou a análise singularizada pareada com o consumo de água, detalhado em economias.

Para tanto, os dados de consumo foram organizados em consumo anual (CAN), representado pela soma do consumo ao longo do ano de determinada economia residencial de água, e em consumo *per capita*, calculado com base na média regionalizada do número de habitantes por economia (Cons_PC). Os dados de área construída foram expressos em relação ao número de economias residenciais ativas (Área_Ec) e por habitante (Área/Hab), utilizando cálculo similar ao realizado para os valores de consumo *per capita*.

As análises foram realizadas separadamente para os anos em que foram levantados dados populacionais por RUP: 2000, 2005, 2007 e 2009.

4.4.3– Análise fatorial de componentes principais

Segundo Hair *et al.* (2009), o propósito principal da análise fatorial é definir a estrutura inerente entre variáveis, podendo ser utilizada para reduzir o número de variáveis para análises posteriores, selecionando as mais representativas ou transformando as variáveis originais em um número menor de novas variáveis, isto é, identificando “fatores” (ou componentes principais) que expressam dimensões subentendidas as quais resumem ou explicam o conjunto original de variáveis observadas.

Previamente à análise fatorial, foram excluídas as variáveis que, de acordo com os testes descritos no item anterior, apresentaram baixo índice de correlação com o consumo de água; foram excluídas também as variáveis descritas por menos de 40 observações, pois a disponibilidade de um número razoável de observações é uma das exigências para inclusão na análise fatorial (HAIR *et al.*, 2009).

Segundo esses mesmos autores, exige-se também que haja correlação entre as variáveis incluídas na análise fatorial, por isso, foi verificada a existência de correlações individuais entre as variáveis utilizando o teste de correlação de *Pearson*, Tabelas A.8 e A.9 (anexo), adotando como critério mínimo que o coeficiente de correlação fosse superior a $\pm 0,3$. A existência de correlações suficientes entre variáveis foi avaliada ainda pela significância do teste de esfericidade de Bartlett, sendo que, em geral, adota-se como limite superior 5%.

Uma terceira medida para quantificar o grau de intercorrelação entre variáveis e a adequação da análise fatorial é a Medida de Adequação da Amostra (MAS), aqui analisada pelo teste de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), cujo coeficiente varia de 0 a 1 e deve ser maior que 0,5 (HAIR *et al.*, 2009).

Observadas essas premissas, os “fatores” foram extraídos enquanto possuam autovalores maiores que 1, ou até que expliquem ao menos 60% da variância dos dados originais.

Foram ainda analisados os valores de comunalidade e de carga fatorial de cada variável. As comunalidades representam a proporção da variância de cada variável incluída na análise que é explicada pelos componentes identificados. Usualmente, o valor mínimo aceitável é de 0,50. Já as cargas fatoriais expressam a correlação de cada variável em relação aos componentes extraídos, sendo que valores de 0,4 são minimamente aceitáveis (HAIR *et al.*, 2009).

A fim de facilitar a interpretação dos fatores e das cargas fatoriais, foi realizado o processo de rotação ortogonal dos fatores pelo método VARIMAX com normalização de Kaiser (HAIR *et al.*, 2009).

Realizou-se primeiramente a análise com um grupo maior de variáveis, passando posteriormente para um conjunto mais restrito na tentativa de verificar se esse conjunto reduzido de variáveis conseguiria expressar as diferentes dimensões (“fatores”) verificadas anteriormente.

4.4.4– Ajuste de modelos explicativos do consumo de água por meio de regressão múltipla

Foram aplicados testes de regressão múltipla que procurassem explicar, por RUP, o consumo de água (variável dependente) em função de variáveis independentes selecionadas por meio dos critérios de exclusão e seleção (componentes principais) descritos no item anterior.

Modelos de regressão múltipla podem se representados como na Equação 4.1.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_i X_i + \varepsilon \quad (4.1)$$

Onde:

Y: variável dependente;

X_i : i-ésima variável independente;

β_0 : intercepto do eixo;

β_i : coeficiente angular da i-ésima variável;

i: número de variáveis independentes.

ε : erro, variância de Y não explicada pelo modelo.

Como variáveis dependentes, foram utilizadas: (i) o consumo total anual de água verificado em cada RUP (CAn); (ii) o consumo relativizado por ligação, isto é, a média mensal do consumo por ligação residencial (CLigM), medida esta similar ao, e que apresentou as maiores correlações com o consumo *per capita*. Os valores de consumo *per capita* (CPCpt) não foram utilizados, pois as observações dessa variável somam apenas quatro por RUP, referentes aos anos de pesquisas censitárias, 2000, 2005, 2007 e 2009. Isso não atende ao pressuposto de graus de liberdade considerando o número de variáveis independentes inseridas nos modelos regionalizados, pois o número de observações deve exceder o número de variáveis.

Foram inseridas no modelo as variáveis “operacionais” (ver item 4.4.1), pois pela análise fatorial estas se apresentaram como representativas dos diferentes fatores verificados no total de variáveis utilizadas. A opção pelas variáveis “operacionais” tem ainda implicações de facilidade prática, pois são, ou deveriam ser variáveis levantadas regularmente pelos órgãos municipais. Além disso, esse grupo possui número suficiente de observações para atender aos pressupostos do modelo: 14 por região.

Foram excluídas das análises as variáveis representantes do número e porcentagem de economias residenciais ativas (EcRMM e EcR%), pois apresentaram problemas na obtenção de séries históricas, baixas correlações e confundimento na interpretação da natureza de sua contribuição pela análise de fatores.

As variáveis “operacionais” foram inseridas na análise de regressão, porém quais destas variáveis farão parte do modelo estimado foi determinado pelo método *stepwise*. Esta é uma técnica de inclusão de variáveis no modelo que leva em consideração o poder explicativo diferencial que pode ser adicionado ou subtraído ao modelo por cada variável, sendo medido por meio da significância da estatística F de Fisher. Os critérios de probabilidade adotados para escolha das variáveis foram: para entrada da variável, p-valor $\leq 0,05$ e, para retirada, p-valor $\geq 0,10$. A técnica *stepwise* permite a redução de variáveis apenas àquelas que melhor explicam a variação observada na variável dependente.

Foram então estimados coeficientes de regressão b , que farão parte do modelo preditivo das variáveis dependentes, e os coeficientes padronizados β (Beta), que indicam a relação de força entre as variáveis, determinando qual variável independente tem maior impacto na predição (HAIR *et al.*, 2009).

Os gráficos dos resíduos foram analisados para verificação de ajuste à distribuição normal, sendo este um dos pressupostos dos modelos de regressão.

5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 – Caracterização da zona urbana de Viçosa – MG

5.1.1 – Caracterização das regiões urbanas de planejamento

5.1.1.1 – Aspectos demográficos

As evoluções do número de domicílios, de habitantes, de economias e de ligações residenciais ao longo dos anos são mostradas na Figura 5.1. Verifica-se tendência de aumento dessas quatro variáveis em praticamente todas RUP. Destaca-se a região Centro (R1) pelo elevado número de economias residenciais, bem acima do verificado nas demais regiões. Nesta mesma região, a relação entre o número de economias e o número de ligações se mostra bem alta, evidenciando a já comentada verticalização que ocorre na região central da cidade. Contudo, algumas regiões apresentaram tendência de estabilização ou, aparentemente, queda no número de habitantes nos últimos anos.

Ao longo das séries temporais são observados alguns pontos discrepantes, principalmente nos dados referentes ao número de habitantes; isso pode estar relacionado à diversidade de fontes que, como já destacado, se utilizam de diferentes metodologias e recortes territoriais, e mesmo após a compatibilização territorial das bases de dados podem ter permanecido algumas discrepâncias.

Além disso, no próprio documento do CENSUS há menção à possibilidade de superestimativa dos dados populacionais de 2005: Cruz *et al.*(2008) indicam que a estimativa da população urbana apresentada no trabalho de 2006, baseada na pressuposição de que a taxa de crescimento populacional observada antes do ano 2000 seria mantida nos anos seguintes, superestimou os resultados em valores absolutos.

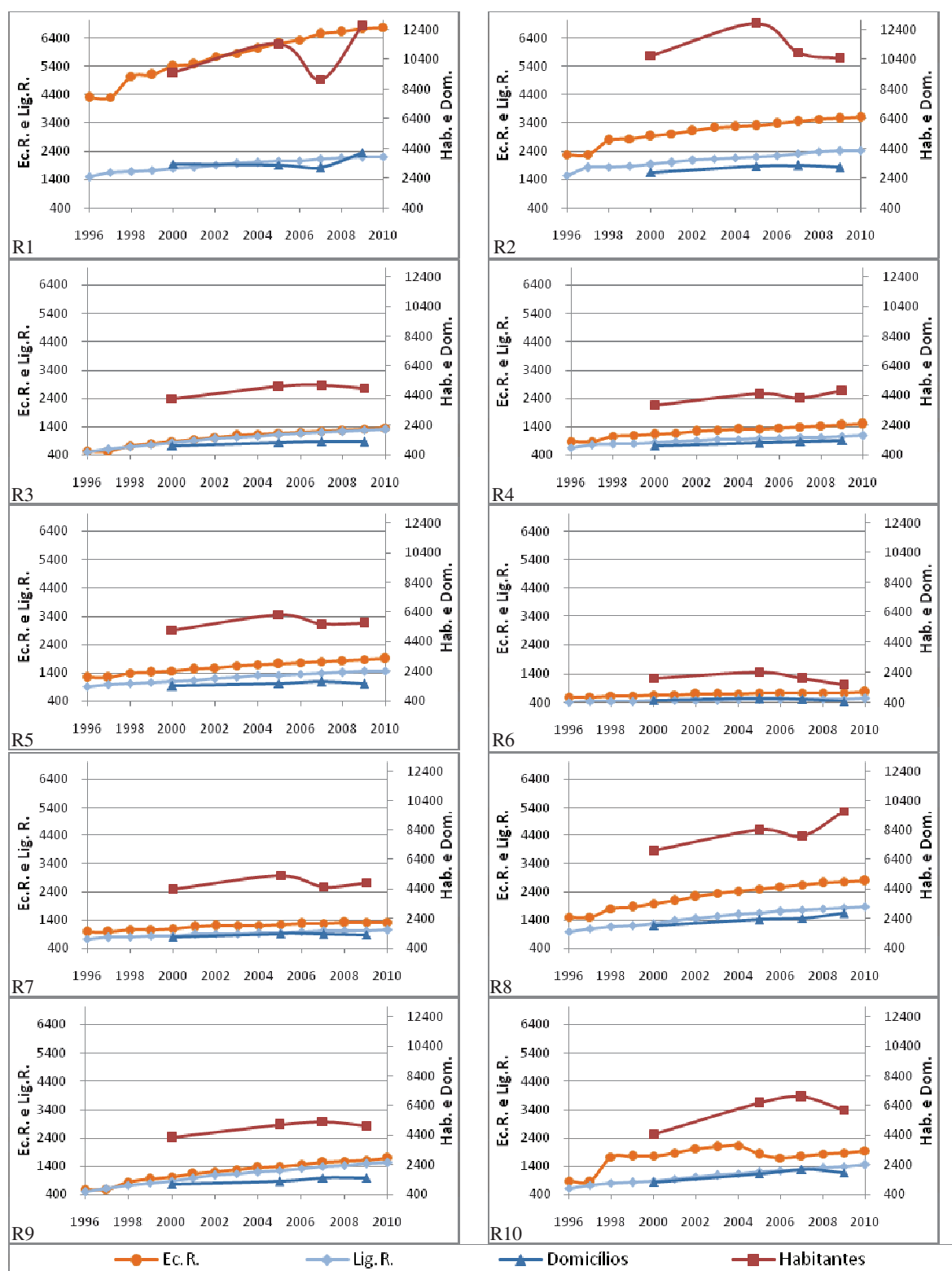


Figura 5.1 – Evolução do número de domicílios, habitantes, economias (Ec.R.) e ligações residenciais (Lig.R.) ao longo dos anos nas regiões urbanas de planejamento, Viçosa-MG 1996-2010.

As médias das áreas construídas por ligação residencial são apresentadas na Figura 5.2.

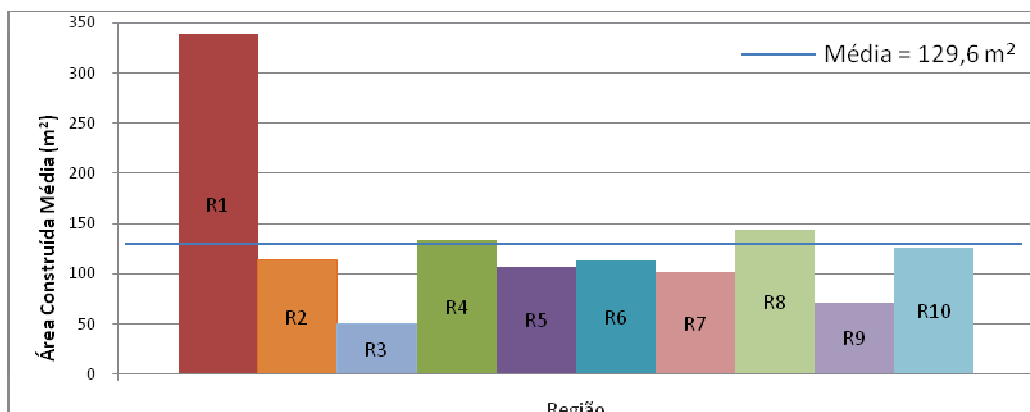


Figura 5.2 – Média da área construída por ligação residencial nas regiões urbanas de planejamento (barras) e em todo município (linha horizontal azul)..

A maior média de área construída das ligações residenciais foi observada na região Centro (R1) e a menor na região Nova Viçosa (R3). A grande diferença verificada entre a área construída média por ligação predial da região R1 e as demais tem relação com a verticalização verificada na região central da cidade.

A frequência relativa de área construída por ligação residencial segundo oito classes de área construída em cada RUP e no total do município é apresentada na Figura 5.3.

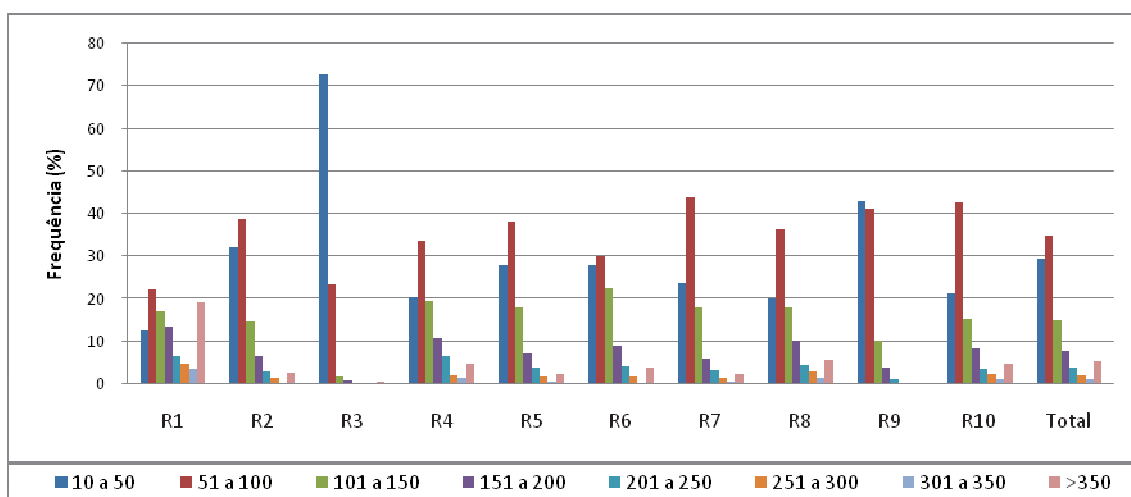


Figura 5.3 – Frequência relativa de classes de área construída (m^2) das residências nas regiões urbanas de planejamento e no total do município.

Na Figura 5.3 fica clara a participação das ligações com mais de $350 m^2$ na região Centro (R1), classe esta composta em grande parte por prédios e que respondem por mais de 19% das ligações residenciais dessa região. Por outro lado, a região Nova Viçosa (R3) chama atenção pela grande participação de ligações residenciais com até $50 m^2$: cerca

de 73% da região. Na região Amoras (R9), também há grande porcentagem de ligações residenciais nessa faixa de área construída, com quase 43% das residências. Nas demais regiões, a classe que mais se destaca é aquela que contém as ligações residenciais com 51 a 100 m², o que ocorre também no total do município com praticamente 35% das ligações residenciais.

Como pode ser observado na Figura 5.4, o número de habitantes por domicílio em todas RUP variou de 2,84 a 4,19. A região Centro (R1) apresentou os menores valores, enquanto a região Nova Viçosa (R3), de baixo poder aquisitivo, os maiores.

Tendo em conta a já mencionada superestimativa populacional da pesquisa do CENSUS de 2005, o ano de 2007 apresentou queda nos valores de habitantes por domicílio em todas as regiões; essa tendência permaneceu no ano de 2009 nas regiões Nova Viçosa (R3), Amoras (R9) e Silvestre e adjacências (R10), enquanto nas demais regiões a tendência mostrou-se inversa. Mesmo assim, os valores verificados no ano de 2009 permaneceram menores que os verificados nos anos de 2000 e 2005, exceto na região Centro (R1).

Na região Centro (R1), apesar de ser a que apresenta menor número de habitantes por domicílio, o valor verificado em 2009 foi maior que os verificados em 2000 e 2007, tendência esta contrária ao esperado, pois como já comentado, com o aumento dos apartamentos “quarto e sala” nas novas construções vem ocorrendo tendência de diminuição do número de cômodos.

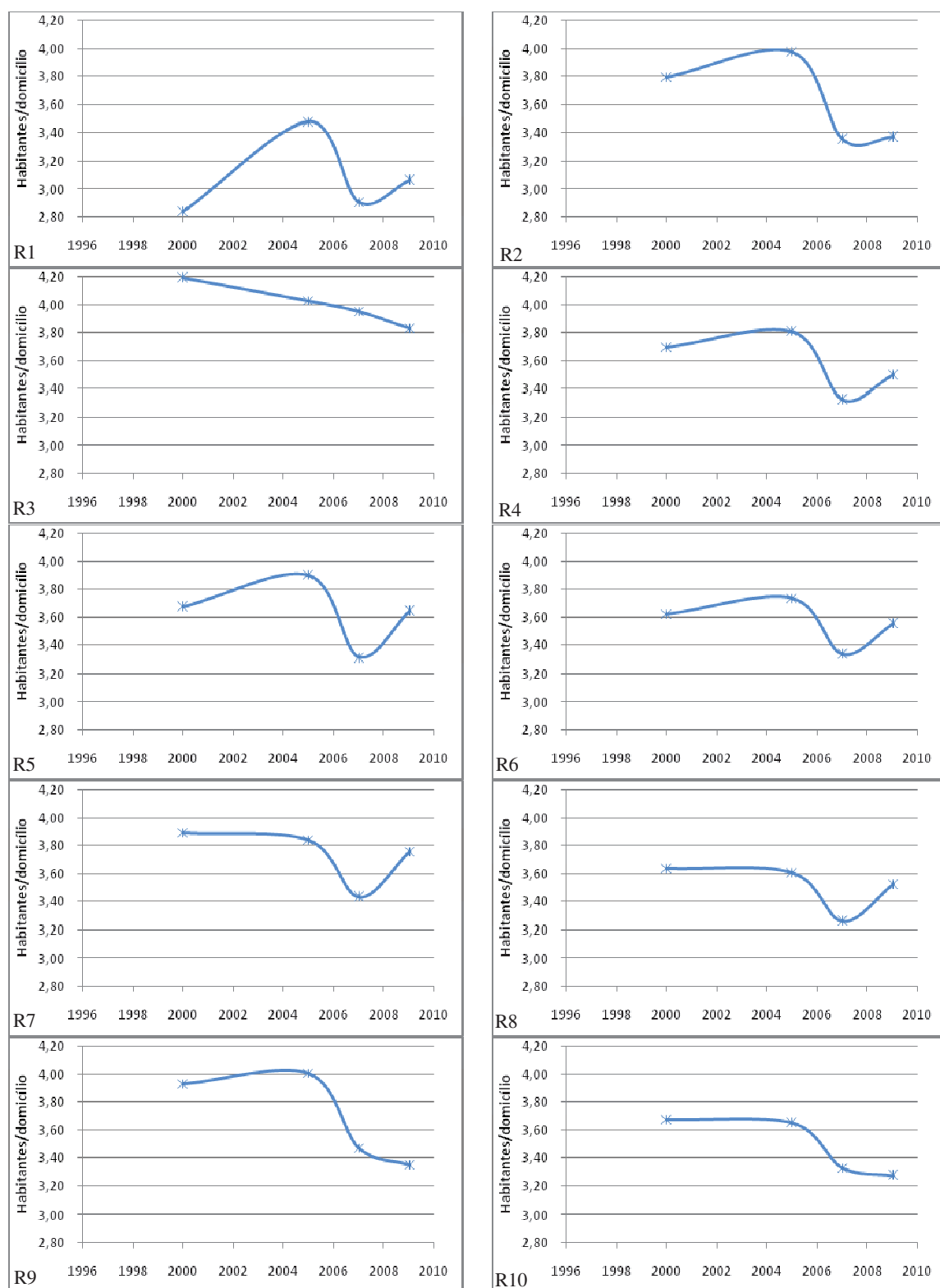


Figura 5.4 – Série histórica do número de habitantes por domicílio nas regiões urbanas de planejamento, Viçosa-MG, 2000, 2005, 2007 e 2009.

A porcentagem de domicílios nas RUP segundo o número de moradores, elencados em domicílios com 1; 2; 3; 4; 5 e 6 ou mais moradores, é apresentada na Figura 5.5. Essa figura ajuda a entender a variação da média do número de habitantes por domicílio apresentada na Figura 5.4. A região Centro (R1), que apresentou as menores médias de

moradores por domicílio, é a que apresenta as maiores proporções de domicílios com 1 e 2 moradores. Por outro lado, a região Nova Viçosa (R3), região com maior média de moradores por domicílio, apresentou as maiores porcentagens de domicílios com 5 e 6 ou mais moradores.

As porcentagens de domicílios com 5 ou mais moradores vêm caindo ao longo dos anos, sendo que a tendência de diminuição da participação de domicílios com mais de 4 moradores é observada em quase todas as regiões. A diminuição do número de moradores por domicílio é verificada também no cenário nacional, onde se evidencia generalizado processo de queda da fecundidade e novos arranjos familiares com menor número de moradores por residência (ALVEZ *et al.*, 2010).

Contudo, entre as RUP há exceções. Nas regiões Santo Antônio (R8) e Passos (R6) houve aumento do número de domicílios com, respectivamente, 5 moradores e 6 ou mais moradores. Uma explicação presumível pra isso pode ser o deslocamento de repúblicas de estudantes e famílias para estas regiões periféricas à região central (R1), promovido pela especulação imobiliária verificada na região central da cidade, que eleva os preços dos aluguéis nesta região.

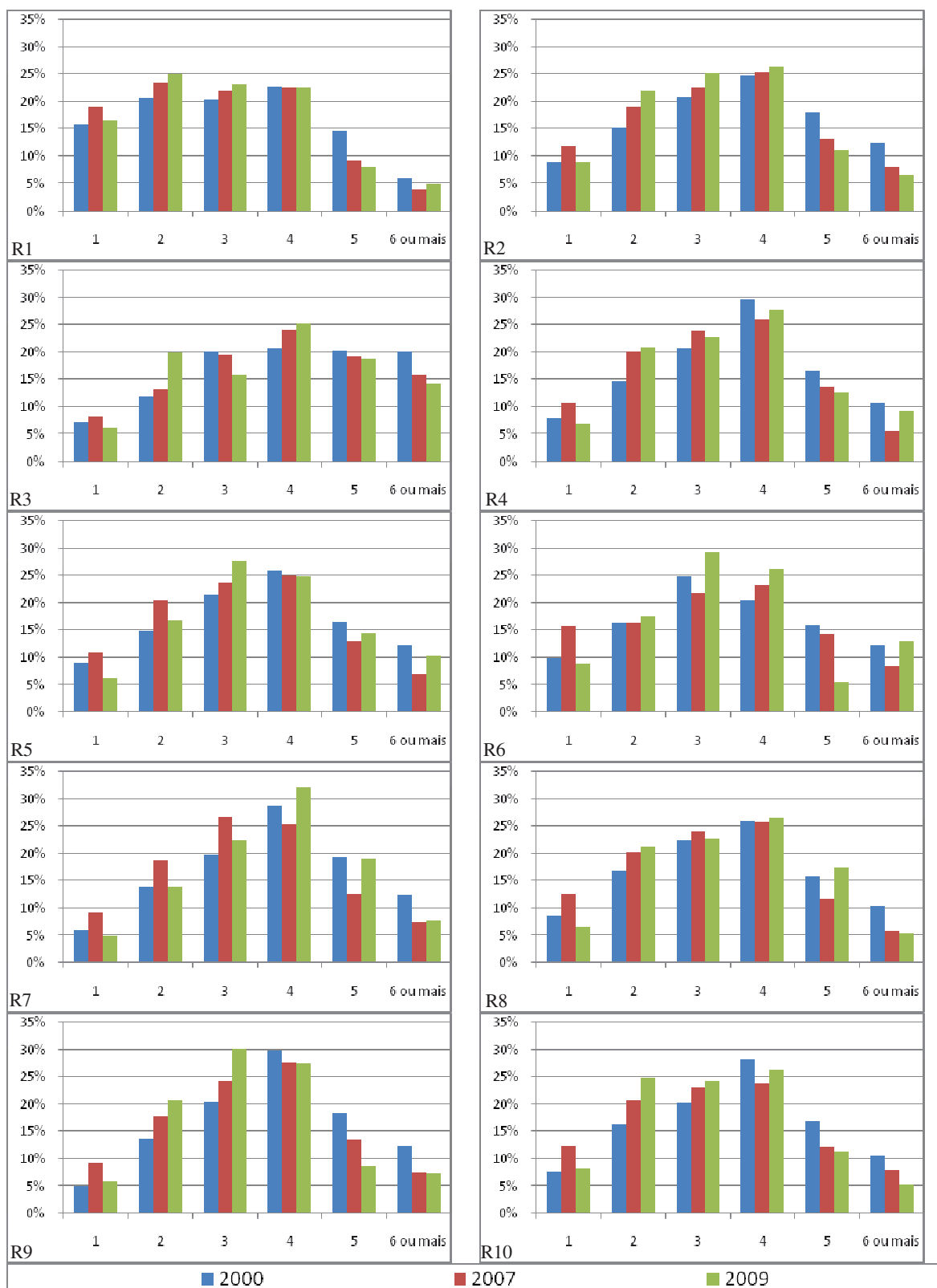


Figura 5.5 – Porcentagem de domicílios segundo o número de moradores nas regiões urbanas de planejamento, Viçosa-MG, 2000, 2007 e 2009.

5.1.1.2 – Aspectos socioeconômicos

Nas Figuras a seguir são apresentadas informações sobre percentuais populacionais por classes de grau de instrução nas RUP: na Figura 5.6 expressas com base nos responsáveis familiares pelo domicílio e na Figura 5.7 pela população adulta com idade igual ou superior a 25 anos.

A escolaridade verificada para os chefes de família foi bem próxima à verificada na população adulta. Percebe-se que apesar de ser conhecida como cidade educadora, há em Viçosa grande parcela da população com baixa escolaridade e índices elevados de analfabetismo. A maior parte dos chefes de família não chegou a concluir o 1º Grau: 53,98% em 2005 e 54,14% em 2007, sendo que mais de 14% desse contingente se apresentava na categoria “sem instrução”, o que corresponde a quase 8% do total dos chefes de família. Os que concluíram o segundo grau somavam 31,71% em 2005 e 30,01% em 2007, enquanto que os que chegaram a concluir o ensino superior, padrão da cidade, somavam apenas 12,71% em 2005 e 11,95% em 2007. A população adulta que não chegou a concluir o 1º Grau somava 51,10% em 2005 e 49,55% em 2007; os que concluíram o 2º Grau correspondiam a 33,76% em 2005 e 35,65% em 2007 e a porcentagem da população adulta que chegou a concluir o curso superior foi de 11,55% em 2005 e 12,68% em 2007. Para efeito de comparação, no Brasil, em 2009, a porcentagem da população com curso superior completo chegou a 10,6% e 23% havia concluído o nível médio.

