



**XIENCAC**  
ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO  
NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

**VIIELACAC**  
ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO  
NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Búzios - RJ - 2011

## **PROCEDIMENTOS PARA O MAPEAMENTO DO CONSUMO DE ENERGIA DO SETOR RESIDENCIAL**

**Iraci M. Pereira (1); Eleonora S. Assis (2)**

(1) Dra, Professora do Departamento de Tecnologia da Arquitetura e do Urbanismo,  
iraci.pereira@ymail.com

(2) Dra, Professora do Departamento de Tecnologia da Arquitetura e do Urbanismo,  
eleonorasad@yahoo.com.br

Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Tecnologia, Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética no Ambiente Construído, Escola de Arquitetura, Belo Horizonte - MG, 30130-140, Tel.:(31)3409-8873 Fax:(31)3409-8822

### **RESUMO**

O consumo de energia dos edifícios individuais é um tema amplamente discutido. No entanto, existem poucas pesquisas que analisam o consumo de energia demandado por grupos de edifícios e, a partir desta avaliação, propor assentamentos mais eficientes. Este trabalho visa desenvolver um modelo capaz de estimar o consumo de energia pelo setor residencial, em diferentes áreas dentro da cidade, através da adoção de metodologia de planejamento energético. Seu estudo de caso é a cidade de Belo Horizonte, Brasil. Neste modelo, as variáveis mais importantes do comportamento de consumo estão relacionadas à economia. A metodologia agrupa diferentes abordagens. Seu primeiro passo é o levantamento da posse dos equipamentos de consumo de energia e do perfil socioeconômico das famílias, em cada região da cidade, através da análise estatística dos dados do censo. O segundo passo é caracterizar o consumo médio de energia por equipamentos do setor residencial. Então, é possível calcular o consumo de energia por equipamentos e por região. Finalmente, o consumo de energia municipal obtido pode ser comparado com o registrado pela concessionária de energia. Como resultado, os mapas de consumo de energia por uso final são apresentados para os anos de 1991, 2000, 2007. A consolidação desta obra permite sua utilização em projeções de planejamento energético e no planejamento urbano local.

Palavras-chave: simulação computacional, calibração, desempenho térmico.

### **ABSTRACT**

Energy consumption of individual buildings is a widely discussed theme. However, there are few researches that analyze the consumption of energy by groups of buildings and, from this evaluation, propose more efficient settlements. This work aims to develop a model able to estimate the energy consumption by the residential sector, in different areas inside the city, through the adoption of energy planning methodology. Its case of study is the city of Belo Horizonte, Brazil. In this model, the most important variables of consumption behavior are related to the economy. The methodology couples different approaches. Its first step is surveying the ownership of appliances and the socioeconomic profile of households in each region inside de city, through the statistical analysis of census data. The second step is characterizing the average energy consumption by typical residential equipments. Then, it is possible to compute the energy consumption by equipment and region. Finally, the modeled municipal energy consumption is compared with that recorded by the energy utility. As a result, maps of energy consumed by end use are presented for the years 1991, 2000, 2007. The consolidation of this work allows its use in energy planning projections and in local urban planning.

Keywords: Urban energy consumption; residential sector; spatial approach;

## **1. INTRODUÇÃO**

O consumo de energia nas edificações representa importante fator na matriz energética brasileira, principalmente com relação ao consumo de energia elétrica. De acordo com dados do Balanço Energético Nacional (BEN) (BRASIL, 2009), os setores residencial, comercial e público, localizados principalmente em áreas urbanas, consumiram 47,6 % da energia elétrica gerada no país. Além disso, esses setores apresentam grande potencial de crescimento do consumo nos próximos anos, tendência apontada pelo Plano Nacional de Energia – PNE - 2030, o qual mostra que o consumo de eletricidade do parque edificado poderá chegar a 51%, mesmo considerando o progresso autônomo da conservação de energia elétrica (BRASIL, 2007b).

Desde os anos 1990, medidas para reduzir a velocidade desse crescimento através da elevação da eficiência energética e combate ao desperdício nesses setores vêm sendo difundidas pelo Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) criado pelo Ministério de Minas e Energia e subordinado à Eletrobrás. Esse programa promove a racionalização do consumo de energia elétrica e visa à redução da taxa de crescimento do consumo e, conseqüentemente, a retardar a necessidade de expansão do setor elétrico.

As primeiras medidas lançadas, como o Selo PROCEL, tinham por objetivo estimular a fabricação de motores e equipamentos eletro-eletrônicos, inclusive domésticos, mais eficientes. Atualmente, além de equipamentos mais eficientes, as principais linhas de atuação para racionalização do consumo do parque edificado brasileiro são a capacitação tecnológica e profissional, a difusão dos conceitos de eficiência energética em edificações e a implantação da Regulamentação da Lei de Eficiência Energética (Lei 10.295/2001) no que toca às Edificações Brasileiras, através do Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos.

Essas medidas representam importante avanço em direção à melhoria do consumo de energia elétrica. Contudo, elas referem-se a edificações separadamente, não lidando com a questão das cidades – consideradas como o espaço no qual as edificações se inserem e consomem energia. Um agrupamento de edifícios eficientes não faz, necessariamente, uma cidade eficiente. Pesquisas realizadas em vários países mostram que essa questão é complexa e que o planejamento de cidades mais eficientes requer uma abordagem específica e ajustada às características de cada região.

## **2. OBJETIVO**

Contextualizado na questão do consumo de energia nas metrópoles, este trabalho busca compreender como a demanda de energia pelas edificações pode se diferenciar devido a aspectos particulares do espaço urbano. Especificamente, o objeto de estudo desse trabalho é o desenvolvimento de um modelo de cálculo do consumo de energia espacializado, adotando para isso a metodologia do planejamento energético.

## **3. MÉTODO**

Este trabalho propõe o cálculo e projeção da demanda energética do setor residencial na escala intra-urbana a partir dos dados levantados nos censos demográficos. Para isso, a metodologia precisa integrar, para um ano específico, o perfil do consumidor residencial com o consumo de equipamentos de energia disponíveis no mercado, de modo a obter um consumo municipal que seja coerente com o efetivamente registrado pela concessionária de energia.

A primeira etapa do processo é realizar o levantamento da posse de eletrodomésticos e o perfil socioeconômico das residências em cada região do município, a partir do tratamento dos dados dos arquivos dos censos demográficos. Paralelamente, deve ser elaborada a caracterização do consumo médio dos equipamentos existentes no mercado a partir de pesquisas e relatórios sobre consumo dos equipamentos e hábitos de uso do usuário do setor residencial.

A integração dos dados obtidos pelos dois estudos permite calcular o consumo de energia por equipamento e por uso final, por unidade espacial. O consumo de energia por uso final em cada região, é obtido por intermédio da soma do consumo de todos os equipamentos que constituem esse uso.

Por fim, o consumo total do município é obtido pela soma do consumo de energia por energéticos de todas as UEH, procedimento necessário para garantir a calibração do modelo teórico com dados de consumo registrados pela concessionária.

### **3.1 A escala adotada de trabalho: a Unidade Espacial Homogênea**

O cálculo do consumo de energia no setor residencial, apesar de complexo, é tarefa que pode ser realizada por diferentes metodologias e é periodicamente realizado para regiões, e até para o país, pelos Balanços Energéticos Nacionais. Contudo, este cálculo é feito de modo agregado, não havendo distinções

espaciais, nem mesmo a separação entre o consumo em áreas densamente urbanizadas e o consumo em áreas rurais.

Na escala do município de Belo Horizonte, informações na escala intra-urbana são produzidas pelo IBGE. Como exposto por Umbelino e Barbieri (2008), nessa escala é difícil encontrar dados, sendo que os disponibilizados pelo IBGE são praticamente os únicos produzidos com abrangência nacional e confiabilidade e por esta razão são os mais utilizados na demografia brasileira.

Nos censos, os dados estão disponíveis em escalas desde o País, os Estados, as Regiões, os Municípios, as Áreas de Ponderação e finalmente, o Setor Censitário. Para a Região Metropolitana de Belo Horizonte, há outra subdivisão espacial baseada em agrupamento de setores censitários, cujo tamanho foi definido também de forma a garantir consistência estatística no tratamento dos microdados dos censos demográficos (MENDONÇA, 2008). A partir do reagrupamento dos setores, foram definidas unidades espaciais que agrupavam áreas homogêneas contíguas, com perfil social e urbanístico semelhante. As regiões obtidas dessa divisão e reagrupamento foram denominadas Unidades Espaciais Homogêneas – UEH.