A população com baixa escolaridade apresentou-se em maiores proporções nas regiões periféricas da cidade, como nas regiões Bom Jesus (R2), Nova Era e Vale do Sol (R7), Amoras (R9) e, principalmente, na região Nova Viçosa (R3) que possuía a maior proporção de população adulta (mais de 25 anos de idade) sem instrução: 18,34% em 2005, 19,51% em 2007 (Figura 5.7). Na região de Amoras (R9) também foram verificadas altas proporções de moradores sem instrução com mais de 25 anos: 8% em 2005 e 13,35% em 2007.

Nova Viçosa foi também a região em que se registrou a maior porcentagem de analfabetos entre a população com 15 ou mais anos de idade em 2009 (9%), porém registra-se algum avanço nessa região, pois em 2000 a proporção de analfabetos era de 22% (Figura 5.8). A região Nova Era e Vale do Sol (R7) é outra região com porcentagem relativamente elevada de analfabetos entre a população com mais de 15 anos: 7% em 2000 e 8% em 2009. Na população brasileira, a taxa de analfabetismo entre pessoas de 15 anos ou mais foi de 9,7% em 2009 e de 12% na população adulta, com 25 anos ou mais.

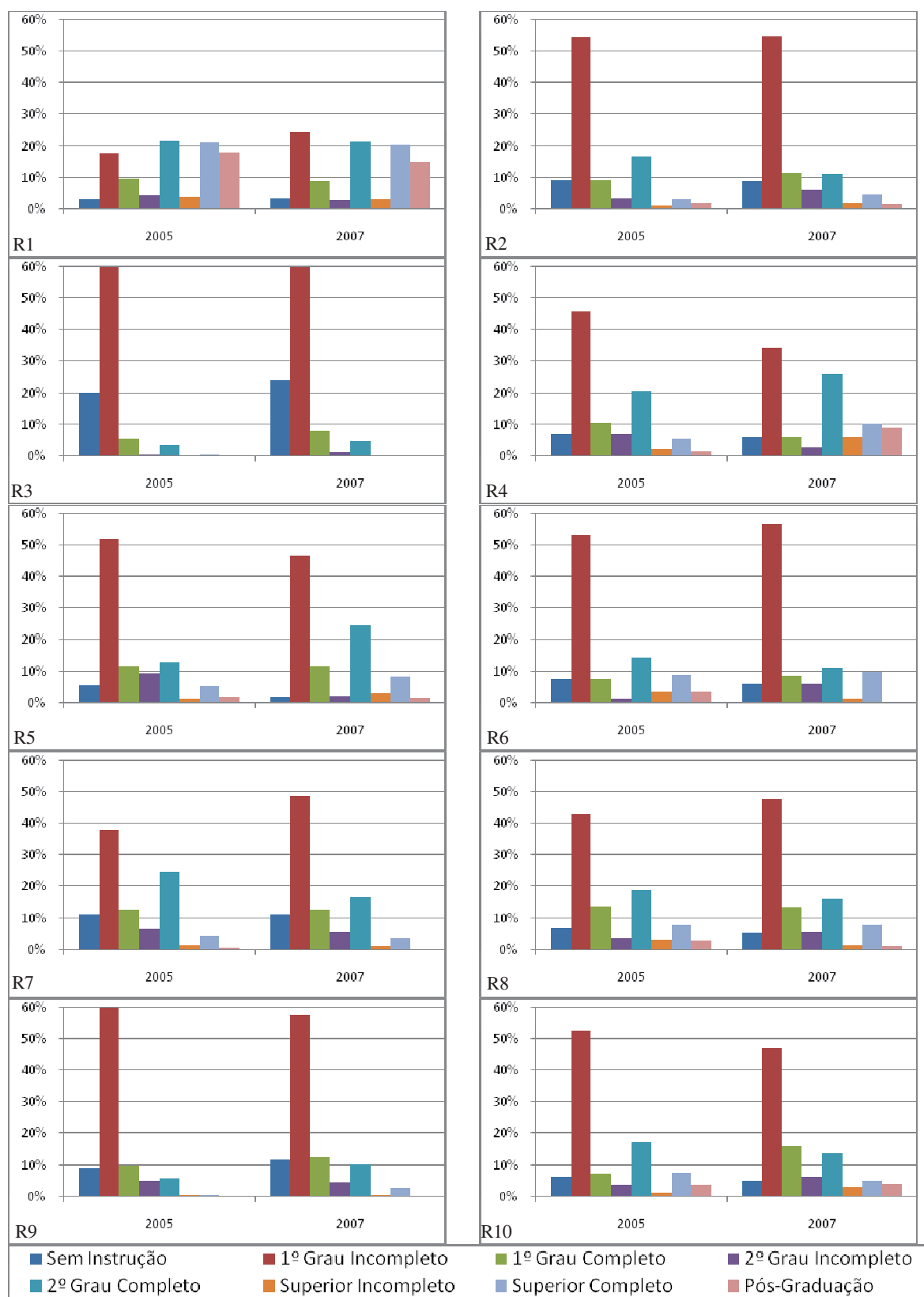


Figura 5.6 – Porcentagem de responsáveis familiares pelo domicílio por grau de instrução nas regiões urbanas de planejamento, Viçosa-MG, 2005 e 2007.

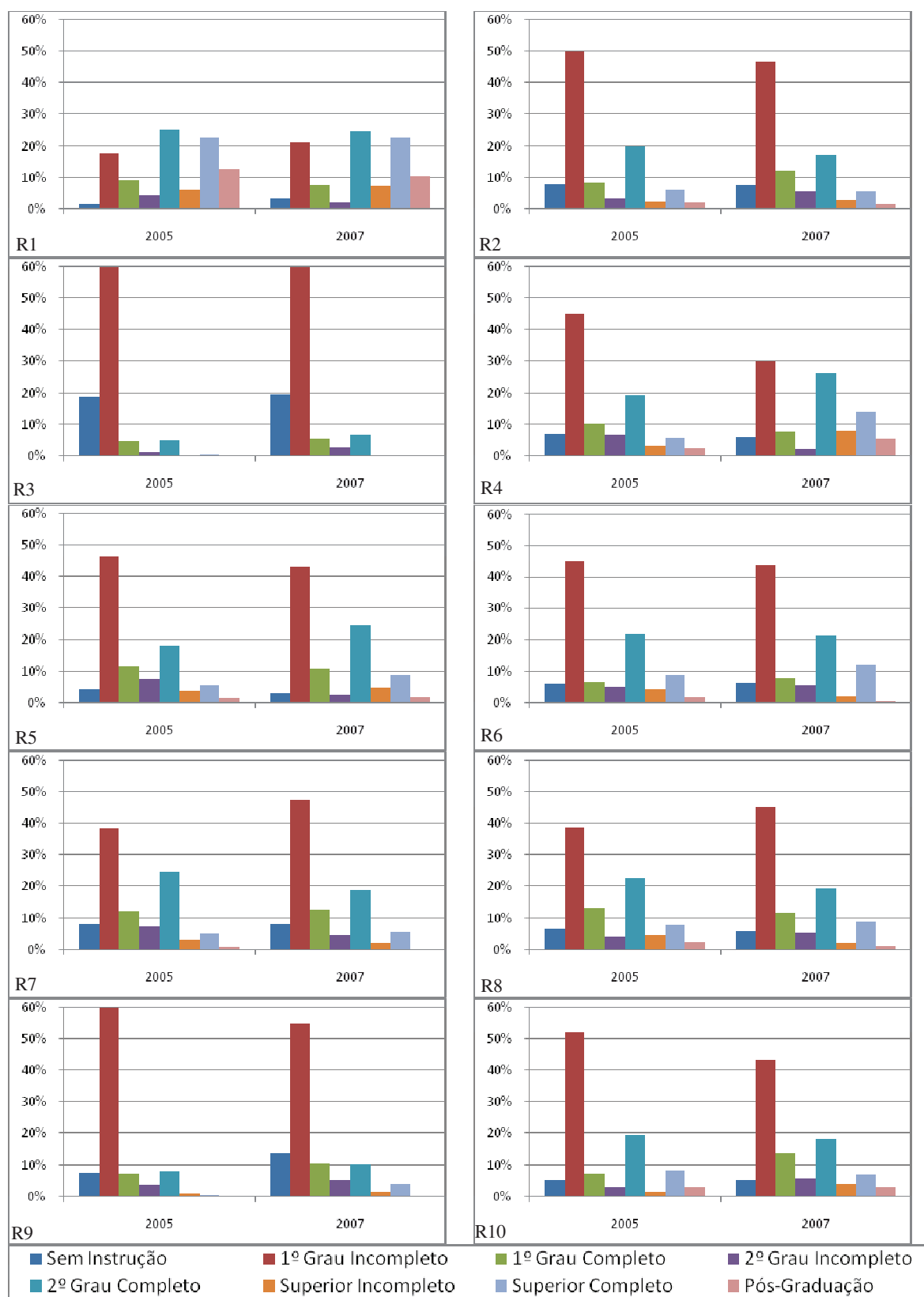


Figura 5.7 – Porcentagem da população com mais de 25 anos de idade por grau de instrução nas regiões urbanas de planejamento, Viçosa-MG, 2005 e 2007.

A região Centro (R1) concentrou a maior parte de população com elevada escolaridade, sendo responsável por 42,55% da população adulta no município como um todo com ensino superior completo e 56,53% de todos com pós-graduação em 2007. Intrarregionalmente, 33,62% da população adulta tinha curso superior completo e 10,71% pós-graduação (Figura 5.7). Por sua vez, a região Fátima e Santa Clara (R4) se destaca pela evolução na escolaridade de sua população adulta e dos responsáveis de famílias, praticamente dobrando os índices dos níveis: superior completo e pós-graduação.

Nova Viçosa (R3) e Amoras (R9) foram ainda as regiões que apresentaram os menores índices de frequência escolar entre as faixas etárias de 15 a 18 e de 18 a 25 anos, o que acarretou nessas regiões também os menores índices de frequência escolar total da população entre 6 a 25 anos de idade (Figura 5.9); apresentaram também, assim como nas regiões Betânia (R5) e Passos (R6), diminuição desse índice ao longo dos anos pesquisados.

De outro lado, destaca-se a região Centro (R1) com alta frequência escolar, chegando a índices próximos a 70% entre a população com 18 a 25 anos de idade e superiores a 80% de frequência total na população entre 6 e 25 anos de idade. Por sua vez, as regiões Bom Jesus (R2), Fátima e Santa Clara (R4) e Silvestre e adjacências (R10) demonstram evolução ao longo dos anos em suas frequências escolares nessa mesma faixa etária, de 18 a 25 anos.

Nota-se ainda que todas as regiões demonstraram índices de frequência escolar mais elevados na primeira faixa etária, de 6 a 15 anos, e diminuição com o aumento da idade e assim é que as menores frequências foram verificadas na maior faixa etária pesquisada, entre 18 e 25 anos.

De certa forma similar ao constatado em Viçosa, segundo a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) (IBGE, 2010), os valores médios nacionais de frequência escolar em 2009 foram de 97,6% entre as crianças de 6 a 15 anos, 90,6% para os adolescentes de 15 a 18 anos e 38,5% entre os jovens de 18 a 25 anos de idade.

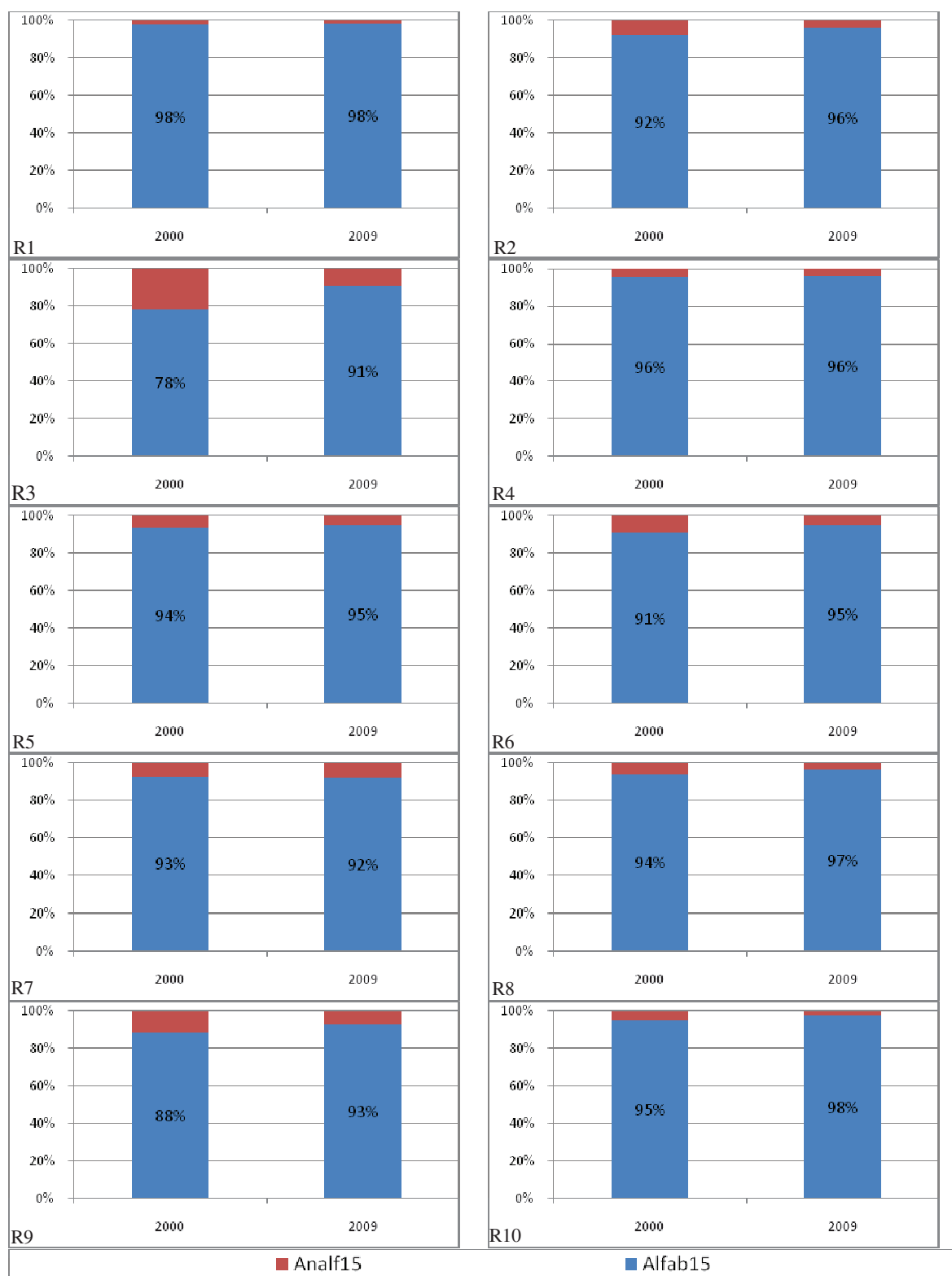


Figura 5.8 – Porcentagem da população com mais de 15 anos de idade alfabetizados e analfabetos nas regiões urbanas de planejamento, Viçosa-MG, 2000 e 2009.

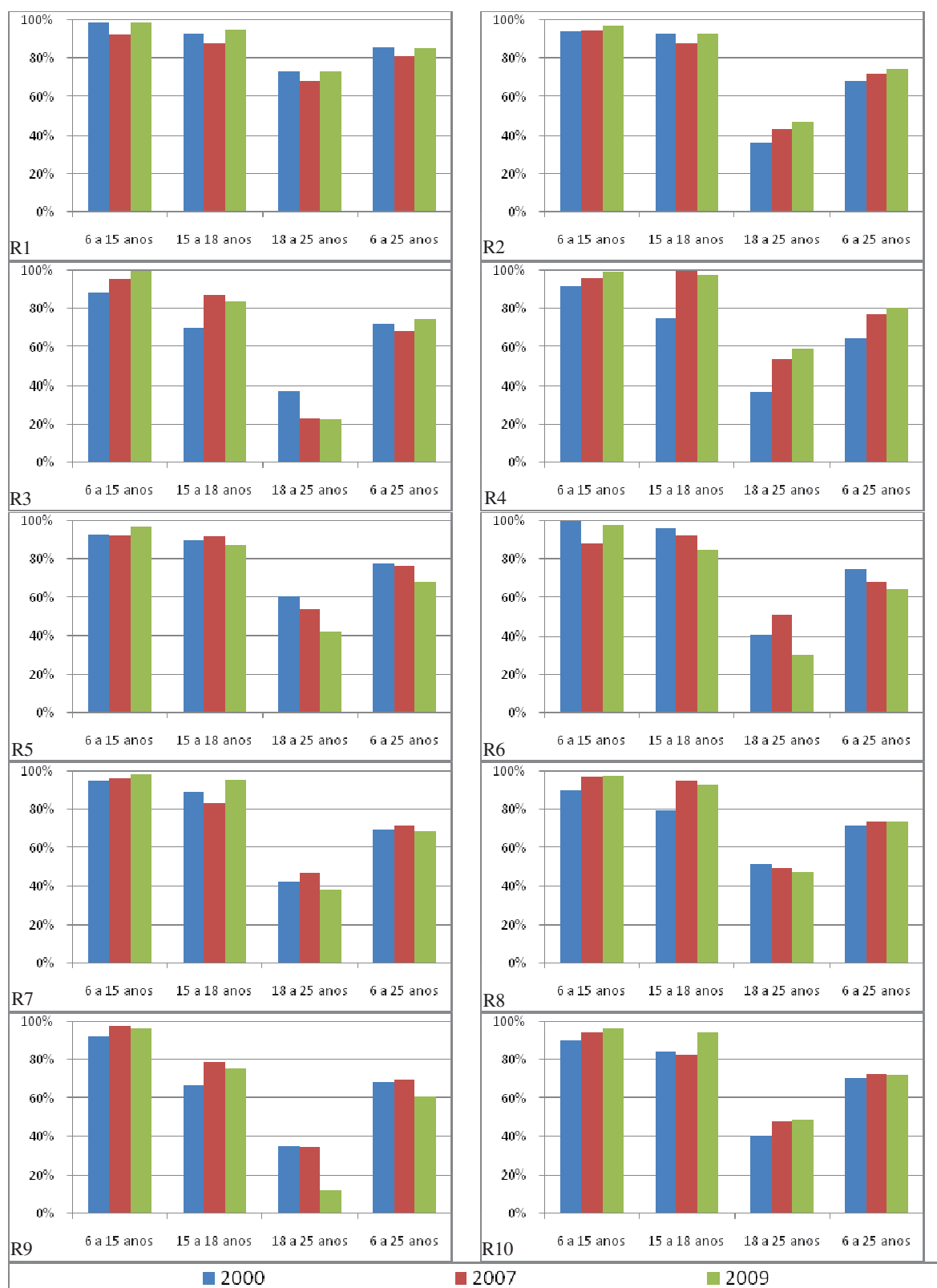


Figura 5.9 – Porcentagem de frequência escolar segundo faixas etárias nas regiões urbanas de planejamento, Viçosa-MG, 2000, 2007 e 2009

As distribuições de famílias por faixa de renda *per capita* em cada RUP nos anos de 2005 e 2007 são apresentadas na Figura 5.10.

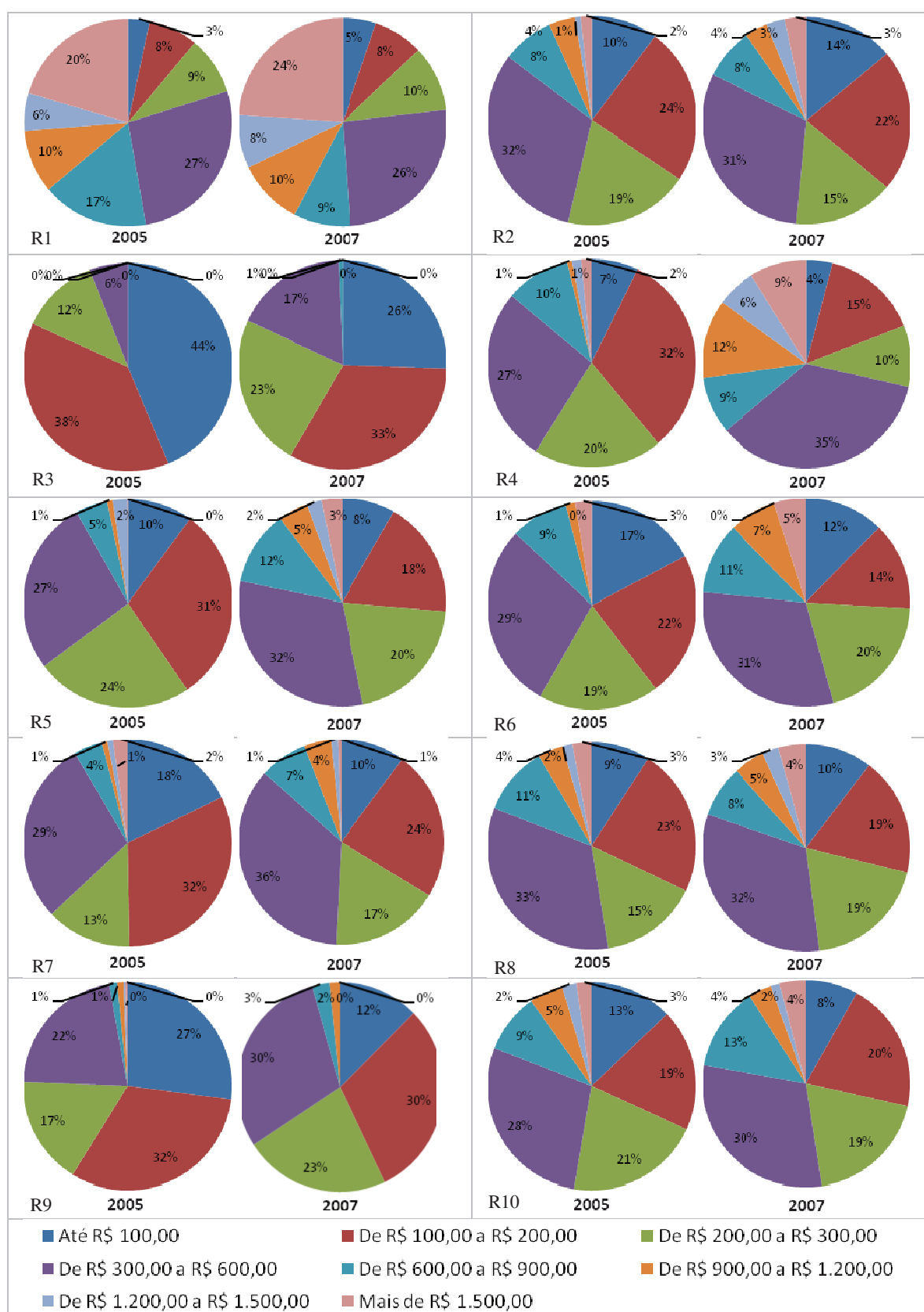


Figura 5.10 – Porcentagem de famílias por faixa de renda *per capita* nas regiões urbanas de planejamento, Viçosa-MG, 2005 e 2007.

Os dados compilados evidenciam que grande parte da população se situava dentro de faixas de rendas mais baixas e a minoria nas de rendas mais altas, e que essa minoria se concentrava principalmente na região Centro (R1).

Uma fatia considerável do total de famílias da zona urbana, 14,04% em 2005 e 10,65% em 2007, se enquadrava na faixa de renda familiar *per capita* mensal de até R\$ 100,00, condição que as classifica como pobres (CRUZ *et al.*, 2008). A segunda faixa de renda familiar *per capita* mensal, de R\$ 100,00 a R\$ 200,00, concentrava 38,66% e 30,17% das famílias, respectivamente em 2005 e 2007. Essas proporções se elevam para 55,67% em 2005 e 47,10% em 2007, de famílias com renda *per capita* mensal de até R\$ 300,00. Porém a faixa de renda familiar *per capita* com maior número de famílias corresponde à faixa entre R\$ 300,00 a R\$ 600,00, com 26,93% em 2005 e 30,00% em 2007 do total de famílias na zona urbana. No outro extremo, as famílias com renda *per capita* superior a R\$ 1.500,00 correspondiam a apenas 3,92% em 2005 e 6,45% em 2007 do total de famílias na zona urbana, as quais aparecem em maiores proporções na região Centro (R1): 20,35% em 2005 e 23,90% das famílias dessa região em 2007.

As regiões com maiores proporções intrarregionais de famílias pobres foram: Nova Viçosa (R3) com 43,73% em 2005 e 25,50% em 2007, Bom Jesus (R2) com 10,25% em 2005 e 13,94% em 2007, Amoras (R9) com 27,10% em 2005 e 12,50% em 2007 e Passos (R6) com 17,21% em 2005 e 12,35% em 2007. Cabe destaque para a região Bom Jesus (R2), que apresentou aumento percentual do número de famílias na faixa de pobreza entre os anos de 2005 e 2007. Isso também foi observado, porém em menores proporções, nas regiões Santo Antônio (R8), que passou de 9,15% em 2005 para 10,36% em 2007, bem como na região Centro (R1), que passou de 3,38% em 2005 para 5,22% em 2007.

Os estudos do CENSUS referentes aos anos de 2005, 2007 e 2009 apontam que a renda mensal familiar média de Viçosa aumentou em valores brutos, mas quando contabilizada em número de salários mínimos e tomando como referência o ano de 2005, em geral, sofreu pequena queda: em R\$ 1.532,77 (5,11 salários mínimos) em 2005, R\$ 1.683,27 (4,43 salários mínimos) em 2007 e R\$ 2.158,97 (4,64 salários mínimos) em 2009 (Figura 5.11). No Brasil, a renda média familiar foi de R\$ 2.085,00 (4,48 salários mínimos) em 2009. Já a renda familiar *per capita* média, que segundo Cruz *et al.* (2008) é um indicador que retrata a verdadeira situação das famílias uma vez que considera o número de pessoas dependentes daquela renda, apresentou ligeiro aumento (Figura 5.12). Isso pode ter sido influenciado pela tendência de diminuição do número de componentes nas famílias em Viçosa, aqui já apresentada pela relação do número de habitantes por domicílio (Figuras 5.4 e 5.5). A renda média familiar *per capita* variou de R\$ 406,03 (1,35

salários mínimos) em 2005 e R\$ 466,28 (1,23 salários mínimos) em 2007 a R\$ 730,02 (1,57 salários mínimos) em 2009.

A região Centro (R1) foi a que apresentou o maior nível de renda familiar e a região Nova Viçosa (R3) o menor seguida pela região Amoras (R9). A renda *per capita* média da região Centro (R1) foi cerca de seis vezes maior que a da região Nova Viçosa (R3) e quatro vezes maior que a da região Amoras (R9). Em resumo, esses dados confirmam o grande desequilíbrio em termos de distribuição de renda em Viçosa.

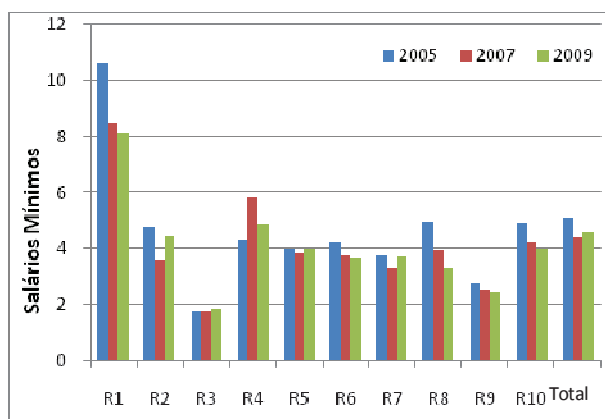


Figura 5.11 – Renda familiar média em salários mínimos nas regiões urbanas de planejamento, Viçosa-MG, 2005, 2007 e 2009.