A partir dos dados dos censos, é possível realizar uma caracterização do perfil socioeconômico das famílias residentes em cada unidade espacial. Essa caracterização constitui o ponto inicial para elaboração de um modelo de consumo energético em escala intra-urbana, que é apresentado no item seguinte. Na Figura 1 é apresentada uma caracterização espacial de alguns dados socioeconômicos do município para o ano 2007.

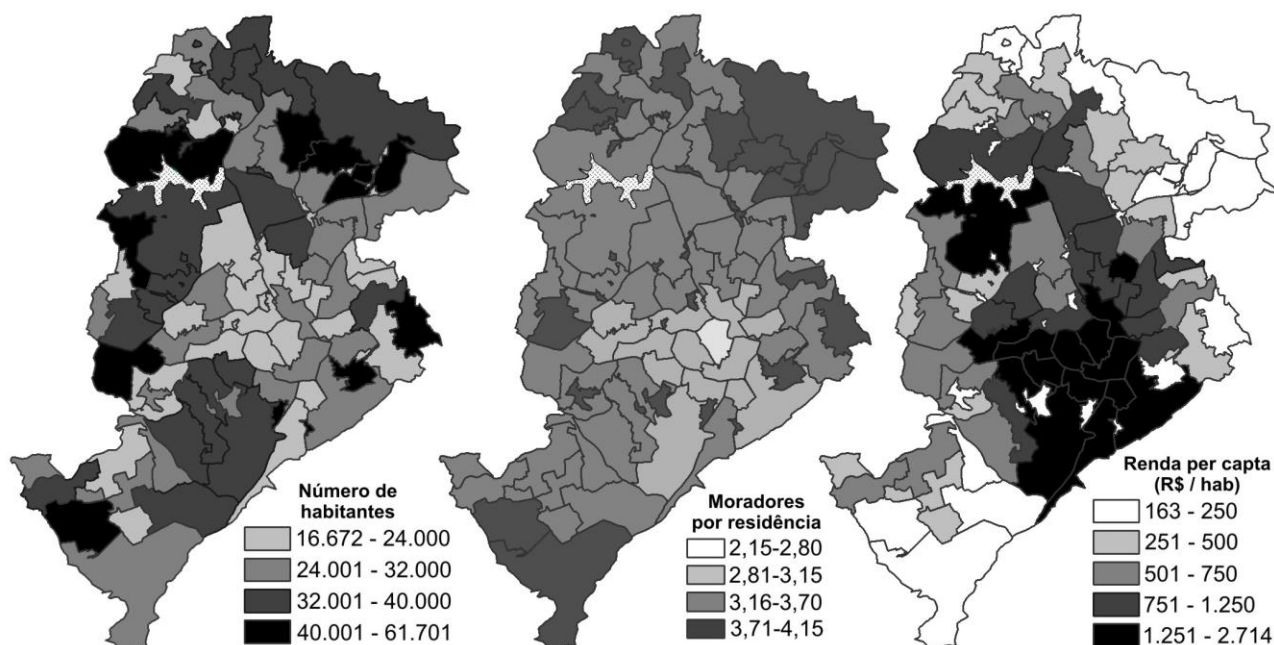


Figura 1 – Número de habitantes, moradores por residência e renda per capita, por UEH, para o município de Belo Horizonte, no ano de 2007

### 3.2. O consumo de energia por uso final

Para os equipamentos de consumo de energia do setor residencial foi adotado o agrupamento em seis tipos de usos finais: cocção, aquecimento de água, conservação de alimentos, iluminação dos ambientes, lazer, serviços gerais e conforto ambiental. Esses usos foram definidos não apenas por tipo de serviços de energia prestados, mas também pela similaridade de comportamento de aquisição do consumidor. É o caso dos usos para lazer e usos para serviços gerais. Os estudos realizados abordando os tipos de uso final para o setor residencial costumam agrupá-los em um único uso final, mas os equipamentos de lazer têm maior elasticidade-renda, além de ser frequente a posse de mais de um eletrodoméstico desse uso em uma residência.