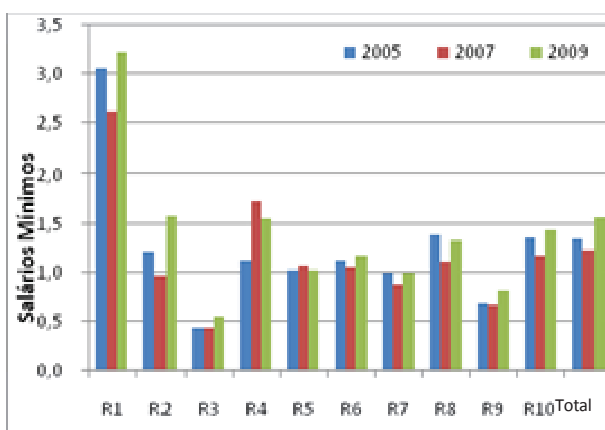


Figura 5.12 – Renda familiar *per capita* média em salários mínimos nas regiões urbanas de planejamento, Viçosa-MG, 2005, 2007 e 2009.

5.1.1.3. Consumo de água

Na Figura 5.13 são apresentados dados de consumo de água (médias anuais do consumo mensal) por economias e por ligações residenciais no período de 1996 a 2010. Em geral, os dados de consumo de água, tanto por economia quanto por ligação, demonstraram ligeira tendência de queda no período investigado. Nota-se, entretanto, que

a maior parte das regiões apresentou pequeno aumento de consumo em 2010, o que poderia ser devido ao fato do banco de dados daquele ano contar apenas com os três primeiros meses, quando em geral são esperados maiores valores de consumo de água. Nota-se ainda que o consumo por ligação apresentou grandes variações entre as RUP, o que pode ser explicado pela verticalização verificada em algumas regiões e que se faz sentir, no número de economias por ligações. Já o consumo por economia se apresentou com valores parecidos entre as regiões, em geral inferiores a 15 m³ mensais (500 L/dia).

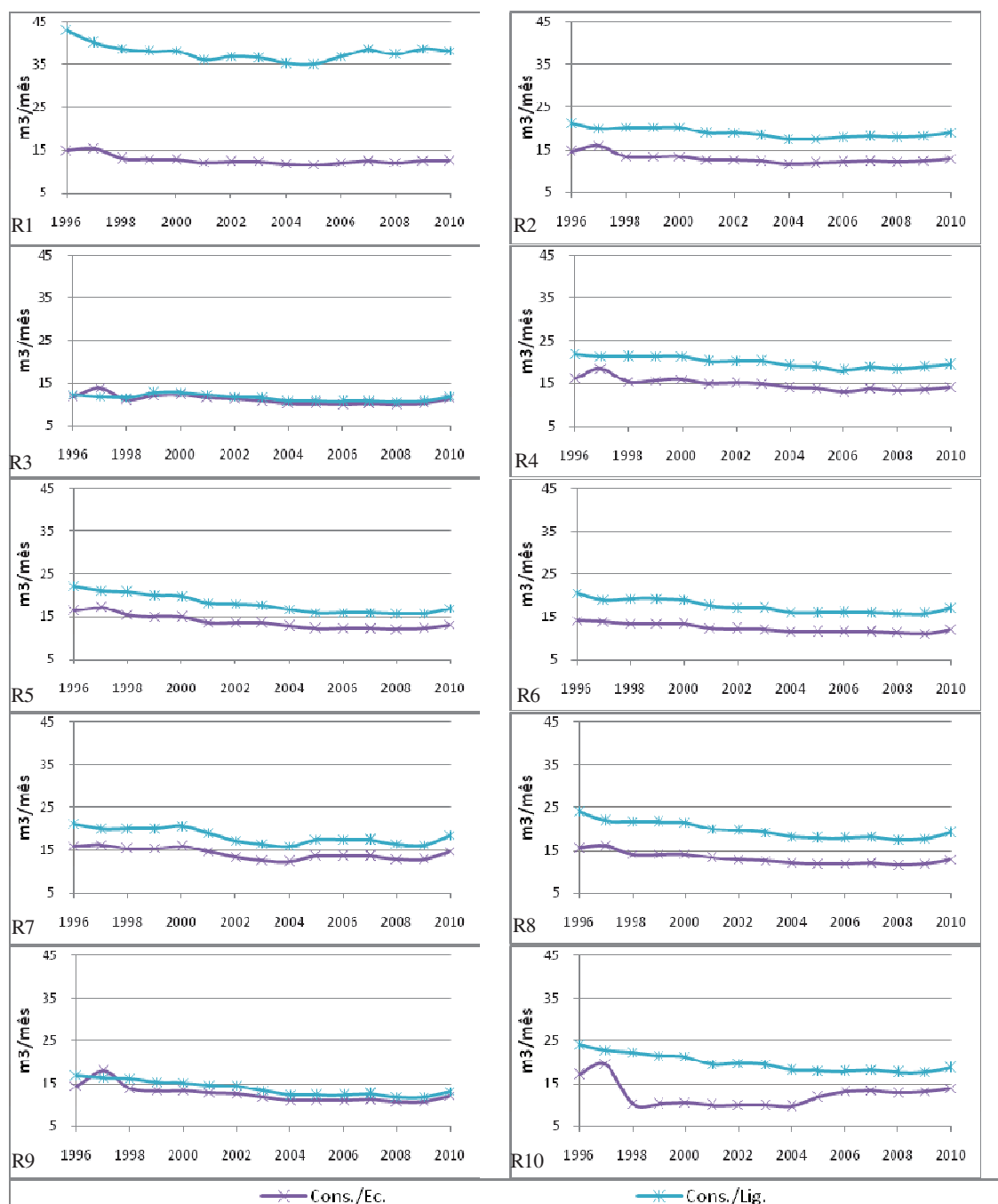


Figura 5.13–Consumo médio mensal de água por economia e por ligação nas regiões urbanas de planejamento, Viçosa-MG, 1996 a 2010 .

Na Figura 5.14 são apresentados os dados de distribuição porcentual de economias residenciais por quatro faixas de consumo mensal de água nas RUP: 1 a 15 m³, e 15 a 30 m³, 30 a 60 m³ e superior a 60 m³.

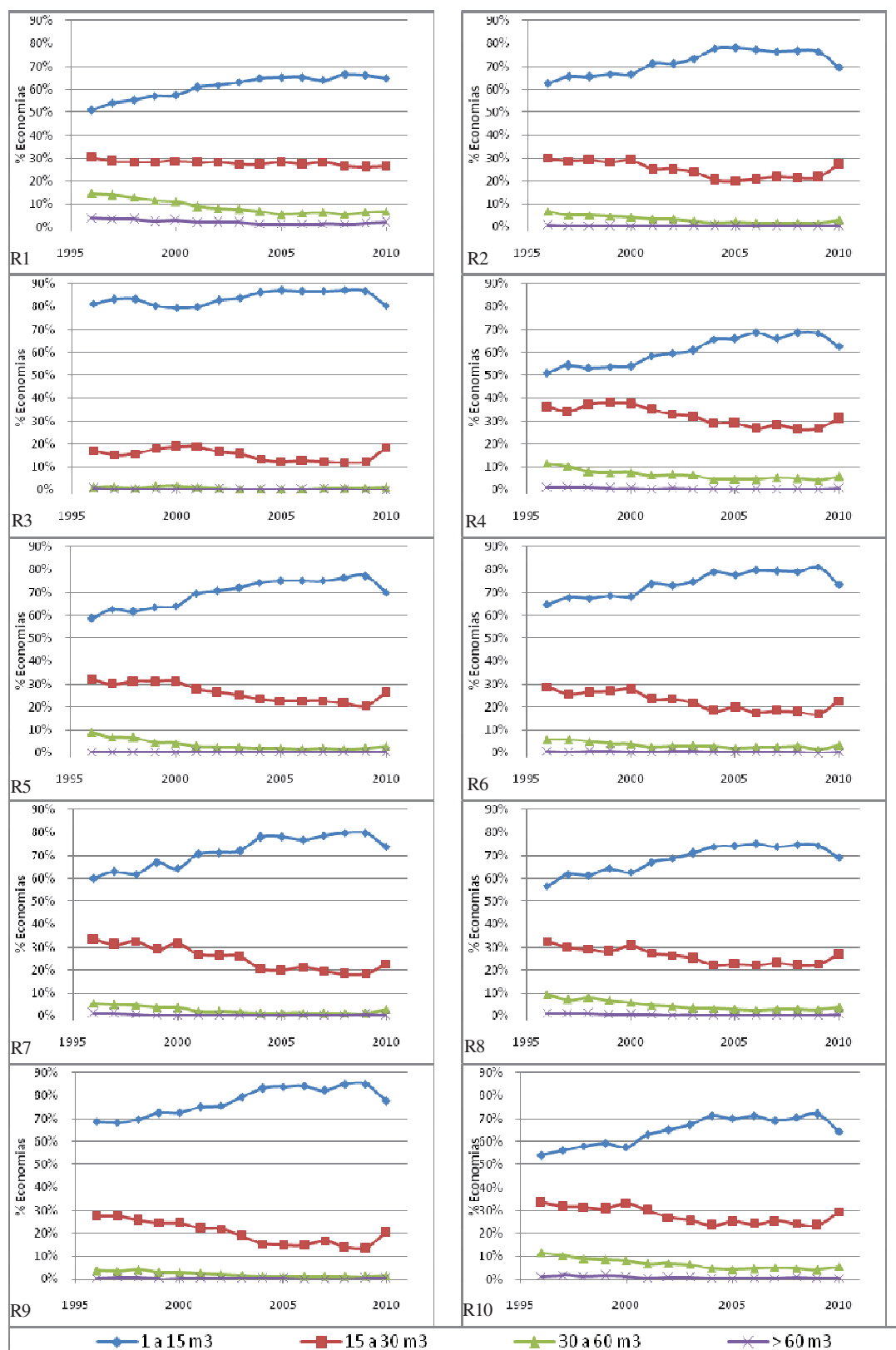


Figura 5.14 – Distribuição porcentual economias residenciais por faixa de consumo mensal de água nas regiões urbanas de planejamento, Viçosa-MG, 1996 a 2010.

Nota-se que as classes de menores consumos são as que apresentaram maior número de economias em todas as RUP. Nota-se também que a classe de menor consumo (1 a 15 m³/ mês) foi a que apresentou a maior evolução em todas as RUP, chegando aumentos próximos a 20% no período analisado. As regiões Centro (R1), Fátima e Santa Clara (R4) e Silvestre e adjacências (R10) apresentam as menores porcentagens de economias com consumos mensais na faixa mais baixa (1 a 15 m³), com percentuais abaixo de 70%; já a região Nova Viçosa (R3) foi a que apresentou o maior percentual de economias nessa faixa de menor consumo, com valores acima de 80% em todo período pesquisado. A classe com consumos mais elevados, acima de 60 m³ mensais, apresentou pouca representatividade em todas as RUP, sendo que a maior participação dessa classe de consumo se deu na região Centro (R1).

Na Figura 5.15 são apresentados dados de distribuição percentual de economias residenciais em cada RUP em relação ao município como um todo, de acordo com as seguintes faixas de consumo mensal de água: 1 a 15 m³, 15 a 30 m³, 30 a 60m³, mais que 60 m³; são apresentados também valores médios, que englobam todos os consumidores e, portanto, indicam a participação das economias de RUP em relação ao total de economias do município.

Ao compararmos em cada RUP a participações de economias em cada faixa de consumo em relação ao município, tomando como referência as diferentes linhas de tendência das faixas de consumo e a linha de tendência da média, percebe-se que as regiões contribuem de forma diferenciada com consumidores de diferentes perfis para o cenário municipal.

A região Centro (R1) contribui em grande parte com os consumidores em faixas mais elevadas, principalmente aquela com consumo acima de 60 m³ de água ao mês, sendo responsável por quase metade das economias enquadradas nesta faixa de consumo e, em média, por 15% do total de economias do município. As economias pertencentes à faixa de consumo entre 30 e 60 m³ ao mês também se destacam na região central, contribuindo com 30% do total de economias nesta faixa em todo município. Contribuem também para esta faixa de consumo com valores acima das respectivas médias as regiões Fátima e Santa Clara (R4) e Silvestre e adjacências (R10), apresentando uma diferença média de 4% e 5% respectivamente. Contribuindo com economias na faixa de menor consumo, destacam-se as seguintes regiões: Nova Viçosa (R3), em torno de 10% e 8% de média; Amoras (R9), em torno de 10% e 9% de média; e Passos (R6) com valores próximos à média, mas sempre superiores. Destaca-se ainda a região Bom Jesus (R2), também com valores

próximos à média, mas responsável por mais de 15% das economias do município nesta faixa de consumo

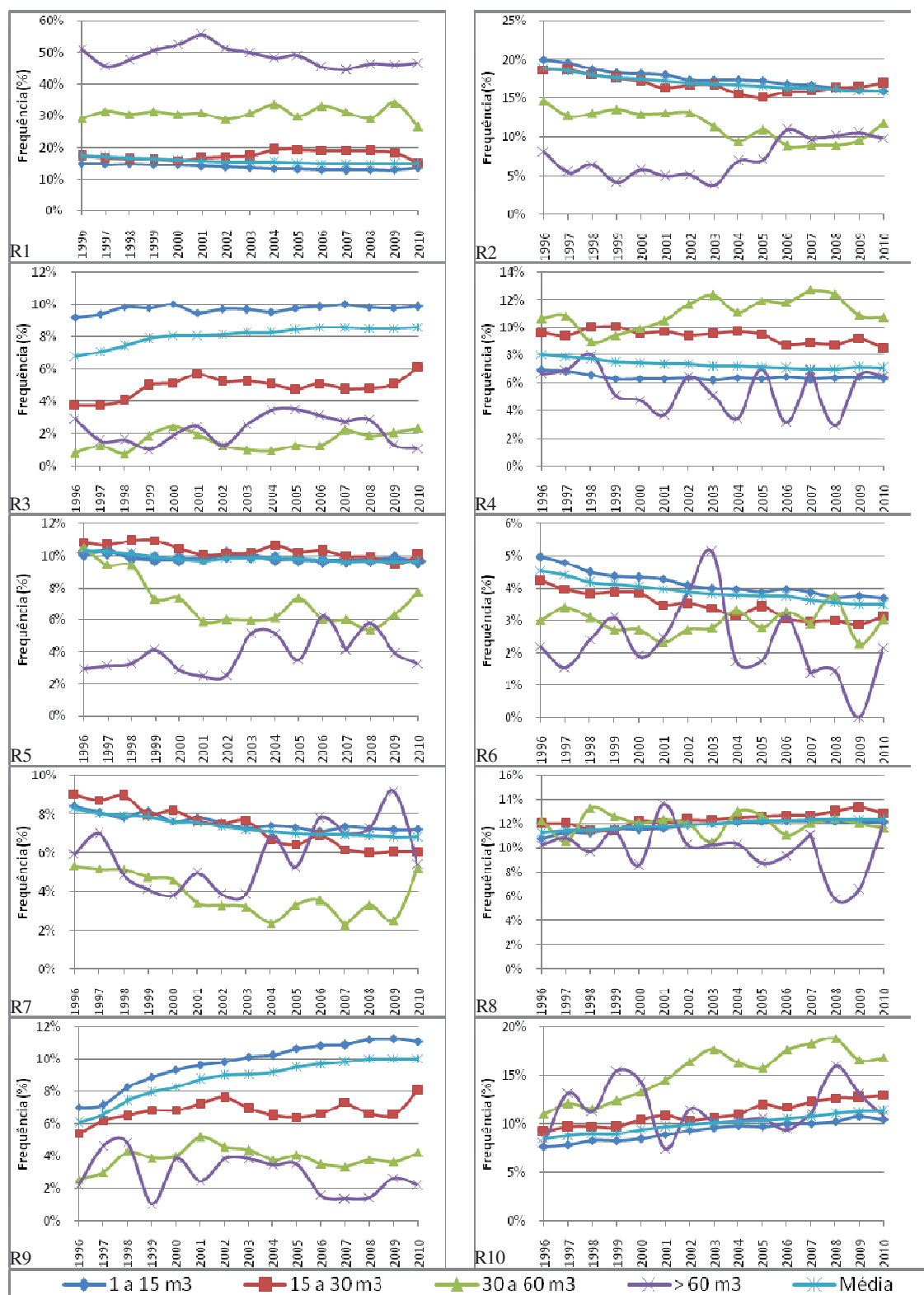


Figura 5.15 –Distribuição percentual das economias residenciais em relação ao município como um todo por faixas de consumo mensal de água nas regiões urbanas de planejamento, Viçosa-MG, 1996 a 2010.

Na Figura 5.16 são apresentados os dados de consumo *per capita* de água em 2000, 2005, 2007 e 2009.



Figura 5.16 –Consumo *per capita* de água nas regiões urbanas de planejamento, Viçosa-MG, 2000, 2005, 2007 e 2009.

Em geral, os dados de consumo *per capita* de água apresentaram ligeira queda entre os anos de 2000 e 2005, elevação no ano subsequente e tendência *per capita* de permanecer em 2009 em valores próximos aos verificados inicialmente em 2000. Porém as regiões Bom Jesus (R2) e Passos (R6) apresentam valores mais elevados nos anos mais recentes, enquanto as regiões Fátima e Santa Clara (R4), Nova Era e Vale do Sol (R7) e Santo Antônio (R8) apresentam ligeira diminuição no ano de 2009. Os valores mais elevados ocorreram na região Centro (R1), enquanto a região Nova Viçosa (R3) apresentou os menores valores.

O impacto comparado de cada RUP no consumo de água e na ocupação do município é apresentado em dados percentuais nas Figuras 5.17 e 5.18.

Esses dados destacam o peso e a expansão da região Centro (R1), que passou a ser a região com o maior número de habitantes e de domicílios em 2009, posto antes ocupado pela região Bom Jesus (R2); a região central da cidade permaneceu sempre como a de maior número de economias residenciais e a que apresentou os maiores montantes de consumos mensais de água, sendo isso determinado pelo elevado número de habitantes e pelas maiores médias de consumo *per capita*.

A região Bom Jesus (R2) possuía em 2009 o maior número de ligações residenciais, mas ficava bem atrás da R1 em número de economias residenciais e perdeu seu posto de maior número de domicílios em 2009. Essa inversão muito provavelmente tem relação com a verticalização verificada na região Centro (R1).

Quanto aos valores de consumo de água médios e totais do município, verifica-se que o consumo médiomensal vem se elevando, observando-se um incremento de cerca 20% na última década, porém o consumo *per capita* não apresentou grande variação, subentendendo-se, assim, que a variação verificada no consumo total deva-se, principalmente, ao crescimento populacional.

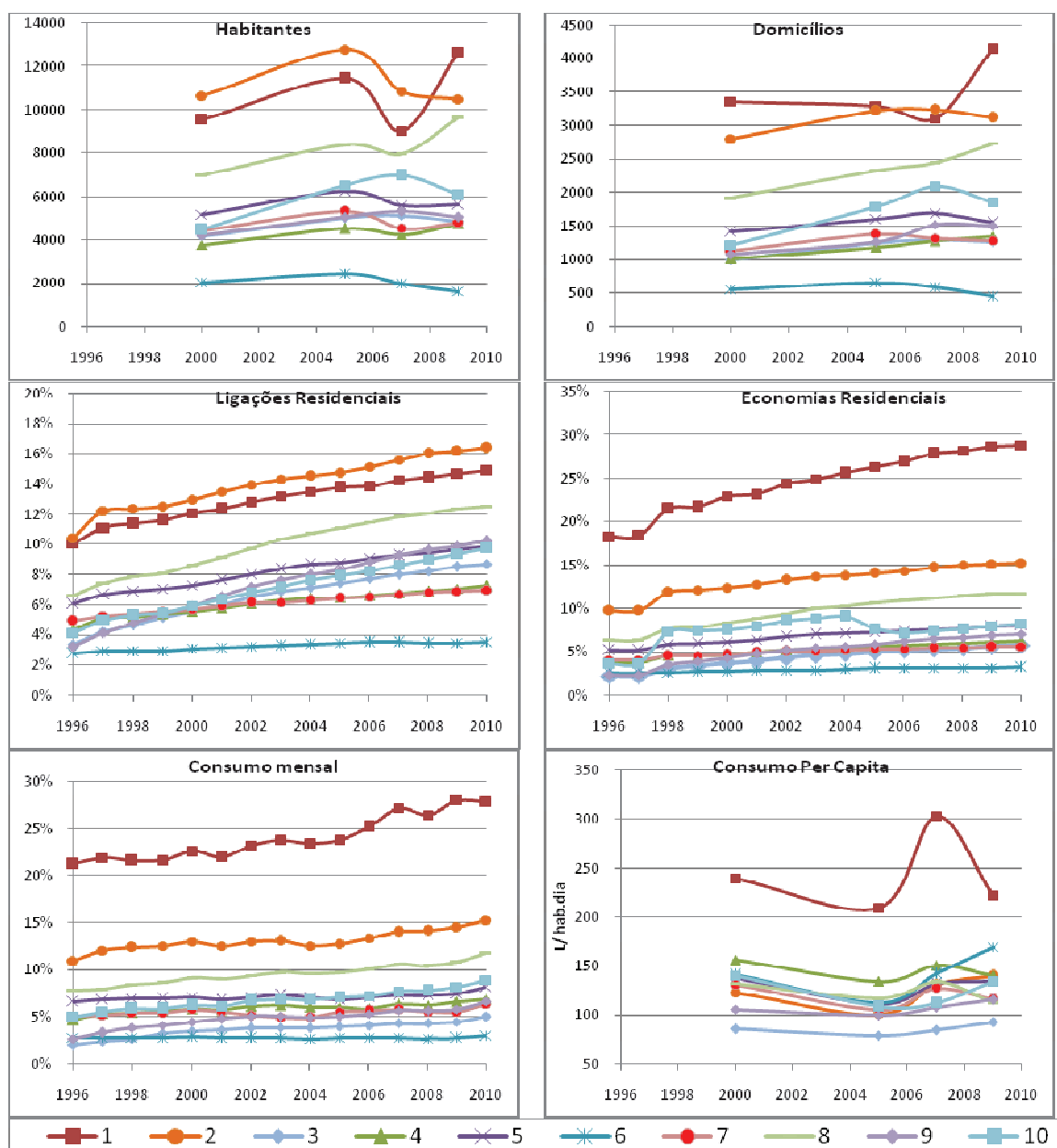


Figura 5.17–Participação de cada região urbana de planejamento em relação ao total do município em termos de consumo mensal e percapita de água e das variáveis que compõem as estimativas de consumo, Viçosa-MG, 1996 a 2010

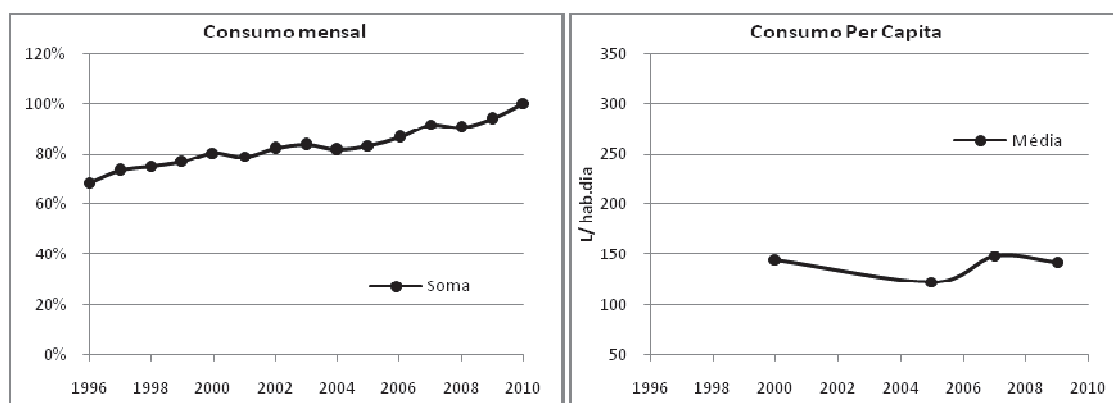


Figura 5.18 – Evolução consumo mensal e *per capita* de água, Viçosa-MG, 1996 a 2010

5.1.2 – Comparação entre regiões urbanas de planejamento

Nas tabelas a seguir são apresentados os resultados dos testes de comparação entre RUP de dados médios de consumo de água (Tabela 5.1), de variáveis relativas à ocupação residencial (Tabela 5.2) e de com variáveis demográficas e relacionadas à ocupação urbana (Tabela 5.3).

Tabela 5.1 – Resultados dos testes de comparação entre regiões urbanas de planejamento dos valores médios de consumo de água, Viçosa-MG.

Região	CAn			CEcM			CLigM			CPCpt		
	MO		(média)	MO		(média)	MO		(média)	MO		(média)
1	133,50	g	(860355,00)	69,33	bc	(12,73)	143,00	e	(37,91)	38,50	d	(240,20)
2	119,50	g	(468153,36)	75,40	bc	(12,90)	86,67	bcd	(19,04)	18,50	abc	(121,60)
3	20,71	ab	(129369,71)	27,80	a	(11,16)	9,60	a	(11,57)	2,50	a	(84,01)
4	63,29	cde	(211922,50)	121,53	e	(14,85)	101,93	d	(19,97)	30,75	cd	(143,23)
5	86,93	ef	(256000,36)	96,27	cde	(13,78)	67,93	bc	(18,05)	21,75	bc	(126,98)
6	11,43	a	(99448,93)	58,67	ab	(12,34)	59,67	b	(17,51)	28,50	cd	(139,13)
7	49,71	bcd	(194876,00)	108,60	de	(14,18)	72,13	bcd	(18,28)	15,75	abc	(117,93)
8	105,29	fg	(340212,50)	79,93	bcd	(13,15)	95,13	cd	(19,79)	19,50	bc	(122,44)
9	38,00	abc	(169476,93)	61,33	b	(12,58)	24,13	a	(13,93)	9,25	ab	(105,79)
10	76,64	def	(240044,86)	56,13	ab	(12,38)	94,80	cd	(19,84)	20,00	bc	(122,04)

CAn: consumo anual total de água; CEcM: consumo residencial de água por economia; CLigM: consumo residencial de água por ligação; CPCpt: consumo residencial *per capita* de água; MO: média das ordenações. Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Kruskal-Wallis ($p > 0,05$).

Tabela 5.2 – Resultados dos testes de comparação entre regiões urbanas de planejamento dos valores médios de economias por ligação, habitantes por domicílio, habitantes por economia e área construída por habitante, Viçosa-MG.

Região	Ec/Lig			Hab/Dom			Hab/Ec			Área/Hab		
	MO		(média)	MO		(média)	MO		(média)	MO		(média)
1	143,00	f	(2,99)	5,25	a	(3,07)	2,50	a	(1,72)	143,00	f	(70,25)
2	104,60	e	(1,48)	22,25	bc	(3,63)	21,00	bcd	(3,42)	58,00	c	(23,86)
3	8,93	a	(1,04)	36,50	c	(4,00)	36,50	d	(4,22)	8,00	a	(12,11)
4	70,93	cd	(1,35)	19,75	ab	(3,59)	17,25	abc	(3,30)	127,20	f	(32,05)
5	52,33	bc	(1,31)	21,50	bc	(3,63)	19,75	bc	(3,36)	83,80	de	(24,93)
6	91,20	de	(1,42)	18,50	ab	(3,56)	11,00	ab	(2,85)	51,67	bc	(28,32)
7	45,20	bc	(1,29)	26,50	bc	(3,73)	32,50	cd	(3,89)	84,53	de	(21,80)
8	114,73	ef	(1,51)	15,25	ab	(3,51)	18,50	abc	(3,37)	112,00	ef	(28,96)
9	22,33	ab	(1,11)	24,25	bc	(3,69)	25,25	bcd	(3,62)	23,00	ab	(19,17)
10	101,73	de	(1,66)	15,25	ab	(3,48)	20,75	bcd	(3,35)	63,80	cd	(30,18)

Ec/Lig: economias por ligação; Hab/Dom: habitantes por domicílio; Hab/Ec: habitantes por economia; Área/Hab: Área construída por habitante; MO: média das ordenações. Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Kruskal-Wallis ($p > 0,05$).