O cálculo do consumo de energia por uso final, para uma região, é feito pela simples multiplicação do consumo de um equipamento pelo número total de equipamentos existentes na região. Se o uso final é constituído por mais de um equipamento, essa multiplicação deve ser repetida para todos os usos de equipamentos e o resultado somado para se obter o total. Neste cálculo, devem ser considerados a classe de renda da família, que influenciará na escolha da tecnologia de uso final, e o ano para o qual é realizado o estudo, pois o consumo do equipamento tende a sofrer grande variação com o tempo.

Para determinação do consumo de energia em uma região de Belo Horizonte, por uso final, devem ser considerados os dados disponíveis nos censos: o número total de residências e a posse média por região,

presentes nos censos. Assim, o consumo de energia final para as várias finalidades, dada pela Equação 1, é obtida a partir do número de residências existentes na UEH, da posse dos equipamentos e do consumo médio anual do equipamento.

$$E_{hij} = \sum_{k=1}^m (N_{ij} P_{kij} c_{klj}) \quad (1)$$

onde:

$E_{hij}$  = consumo de energia por uso final h, na UEH i, no ano j;

$N_{ij}$  = número de residências na UEH i, no ano j;

$P_{kij}$  = posse do equipamento k na UEH i, no ano j;

$c_{klj}$  = coeficiente de consumo do equipamento k, em função da renda l da UEH, no ano j;

m = número total de equipamentos que compõe o uso final h no ano considerado.

Essa equação é aplicável para todos os equipamentos levantados nos censos. Para os equipamentos que não estão presentes no censo, podem ser utilizados os dados presentes na Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD), realizada pelo IBGE, a qual verifica a existência de alguns bens duráveis nos domicílios em função da sua classe de renda, para a Região Metropolitana de Belo Horizonte.

Nos itens seguintes, são apresentados, por uso final, os procedimentos para se calcular o coeficiente de consumo de cada equipamento utilizado em Belo Horizonte, no período de tempo considerado. Nos casos em que essa equação não pode ser aplicada, é descrito no item respectivo o modelo adotado em substituição à Equação 4.1.

### 3.2.1 O coeficiente de consumo do fogão a GLP – $c_{fog}$

Em Belo Horizonte, ao longo do período considerado, o combustível com maior impacto energético é o GLP e o principal equipamento para a cocção de alimentos é o fogão. Em nenhum dos censos a posse do fogão é levantada. Até o Censo de 1991, foi feita a pesquisa do tipo de combustível utilizado para cocção, ano no qual foi constatado seu uso em 99,67% dos domicílios de Belo Horizonte. Esse energético é utilizado exclusivamente, ou seja, sem participação da lenha, em 96,97% das residências e apenas 0,12% não possuíam fogão ou fogareiro. Por isso, neste trabalho foi considerado apenas o consumo de GLP como combustível para cocção e que cada família, ou residência, possui um fogão. Na equação 4.1, isso implicará que, em uma UEH, a posse (P) de fogões é igual ao número de residências (N).

O consumo específico do fogão,  $c_{fog}$ , é influenciado por vários fatores, como renda familiar, número de moradores por domicílios, além da eficiência do próprio equipamento. Visto que há poucos dados de consumo de GLP para os inúmeros modelos de fogões disponíveis no mercado, optou-se por calcular o consumo de uma UEH como uma fração do consumo total de GLP registrado para o município, incorporando, na regionalização, a influência da renda familiar e do número de habitantes.

O consumo estadual de GLP é publicado anualmente pela Agência Nacional de Petróleo (ANP), no Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo. O consumo de Belo Horizonte pode ser considerado como uma fração do consumo total de Minas Gerais. Considerando que há proporcionalidade entre o número de domicílios que possuem fogão e o consumo de GLP numa região, o consumo municipal pode ser obtido pela relação entre este número de domicílios que possuem fogão no estado e no município, dado que é disponibilizado anualmente na PNAD.