Tabela 5.3 – Resultados dos testes de comparação entre regiões urbanas de planejamento dos valores de habitantes e da participação em relação ao total da zona urbana de economias, ligações e domicílios, Viçosa-MG.

Região	EcR%			LigR%			Dom%			Hab		
	MO		(média)	MO		(média)	MO		(média)	MO		(média)
1	143,00	f	(0,29)	130,33	e	(0,16)	37,75	d	(0,20)	35,50	d	(10671,63)
2	128,00	f	(0,16)	140,67	e	(0,17)	35,25	d	(0,17)	37,00	d	(11194,47)
3	26,33	ab	(0,05)	52,20	b	(0,08)	9,25	ab	(0,07)	14,00	ab	(4788,96)
4	58,20	cd	(0,06)	38,40	ab	(0,08)	9,50	ab	(0,07)	9,25	ab	(4303,26)
5	88,00	de	(0,08)	95,60	cd	(0,10)	23,25	bcd	(0,09)	23,25	bcd	(5653,11)
6	8,67	a	(0,04)	8,00	a	(0,04)	2,50	a	(0,03)	2,50	a	(2018,46)
7	47,27	bc	(0,06)	40,40	b	(0,08)	15,00	abc	(0,07)	14,25	ab	(4758,79)
8	113,00	ef	(0,11)	113,00	de	(0,12)	30,50	cd	(0,13)	31,00	cd	(8239,33)
9	50,93	bc	(0,06)	69,07	bc	(0,09)	16,75	abc	(0,08)	15,75	abc	(4895,99)
10	91,60	e	(0,09)	67,33	bc	(0,09)	25,25	bcd	(0,10)	22,50	bcd	(6012,26)

EcR%: participação percentual do número de economias de cada RUP em relação ao total da zona urbana do município; LigR%: participação percentual do número de ligações de cada RUP em relação ao total da zona urbana do município; Dom%: número de domicílios de cada RUP em relação ao total da zona urbana do município; Hab: número de habitantes. MO: média das ordenações. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Kruskal-Wallis ($p > 0,05$).

Na Tabela 5.1, nota-se que as regiões de Nova Viçosa (R3), Passos (R6) e Amoras (R9) fazem parte de um grupo com menores valores de consumo anual de água (CAn) e que não diferem entre si; com valores maiores e que também não diferem estatisticamente entre si se encontram as regiões Centro (R1), Bom Jesus (R2) e Santo Antônio (R8). Nota-se também que o consumo por economia residencial (CEcM) se apresentou com os menores valores nas regiões de Nova Viçosa (R3), Passos (R6) e Silvestre e adjacências (R10), com médias que estatisticamente não diferem entre si; já com os maiores valores e também sem diferença estatística estão as regiões Betânia (R5), Nova Era e Vale do Sol (R7) e Fátima e Santa Clara (R4). No que diz respeito às médias anuais do consumo mensal de água por ligação residencial de água (CLigM), os menores valores foram registrados nas regiões de Nova Viçosa (R3) e Amoras (R9) e o maior valor na região Centro (R1).

Ainda na Tabela 5.2, verifica-se que o teste de comparação entre os valores de consumo *per capita* de água nas RUP, calculado com base no consumo verificado em cada região e no número de habitantes levantados pelas pesquisas consultadas (CPCpt), apontou a região Nova Viçosa (R3) como a de menor consumo e a região Centro (R1) como a de maior consumo. Além disso, destaca-se que as regiões Amoras (R9), Nova Era e Vale do Sol (R7) e Bom Jesus (R2) não apresentaram diferença estatística em relação à região de menor consumo (Nova Viçosa), enquanto as regiões Passos (R6) e Fátima e Santa Clara (R4) não se diferenciaram estatisticamente da região de maior consumo (Centro).

No que tange à relação entre o número de economias e ligações residenciais (Ec/Lig), que pode ser entendida como uma variável indicadora de verticalização, as regiões Centro (R1) e Santo Antônio (R8) se revelaram como as de maiores valores médios, enquanto as regiões de Nova Viçosa (R3) e Amoras (R9) como as de menores valores (Tabela 5.3). Quanto ao número de habitantes por domicílio, salientam-se as regiões Centro (R1) e Nova Viçosa (R3) respectivamente como as de valores mais baixos e mais elevados. Do número de habitantes por economia (Hab/Ec), destacam-se novamente as regiões Centro (R1) e Nova Viçosa (R3) como as de menores e maiores valores, respectivamente. Por fim, verifica-se na Tabela 5.3 que as médias de área construída relativa a cada habitante (Área/Hab) apresentaram-se mais elevadas na região Centro (R1), porém sem diferença estatisticamente significativa em relação às regiões Fátima e Santa Clara (R4) e Nova Era e Vale do Sol (R7).

Na Tabela 5.3 constata-se que menor participação percentual do número de economias de em relação ao total da zona urbana do município (EcR%) se deu na região Passos (R6), com valor não diferenciável estatisticamente da região Nova Viçosa (R3); esta, por sua vez, se apresentou de forma não diferenciável das regiões Nova Era (R7) e Amoras (R9). No outro extremo, a maior participação no total de economias se deu nas regiões Centro (R1), Bom Jesus (R2) e Santo Antônio (R8), cujos valores não se diferenciaram entre si. Em relação à participação percentual do número de ligações em relação ao total da zona urbana do município (LigR%), as regiões Passos (R6) e Fátima e Santa Clara (R4) apresentaram os menores valores, não diferenciáveis estatisticamente entre si.

A maior participação percentual do número de domicílios em relação ao total da zona urbana do município (Dom%) foi detectada na região Centro (R1), cujo valor não se diferenciou estatisticamente das regiões Betânia (R5), Silvestre e adjacências (R10), Santo Antônio (R8) e Bom Jesus (R2). Com menores participações destacou-se a região Passos (R6), porém com valor não diferenciável das regiões Nova Viçosa (R3), Fátima e Santa Clara (R4), Nova Era e Vale do Sol (R7) e Amoras (R9) (Tabela 5.3).

Ainda na Tabela 5.3, destacou-se a baixa participação da região Passos (R6) em termo de número de habitantes, cujo valor não apresentou diferença significativa em relação às regiões Fátima e Santa Clara (R4), Nova Viçosa (R3), Nova Era e Vale do Sol (R7) e Amoras (R9). Com alta participação destaca-se a região Bom Jesus (R2), sem se diferenciar das regiões Centro (R1), Santo Antônio (R8), Betânia (R5) e Silvestre e adjacências (R10). Registra-se aqui a inversão de posições entre as regiões Centro (R1) e Bom Jesus (R2) em comparação aos dados de participação do número de domicílios,

indicando que a região Bom Jesus (R2) apresenta maior número de habitantes por domicílios.

5.1.3 – Autocorrelação espacial entre regiões urbanas de planejamento

Conforme referido no item 4.3.2 em Material e Métodos, a existência de autocorrelação espacial entre dados de consumo *per capita* de água nas diversas RUP foi verificada utilizando o “Índice Global de Moran” para duas situações: médias anuais de cada uma das dez RUP (Tabela 5.4) e dados individualizados por economia (Tabela 5.5).

Tabela 5.4 – Resultados do teste de autocorrelação espacial para o consumo *per capita* de água médio das regiões urbanas de planejamento.

Parâmetro	Índice de Moran	Índice Esperado	Variância	Valor Z	p-valor
Valor	-0,073	-0,111	0,013	0,323	0,747

Tabela 5.5 – Resultados do teste de autocorrelação espacial para o consumo *per capita* individualizado por economia nas regiões urbanas de planejamento

Parâmetro	Índice de Moran	Índice Esperado	Variância	Valor Z	p-valor
Valor	0,043	-0,00005	0,00003	8,359	<0,00001

Os resultados para os dados médios das RUP demonstram um padrão de distribuição espacial aleatório dos consumos regionalizados; o p-valor (0,747) demonstra que não se deve rejeitar a hipótese nula, de independência espacial. Já o consumo *per capita* individualizado seguiu um padrão de distribuição espacial aglomerado (p-valor < 0,00001), demonstrando a existência de autocorrelação espacial positiva (Índice de Moran > Índice Esperado), porém uma fraca autocorrelação, indicada pelo valor do Índice de Moran próximo a 0.

Ainda como indicado no item 4.3.2 essas análises foram feitas utilizando também o “Índice Local de Moran” com o intuito de distinguir possíveis heterogeneidades internas nas RUP. Os resultados apontaram distribuição espacial dos aglomerados em cinco categorias: (i) valores de consumo elevado próximos (AA); (ii) valores de baixo consumo próximos (BB); (iii) valores médios (M); (iv) valores de transição com elevado consumo cercados por baixo consumo (AB); e (v) valores de baixo consumo cercados por consumo elevado (BA).

Tal distribuição é apresentada de forma sobreposta ao mapa das RUP na Figura 5.18, onde se destaca a zona central da cidade como um aglomerado de consumo elevado (AA) e que abrange partes das seguintes RUP: Centro (R1), Bom Jesus (R2) e Fátima e Santa Clara (R4).

No entorno desse aglomerado (AA), observa-se uma zona de transição com baixo consumo cercado por consumo elevado (BA). Como aglomerados de baixo consumo destacam-se dois: um circunscrito ao bairro Nova Viçosa, localizado em região homônima (R3), e outro um pouco mais disperso entre a região Amoras (R9) e uma pequena porção norte da região Nova Viçosa (R3) e que o perpassa diversos bairros, tais como Vau-Açu, Boa Vista, Arduíno Bolívar (Amoras), São José (Laranjal), Barrinha e Distrito Industrial - bairros periféricos e, em geral, com baixos indicadores socioeconômicos.

Alguns pequenos aglomerados de alto consumo aparecem principalmente em condomínios residenciais de alta renda, como no bairro Julia Mollá na porção oeste da região Santo Antônio (R8), no bairro Recanto da Serra na área centro-sul da região Silvestre e adjacências (R10), entre outros de menor expressão.

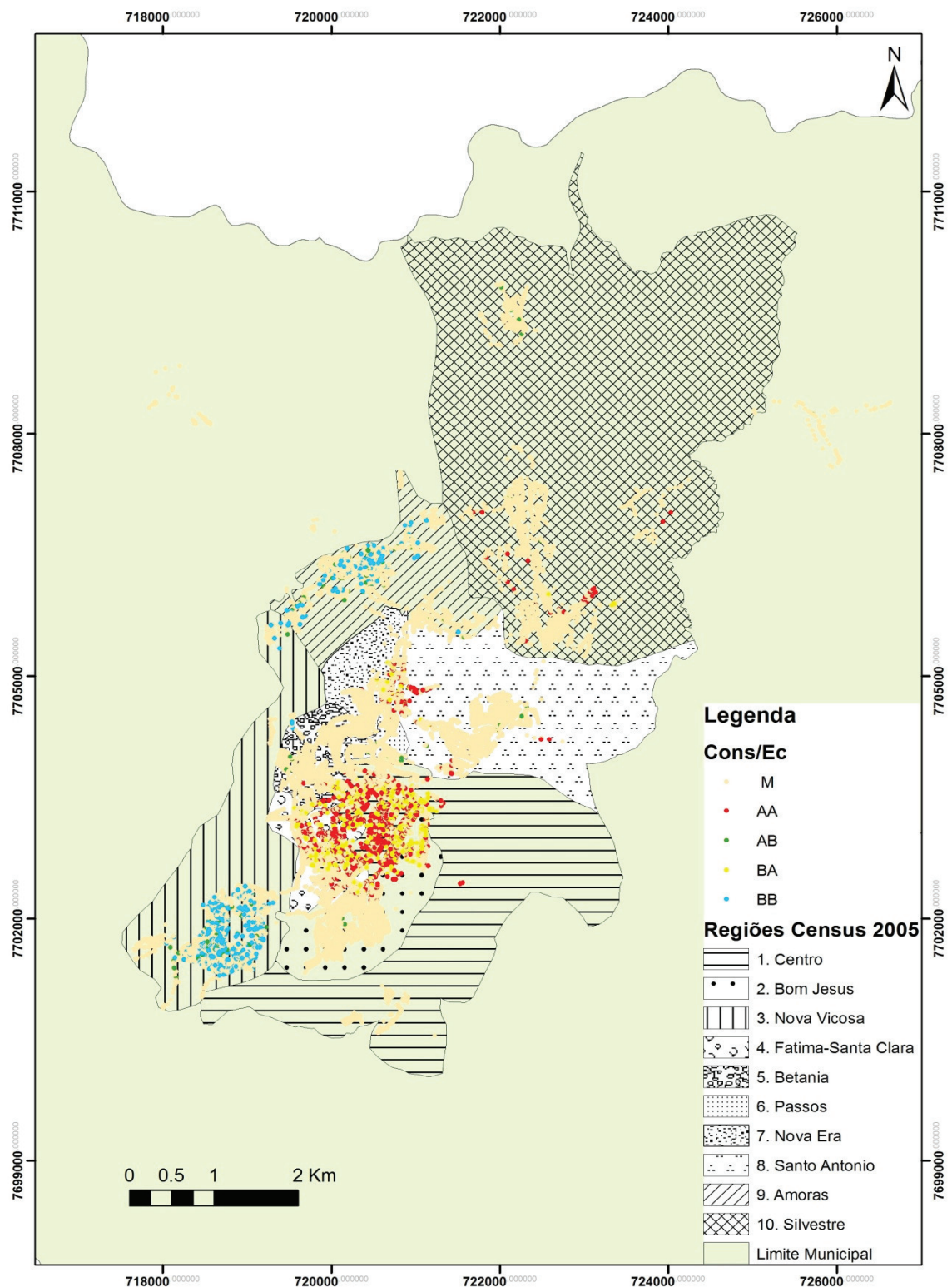


Figura 5.18–Distribuição espacial dos valores médios de consumo mensal de água por economia, com indicação (pequenos círculos em cores) de aglomerados medidos pelo Índice Local de Moran. AA: valores de consumo elevado próximos; BB: valores de baixo consumo próximos; M valores médios de consumo; AB: valores de transição com elevado consumo cercados por baixo consumo; BA: valores de baixo consumo cercados por consumo elevado.

5.1.4 – Comparação temporal entre consumos per capita anuais

Na Figura 5.19 são apresentados gráficos de distribuição de frequência dos dados de consumo *per capita* dos anos de 2000, 2005, 2007 e 2009 segundo as RUP.

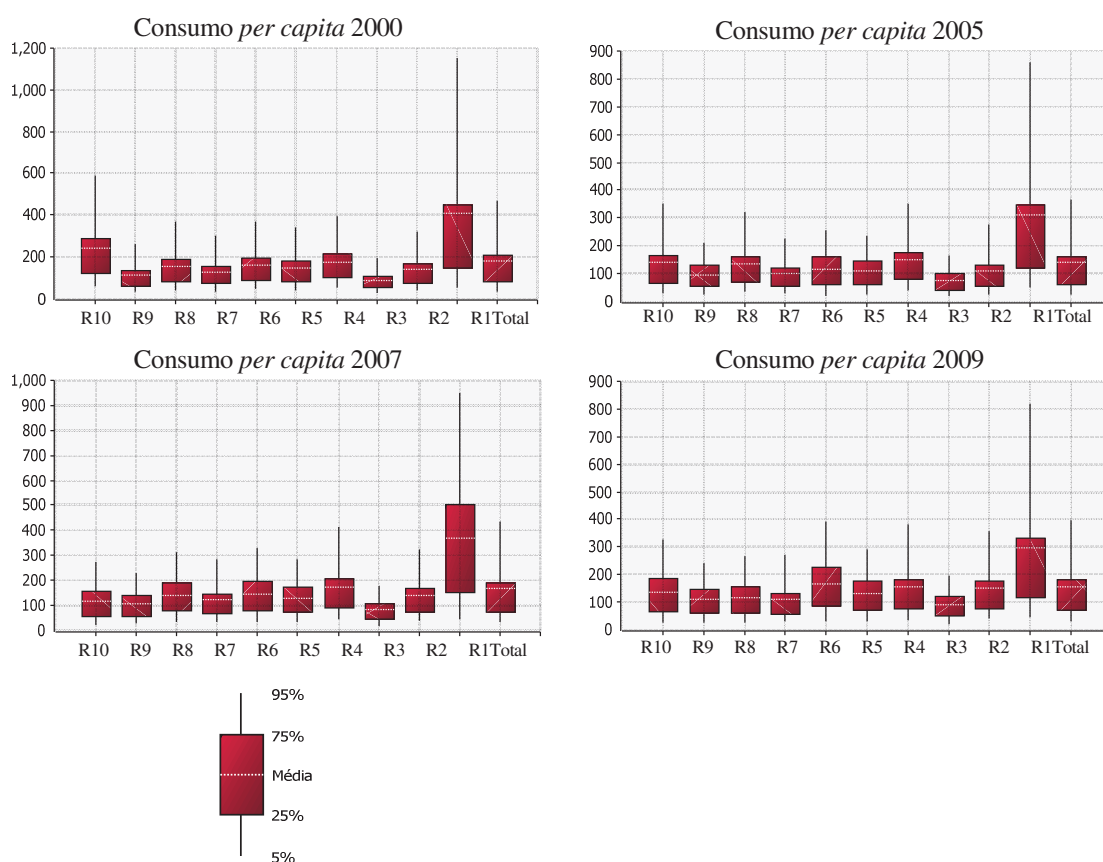


Figura 5.19–Distribuição de de frequência dos dados de consumo *per capita* por região urbana de planejamento, Viçosa-MG, 2000, 2005, 2007 e 2009.

Os gráficos evidenciam diferenças entre as RUP, as quais são recorrentes nos diferentes anos; ressaltam-se a região Nova Viçosa (R3) como a de menores valores de consumo *per capita* e, no outro extremo, a região Centro (R1) com maiores valores.

As tendências de evolução temporal dos dados de consumo *per capita* total (toda a zona urbana da cidade) e por RUP são apresentadas na Figura 5.20.

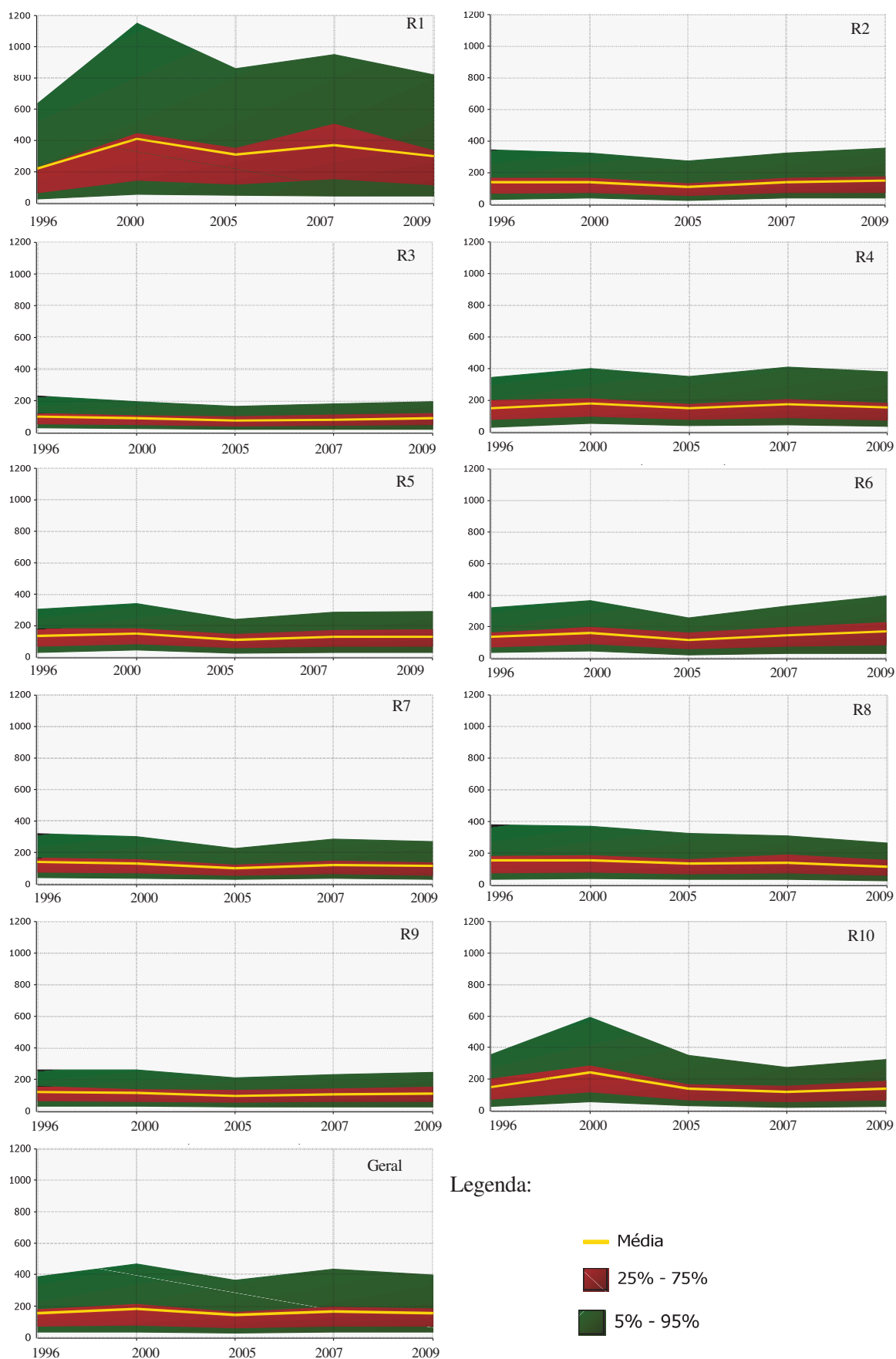


Figura 5.20 – Evolução temporal do consumo *per capita* água (L.hab⁻¹.d⁻¹), Viçosa-MG, 1996 a 2009.

Os gráficos demonstram que, salvo poucas exceções, o consumo *per capita* médio em cada RUP e na cidade como um todo não sofreu grandes oscilações ao longo do período analisado. Porém, houve grande discrepância entre RUP, demonstrada principalmente pela amplitude da faixa de variação dos pressentes de consumo. Destacam-se ainda a região Nova Viçosa (R3) com baixos valores de consumo e estreita faixa de variação e a região Centro (R1) com altos valores e grande faixa de variação, ou seja, maior homogeneidade de consumo de água em Nova Viçosa (R3) e, em contraste, maior heterogeneidade no Centro (R1). Contraste análogo e que ajuda a explicar o aqui identificado, foi verificado também na distribuição de frequência de residências por classes de área construída nessas duas regiões, isto é, maior heterogeneidade na ocupação urbanística no Centro e maior homogeneidade em Nova Viçosa (Figura 5.3).

5.2 – Fatores intervenientes no consumo residencial *per capita* e no consumo total de água

5.2.1 – Associação entre diferentes variáveis e o consumo residencial de água

A matriz de coeficientes de correlação de *Spearman* entre os valores médios mensais das variáveis meteorológicas e os valores médios mensais de consumo residencial de água de todo município (consumo total, consumo por economia residencial e por ligação residencial), para o período de maio de 1998 a março de 2010 é apresentada na Tabela 5.6.

Tabela 5.6 - Coeficientes de correlação de *Spearman* entre variáveis meteorológicas e de consumo de água, valores médios mensais da zona urbana do município como um todo.

Variável	Pluvio	Temp.(Máx.)	Temp. (Mín.)	Temp. (Média)	U.R.	Cons. Total	Cons./Ec.
Pluvio							
Temp. (Máx.)	0,32						
Temp. (Mín.)	0,65	0,36					
Temp. (Média)	0,69	0,49	0,82				
U. R.	0,25	-0,15	0,13	0,00			
Cons. Total	0,25	0,12	0,07	0,10	-0,06		
Cons./Ec.	0,03	-0,09	0,26	0,21	-0,07	0,29	
Cons./Lig	-0,07	-0,15	0,22	0,13	-0,01	0,04	0,95

Valores em negrito indicam significância estatística da correlação ($p < 0,05$).

Apesar de terem sido detectadas correlações estatisticamente significativas a entre o consumo de água e algumas variáveis meteorológicas, todas se mostraram fracas, com coeficientes de correlação inferiores a 0,3. As correlações significativas foram entre

consumo total e pluviosidade, entre consumo/economia e temperaturas mínima e média, e entre consumo/ligação e temperatura mínima.

A fim de verificar uma possível influência das férias escolares como variável de confundimento da associação entre variáveis meteorológicas e o consumo de água, realizou-se a mesma análise retirando-se os dados referentes aos meses típicos de férias escolares (dezembro, janeiro, fevereiro e julho), mas as correlações permaneceram fracas.

Na Tabela 5.7 são apresentados os coeficientes de correlação de *Spearman* entre variáveis que expressam valores médios anuais de consumo de água agrupados em RUP. Na mesma tabela são apresentados o número de observações e os anos de disponibilidade de dados de cada variável.

Tabela 5.7 – Coeficientes de correlação de *Spearman* entre valores médios anuais de consumo de água agrupados em regiões urbanas de planejamento.

Variáveis	CAn	CM	CEcM	CLigM	n ⁽¹⁾	Período ⁽²⁾
CAn					140	1996 a 2009
CM	1,00				150	1996 a 2010
CEcM	0,08	0,09			150	1996 a 2010
CLigM	0,59	0,58	0,52		150	1996 a 2010
CPCpt	0,40	0,40	0,36	0,74	40	2000, 2005, 2007 e 2009

Valores em negrito indicam significância estatística da correlação ($p < 0,05$). (1) número de observações; (2) período com disponibilidade de dados

As variáveis de consumo de água agrupadas em RUP podem ser vistas em dois grupos distintos: um com valores totais regionais de consumo, onde foram somados os consumos das economias residenciais pertencentes a cada região, como o consumo anual (CAn) e o consumo mensal (CM); outro com valores médios mensais relativizados por diferentes unidades - economias residenciais ativas (CEcM), ligações residenciais ativas (CLigM) e habitantes (CPCpt).

Foi observada correlação “completa” entre os valores médios anuais de consumo mensal e o consumo anual, o que sugere a possibilidade de interpretação conjunta dessas duas variáveis.

A variável de maior interesse, consumo *per capita* de água, apresentou maior coeficiente de correlação com o consumo por ligação residencial ativa ($\rho = 0,74$) e menor com o consumo por economia ativa ($\rho = 0,36$). Isso, de certa forma contraria a expectativa inicial, pois em tese o número de economias residenciais deveria estar mais nitidamente associado ao número de domicílios e, por conseguinte, de habitantes, do que o número de ligações residenciais.

Tal discrepância pode ter origem na aquisição dos dados do número de economias existentes em cada ligação residencial, uma vez que tais dados foram disponibilizados apenas com seus valores atuais, tendo os cadastros anteriores sido sobrescritos por seus sucessores. Para construção da série histórica utilizada no presente trabalho, foram empregados artifícios computacionais de gerenciamento de banco de dados, cruzando informações de consumo e considerando “ativas” as ligações onde houve consumo de água em determinado mês. Porém, o número de economias relacionado a cada ligação foi o atual. Assim, se em determinado lote, havia uma casa que tenha dado lugar a um prédio com uma ligação e várias economias, o consumo anterior, da casa, foi considerado como se tivesse sido consumido pelo novo contingente de economias. Portanto, essa limitação, que se esperava não causar grande impacto nas análises, aparenta relevância e eleva a importância da variável que expressa o consumo de água por ligação (CLigM) como a de maior proximidade ao consumo *per capita*.

O coeficiente de correlação entre o consumo *per capita* (CPCpt) e o consumo total (CAn e CM) foi positivo e estatisticamente significativo, porém relativamente fraco ($\rho=0,40$), indicando que a variação no consumo total de água não é bem explicada pela variação no consumo *per capita*, assim como já havia sido identificado na análise descritiva dos dados.

Na Tabela 5.8 estão apresentados os coeficientes de correlação de *Spearman* entre variáveis candidatas a fatores influentes no consumo residencial de água na zona urbana de Viçosa, agrupadas em RUP e expressas em valores médios anuais.

Tabela 5.8 – Coeficientes de correlação de *Spearman* entre variáveis de consumo de água e valores médios anuais de diversas variáveis agrupados em regiões urbanas de planejamento.

Variáveis	CAn	CEcM	CLigM	CPCpt	n ⁽¹⁾	Período ⁽²⁾
EcR%	0,96	0,03	0,61	0,33	150	1996 a 2010*
EcRMM	0,95	-0,18	0,42	0,29	150	1996 a 2010*
LigR%	0,88	-0,04	0,37	0,06	150	1996 a 2010
LigRMM	0,87	-0,22	0,18	0,07	150	1996 a 2010
Ec/Lig	0,66	-0,04	0,72	0,62	150	1996 a 2010*
Área Total	0,98	0,04	0,60	0,42	150	1996 a 2010*
Área/LigR	0,69	0,28	0,86	0,69	150	1996 a 2010*
Área/EcR	0,61	0,49	0,73	0,67	150	1996 a 2010*
Área/Hab.	0,54	0,23	0,67	0,86	40	1996 a 2010*
Dom	0,93	0,04	0,39	0,16	40	2000, 2005, 2007 e 2009
Dom%	0,93	0,06	0,48	0,18	40	2000, 2005, 2007 e 2009
DomPP	0,90	-0,04	0,29	0,02	20	2000 e 2007
DomPP%	0,91	0,05	0,43	0,05	20	2000 e 2007
Dens	-0,52	-0,14	-0,42	-0,67	40	2000, 2005, 2007 e 2009
Hab.	0,88	-0,04	0,32	0,03	40	2000, 2005, 2007 e 2009
Hab/Ec.	-0,42	0,07	-0,47	-0,85	40	2000, 2005, 2007 e 2009
RFamSM ⁽³⁾	0,63	0,32	0,78	0,67	40	2000, 2005, 2007 e 2009
RPCptSM ⁽³⁾	0,65	0,25	0,77	0,74	40	2000, 2005, 2007 e 2009
RMEIO	-0,81	-0,08	-0,94	-0,70	10	2000
RMEIOA1	-0,79	0,01	-0,81	-0,70	10	2000
R1a2	-0,26	-0,02	-0,67	-0,88	10	2000
R2A3	0,13	0,10	-0,02	-0,37	10	2000
R3A5	0,25	0,10	0,41	0,25	10	2000
R5A10	0,44	0,08	0,73	0,96	10	2000
R10A15	0,68	0,10	0,82	0,85	10	2000
R15A20	0,73	0,01	0,89	0,76	10	2000
Rm20	0,73	0,01	0,89	0,76	10	2000
SEMR	-0,55	0,05	-0,64	-0,73	10	2000
Ate100	-0,62	-0,62	-0,72	-0,77	20	2005 e 2007
a200	-0,53	-0,26	-0,64	-0,81	20	2005 e 2007
a300	-0,24	-0,17	-0,46	-0,32	20	2005 e 2007
a600	0,24	0,45	0,30	0,37	20	2005 e 2007
a900	0,40	0,36	0,61	0,69	20	2005 e 2007
a1200	0,53	0,28	0,62	0,72	20	2005 e 2007
a1500	0,82	0,59	0,77	0,68	20	2005 e 2007
Md1500	0,55	0,39	0,78	0,82	20	2005 e 2007
Alfab15	0,70	-0,05	0,50	0,64	20	2000 e 2009
Analf15	-0,70	0,05	-0,50	-0,64	20	2000 e 2009
Cinst1	-0,64	-0,24	-0,82	-0,73	10	2000
Cinst1a3	-0,60	-0,07	-0,85	-0,90	10	2000
Cinst4a7	-0,05	0,24	-0,42	-0,82	10	2000
Ci8a10	0,08	0,36	0,43	0,26	10	2000
Ci11a14	0,47	0,22	0,65	0,85	10	2000
Ci15m	0,53	0,02	0,84	0,93	10	2000
Rsinstr	-0,55	-0,39	-0,57	-0,72	30	2000, 2005 e 2007
R1ginc	-0,56	-0,72	-0,76	-0,69	30	2000, 2005 e 2007
R1gcomp	0,32	0,39	0,10	0,05	30	2000, 2005 e 2007
R2ginc	0,12	0,46	0,24	0,16	30	2000, 2005 e 2007
R2gcomp	0,44	0,69	0,65	0,58	30	2000, 2005 e 2007
Rsupinc	0,43	0,52	0,68	0,69	30	2000, 2005 e 2007
Rsupcomp	0,37	0,34	0,65	0,87	30	2000, 2005 e 2007
Rpos	0,64	0,36	0,75	0,49	30	2000, 2005 e 2007
InstS25	-0,49	-0,28	-0,49	-0,63	20	2005 e 2007
I1ginc25	-0,43	-0,55	-0,69	-0,74	20	2005 e 2007
I1gc25	0,43	0,60	0,31	0,23	20	2005 e 2007

continua...

Tabela 5.8 – Coeficientes de correlação de *Spearman* entre variáveis de consumo de água e valores médios anuais de diversas variáveis agrupados em regiões urbanas de planejamento (continuação).

Variáveis	CAn	CEcM	CLigM	CPCpt	n ⁽¹⁾	Período ⁽²⁾
I2ginc25	-0,08	0,26	0,07	0,08	20	2005 e 2007
I2gc25	0,35	0,47	0,61	0,69	20	2005 e 2007
Isupin25	0,51	0,60	0,66	0,69	20	2005 e 2007
Isupc25	0,46	0,27	0,65	0,80	20	2005 e 2007
Ipos25	0,65	0,50	0,83	0,62	20	2005 e 2007
Dom1m	0,42	0,05	0,43	0,50	30	2000, 2007 e 2009
Dom2m	0,65	-0,11	0,23	0,35	30	2000, 2007 e 2009
Dom3m	0,11	-0,07	-0,17	0,20	30	2000, 2007 e 2009
Dom4mor	-0,15	0,16	-0,09	-0,14	30	2000, 2007 e 2009
Dom5m	-0,38	0,09	-0,13	-0,48	30	2000, 2007 e 2009
Dom6mm	-0,65	-0,03	-0,31	-0,39	30	2000, 2007 e 2009
DRAgua	-0,26	0,70	-0,24	0,13	10	2000
DSRAgua	0,26	-0,70	0,24	-0,13	10	2000
DCanInt	0,58	0,41	0,76	0,50	10	2000
DSCanInt	-0,58	-0,41	-0,76	-0,50	10	2000
DCBan	0,70	0,28	0,62	0,66	10	2000
DSBan	-0,70	-0,28	-0,62	-0,66	10	2000
D1Ban	-0,44	0,12	-0,70	-0,95	10	2000
D2Ban	0,19	0,02	0,66	0,94	10	2000
D3Ban	0,70	0,09	0,77	0,83	10	2000
D4Ban	0,59	-0,07	0,77	0,88	10	2000
D5Ban	0,53	-0,11	0,83	0,90	10	2000
D6Ban	0,51	-0,09	0,85	0,73	10	2000
D7Ban	0,47	0,09	0,85	0,69	10	2000
D8Ban	0,62	-0,12	0,70	0,39	10	2000
D9mBan	0,52	-0,29	0,52	0,52	10	2000
NumdBan	0,60	-0,03	0,78	0,89	10	2000
Freq6a15	0,03	0,01	0,03	0,19	30	2005, 2007 e 2009
Fre15a18	0,29	0,38	0,45	0,45	30	2005, 2007 e 2009
Fre18a25	0,60	0,53	0,69	0,62	30	2005, 2007 e 2009
FreqT	0,47	0,26	0,50	0,33	30	2005, 2007 e 2009
comate3	-0,38	-0,47	-0,35	-0,65	10	2007
com4	-0,54	-0,55	-0,84	-0,70	10	2007
com5	-0,22	-0,53	-0,49	-0,61	10	2007
com6	-0,84	-0,70	-0,93	-0,50	10	2007
com7	0,10	0,24	0,35	0,47	10	2007
com8m	0,62	0,87	0,78	0,64	10	2007
Pedate2	0,44	0,76	0,68	0,66	10	2007
Ped3	-0,55	-0,89	-0,71	-0,47	10	2007
Ped4	-0,31	-0,20	-0,45	-0,81	10	2007
Ped5m	-0,55	-0,82	-0,80	-0,43	10	2007
Tarifa%SM	-0,11	0,31	0,32	-0,07	7	2004 a 2010

Valores em negrito indicam significância estatística da correlação ($p < 0,05$). * Os valores, atuais de área construída e economias foram sobrepostos aos antigos; histórico baseado na ocorrência de consumo de água em determinado mês/ano. (1) número de observações; (2) período com disponibilidade de dados; (3) para o ano de 2000, a renda média dos responsáveis domiciliares está expressa como a renda média familiar, e esta dividida pela média de moradores por domicílio, como renda *per capita* média.

O consumo total, expresso em volume consumido anualmente (CAn), apresenta maior correlação com variáveis que indicam crescimento demográfico na zona urbana de Viçosa, tais como: área residencial total construída– Área Total ($\rho=0,98$), número de economias residenciais ativas – EcRMM ($\rho=0,95$), número de domicílios - Dom ($\rho=0,93$),

número de habitantes – Hab.($\rho= 0,88$) e número de ligações residenciais ativas – LigRMM ($\rho= 0,87$). Esses valores demonstram que em Viçosa, no período estudado, a evolução do consumo total de água sofreu influência principalmente da evolução demográfica verificada no mesmo período. Porém, há também influência em menor intensidade, de variáveis ligadas a fatores socioeconômicos, tais como renda, nível de instrução e a existência de banheiros nos domicílios.

É notória a correlação entre renda e nível de instrução, que pode ser exemplificada localmente por uma forte correlação entre a renda *per capita* em salários mínimos – RPCptSM e o nível de alfabetização acima dos 15 anos de idade – Alfab15 ($\rho= 0,90$), além de outras relações entre variáveis subdivididas em faixas de renda e em níveis de instrução. A relação entre o consumo total de água e variáveis ligadas à renda e escolaridade (tais como: Renda familiar em salários mínimos (média) - RFamSM, Renda *per capita* em salários mínimos (média) - RPCptSM, Habitantes com mais de 15 anos de idade alfabetizados (Alfab15) foi positiva, assinalando que maiores níveis de instrução e de renda apontam para maiores somatórios de consumo nas regiões de Viçosa. A afirmativa inversa também é verdadeira, menores níveis de renda e escolaridade apontam para menores somas de consumo de água nas regiões de Viçosa.

A relação positiva ($\rho= 0,70$) entre o consumo total de água (CAn) e a porcentagem de domicílios com banheiro nas regiões de Viçosa (DCBan) indica clara relação com o consumo de água em atividades de higiene pessoal, mas também com a renda, visto que apenas famílias de renda muito baixa não contam com banheiro em casa.

Há ainda correlações significativas entre a soma dos consumos de água (CAn) e a frequência relativa do número de domicílios por número de moradores residentes (Dom1m, Dom2m, Dom3m, Dom4mor, Dom5m, Dom6mm). Essas correlações se mostram positivas nas classes com menos moradores e, negativas nas classes com mais moradores; podem, portanto, ser consideradas correlações espúrias, sem sentido teórico, pois não se pode esperar que a elevação da frequência de domicílios com mais moradores resulte em menor consumo total de água. A relação encontrada provavelmente sofre viés de confundimento da renda e do recorte espacial adotado, pois foi verificada nas RUP forte correlação negativa entre a renda *per capita* (RPCptSM) e o número de moradores por economia ($\rho= -0,66$) e também entre a renda e a frequência de domicílios com número mais elevado de moradores, 5 moradores por domicílio - Dom5m ($\rho=-0,45$) e com seis ou mais moradores - Dom6mm ($\rho=-0,57$).

A mesma tendência entre as correlações de consumo de água e a frequência relativa de número de domicílios por número de moradores foi verificada para o consumo

per capita. Porém, no caso do consumo *per capita* isso pode ter relação com economia de água em domicílios com maior número de moradores. Tal suposição é corroborada pela forte correlação negativa apresentada entre o número de habitantes por economias (Hab/Ec) e o consumo *per capita* ($\rho = -0,85$).

O consumo *per capita* apresentou ainda alta correlação positiva com o número de banheiros por domicílio – NumdBan ($\rho = 0,89$), associação esta que também foi expressa na correlação com as classes de frequências de domicílios em relação ao número de banheiros por domicílio (D1Ban, D2Ban, D3Ban, D4Ban, D5Ban, D6Ban, D7Ban, D8Ban, D9mBan). Houve também alta correlação do consumo *per capita* com a área residencial construída por habitante –Área/Hab. ($\rho = 0,86$). Verificou-se que todas essas variáveis que se mostraram correlacionadas com o consumo *per capita* de água apresentam também alta correlação positiva com a renda *per capita*, assim como o próprio consumo *per capita* ($\rho = 0,74$).

Porém, a variação da tarifa de água em relação ao salário mínimo (Tarifa%SM), variável ligada à renda e identificada em outros estudos (por exemplo, Fernandes Neto 2003) como fator influente no consumo *per capita* de água, não apresentou correlação significativa com esta variável ($\rho = -0,07$), apenas com os consumos por ligação e por economia, porém em níveis baixos ($\rho = 0,32$ e $0,31$ respectivamente). Isso pode estar relacionado à baixa variação sofrida pela tarifa e, ou seu baixo impacto na renda familiar, uma vez que os valores absolutos de Tarifa%SM são relativamente baixos.

Em resumo, foi possível identificar que, dentre as variáveis analisadas na Tabela 5.8, o consumo *per capita* de água sofreu maior influência de fatores ligados à tipologia residencial e de fatores socioeconômicos.

Na Tabela 5.9 são apresentados os coeficientes de correlação de *Spearman* de variáveis que expressam área residencial construída como consumo de água *per capita* e com o consumo anual.

Tabela 5.9 - Coeficientes de correlação de *Spearman* de variáveis que expressam área residencial construída com o consumo de água *per capita* e com o consumo anual *per capita*.

Ano	Variável	CAN	Cons_PC	Área_EcR	Nº de observações
2000	Cons_PC	0,74			11.567
	Área_EcR	0,27	0,42		
	Área/Hab	0,27	0,50	0,94	
2005	Cons_PC	0,80			13.861
	Área_EcR	0,24	0,38		
	Área/Hab	0,25	0,44	0,96	
2007	Cons_PC	0,79			14.593
	Área_EcR	0,23	0,36		
	Área/Hab	0,24	0,45	0,94	
2009	Cons_PC	0,82			15.338
	Área_EcR	0,20	0,31		
	Área/Hab	0,21	0,36	0,96	

Valores em negrito indicam significância estatística da correlação ($p < 0,05$).

As correlações entre consumo de água e área residencial construída, extraída do pareamento no nível de ligações residenciais de água, foram todas positivas e significativas, porém, com valores abaixo dos verificados para os valores médios anuais regionalizados (Tabela 5.8), o que pode estar relacionado à grande variação verificada nos dados individualizados.

Verifica-se ainda que os coeficientes de correlação seguem tendência de diminuição com o passar dos anos. Supõe-se que essa tendência pode ter relação com a falta de atualização do cadastro imobiliário de Viçosa, uma vez que esse cadastro não é refeito desde 2000 e, com o passar dos anos se torna cada vez mais obsoleto.

5.2.2 – Seleção de variáveis e definição de fatores explicativos do consumo de água

No caso das variáveis aqui denominadas “síntese” e “operacionais” (ver item 4.4.1), os pressupostos exigidos para a análise fatorial foram atendidos pelos dados de entrada, com valores altos de correlação (apresentados na Tabela A.8 do Anexo), significância do teste de esfericidade de Bartlett ($<0,001$), e valor adequado para o teste de KMO geral (0,762) e também individualmente para cada variável. Verificou-se ainda que todas as comunalidades apresentaram valores superiores a 0,60.

Foram obtidos dois fatores com autovalores superiores a 1, os quais, em conjunto, explicam 90,51% da variância encontrada nas variáveis de entrada do modelo. Tais fatores foram rotacionados visando à independência entre si, facilitando assim seu entendimento.

A Tabela 5.10 apresenta um resumo dos resultados da análise fatorial para as variáveis “síntese” e “operacionais”

Tabela 5.10 – Matriz das cargas fatoriais dos componentes principais extraídos das variáveis “síntese” e “operacionais” presentes simultaneamente nas pesquisas de 2000, 2005, 2007 e 2009.

Variáveis	Fatores		Fatores Rotacionados		Comunalidade
	1	2	1	2	
EcRMM	0,97	0,13	0,65	0,73	0,96
EcR%	0,98	0,12	0,67	0,72	0,97
LigRMM	0,75	0,61	0,17	0,95	0,94
LigR%	0,77	0,61	0,19	0,96	0,96
Ec/Lig	0,93	-0,27	0,88	0,40	0,93
Área Total	0,98	-0,02	0,76	0,62	0,96
Área/LigR	0,93	-0,30	0,91	0,38	0,97
Área/EcR	0,76	-0,36	0,81	0,23	0,71
Área/Hab.	0,89	-0,42	0,94	0,26	0,96
Dom	0,88	0,46	0,37	0,92	0,98
Dom%	0,88	0,45	0,38	0,91	0,97
Hab./Dom.	-0,70	0,34	-0,75	-0,20	0,60
Hab.	0,79	0,60	0,21	0,97	0,98
Hab/Ec.	-0,76	0,48	-0,89	-0,13	0,81
RFamSM	0,85	-0,38	0,90	0,26	0,88
RPCptSM	0,89	-0,36	0,91	0,31	0,92
% Variância Acumulada	74,12	90,51	49,71	90,51	
Autovalor	11,86	2,62	7,95	6,53	

Ao analisar as variáveis com maiores cargas fatoriais em cada fator, assinaladas em negrito, é possível distinguir características intrínsecas a cada fator. Rotulou-se, então, o fator 1 como Fator Socioeconômico, e o fator 2 como Fator Demográfico.

O Fator Socioeconômico explicaria melhor as variâncias verificadas na proporção de área residencial construída por habitante (Área/Hab) e por ligação residencial ativa (Área/LigR), bem como da variação verificada nas rendas *per capita* e familiar. Por sua vez, Fator Demográfico explicaria melhor a variância encontrada no número de habitantes, ligações e domicílios.

Contudo, a independência entre os fatores rotacionados não foi verificada, uma vez que algumas variáveis apresentaram alta carga fatorial nos dois fatores: número e porcentagem de economias residenciais ativas (EcRMM e EcR%), e o somatório da área residencial construída (Área Total) (Figura 5.21).

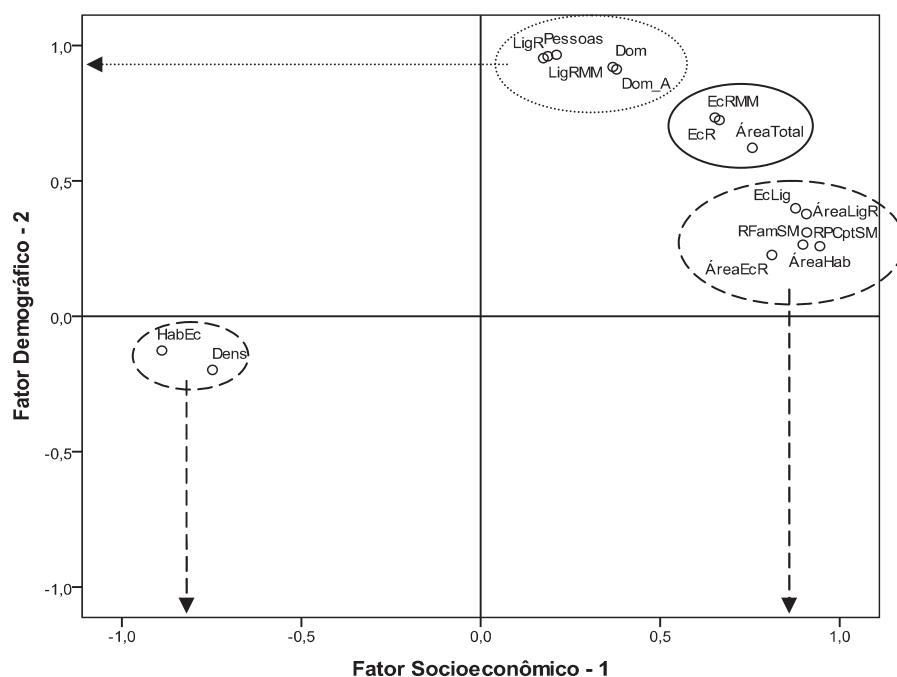


Figura 5.21 – Gráfico dos fatores rotacionados para as variáveis “síntese” e “operacionais”.

Uma possível explicação para a não independência entre os fatores, mais facilmente identificável no somatório da área residencial construída (Área Total), seria a influência conjunta dos fatores socioeconômicos e demográficos, somados às especificidades encontradas nos recortes territoriais adotados. Por exemplo, na região Centro (R1), a evolução do somatório da área residencial construída sofre influência da evolução do número de ligações residenciais (Fator Demográfico) e dos altos índices de verticalização expressos pela relação entre o número de economias por ligação (Fator Socioeconômico). Assim, a variável área residencial construída poderia ser entendida como produto desses dois fatores determinantes e, portanto altamente correlacionada aos dois. Porém, como discutido no item 4.1, cabe lembrar que estas variáveis, provenientes do SAAE e da PMV, apresentaram problemas para obtenção de séries históricas, o que pode ter influenciado as correlações encontradas.

A análise dos autovalores apresentados pelos dois fatores demonstra que a maior parte da variância explicada pelos fatores está relacionada ao Fator Socioeconômico. Isso poderia ser entendido como um sintoma da alta segregação sócio-espacial diagnosticada em Viçosa por diversos autores, discutida, por exemplo, no item 3.4.

Na tentativa de redução da gama de variáveis, foi realizada a análise de fatores apenas com as variáveis “operacionais”, sendo verificado se esse conjunto mais restrito de variáveis também apresentaria os dois fatores expressos anteriormente.

Os dados de entrada atenderam as medidas de adequação, de acordo com os: altos coeficientes de correlação (Tabela A.9 do Anexo), e dos resultados dos testes de KMO (0,712) e de esfericidade (<0,001).

Na Tabela 5.11 é apresentado o resumo dos valores obtidos na análise fatorial realizada apenas com variáveis “operacionais”, onde se percebe que tais variáveis expressam bem os dois fatores identificados anteriormente, Fator Socioeconômico e Fator Demográfico, como pode ser verificado também na Figura 5.22.

Tabela 5.11 – Matriz das cargas fatoriais dos componentes principais extraídos das variáveis “operacionais”.

Variáveis	Fatores		Fatores Rotacionados		Comunalidade
	1	2	1	2	
EcR%	0,98	0,06	0,70	0,69	0,97
LigR%	0,80	0,53	0,26	0,93	0,93
EcRMM	0,98	0,10	0,68	0,72	0,97
LigRMM	0,78	0,58	0,21	0,95	0,95
Ec/Lig	0,91	-0,31	0,89	0,36	0,92
Área Total	0,99	-0,08	0,80	0,59	0,98
Área/LigR	0,92	-0,38	0,94	0,32	0,99
Área/EcR	0,73	-0,47	0,86	0,12	0,76
% Variância Acumulada	79,45	93,29	51,48	93,29	
Autovalor	6,36	1,11	4,12	3,34	

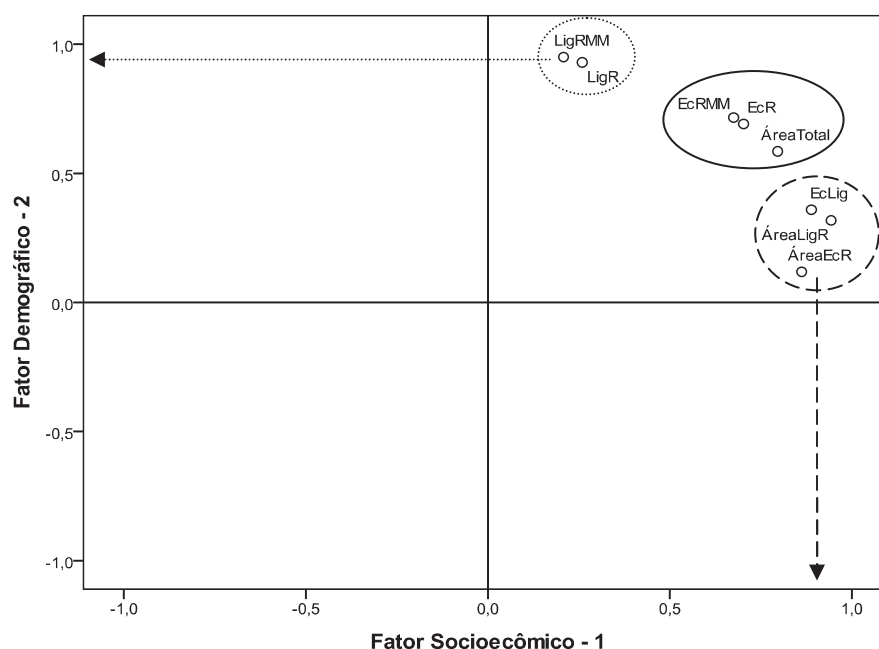


Figura 5.22 – Gráfico dos fatores rotacionados para as variáveis “operacionais”.

Ao se comparar os grupos restritos de variáveis (“síntese” e “operacionais”) com o total de variáveis, nota-se que a maior parte das variáveis com características da tipologia residencial foram retiradas. Ainda assim, entende-se que a variância devida a estas

características tenha sido incorporada pelo Fator Socioeconômico, o que faz sentido quando identificamos altas correlações entre as variáveis identificadas à tipologia residencial, como as que expressam números de cômodos e banheiros, e variáveis especificamente econômicas, como renda familiar e *per capita*.

5.2.3 – Ajuste de modelos explicativos do consumo de água por meio de regressão múltipla

Primeiramente são apresentadas as regressões regionalizadas, na tentativa de entendimento da dinâmica particular a cada região. As equações de regressão linear para cada RUP, ajustadas para explicar o somatório do consumo residencial anual de água (m³), são apresentadas na Tabela 5.12.

Tabela 5.12 – Modelos de regressão linear para estimativa de consumo anual (CAn) de água por região urbana de planejamento, ajustados pelo método *stepwise*.

Região ⁽¹⁾	Variáveis	Coef. de Regressão		Coef. de Determinação		Amplitude de X		Unidade
		b	β	R ²	R ² Aj	Mínimo	Máximo	
R1	Intercepto	94.273,38		0,84	0,82	587.709,24	791.156,26	m ²
	Área Total	1,10	0,91					
R2	Intercepto	209.770,43		0,84	0,83	1.546,33	2.399,08	unid.
	LigRMM	125,33	0,92					
R3	Intercepto	-279.798,63		0,99	0,98	6,03%	8,67%	%
	LigR%	3.327.964,44	1,03					
	Área/LigR	3.033,97	0,09					
R4	Intercepto	-304.942,84		0,93	0,92	644,37	1.048,07	unid.
	LigRMM	226,74	1,50					
	LigR%	4.199.248,46	0,61					
R5	Intercepto	295.987,04		0,75	0,70	897,08	1.435,50	unid.
	LigRMM	184,03	3,54					
	Área Total	-1,94	-2,77					
R8	Intercepto	165.859,98		0,96	0,96	973,50	1.833,92	unid.
	LigRMM	119,76	0,98					
R9	Intercepto	-37.616,27		0,98	0,98	5,75%	10,12%	%
	LigR%	2.405.835,54	0,99					
R10	Intercepto	96856,47		0,98	0,98	609,50	1.388,45	unid.
	LigRMM	139,33	0,99					

Variável dependente: somatório do consumo anual em m³ (CAn). (1) Não foi possível ajustar modelo de regressão linear nas regiões 6 e 7.

Os coeficientes de determinação (R²), que fornecem indicação sobre o poder de explicação da regressão, e os coeficientes ajustados de determinação (R² Aj), que levam em consideração o número de variáveis e observações, aparecem em geral com valores elevados.

A região Centro (R1) apresentou a “Área Total” como única variável explicativa do consumo de água. Essa variável, como discutido no item anterior, estaria correlacionada aos dois fatores: Socioeconômico e Demográfico. Portanto, na região central o aumento no

consumo aparentemente se deveu tanto a questões de expansão demográfica, tal como o aumento da população residente, quanto pelo alto poder aquisitivo da população local, ligado ao processo de verticalização.

As regiões Bom Jesus (R2) e Santo Antônio (R8) apresentaram como única variável explicativa o número de ligações. Esse fato revela que a variação do somatório do consumo de água seria explicada unicamente pelo Fator Demográfico, no caso pelo crescimento do número de ligações residenciais e, por conseguinte, crescimento populacional.

As regiões Fátima e Santa Clara (R4) e Amoras (R9) também apresentaram o Fator Demográfico como o mais importante. Na região Fátima e Santa Clara (R4), houve um crescimento mais comedido do número de ligações (LigRMM), abaixo do verificado em todo município, diminuindo assim sua fração de participação (LigR%). Porém, esse baixo crescimento ainda teria sido o principal responsável pela evolução do consumo total anual, uma vez que as variáveis ligadas ao Fator Socioeconômico apresentaram estagnação ou queda no período. Na região Amoras (R9), o crescimento demográfico foi maior que a média municipal, fazendo com que sua participação no contingente total de ligações e de domicílios aumentasse consideravelmente, quase dobrando no período estudado (1996 a 2010), passando de 5,75% a 10,12% e se tornando assim o principal responsável pelo aumento do consumo total verificado.

Nas regiões Nova Viçosa (R3) e Silvestre e adjacências (R10), o Fator Demográfico se mostrou bem influente, expresso pelo número de ligações em R10 ou pela participação destas em relação ao total do município em R3; mas o Fator Socioeconômico, expresso pela variável Área/Lig, também apresentou influência na determinação do somatório do consumo anual de água.

Na região Silvestre e adjacências (R10), apesar do método *stepwise* ter selecionado a variável Área/Lig, por considerações de ordem teórica optou-se por não inseri-la e isso não diminuiu expressivamente o poder explicativo do modelo, que se manteve em 0,98 (Tabela 5.12). A opção pela exclusão se deu pelo fato de que variável Área/Lig apresentou alta correlação negativa com os dados de consumo anual nessa região, tendência inversa ao verificado nas demais regiões, sem sentido e que pode ser considerada correlação espúria. Tal correlação muito provavelmente se deu por conta de algumas variáveis socioeconômicas terem apresentado decréscimo, enquanto o consumo anual aumentou no mesmo período, o que sugere que o grande crescimento demográfico suplantou a piora de índices socioeconômicos.

Na região Betânia (R5) foram incluídas no modelo variáveis número de ligações (LigRMM) e somatório da área residencial construída (Área Total), porém esta última contribuindo negativamente. Ao se analisar os dados de entrada é verificado que tal região apresentou alto crescimento demográfico que, entretanto, não foi acompanhado proporcionalmente pelo crescimento da área construída; isso fez diminuir a relação área construída por ligação residencial, o que teoricamente teria sido responsável por um aumento menos pronunciado do consumo total, uma vez que residências maiores consumiriam mais água.

Não foi possível ajustar uma equação linear com as variáveis independentes utilizadas para as regiões Passos (R6) e Nova Era e Vale do Sol (R7). Essas regiões que apresentaram pouca variação de consumo total de água, e nenhuma correlação significativa ($>0,05$) com variáveis independentes utilizadas no modelo (Tabela 5.13).

Tabela 5.13 – Coeficientes de variação e de correlação de *Spearman* entre o consumo anual de água e as variáveis inseridas no modelo de regressão nas regiões R6 e R7.

Regiões	Variáveis	CAn	LigR%	LigRMM	Ec/Lig	Área Total	Área/LigR	Área/EcR	CV
R6	CAn	1	0,43	-0,25	0,41	-0,48	0,27	0,28	0,02
R7	CAn	1	-0,38	0,38	-0,41	0,36	-0,15	0,53	0,05

Valores em negrito indicam significância estatística da correlação ($p < 0,05$). CV: Coeficiente de Variação

Os gráficos demonstrativos do ajuste das equações estimadas aos dados originais de consumo residencial anual de água por RUP, e dos resíduos encontrados à distribuição normal são apresentados, respectivamente, nas Figuras 5.23 e 5.24.

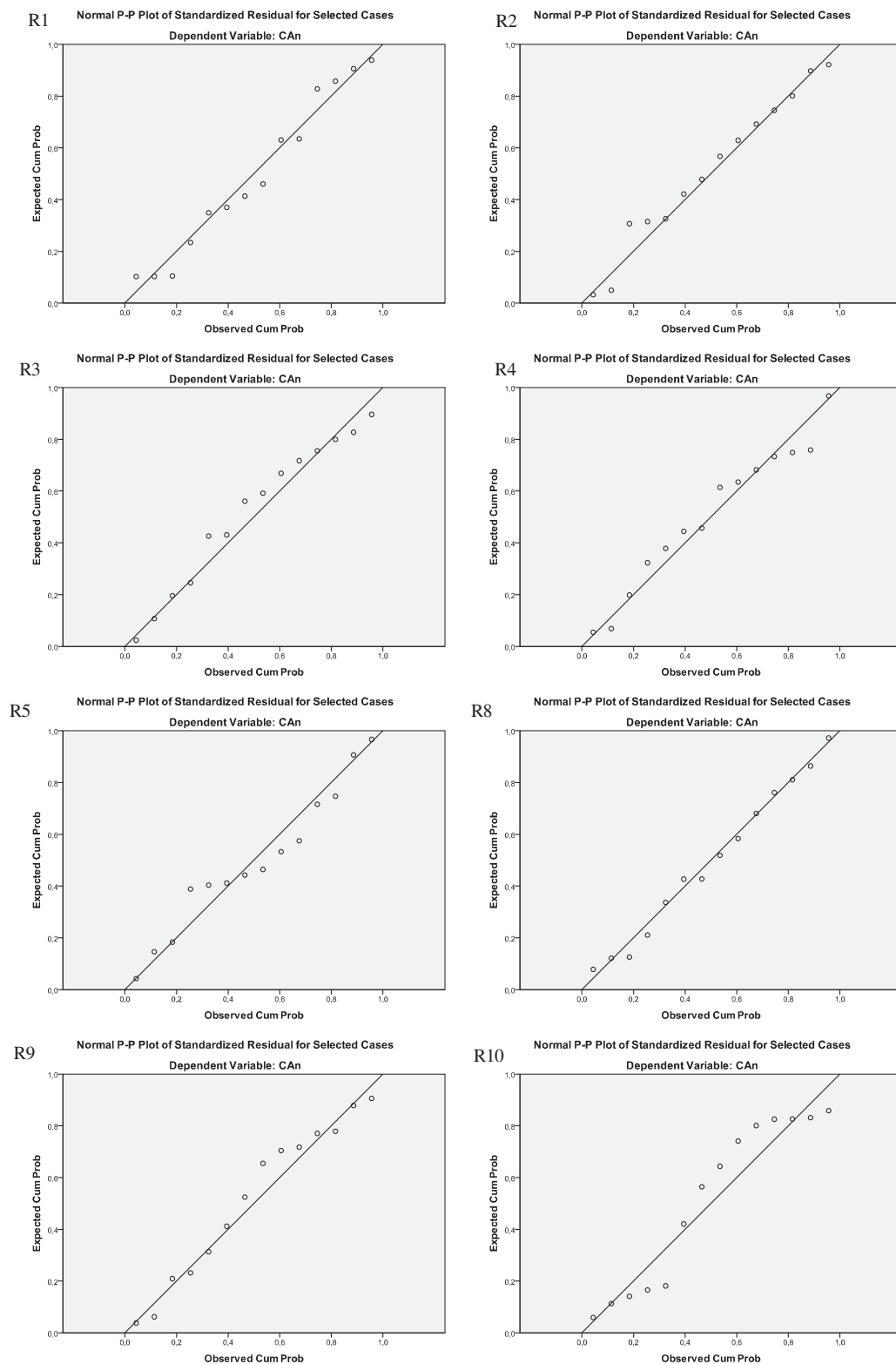


Figura 5.23 – Consumo anual de água nas regiões urbanas de planejamento, valores originais e valores estimados modelos preditivos ajustado por regressão linear.

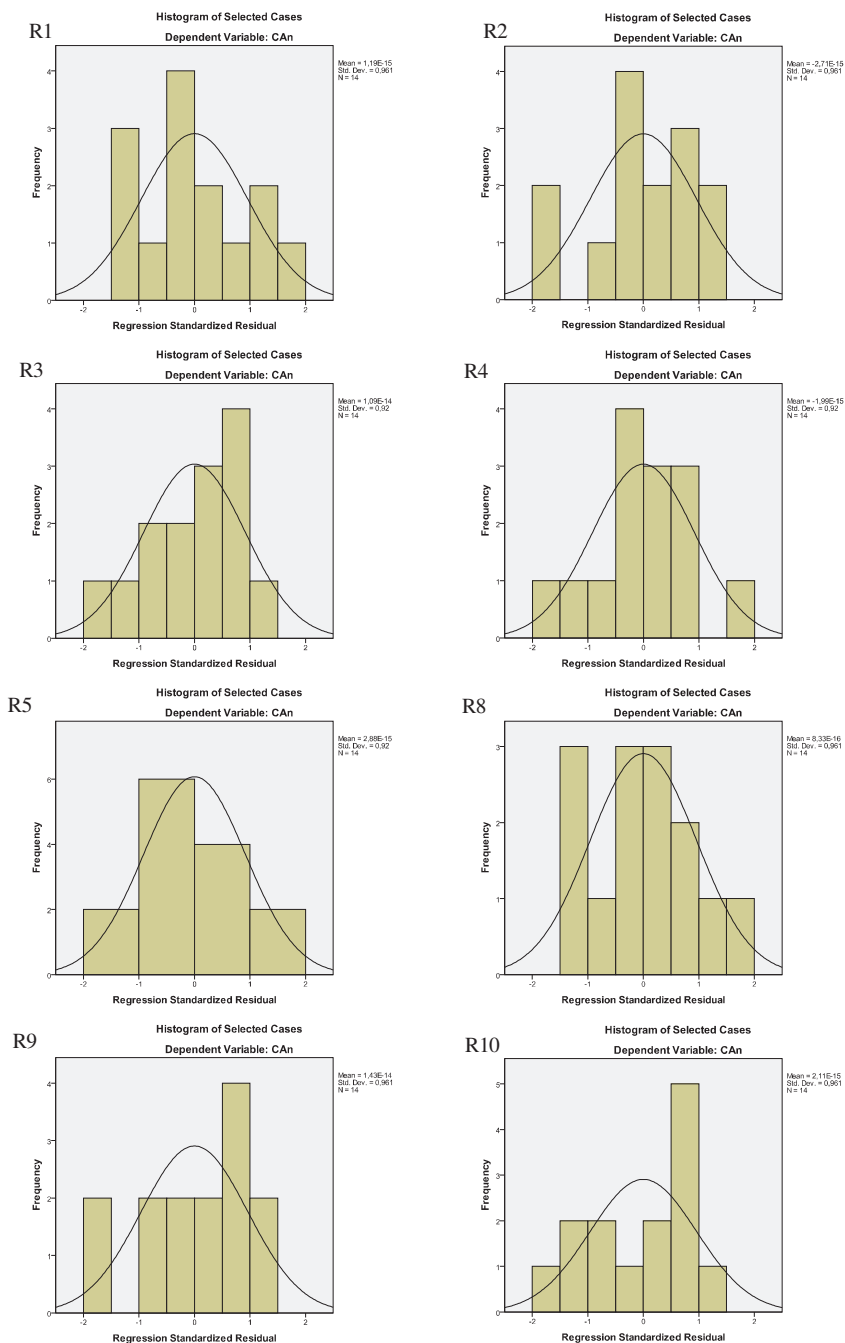


Figura 5.24 – Histogramas de distribuição de frequência dos resíduos das regressões ajustadas ao dados de consumo de água anualpor região urbanas de planejamento, sobrepostos a curvas de distribuição normal.

Com base na análise visual dos gráficos da Figura 5. 23, admite-se que os dados estimados pelos modelos se apresentaram em concordância razoável com os dados originais, com exceção mais nítida nos casos de R5 (Betânia) e R10 (Silvestre e adjacências). Porém, como pode ser observado na Figura 5.24, em algumas RUP os resíduos não se mostraram muito bem ajustados à distribuição normal, destacando-se a região Amoras (R9), o que, rigorosamente, impossibilitaria a adoção da equação ajustada para predição dos valores de consumo.

Tentativas de ajustes de modelos preditivos por regressão linear múltipla foram realizados também para os dados de média mensal do consumo de água por ligação residencial (m^3), cujos resultados são apresentados na Tabela 5.14.

Tabela 5.14 – Modelos de regressão estimativa do consumo de água por ligação (CLigM) por região urbana de planejamento, ajustados pelo método *stepwise*.

Região	Variáveis	Coef. de Regressão		Coef. de Determinação		Amplitude de X		Unidade
		b	β	R ²	R ² Aj.	Mínimo	Máximo	
R1	Intercepto	-167,23		0,49	0,44	114,16	117,35	m^2
	Área/EcR	1,78	0,70					
R2	Intercepto	30,06		0,81	0,80	210.631,45	286.741,28	m^2
	Área Total	$-4,39 \times 10^{-5}$	-0,90					
R3	Intercepto	14,71		0,65	0,62	33.504,60	67.613,96	m^2
	Área Total	$-6,10 \times 10^{-5}$	-0,80					
R4	Intercepto	-14,06		0,88	0,87	7,16%	7,96%	%
	LigR%	453,75	0,94					
R5	Intercepto	41,46		0,98	0,98	112.994,63	150.414,84	m^2
	Área Total	$-1,74 \times 10^{-4}$	-0,99					
R6	Intercepto	37,21		0,96	0,96	407,08	519,67	unid.
	LigRMM	$-4,14 \times 10^{-2}$	-0,98					
R7	Intercepto	-4,91		0,79	0,77	7,04%	8,81%	%
	LigR%	304,14	0,89					
R8	Intercepto	30,36		0,95	0,94	973,50	1.833,92	unid.
	LigRMM	$-7,23 \times 10^{-3}$	-0,97					
R9	Intercepto	21,08		0,96	0,96	46.758,55	111.143,72	m^2
	Área Total	$-8,59 \times 10^{-5}$	-0,98					
R10	Intercepto	-17,13		0,98	0,97	116,89	139,73	m^2
	Área/LigR	0,28	1,02					
	Área/EcR	$2,55 \times 10^{-2}$	0,14			68,04	102,83	m^2

Variável dependente: Consumo médio mensal por ligação residencial em m^3 (CLigM).

Grande parte das regiões apresentou modelos lineares com alto poder explicativo (elevados coeficientes de determinação), com exceção da região Centro (R1).

Por outro lado, a maioria dos modelos apresentou coeficiente de regressão (*b*) com valor muito baixos, indicando baixa influência das variáveis independentes no valor da variável dependente, o que pode ser consequência da baixa variação da variável dependente.

Os modelos ajustados para as regiões Centro (R1) e Silvestre e adjacências (R10) apresentaram como variáveis representativas àquelas ligadas ao Fator Socioeconômico. A única variável escolhida nas regiões Bom Jesus (R2), Nova Viçosa (R3), Betânia (R5) e Amoras (R9) foi o somatório de área residencial construída (Área Total), considerada como uma variável influenciada conjuntamente pelos Fatores Demográfico e Socioeconômico. A influência se mostrou negativa, ou seja, com o aumento da área construída houve diminuição no consumo por ligação, talvez por este aumento

estar associado, nestas regiões, a expansão horizontal com tendência a diminuição do número de habitantes por domicílio, diminuindo assim o consumo médio por ligação.

As demais regiões - Fátima e Santa Clara (R4), Passos (R6), Nova Era e Vale do Sol (R7) e Santo Antônio (R8) - apresentaram variáveis explicativas ligadas ao Fator Demográfico. Essas regiões apresentaram tendência de queda em seus valores de consumo por ligação e também baixo crescimento demográfico, mantendo ou diminuindo suas porcentagens de participação em relação ao total do município, como na variável LigR%; isso poder ter provocado correlação espúria.

Os gráficos demonstrativos do ajuste das equações estimadas aos dados originais de consumo mensal de água por ligação residencial, e dos resíduos encontrados à distribuição normal, são apresentados nas Figuras 5.25 e 5.26.

Em geral, os resultados da Figura 5.25 se mostram parecidos aos da Figura 5.23, ou seja, concordância razoável com os dados originais, com as mesmas exceções, acrescidas às das regiões R6 e R7 para as quais não tinham sido ajustados modelos. Na Figura 5.26 destacam-se as regiões Centro (R1), Nova Viçosa (R3) e Santo Antônio (R8), cujos modelos mais nitidamente não apresentaram resíduos com distribuição aproximada à distribuição normal.

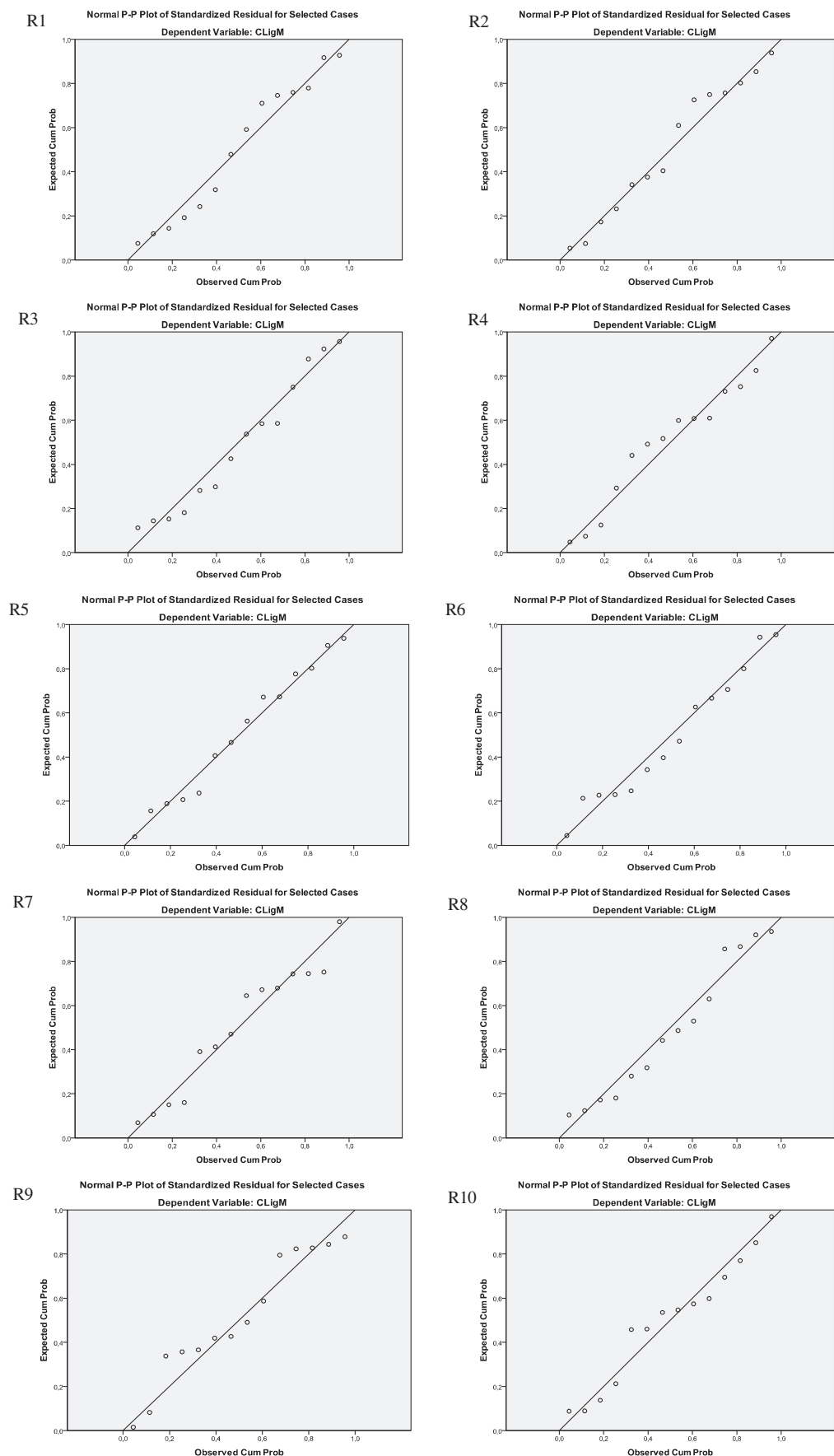


Figura 5.25 – Consumomensalde água por ligação nas regiões urbanas de planejamento, valores originais e valores estimados modelos preditivos ajustado por regressão linear.

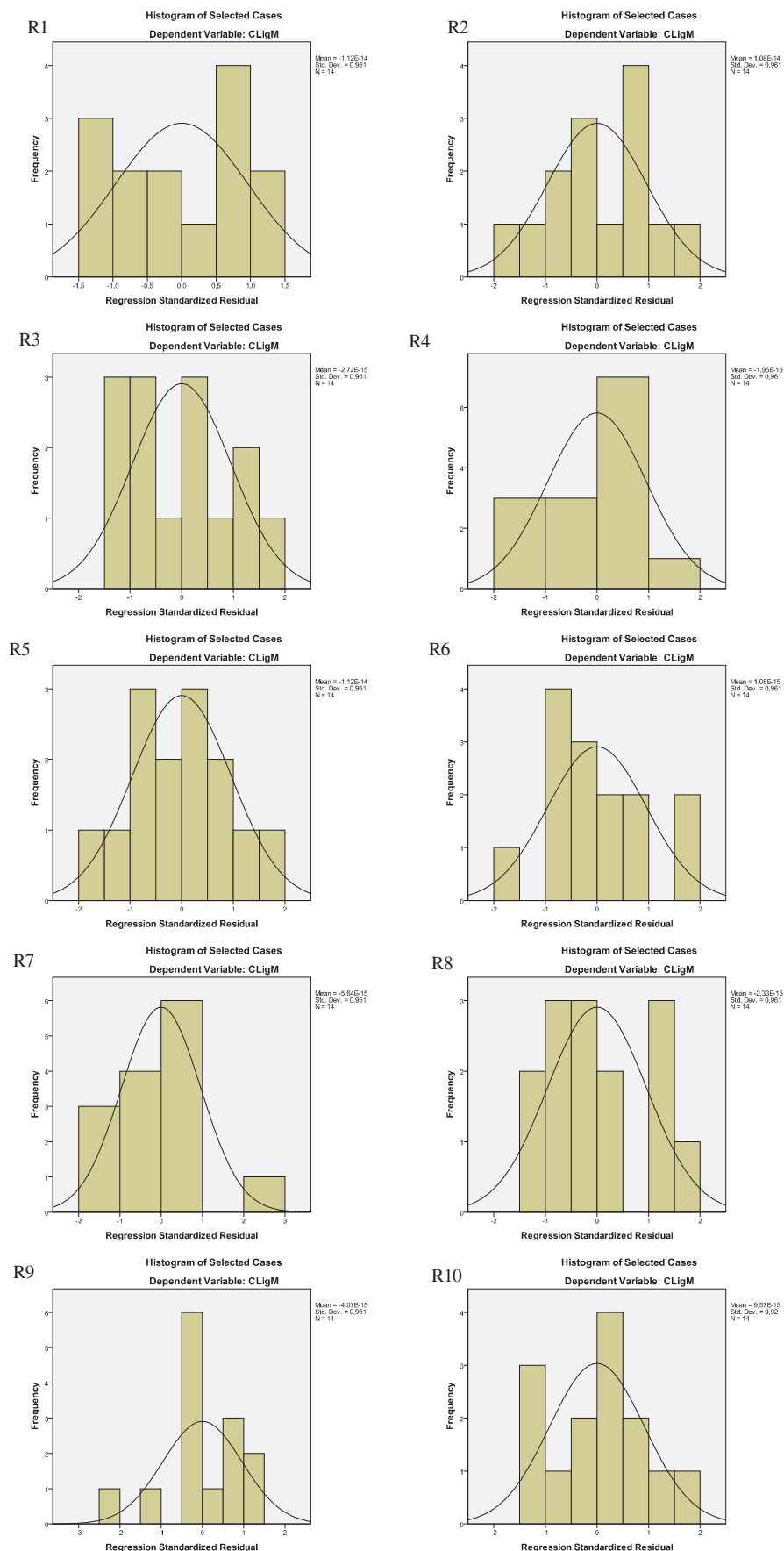


Figura 5.26 – Histogramas de distribuição de frequência dos resíduos das regressões ajustadas ao dados de consumo de água por ligação em cada região urbanas de planejamento, sobrepostos a curvas de distribuição normal.

6 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As regiões urbanas de planejamento adotadas neste trabalho apresentaram características bem discrepantes, por exemplo, e no que mais interessa neste trabalho, no que diz respeito ao consumo de água. Além da discrepância entre as regiões urbanas de planejamento, foram também detectadas heterogeneidades internas expressivas em algumas dessas regiões.

O levantamento de dados socioeconômicos comprovou a existência de forte disparidade social e segregação sócio-espacial na cidade, com realidades inter-regionais muito díspares e algumas regiões acumulando vários indicadores ruins, com destaque para Nova Viçosa (R3), Amoras (R9) e Bom Jesus (R2). No outro extremo, apresenta-se a região Centro (R1), com indicadores socioeconômicos bem mais elevados.

O consumo *per capita* de água, quando tratado por ligação residencial, mostrou-se autocorrelacionado espacialmente, ou seja, revelando indícios de dependência espacial. Porém, os valores médios das regiões urbanas de planejamento não apresentaram dependência espacial, demonstrando perda de detalhamento e informação ao se agrupar dados espaciais.

Em termos de evolução temporal, o consumo *per capita* de água, apesar de algumas flutuações, demonstrou, em geral, tendência relativamente estável ao longo do período analisado. Assim, provavelmente, o aumento do consumo total de água verificado no período estudado deveu-se, principalmente, à expansão urbana, expressa no aumento da população, de economias e de ligações, verificada em Viçosa.

Em linhas gerais, além da questão espacial, foram identificados dois grandes grupos de fatores intervenientes no consumo efetivo residencial de água na zona urbana de Viçosa-MG entre 1996 e 2010: fatores demográficos e fatores socioeconômicos. Os fatores demográficos, associados à expansão populacional e urbana da cidade, influenciaram principalmente o somatório do consumo de água e apresentaram como variáveis mais expressivas o número de habitantes e de ligações residenciais de água. Já os fatores socioeconômicos mostraram-se intervenientes principalmente no consumo *per capita* de água e revelaram como principais variáveis a renda *per capita* e a área residencial construída por habitante. Contudo, as regiões urbanas de planejamento apresentaram diferenças quanto aos principais fatores intervenientes no consumo efetivo residencial de água.

As variáveis aqui denominadas “operacionais” (número de economias e de ligações, economias por ligação, área total das edificações associadas às ligações ou

economias residenciais, área por ligação e área por economia) demonstraram potencial para serem utilizadas em modelos preditivos do consumo de água efetivo residencial de água na zona urbana de Viçosa, com destaque para o número de ligações e para área construída quando o consumo de água é expresso em termos de, respectivamente, consumo anual total e consumo de água por ligação, nos dois casos por região urbana de planejamento.

As principais conclusões deste estudo foram baseadas em dados médios anuais agrupados em extensas regiões intra-urbanas. Em continuidade ao presente trabalho, sugerem-se, estudos com recortes espacial e temporal mais estreitos.

É importante enfatizar que as diferentes fontes de onde foram extraídos os dados populacionais utilizados no presente estudo apresentaram diferentes metodologias de coleta, variáveis pesquisadas e recortes territoriais. Entende-se que a padronização dessas dimensões em futuras pesquisas facilitaria sobremaneira a análise e interpretação conjunta de seus resultados.

Cabe ainda salientar que embora o SAAE-Viçosa possua detalhado e rico banco de dados georreferenciado, tanto o cadastro do SAAE como o da Prefeitura Municipal de Viçosa são armazenados de forma que permanecem disponíveis apenas as informações mais atuais. Essa dinâmica prejudica a análise temporal desses importantes cadastros e, sendo assim, sugere-se que tais bancos de dados sejam arquitetados de forma a armazenar dados históricos.

Por fim, sugere-se que estudos complementares visem à estimativa de consumo de água com base em modelos que levem em consideração a evolução temporal das variáveis independentes, ou seja, que permitam a projeção futura do consumo de água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, M. V. S.; OLIVEIRA, J. C.; ANDRADE, V. D. A.; MEIRA, A. D. Proposta metodológica para o cálculo e análise espacial do IDH intra-urbano de Viçosa, MG. *R. Bras. Est. Pop.*, Rio de Janeiro, v. 28, n. 1, jan./jun. 2011. p. 169-186.

ALBERTA ENVIRONMENTAL PROTECTION. *Water and wastewater operations manual*. Vol. B, Unit 6, Level I – Manual. Canadá: AEP, 1996.

ALMEIDA, C. M.; MONTEIRO, A. M. V.; CAMARA, G. Perspectiva histórica de modelos de dinâmicas urbanas e regionais. In: ALMEIDA, C. M.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V. (Org.). *Geoinformação em urbanismo: cidade real x cidade virtual*. 1.ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 368 p.

ALVEZ, J. E. D.; CAVENAGHI, S.; BARROS, L. F. W. *A família DINC no Brasil: algumas características sociodemográficas*. Texto para Discussão nº 30, Rio de Janeiro: ENCE/IBGE, 2010. p. 1-34.

AMARAL, A. M. P.; SHIOTA, 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, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 12.211*: Estudos de concepção de sistemas de abastecimento de água. Rio de Janeiro, 1990. 12 p.

AZEVEDO NETTO, J. M.; FERNANDEZ, M. F.; ARAUJO, R.; ITO, A. E. *Manual de hidráulica*. 8. ed., São Paulo: Edgard Blücher, 1998. 680 p.

BASTOS, R. K. X; CORREA, J. L. P.; BORGES, S. Estudos de concepção de sistemas de esgotos sanitários. A experiência da elaboração de planos diretores em municípios de pequeno porte. In: ASSEMBLÉIA NACIONAL DA ASSEMAE, 24., Brasília , DF, 1997. *Anais...* Jaboticabal: ASSEMAE, 1997. P. 161-170.

BASTOS, R. K. X.; FRAGASSI, P. F. M.; FERRERIRA JÚNIOR, S. S.; CORREA, J. L. P.; BORGES, S. Da rotina ao planejamento. A necessidade de uma abordagem mais ampla no gerenciamento de informações nos serviços de saneamento. In: ASSEMBLÉIA NACIONAL DA ASSEMAE, 26., Vitória, ES, 1998. *Anais...* Jaboticabal: ASSEMAE, 1998. P. 419-431.

BASTOS, R. K. X. Oportunidades e desafios para os prestadores municipais de serviços de saneamento básico. In: CORDEIRO, B. S. (Org.). *Prestação dos serviços públicos de saneamento básico*. Lei Nacional de Saneamento Básico: perspectivas para as políticas e gestão dos serviços públicos. Brasília: Ministério das Cidades, 2009, v. 3, p. 559-570.

BRASIL. Decreto nº 7.217, de 21 de junho de 2010. Regulamenta a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências. Brasília: *Diário Oficial da União* – Seção 1 – Edição Extra – 22/6/2010, Página 1 (Publicação Original).

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Lei de saneamento básico. Ementa: Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nºs 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Brasília: *Diário Oficial da União* – Seção 1 – 8/1/2007, Página 3 (Publicação Original).

BRITO, L. P. G.; CAVENAGHI, S.; JANNUZZI, P. Avaliação da precisão de estimativas e projeções populacionais para pequenos domínios: Rio de Janeiro, 2000 e 2007. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, 11., Caxambu, 2008. *Anais...* Belo Horizonte: ABEP, 2008.

BUCHARLES, L. G. E.; SILVA, S. M. C. P. Avaliação do consumo de água potável em um empreendimento habitacional: estudo de caso em Londrina, PR. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24., Belo Horizonte, 2007. *Anais...* Rio de Janeiro: ABES, 2007. Vol. 1, p. 1-10.

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, 19., Foz do Iguaçu. 1997. *Anais...* Foz do Iguaçu: ABES, 1997.

CAPELETE, B. C. PIMENTA, J. F. P. *Previsão da demanda de água na área urbana: contribuições à atualização do Plano Diretor de Esgotos de Viçosa, MG*. 2008. 60 f. Projeto de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2008.

- CARNEIRO, P. A. S.; FARIA, A. L. L. *Ocupação de encostas e legislação urbanística em Viçosa, MG*. Caminhos da Geografia. Uberlândia, MG: IG-UFU, 2005. p.121-138.
- CARVALHO, A. W. B.; FARIA DE OLIVEIRA, L. *Habitação e verticalização numa cidade universitária: o caso de Viçosa, MG*. Arquitextos, São Paulo: Vitruvius, 2008. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/09.100/112>>. Acesso em: 3 set. 2011.
- CARVALHO, S. R. Os múltiplos sentidos da categoria “empowerment” no projeto de promoção à saúde. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 20, n. 4, p. 1088-1095, 2004.
- CLARK, J. W.; VIESSMAN, W. JR.; HAMMER, M. J. *Water supply and pollution control*. 3. ed. New York: Harper & Row Publishers, 1977.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. *Sistemas de esgotos sanitários*. São Paulo: CETESB, 1977. 467 p.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. *Técnica de abastecimento e tratamento de água*. Vols. 1 e 2, [ed. rev.]. São Paulo: CETESB, 1978. 549 p.
- CORRÊA, R.L. *O espaço urbano*. Série princípios. 3. ed. São Paulo: Editora Ática, 1995.
- CRUZ, T. A.; ALVARENGA, S. C.; SILVA, A. R. *Currículo de Viçosa*. Viçosa, MG: Census, 2004. 179 p.
- CRUZ, T. A.; ALVARENGA, S. C.; CARMO, M. I. *Retrato social de Viçosa*. Viçosa, MG: Census, 2006. 80 p.
- CRUZ, T. A.; ALVARENGA, S. C.; CARMO, M. I.; SILVA, A. R. *Retrato social de Viçosa 2007*. Viçosa, MG: Census, 2008. 73 p.
- DIAS, D. M. *A influência da renda sobre o consumo e a projeção de demanda residencial urbana de água e energia elétrica: uma avaliação comparativa entre as realidades de Belo Horizonte*. 2008. 130 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2008.

DIAS, D. M.; MARTINEZ, C. B.; LIBANIO, M. Avaliação do impacto da variação da renda no consumo domiciliar de água. *Eng. Sanit.Ambiental*, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, junho de 2010.

DIAS, T. L.; OLIVEIRA, M. P. G.; CÂMARA, G.; CARVALHO, M. S. Problemas de escala e a relação área-indivíduo em análise espacial de dados censitários. *Informática Pública*, v.1, n. 4,p 89-104, 2002.

DUCHESNE, L. Proyecciones de población por sexo e edad para areas intermedias e menores: metodorelación de cohortes. Santiago: CELADE/IDRC, 1987.

FERNANDES NETO, M. L. *Avaliação de parâmetros intervenientes no consumo per capita de água: estudo para 96 municípios do estado de Minas Gerais*. 2003. 133 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2003.

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

FÍGOLI, M. G. B.; WONG, L. R.; GONZAGA, M. R.; GOMES, M. M. F. Aspectos metodológicos para a projeção de localidades intra-urbanas – uma aplicação a Minas Gerais.In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, 17., Caxambu, 2010. *Anais...* Caxambu, MG: ABEP, 2010.

FUCKS, S.; CARVALHO, M. S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. *Análise espacial de dados geográficos*. Vol. 1, Brasília: Embrapa, 2004. 209 p.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE – FUNASA. *Manual de saneamento*. Brasília, 1999.407 p.

GARCIA, R. A.; SOARES FILHO, B. S. *Um sistema de dinâmica demográfica para os municípios amazônicos*. Belo Horizonte: UFMG/Cedeplar, 2005. 25 p. (Texto para discussão, 248). Disponível em: <<http://www.cedeplar.ufmg.br/publicacoes/trabalhos/textos-para-discussao.php>> Acesso em: 10 maio 2010.

GOMES, H. *Sistemas de abastecimento de água: Dimensionamento econômico e operação de redes e elevatórias*. 3.ed.João Pessoa: Editora Universitária/UFPB, 2009. 277 p.

HAIR, J. F. JR.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C. *Análise multivariada de dados*. 6. ed. Trad. Adonai Schlup Sant'Anna e Anselmo Chaves Neto. Porto Alegre: Bookman, 2009. 688 p.

HOWARD, G.; BARTRAM, J. *Domestic water quantity, service level and health*. 2003. Disponível em: <http://whqlibdoc.who.int/hq/2003/WHO_SDE_WSH_03.02.pdf>. Acesso em: 4 abr. 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. *Censo demográfico 2000*—agregado por setores censitários dos resultados do universo. 2. ed. Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/defaulttab_agregado.shtm>. Acesso em: 10 jan. 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. *Atlas de saneamento*. Rio de Janeiro. 2004. 151 p. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/atlas_saneamento/>. Acesso em: 20 jan. 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. *Contagem da população 2007*—Agregado por setores censitários. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/contagem.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. *Projeção da população do Brasil por sexo e idade 1980-2050* – Revisão 2008. Rio de Janeiro: Estudos e Pesquisas, 2008 (Informação Demográfica e Socioeconômica, n.24).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. *Pesquisa nacional por amostra de domicílios 2009* – PNAD 2009. v. 30, Rio de Janeiro, 2010. 133 p.

IRWIN, R. O componente migratório nas projeções por idade de estados e municípios. In: WONG, L. R.; HAKKERT, H.; LIMA, R. A. (Org.) *Futuro da população brasileira: projeções, previsões e técnicas*. São Paulo: ABEP, 1987. p. 213-227.

JANNUZZI, P. M.; PATARRA, N. L. *Manual para capacitação em indicadores sociais nas políticas públicas e em direitos humanos*. São Paulo: Oficina Editorial, 2006.

JARDIM, M.L.T. Uso de variables sintomáticas para estimar La distribución espacial de lapoblación. *Notas de Población*, Celade, v. 71, p. 21-49, 2001.

LOTKA, A. J. *Teoria analítica de lasasociaciones biológicas*. Santiago de Chile: Celade, 1969. (Celade, série 6; 5).

MADEIRA, J. L.; SIMÕES, C. C.S. Estimativas preliminares da população urbana e rural, segundo as unidades da Federação, 1960/1980: por uma nova metodologia. *Revista Brasileira de Estatística*, Rio de Janeiro, v.33, n.129, p.3-11, 1972.

MAGALHÃES, C. A. C.; MORENO, J.; GALVÃO JÚNIOR, A. C. Estimativa do consumo *per capita* em comunidades atendidas pela unidade de negócio do médio Tietê. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21., João Pessoa, 2001. *Anais...* João Pessoa: ABES, 2001. 4 p. 1 CDROOM

MARICATO, E. *Brasil, cidades: alternativas para a crise urbana* Petrópolis, RJ: Vozes, 2001. 204 p.

MELLO, F. A. O. *Análise do processo de formação da paisagem urbana do município de Viçosa, Minas Gerais*. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

MELO, J. M. C.; NOVAIS, F. A. Capitalismo tardio e sociabilidade moderna. In: NOVAIS, F. A. (Coord.); SCHWARCZ, L. M. (Org.). *História da vida privada no Brasil*. Vol. 4. 6. reimp. São Paulo: Companhia das Letras, 2010. 856 p.

NARCHI, H. A demanda doméstica de água. *Revista DAE*, São Paulo, v. 49, n. 154, jan./mar. 1989. p. 1-7.

PANIAGO, M. C. T. *Viçosa – Mudanças socioculturais: evolução histórica e tendências*. Viçosa: Imprensa Universitária, 1990. 300p.

PENNA, J. A.; SOUZA, B. A.; SOUZA, F. Análise do consumo *per capita* de água de abastecimento de cidades de Minas Gerais com população de 10.000 a 50.000 habitantes. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 9., 2000, Porto Seguro. *Anais...* Porto Seguro: ABES, 2000. 1 CD.

PEREIRA, M. F. V. Contradições de uma cidade científica: Processo de urbanização e especialização territorial em Viçosa, MG. *Caminhos da Geografia*, UFU, on-line, Uberlândia, v. 18, n. 16, p. 197-206, 2005.

PEREIRA, S. H. F.; MORAIS, D. E.; ASSIS, T. P.; MELO, L. V.; FARIA, A. L. L. Impactos socioambientais do adensamento urbano em Viçosa (MG). In: ENCONTRO DE GEÓGRAFOS DA AMÉRICA LATINA, 10., 2005. São Paulo. *Anais...* São Paulo, 2005. p. 11794-11818. Disponível em: <<http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal10/Procesosambientales/Impactoambiental/17.pdf>> Acesso em: 11 jun. 2011.

PICKARD, J. *Metropolization of the United States*. Washington, D.C.: Urban Land Institute, 1959. (Land Institute Research Monograph, 2).

PITTA, M. T.; DINI, N.P. JANNUZZI, P. M.; Modelos para produção de estimativas demográficas para bairros e domínios intra-urbanos: A experiência para o município de São Paulo. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, 17., 2010. Caxambu, MG. *Anais...* Caxambu, MG: ABEP, 2010.

PREFEITURA MUNICIPAL DE VIÇOSA. Viçosa – MG. Sítio eletrônico da prefeitura. Disponível em: <<http://www.vicosa.mg.gov.br>>. Acesso em: 11 jun. 2011.

QASIN, S. R. *Watertreatment plants: planning, design and operation*. 1. ed. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1985.

QUERIDO, J. G. Caracterização da cota *per capita* de consumo de água de abastecimento público em função da classe social consumidora. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 9., 2000. Porto Seguro. *Anais...* Porto Seguro: ABES, 2000. 1 CD.

RAMOS, F. R. *Análise espacial de estruturas intra-urbanas: o caso de São Paulo*. 2002. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP, 2002.

RIBEIRO FILHO, G. B. *A formação do espaço construído: cidade e legislação urbanística em Viçosa, MG*. 1997. 244 f. Dissertação (Mestrado em Urbanismo) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1997.

RODRIGUES, N. M. A segregação socioespacial e ações do plano diretor: os casos do bairro Maria Eugênia e a área central de Viçosa, MG. *Revista Geográfica Acadêmica*, v. 4, p. 56-70, 2010.

SANTOS, A. M. C. *Sociabilidade e ajuda mutua na periferia urbana de Viçosa (MG)*. 1991. Dissertação (Mestrado em Extensão Rural) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1991.

SANTOS, J. L. F. *Demografia: estimativas e projeções*. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – USP, 1978. (Cadernos de Estudos e Pesquisas, 1).

SANTOS, T. F. *Projeções de população de Pernambuco, desagregada por microrregiões, até o ano de 2010: aplicação de métodos alternativos*. 1989. Dissertação (Mestrado em Demografia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1989.

SCOTTI, M. Aquífero Guarani: técnicos pedem investimentos e pesquisas. *Revista CREA-PR*, Curitiba, v. 8, n. 35, p. 25-29, ago. 2005.

SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO – SAAE. *Sistema de água*. Viçosa, MG, 2011. Disponível em: <<http://www.saaevicosa.com.br/portal/>>. Acesso em: 12 maio 2011.

SILVA, A. R.; CARMO, M. I.; ALVARENGA, S. C.; CRUZ, T. A. *Retrato social de Viçosa III*. Viçosa, MG: Census, 2010. 114p.

SILVA, R. T.; CONEJO, J. G. L.; MIRANDA, E. C.; ALVES, R. F.F. *Indicadores de perdas nos sistemas de abastecimento de água*. Documentos Técnicos de Apoio A2 Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água – PNCDA. Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento, Secretaria de Política Urbana, 1998. 70 p.

SILVA, W. T. P.; SILVA, L. M.; CHICHORRO, J. F. Gestão de recursos hídricos: perspectivas do consumo *per capita* de água em Cuiabá. *Eng. Sanit. Ambient.*, Rio de Janeiro, v. 13, n. 1, mar. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522008000100002&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 19mar.2010.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS. *Diagnóstico dos serviços de água e esgotos – 2009*. 2011. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/PaginaCarrega.php?EWRErterterTERTer=85>> Acesso em: 11 jun. 2011.

TOBLER, W. R. A computer movie simulating urban growth in the detroit region. *Economic Geography*, v. 46, n. 2, p. 234-240, 1970.

TSUTIYA, M. T.; ALÉM SOBRINHO, P. *Coleta e transporte de esgoto sanitário*. 2 ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2000. 547 p.

TSUTIYA, M. T. *Abastecimento de água*. São Paulo: Provo Distribuidora e Gráfica, 2004. 643 p.

vonSPERLING, M.; SANTOS, A. S. P.; MELO, M. C.; LIBÂNIO M. Investigação de Fatores de Influência no Consumo *per capita* de Água em Estados Brasileiros e em Cidades de Minas Gerais. In: SIMPÓSIO ÍTALO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 6., Vitória, 2002. *Anais...* Vitória: ABES, 2002. 1 CD.

vonSPERLING, M. *Princípios do tratamento biológico de águas residuárias*. Vol. 1. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3. ed. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005. 452 p.

WALDVOGEL, B. C. *Técnicas de projeção populacional para o planejamento regional*. Estudos Cedeplar, Belo Horizonte, UFMG/Cedeplar, 1998. 162p.

ZHOU, S. L.; McMAHON, T. A.; WANG, Q. J. Frequency analysis of water consumption for metropolitan area of Melbourne. *Journal of Hydrology*, v. 247, p. 72-84, 2001.

ANEXO

Quadro A.1 – Variáveis socioeconômicas e de consumo de água agrupadas em regiões urbanas de planejamento selecionadas para análise no presente trabalho.

Variável	Significado	Obs.	Fonte	Detalhamento	Período	Disponibilidade
CAn	Consumo residencial anual (m³)	140	SAAE	Ligações	Mensal	1996 a 2009
CM	Consumo residencial mensal (média anual) (m³)	150	SAAE	Ligações	Mensal	1996 a 2010
CEcM	Consumo residencial mensal por economia ativa (média anual) (m³)	150	SAAE	Ligações	Mensal	1996 a 2010
CLigM	Consumo residencial mensal por ligação ativa (média anual) (m³)	150	SAAE	Ligações	Mensal	1996 a 2010
CCA	Economias residenciais com média de consumo mensal de 1 a 10 m³	150	SAAE	Ligações	Mensal	1996 a 2010
CCB	Economias residenciais com média de consumo mensal de 11 a 15 m³	150	SAAE	Ligações	Mensal	1996 a 2010
CCC	Economias residenciais com média de consumo mensal de 16 a 20 m³	150	SAAE	Ligações	Mensal	1996 a 2010
CCD	Economias residenciais com média de consumo mensal de 21 a 25 m³	150	SAAE	Ligações	Mensal	1996 a 2010
CCE	Economias residenciais com média de consumo mensal de 26 a 30 m³	150	SAAE	Ligações	Mensal	1996 a 2010
CCF	Economias residenciais com média de consumo mensal de 31 a 40 m³	150	SAAE	Ligações	Mensal	1996 a 2010
CCG	Economias residenciais com média de consumo mensal de 41 a 50 m³	150	SAAE	Ligações	Mensal	1996 a 2010
CCH	Economias residenciais com média de consumo mensal de 51 a 60 m³	150	SAAE	Ligações	Mensal	1996 a 2010
CCI	Economias residenciais com média de consumo mensal de 61 a 75 m³	150	SAAE	Ligações	Mensal	1996 a 2010
CCJ	Economias residenciais com média de consumo mensal de 76 a 100 m³	150	SAAE	Ligações	Mensal	1996 a 2010
CKK	Economias residenciais com média de consumo mensal de 101 a 200 m³	150	SAAE	Ligações	Mensal	1996 a 2010
CCL	Economias residenciais com média de consumo mensal de >201 m³	150	SAAE	Ligações	Mensal	1996 a 2010
CCO	Economias residenciais com média de consumo mensal nulo	150	SAAE	Ligações	Mensal	1996 a 2010
CPCpt	Consumo <i>per capita</i> de água (consumo residencial anual/ n°dehabitantes.365dias) (L/hab.dia)	40	Calculado	Adotada	Anual	2000, 2005, 2007 e 2009
EcRMM	Economias residenciais ativas (média mensal)	150	SAAE	Ligações	Mensal	1996 a 2010*
LigRMM	Ligações residenciais ativas (média mensal)	150	SAAE	Ligações	Mensal	1996 a 2010
Ec/Lig	Relação entre o n° de economias residenciais ativas/ n° de ligações residenciais ativas	150	Calculado	Ligações	Mensal	1996 a 2010
Área Total	Somatório da área construída dos imóveis residenciais (m²)	150	PMV	Ligações		2010*
Área/LigR	Média da área construída de cada ligação residencial de água (m²)	150	PMV	Ligações		2010*
Área/EcR	Média da área construída de cada economia residencial de água (m²)	150	Calculado	Regiões Census		2010*
Área/Hab.	Média da área construída de cada região census/ n° de hab. da mesma região (m²)	150	Calculado	Regiões Census		2010*
Dom	Número de domicílios	40	I/C	Adotada	Anual	2000, 2005, 2007 e 2009
DomPP	Número de domicílios particulares permanentes	20	IBGE	Setores Censitários	Anual	2000 e 2007
Hab./Dom.	Número de habitantes/domicílios	40	Calculado	Adotada		2000, 2005, 2007 e 2009
Hab.	Número de habitantes.	40	I/C	Adotada	Anual	2000, 2005, 2007 e 2009
Hab/Ec.	Habitantes/ economias residenciais ativas	40	Calculado	Adotada		2000, 2005, 2007 e 2009
RFamSM	Renda familiar em salários mínimos (média)	20	Census	Regiões Census	Mensal	2005 e 2009
RPCptSM	Renda <i>per capita</i> em salários mínimos (média)	20	Census	Regiões Census	Mensal	2005 e 2009
RMEJO	Responsáveis por domicílio com rendimentos de até meio salário mínimo	10	IBGE	Setores Censitários	Mensal	2000
RMEIOA1	Responsáveis por domicílio com rendimentos entre meio e 1 salário mínimo	10	IBGE	Setores Censitários	Mensal	2000
R1a2	Responsáveis por domicílio com rendimentos entre 1 e 2 salários mínimos	10	IBGE	Setores Censitários	Mensal	2000
R2A3	Responsáveis por domicílio com rendimentos entre 2 e 3 salários mínimos	10	IBGE	Setores Censitários	Mensal	2000
R3A5	Responsáveis por domicílio com rendimentos entre 3 e 5 salários mínimos	10	IBGE	Setores Censitários	Mensal	2000
R5A10	Responsáveis por domicílio com rendimentos entre 5 e 10 salários mínimos	10	IBGE	Setores Censitários	Mensal	2000

continua...

Quadro A.1 – Variáveis socioeconômicas e de consumo de água agrupadas em regiões urbanas de planejamento selecionadas para análise no presente trabalho (continuação).

Variável	Significado	Obs.	Fonte	Detalhamento	Período	Disponibilidade
R10A15	Responsáveis por domicílio com rendimentos entre 10 e 15 salários mínimos	10	IBGE	Setores Censitários	Mensal	2000
R15A20	Responsáveis por domicílio com rendimentos entre 15 e 20 salários mínimos	10	IBGE	Setores Censitários	Mensal	2000
Rm20	Responsáveis por domicílio com rendimentos acima de 20 salários mínimos	10	IBGE	Setores Censitários	Mensal	2000
SEMR	Responsáveis por domicílio sem rendimento	10	IBGE	Setores Censitários	Mensal	2000
Ate100	Famílias com renda <i>per capita</i> de até 100 Reais	20	Census	Regiões Census	Mensal	2000 e 2007
a200	Famílias com renda <i>per capita</i> entre 100 e 200 Reais	20	Census	Regiões Census	Mensal	2000 e 2007
a300	Famílias com renda <i>per capita</i> entre 200 e 300 Reais	20	Census	Regiões Census	Mensal	2000 e 2007
a600	Famílias com renda <i>per capita</i> entre 300 e 600 Reais	20	Census	Regiões Census	Mensal	2000 e 2007
a900	Famílias com renda <i>per capita</i> entre 600 e 900 Reais	20	Census	Regiões Census	Mensal	2000 e 2007
a1200	Famílias com renda <i>per capita</i> entre 900 e 1200 Reais	20	Census	Regiões Census	Mensal	2000 e 2007
a1500	Famílias com renda <i>per capita</i> entre 1200 e 1500 Reais	20	Census	Regiões Census	Mensal	2000 e 2007
Mdl500	Famílias com renda <i>per capita</i> acima de 1500 Reais	20	Census	Regiões Census	Mensal	2000 e 2007
Alfab15	Habitantes com mais de 15 anos de idade alfabetizados	20	I/C	Adotada		2000 e 2009
Analf15	Habitantes com mais de 15 anos de idade analfabetos	20	I/C	Adotada		2000 e 2009
Cinst1	Responsáveis por domicílio com 1 ano de estudo	10	IBGE	Setores Censitários		2000
Cinst1a3	Responsáveis por domicílio com 1 a 3 anos de estudo	10	IBGE	Setores Censitários		2000
Cinst4a7	Responsáveis por domicílio com 4 a 7 anos de estudo	10	IBGE	Setores Censitários		2000
Ci8a10	Responsáveis por domicílio com 8 a 10 anos de estudo	10	IBGE	Setores Censitários		2000
Ci11a14	Responsáveis por domicílio com 11 a 14 anos de estudo	10	IBGE	Setores Censitários		2000
Ci15m	Responsáveis por domicílio com 15 anos ou mais de estudo	10	IBGE	Setores Censitários		2000
Rsinstr	Responsáveis por domicílio sem instrução	20	Census	Regiões Census		2000 e 2007
R1ginc	Responsáveis por domicílio com o 1 grau incompleto	20	Census	Regiões Census		2000 e 2007
R1gcomp	Responsáveis por domicílio com o 1 grau completo	20	Census	Regiões Census		2000 e 2007
R2ginc	Responsáveis por domicílio com o 2 grau incompleto	20	Census	Regiões Census		2000 e 2007
R2gcomp	Responsáveis por domicílio com o 2 grau completo	20	Census	Regiões Census		2000 e 2007
Rsupinc	Responsáveis por domicílio com o superior incompleto	20	Census	Regiões Census		2000 e 2007
Rsupcomp	Responsáveis por domicílio com o superior completo	20	Census	Regiões Census		2000 e 2007
Rpos	Responsáveis por domicílio com pós-graduação	20	Census	Regiões Census		2000 e 2007
InstS25	Habitantes com mais de 25 anos de idade sem instrução	20	Census	Regiões Census		2000 e 2007
I1ginc25	Habitantes com mais de 25 anos de idade com o 1 grau incompleto	20	Census	Regiões Census		2000 e 2007
I1gc25	Habitantes com mais de 25 anos de idade com o 1 grau completo	20	Census	Regiões Census		2000 e 2007
I2ginc25	Habitantes com mais de 25 anos de idade com o 2 grau incompleto	20	Census	Regiões Census		2000 e 2007
I2gc25	Habitantes com mais de 25 anos de idade com o 2 grau completo	20	Census	Regiões Census		2000 e 2007
Isupin25	Habitantes com mais de 25 anos de idade com o superior incompleto	20	Census	Regiões Census		2000 e 2007
Isupc25	Habitantes com mais de 25 anos de idade com o superior completo	20	Census	Regiões Census		2000 e 2007
Ipos25	Habitantes com mais de 25 anos de idade com o superior completo	20	Census	Regiões Census		2000 e 2007
Dom1m	Domicílios com 1 morador	30	I/C	Adotada		2000, 2007 e 2009
Dom2m	Domicílios com 2 moradores	30	I/C	Adotada		2000, 2007 e 2009

continua...

Quadro A.1 – Variáveis socioeconômicas e de consumo de água agrupadas em regiões urbanas de planejamento selecionadas para análise no presente trabalho (continuação).

Variável	Significado	Obs.	Fonte	Detalhamento	Período	Disponibilidade
Dom3m	Domicílios com 3 moradores	30	I/C	Adotada		2000, 2007 e 2009
Dom4mor	Domicílios com 4 moradores	30	I/C	Adotada		2000, 2007 e 2009
Dom5m	Domicílios com 5 moradores	30	I/C	Adotada		2000, 2007 e 2009
Dom6mm	Domicílios com 6 ou mais moradores	30	I/C	Adotada		2000, 2007 e 2009
DRAgua	Domicílios abastecidos por rede geral de água	10	IBGE	Setores Censitários		2000
DSRAgua	Domicílios sem abastecimento por rede geral de água	10	IBGE	Setores Censitários		2000
DCanInt	Domicílios com canalização interna de água	10	IBGE	Setores Censitários		2000
DSCanInt	Domicílios sem canalização interna de água	10	IBGE	Setores Censitários		2000
DCBan	Domicílios com banheiro	10	IBGE	Setores Censitários		2000
DSBan	Domicílios sem banheiro	10	IBGE	Setores Censitários		2000
D1Ban	Domicílios com 1 banheiro	10	IBGE	Setores Censitários		2000
D2Ban	Domicílios com 2 banheiros	10	IBGE	Setores Censitários		2000
D3Ban	Domicílios com 3 banheiros	10	IBGE	Setores Censitários		2000
D4Ban	Domicílios com 4 banheiros	10	IBGE	Setores Censitários		2000
D5Ban	Domicílios com 5 banheiros	10	IBGE	Setores Censitários		2000
D6Ban	Domicílios com 6 banheiros	10	IBGE	Setores Censitários		2000
D7Ban	Domicílios com 7 banheiros	10	IBGE	Setores Censitários		2000
D8Ban	Domicílios com 8 banheiros	10	IBGE	Setores Censitários		2000
D9mBan	Domicílios com 9 ou mais banheiros	10	IBGE	Setores Censitários		2000
NumdBan	Número de banheiros médio por domicílio	10	IBGE	Setores Censitários		2000
Freq6a15	Porcentagem da população com idade entre 6 a 15 anos de idade que frequenta a escola	30	Census	Regiões Cens		2005, 2007 e 2009
Fre15a18	Porcentagem da população com idade entre 15 a 18 anos de idade que frequenta a escola	30	Census	Regiões Cens		2005, 2007 e 2009
Fre18a25	Porcentagem da população com idade entre 18 a 25 anos de idade que frequenta a escola	30	Census	Regiões Cens		2005, 2007 e 2009
FreqT	Porcentagem da população com idade entre 6 a 25 anos de idade que frequenta a escola	30	Census	Regiões Cens		2005, 2007 e 2009
comate3	Porcentagem de domicílios com até 3 cômodos	10	Census	Regiões Cens		2007
com4	Porcentagem de domicílios com 4 cômodos	10	Census	Regiões Cens		2007
com5	Porcentagem de domicílios com 5 cômodos	10	Census	Regiões Cens		2007
com6	Porcentagem de domicílios com 6 cômodos	10	Census	Regiões Cens		2007
com7	Porcentagem de domicílios com 7 cômodos	10	Census	Regiões Cens		2007
com8m	Porcentagem de domicílios com 8 ou mais cômodos	10	Census	Regiões Cens		2007
Pedate2	Porcentagem de domicílios com até 2 pessoas por dormitório	10	Census	Regiões Cens		2007
Ped3	Porcentagem de domicílios com 3 pessoas por dormitório	10	Census	Regiões Cens		2007
Ped4	Porcentagem de domicílios com 4 pessoas por dormitório	10	Census	Regiões Cens		2007
Ped5m	Porcentagem de domicílios com 5 pessoas ou mais por dormitório	10	Census	Regiões Cens		2007
Tarifa%SM	Porcentagem de participação da tarifa mínima de água no salário mínimo vigente	150	SAAE	Viçosa	Anual	1996 a 2009

*Os cadastros do número de economias do SAAE e da Área Construída da PMV não mantêm salvas as informações históricas, permanecendo apenas com os dados mais atuais. As séries históricas para tais variáveis foram estimadas através do pareamento com os dados de consumo de água e verificação de ligação ativa.

Tabela A.1 – Estatística descritiva das variáveis agrupadas em regiões urbanas de planejamento.

Variável	Observações	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação	Assimetria	Curtose
CAn	165	74,017,00	1013,953,00	285,724,18	210,877,00	212,991,43	0,75	1,92	3,09
CM	176	6,168,10	84,496,10	24,136,22	17,635,55	17,946,06	0,74	1,92	3,09
CEcM	176	9,68	19,45	12,99	12,67	1,78	0,14	0,80	0,89
CLigM	176	10,61	43,16	18,99	18,00	6,80	0,36	1,84	3,31
CCA	176	178,00	1,279,00	601,65	558,50	276,10	0,46	0,52	-0,53
CCB	176	116,00	659,00	313,70	289,50	121,56	0,39	0,67	0,25
CCC	176	50,00	411,00	181,01	167,00	78,04	0,43	0,56	-0,32
CCD	176	19,00	205,00	90,26	84,50	47,18	0,52	0,62	-0,51
CCE	176	5,00	133,00	45,68	42,50	29,86	0,65	0,81	0,01
CCF	176	2,00	160,00	35,79	26,50	31,11	0,87	1,64	3,11
CCG	176	0,00	68,00	11,65	6,00	12,68	1,09	2,05	4,94
CCH	176	0,00	37,00	5,22	3,00	6,28	1,20	2,27	6,48
CCI	176	0,00	33,00	3,43	2,00	5,37	1,56	3,07	10,59
CCJ	176	0,00	20,00	2,10	1,00	3,61	1,72	2,82	7,95
CCK	176	0,00	15,00	1,68	1,00	2,59	1,54	2,66	7,78
CCL	176	0,00	6,00	0,89	0,00	1,36	1,54	1,91	3,50
CCO	176	63,00	1,130,00	372,77	300,00	253,71	0,68	0,92	0,03
CPCpt	52	41,14	302,81	131,49	124,14	48,17	0,37	1,90	4,85
EcRMM	176	526,00	6,763,00	1,892,16	1,360,00	1,445,48	0,76	1,96	3,34
LigRMM	176	407,00	2,434,00	1,196,67	1,089,50	502,56	0,42	0,62	-0,35
Ec/Lig	150	0,85	3,09	1,52	1,36	0,54	0,35	2,03	3,12
Área Total	150	33,504,60	791,156,26	190,357,10	132,586,31	185,157,28	0,97	2,14	3,65
Área/LigR	150	47,67	349,66	129,47	111,13	76,06	0,59	2,05	3,41
Área/EcR	150	45,18	117,35	81,04	78,98	18,34	0,23	0,03	-0,29
Área/Hab.	40	10,47	85,42	29,16	26,24	15,46	0,52	2,06	4,20
Dom	52	452,00	4,144,00	1,803,19	1,512,50	880,04	0,49	0,77	-0,20
DomPP	22	555,00	3,168,00	1,711,91	1,440,50	781,65	0,46	0,46	-0,90
Hab./Dom.	52	2,84	4,19	3,60	3,62	0,29	0,08	-0,48	0,24
Hab.	52	1,606,00	13,210,00	6,390,58	5,496,50	2,894,07	0,45	0,69	-0,17
Hab/Ec.	40	1,38	4,80	3,31	3,43	0,73	0,22	-0,75	0,54
RFamSM	20	1,75	10,65	4,34	4,03	2,01	0,46	1,88	4,85
RPCptSM	20	0,43	3,22	1,30	1,16	0,70	0,54	1,87	3,74
RMEIO	11	8,00	59,00	17,82	12,00	15,21	0,85	2,32	5,85
RMEIOA1	11	140,00	1,049,00	353,64	265,00	272,82	0,77	1,93	3,97
R1a2	11	98,00	612,00	315,91	281,00	153,57	0,49	0,64	-0,02
R2A3	11	57,00	326,00	157,82	144,00	77,54	0,49	1,09	1,15
R3A5	11	31,00	447,00	222,64	214,00	133,02	0,60	0,40	-0,65
R5A10	11	16,00	715,00	235,00	222,00	195,57	0,83	1,55	3,10
R10A15	11	1,00	259,00	55,18	47,00	72,13	1,31	2,60	7,67
R15A20	11	0,00	243,00	42,00	26,00	68,82	1,64	2,95	9,25

continua...

Tabela A.1 – Estatística descritiva das variáveis agrupadas em regiões urbanas de planejamento (continuação).

Variável	Observações	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação	Assimetria	Curiose
Rm20	11	0,00	464,00	68,55	25,00	134,19	1,96	3,06	9,71
SEMR	11	36,00	214,00	93,45	75,00	54,51	0,58	1,13	0,98
Atel00	30	47,00	543,00	207,17	154,50	128,95	0,62	1,10	1,10
a200	30	86,00	781,00	375,60	364,00	180,00	0,48	0,74	0,80
a300	30	109,00	622,00	301,67	293,00	134,08	0,44	0,53	0,04
a600	30	74,00	1.086,00	523,30	514,50	276,12	0,53	0,53	-0,42
a900	30	0,00	546,00	149,90	114,00	117,52	0,78	1,24	2,87
al200	30	0,00	324,00	86,20	63,00	86,22	1,00	1,50	2,01
al500	30	0,00	234,00	48,73	25,50	65,62	1,35	1,96	3,27
Md1500	30	0,00	679,00	107,87	48,50	196,50	1,82	2,61	5,60
Alfab15	21	1.358,00	12.441,00	5.068,81	4.548,00	2.912,07	0,57	1,03	0,75
Analf15	21	82,00	1.096,00	323,95	287,00	226,04	0,70	2,16	6,19
Cinst1	11	44,00	498,00	149,73	90,00	134,87	0,90	2,01	4,30
Cinst1a3	11	94,00	574,00	259,27	213,00	156,94	0,61	1,02	0,15
Cinst4a7	11	177,00	1.115,00	544,18	444,00	285,46	0,52	1,09	0,49
Ci8a10	11	51,00	317,00	174,00	174,00	81,71	0,47	0,24	-0,44
Ci11a14	11	17,00	651,00	210,27	177,00	177,80	0,85	1,62	3,32
Ci15m	11	1,00	1.274,00	219,00	127,00	360,43	1,65	2,98	9,36
Rsinstr	30	31,00	312,00	140,10	113,00	87,26	0,62	0,81	-0,40
R1ginc	30	349,00	1.930,00	833,80	789,00	411,50	0,49	1,54	2,41
R1gcomp	30	51,00	406,00	196,57	186,00	106,47	0,54	0,34	-0,88
R2ginc	30	7,00	211,00	81,20	78,00	54,15	0,67	0,82	0,39
R2gcomp	30	42,00	720,00	290,37	270,00	182,31	0,63	0,51	-0,29
Rsupinc	30	0,00	125,00	38,77	33,00	31,56	0,81	0,76	0,17
Rsupcomp	30	0,00	700,00	143,37	86,00	173,31	1,21	2,33	4,89
Rpos	30	0,00	595,00	76,37	25,50	144,23	1,89	2,74	6,86
InstS25	30	1,42	19,51	7,74	6,38	4,61	0,60	1,55	1,94
I1ginc25	30	17,45	71,43	44,96	44,80	12,83	0,29	-0,10	0,49
I1gc25	30	4,50	13,42	9,66	10,33	2,62	0,27	-0,22	-1,17
I2ginc25	30	1,04	7,72	4,38	4,88	1,71	0,39	-0,07	-0,89
I2gc25	30	4,84	26,23	18,52	19,23	6,15	0,33	-0,94	-0,01
Isupin25	30	0,00	8,02	3,35	2,87	2,29	0,68	0,63	-0,26
Isupc25	30	0,35	22,91	8,34	6,92	6,08	0,73	1,19	1,28
Ipos25	30	0,00	12,48	2,54	1,61	3,33	1,31	1,99	3,33
Dom1m	42	23,00	682,00	165,14	114,50	141,76	0,86	2,03	4,54
Dom2m	42	78,00	1.033,00	334,40	272,00	207,89	0,62	1,28	1,85
Dom3m	42	129,00	954,00	409,86	380,50	203,51	0,50	0,80	0,07
Dom4mor	42	114,00	976,00	463,48	417,50	211,03	0,46	0,55	-0,06
Dom5m	42	25,00	508,00	252,19	232,50	113,17	0,45	0,58	0,13
Dom6mm	42	47,00	430,00	159,38	153,00	83,02	0,52	1,54	3,26

continua...

Tabela A.1 – Estatística descritiva das variáveis agrupadas em regiões urbanas de planejamento (continuação).

Variável	Observações	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio Padrão	Coefficiente. de Variação	Assimetria	Curtose
DRAgua	11	547,00	2.659,00	1.342,00	1.030,00	688,62	0,51	1,20	0,31
DSRAgua	11	8,00	1.477,00	220,00	101,00	424,50	1,93	3,11	9,97
DCanInt	11	523,00	2.620,00	1.329,27	1.023,00	686,44	0,52	1,16	0,24
DSCanInt	11	1,00	39,00	12,73	8,00	11,68	0,92	1,33	1,20
DCBan	11	552,00	2.791,00	1543,91	1201,00	762,32	0,49	0,71	-0,84
DSBan	11	0,00	135,00	18,09	5,00	39,20	2,17	3,19	10,37
D1Ban	11	360,00	2.073,00	1.043,73	912,00	526,62	0,50	1,09	0,49
D2Ban	11	26,00	893,00	306,82	254,00	237,39	0,77	1,61	3,28
D3Ban	11	3,00	670,00	120,45	90,00	188,88	1,57	2,91	9,05
D4Ban	11	1,00	181,00	33,73	24,00	52,08	1,54	2,66	7,67
D5Ban	11	0,00	70,00	11,64	4,00	20,33	1,75	2,81	8,36
D6Ban	11	0,00	20,00	2,91	0,00	5,91	2,03	2,88	8,75
D7Ban	11	0,00	3,00	0,82	0,00	1,08	1,32	1,01	-0,21
D8Ban	11	0,00	3,00	0,36	0,00	0,92	2,54	2,81	8,04
D9mBan	11	0,00	2,00	0,18	0,00	0,60	3,32	3,32	11,00
NumdBan	11	1,00	2,00	1,27	1,00	0,47	0,37	1,19	-0,76
Freq6a15	40	88,00	100,00	95,14	95,92	3,25	0,03	-0,62	-0,29
Fre15a18	40	66,67	100,00	87,71	87,93	7,73	0,09	-0,79	0,49
Fre18a25	40	12,24	73,28	45,46	46,79	13,40	0,29	-0,07	0,40
FreqT	40	60,62	86,07	72,69	72,03	5,39	0,07	0,52	0,61
comate3	20	1,85	9,40	3,18	2,37	2,23	0,70	2,48	5,34
com4	20	3,85	14,67	7,43	6,34	3,11	0,42	1,49	1,40
com5	20	8,24	28,86	18,05	17,18	6,58	0,36	0,09	-0,70
com6	20	12,91	29,63	21,98	22,39	5,05	0,23	-0,44	-0,59
com7	20	12,08	25,93	18,07	17,20	4,13	0,23	0,60	-0,52
com8m	20	12,08	57,69	31,30	31,31	12,45	0,40	0,49	0,67
Pedate2	20	67,10	95,20	88,09	89,39	7,82	0,09	-2,07	4,17
Ped3	20	3,65	24,83	8,78	7,50	5,94	0,68	2,15	4,34
Ped4	20	0,66	4,72	2,02	1,48	1,41	0,70	0,88	-0,74
Ped5m	20	0,00	3,35	1,11	1,03	0,93	0,84	1,27	2,02
Tarif.%SM	150	3,48	4,76	4,08	4,13	0,33	0,08	0,10	-0,57

Tabela A.2 – Estatística descritiva da área construída residencial por ligação, Viçosa-MG, 2009.

Área Construída	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	Total
Observações	2.273	2.457	1.343	1.122	1.392	513	1.075	1.894	1.565	1.704	15.338
Mínimo	10,0	10,7	10,0	10,0	12,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Máximo	11391,0	6578,3	1000,0	1510,2	2870,1	1151,7	989,1	3315,0	1580,0	4485,6	11391,0
Média	338,6	113,7	49,7	132,8	107,0	113,3	101,1	143,3	71,2	125,3	138,2
Mediana	144,0	68,3	40,0	96,0	74,0	87,0	78,4	91,0	58,0	85,0	75,0
Desvio Padrão	739,5	287,1	48,9	147,8	146,4	121,9	88,9	208,8	63,0	181,7	334,8
Coef. variação	2,18	2,53	0,98	1,11	1,37	1,08	0,88	1,46	0,88	1,45	2,42
Assimetria	7,1	14,1	10,1	5,1	10,2	4,2	3,9	6,7	12,3	11,5	14,0
Curtose	72,3	252,2	155,8	39,3	152,6	28,1	25,6	68,3	261,6	220,8	299,1

Tabela A.3– Estatística descritiva do consumo *per capita* calculado para cada economia, Viçosa-MG, 2000.

Cons PC 00	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	Total
Observações	1.903	2.026	959	885	1.062	449	903	1.357	962	1.061	11.567
Mínimo	0,5	1,1	4,2	9,8	4,7	10,6	8,2	1,2	4,0	0,3	0,3
Máximo	4745,9	5071,6	1608,9	1314,3	3497,3	878,5	9866,8	1484,3	621,4	1.732,0	9866,8
Média	350,5	134,8	83,8	168,7	141,6	152,7	135,3	146,6	105,5	223,8	176,9
Mediana	264,3	114,0	74,1	146,9	126,5	135,0	109,3	125,8	94,8	185,4	129,5
Desvio Padrão	373,1	150,3	68,9	108,4	126,8	97,2	368,3	109,5	66,3	159,8	225,9
Coef. variação	1,06	1,11	0,82	0,64	0,90	0,64	2,72	0,75	0,63	0,71	1,28
Assimetria	5,1	20,8	12,1	2,7	16,2	2,4	22,9	4,1	2,2	2,4	13,7
Curtose	45,1	626,7	255,7	20,5	423,5	14,2	574,3	35,8	12,8	14,2	393,1

Tabela A.4– Estatística descritiva do consumo *per capita* calculado para cada economia, Viçosa-MG, 2005.

Cons PC 05	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	Total
Observações	2.117	2.302	1.201	1.021	1.284	497	999	1.692	1.337	1.411	13.861
Mínimo	0,7	2,3	7,7	4,8	4,7	9,8	7,8	4,1	9,1	0,2	0,2
Máximo	6530,1	5969,7	1013,4	6624,5	849,1	905,8	16362,6	1655,8	670,5	1116,9	16362,6
Média	271,9	104,0	76,4	144,2	109,8	117,2	109,0	125,1	97,3	127,3	135,8
Mediana	215,5	88,9	68,3	120,8	99,8	106,3	86,3	107,3	88,3	108,3	102,0
Desvio Padrão	319,6	164,7	53,3	220,8	68,0	76,6	516,1	95,2	63,0	96,9	221,4
Coef. variação	1,18	1,58	0,70	1,53	0,62	0,65	4,74	0,76	0,65	0,76	1,63
Assimetria	9,8	25,9	5,9	24,8	2,1	2,7	31,1	5,0	2,4	3,4	36,1
Curtose	159,7	832,0	89,1	726,8	16,3	23,9	984,7	58,6	15,4	27,0	2220,6

Tabela A.5– Estatística descritiva do consumo *per capita* calculado para cada economia, Viçosa-MG, 2007.

Cons PC 07	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	Total
Observações	2.194	2.388	1.284	1.056	1.328	506	1.039	1.794	1.456	1.548	
Mínimo	15,4	2,6	8,1	4,1	5,8	11,0	9,4	10,6	9,5	5,6	2,6
Máximo	9429,9	10477,6	872,2	1068,0	1381,8	892,3	9144,2	1259,0	2949,8	919,9	10477,6
Média	369,1	135,0	81,7	159,2	130,6	146,9	129,3	141,7	106,1	116,3	162,7
Mediana	297,9	114,9	73,9	137,6	115,8	133,8	104,6	120,0	95,4	99,0	117,5
Desvio Padrão	412,9	238,7	54,8	105,1	85,5	97,4	364,0	97,3	95,1	85,1	238,0
Coef. variação	1,12	1,77	0,67	0,66	0,65	0,66	2,82	0,69	0,90	0,73	1,46
Assimetria	9,5	34,6	3,8	2,1	3,5	2,0	20,4	2,8	18,3	2,4	19,4
Curtose	167,8	1454,7	42,5	11,9	38,7	12,0	456,7	19,7	541,9	14,3	661,0

Tabela A.6– Estatística descritiva do consumo *per capita* calculado para cada economia, Viçosa-MG, 2009.

Cons PC 09	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	Total
Observações	2.273	2.457	1.343	1.122	1.392	513	1.075	1.894	1.565	1.704	15.338
Mínimo	8,8	11,3	9,0	9,6	5,5	14,0	9,0	4,7	10,7	6,1	4,7
Máximo	7276,1	14103,7	837,5	8787,4	2302,4	874,7	8807,5	902,2	1692,6	2537,1	14103,7
Média	271,1	143,2	89,9	147,1	132,4	168,4	119,1	117,2	112,2	136,9	149,0
Mediana	207,5	123,0	79,9	121,5	119,9	147,5	90,5	101,6	101,8	115,2	115,5
Desvio Padrão	357,9	298,0	59,3	275,1	96,1	115,2	359,7	79,6	77,6	122,8	234,2
Coef. variação	1,32	2,08	0,66	1,87	0,73	0,68	3,02	0,68	0,69	0,90	1,57
Assimetria	10,4	41,2	3,2	27,5	8,3	1,6	21,5	2,2	6,4	7,1	28,1
Curtose	168,8	1915,4	29,5	864,4	174,6	8,0	491,2	13,9	113,7	109,9	1243,0

Tabela A.7– Estatística descritiva das variáveis meteorológicas agrupadas em intervalos mensais, Viçosa-MG, maio de 1998 a dezembro de 2009.

Estatística	Pluviosidade	Temperatura (Máx.)	Temperatura (Mín.)	Temperatura (Média)	Umidade Relativa
Observações	152	152	152	152	152
Mínimo	0,00	26,50	0,50	13,78	19,17
Máximo	617,75	43,50	16,00	30,01	96,93
Média	152,07	32,97	8,56	19,50	84,51
Mediana	103,00	32,50	8,25	20,25	85,24
Variância	19598,35	10,04	22,52	8,35	52,12
Desvio-padrão	139,99	3,17	4,75	2,89	7,22
Coeficiente de variação	0,92	0,10	0,55	0,15	0,09
Assimetria	1,10	1,02	0,01	-0,05	-4,84
Curtose	0,86	1,66	-1,35	-0,31	42,38

Quadro A.2– Listagem dos bairros e das respectivas regiões urbanas de planejamento às quais pertencem.

	REGIÃO									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
BAIRROS	Acamari	Bela Vista	Barrinha	Betânia	Betânia	Centro	Centro	Belvedere	Arduino Bolívar	Buié - Zona Rural
	Bela vista	Bom Jesus	Conceição	Conceição	Centro	Fuad Chequer	Cidade Nova	Inácio Martins	Barrinha	Centro
	Centro	Centro	Distrito Industrial	Fátima	J. K.	Sag. Coração de Jesus	Colônia Vaz de Melo	João Bráz	Boa Vista	Inconfidência
	Clélia Bernardes	Conceição	Morada do Sol II	Lourdes	Lourdes	Vereda do Bosque	Fuad Chequer	Júlia Molla	Cidade Nova	João Bráz
	Cond. Res. Octávio Pacheco	Estrelas	Nova Viçosa	Nova Viçosa	Maria Eugênia		João Mariano	Nova Era	Colônia Vaz de Melo	Liberdade
	Fátima	Fátima	Santa Clara	Santa Clara	Monte Rei		Nova Era	Santo Antônio	Floresta	Novo Silvestre
	Lourdes	Sag. Coração de Jesus	Zona Rural		Morada do Sol I		São José do Triunfo	Vereda do Bosque	Inácio Martins	Parque do Ipê
	Monteverde	Sagrada Família			Morada do Sol II		São Sebastião		João Bráz	Recanto da Serra
	Quintas dos Guimarães				Santa Clara		União		Nova Era	Serra Verde
	Ramos				São Sebastião		Vale do Sol		Portugueses	Silvestre
	Romão dos Reis				União				Residencial Silvestre	Vau Açu
	Rua Nova								São José	Viroleira
	Santa Clara								Vau Açu	Zig-Zag
	União									
	Vereda do Bosque									
	Vila Alves									

Tabela A.8 – Coeficientes de correlação de *Pearson* verificados entre as variáveis “síntese” e “operacionais”.

Variáveis	EcR%	LigR%	EcRMM	LigRMM	EcLig	Área Total	Área/LigR	Área/EcR	Área/Hab.	Dom	Dom%	Hab/Dom	Hab.	Hab/Ec.	RFamSM	RPCptSM
EcR%	1															
LigR%	0,90	1														
EcRMM	0,98	0,90	1													
LigRMM	0,87	0,93		1												
EcLig	0,68	0,44	0,63	0,39	1											
Área Total	0,95	0,79	0,95	0,84	0,70	1										
Área/LigR	0,65	0,36	0,60	0,34	0,88	0,75	1									
Área/EcR	0,51	0,24	0,47	0,29	0,56	0,67	0,83	1								
Área/Hab.	0,47	0,15	0,46	0,22	0,72	0,61	0,84	0,77	1							
Dom	0,92	0,89	0,95	0,94	0,54	0,92	0,51	0,46	0,34	1						
Dom%	0,95	0,91	0,94	0,89	0,60	0,90	0,54	0,43	0,32	0,96	1					
Hab./Dom	-0,45	-0,27	-0,50	-0,40	-0,48	-0,56	-0,55	-0,55	-0,74	-0,48	-0,42	1				
Hab.	0,90	0,91	0,92	0,94	0,50	0,87	0,43	0,36	0,22	0,97	0,95	-0,31	1			
Hab/Ec.	-0,42	-0,21	-0,43	-0,28	-0,61	-0,46	-0,57	-0,45	-0,81	-0,28	-0,27	0,77	-0,16	1		
RFamSM	0,60	0,29	0,54	0,27	0,77	0,66	0,83	0,72	0,76	0,44	0,46	-0,43	0,36	-0,56	1	
RPCptSM	0,61	0,29	0,57	0,31	0,82	0,70	0,89	0,74	0,87	0,46	0,47	-0,56	0,37	-0,66	0,93	1

Valores em negrito indicam significância estatística da correlação ($p < 0,05$).

Tabela A.9 – Coeficientes de correlação de *Pearson* verificados entre as variáveis “operacionais”.

Variáveis	EcR%	LigR%	EcRMM	LigRMM	EcLig	Área Total	Área/LigR	Área/EcR
EcR%	1							
LigR%	0,92	1						
EcRMM	0,93	0,88	1					
LigRMM	0,83	0,90	0,93	1				
EcLig	0,67	0,45	0,64	0,40	1			
Área Total	0,94	0,81	0,95	0,84	0,73	1		
Área/LigR	0,68	0,42	0,58	0,34	0,84	0,76	1	
Área/EcR	0,51	0,30	0,44	0,29	0,56	0,64	0,81	1

Valores em negrito indicam significância estatística da correlação ($p < 0,05$).