Para as regiões dentro de Belo Horizonte, é importante adotar outro critério que reflita as diferenças locais, além do número de residências. Considerando a hipótese de que há proporcionalidade entre o consumo de combustível e o consumo de alimentos que necessitam cocção, pode-se utilizar essa variável para estimar o consumo de GLP por região. Assim, o consumo familiar de GLP pode ser obtido pela Equação 2

$$c_{fog,ij} = \alpha_j H_{ij} A_{ijl} \quad (2)$$

onde:

$c_{fog,ij}$  = consumo do fogão a GLP,  $c_{fog}$ , em função da classe de rendimento da UEH i, no ano j, em kg de GLP;

$\alpha_j$  = Coeficiente de proporcionalidade do ano j, em kg de GLP por kg de alimento;

$A_{ijl}$  = Consumo de alimentos que necessitam de cocção por domicílio, no ano j, em função da sua classe de renda l, em kg;

O coeficiente de proporcionalidade é obtido pela divisão do consumo total de GLP no município pelo número total de residências e consumo total de alimentos, em um dado ano, como mostrado na Equação 3.

$$\alpha_j = \frac{\sum_{i=1}^n (c_{fog})_{ij}}{\sum_{i=1}^n (H_{ij} A_{ijl})} \quad (3)$$

onde:

$n$  = número total de UEH no município de Belo Horizonte no ano  $j$ .

O consumo de alimentos que necessitam cocção pode ser obtido pela Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF), realizada e publicada pelo IBGE, que fornece as quantidades de alimentos adquiridas por ano pelas famílias para consumo no domicílio por diferentes detalhamentos geográficos e classes de rendimentos. Neste trabalho, adotou-se a pesquisa do ano de 1996 como referência do consumo do ano de 1991 e a pesquisa de 2002-2003 como referência do consumo do ano de 2001.

### 3.2.2 O consumo de energia dos eletrodomésticos

O consumo dos eletrodomésticos pode ser obtido pela multiplicação da potência nominal do equipamento pelo número de horas em que ele é utilizado no ano. Contudo, outros fatores interferem nesse cálculo. Entre residências, o consumo energético, para um mesmo serviço de energia, pode sofrer grande variação devido ao tipo de equipamento utilizado. Por exemplo, o serviço de conservação de alimentos pode ser feito por geladeira de uma porta, geladeira combinada ou freezer. A escolha do tipo de equipamento em uma família tende a ser feita em função do rendimento médio familiar.

Há, além disso, uma evolução temporal, na qual alguns equipamentos são substituídos por outros, capazes de prestar o mesmo serviço com uma nova tecnologia. É o caso da mudança das televisões em preto e branco para modelos coloridos, e dessas para equipamentos de tela plana. Por isso, o cálculo do consumo de energia elétrica dos equipamentos deve considerar, além da potência e do tempo de uso, o rendimento médio das famílias da região selecionada e a época para qual se realiza o cálculo. Esses fatores são apresentados pela Equação 4, aplicável para o cálculo do consumo de energia na maior parte dos eletrodomésticos.

$$c_{kij} = p_{klj} t_{kj} \quad (4)$$

onde:

$c_{kij}$  = coeficiente de consumo anual do equipamento  $k$ , na UEH  $i$ , no ano  $j$ . Dado em kWh;

$p_{klj}$  = potência do equipamento  $k$ , em função da classe de renda  $l$  da UEH considerada, no ano  $j$ , em kW;

$t_{kj}$  = tempo de uso do equipamento  $k$ , no ano  $j$ , em horas por ano.

Os critérios adotados no cálculo de consumo dos equipamentos para a potência e de tempo de uso, ao longo dos anos, nas UEH de Belo Horizonte, basearam-se em pesquisas, levantamentos e relatórios disponíveis, sendo que as referências da potência de eletrodomésticos adotadas foram: as tabelas de consumo de energia elétrica elaboradas pelo Instituto Nacional de Metrologia, a Normalização e Qualidade Industrial INMET, para o Programa Brasileiro de Etiquetagem, e, em alguns casos, o Catálogo do Selo PROCEL, realizado pelo o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, PROCEL. Como esses textos fornecem dados de consumo, esses valores foram divididos pelo tempo de uso médio adotado para se chegar ao valor da potência. O perfil de uso do equipamento adotado foi, principalmente, o descrito na Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Consumo (ELETROBRAS/PROCEL, 2007b).

## 4. ANÁLISE DE RESULTADOS

### 4.1. Consumo de energia

Como síntese das informações discutidas neste item, é mostrada na Figura 1 a evolução da participação das fontes de energia no consumo total do município, nos anos de 1991 e 2000. Por esses mapas é possível ver que, de 1991 para 2000, houve crescimento da participação da eletricidade nas UEH da região Centro-Sul com maior rendimento familiar. Nas demais unidades, em geral, ocorreu o crescimento da participação do GLP, aproximando-se da metade do total da energia consumida na UEH.

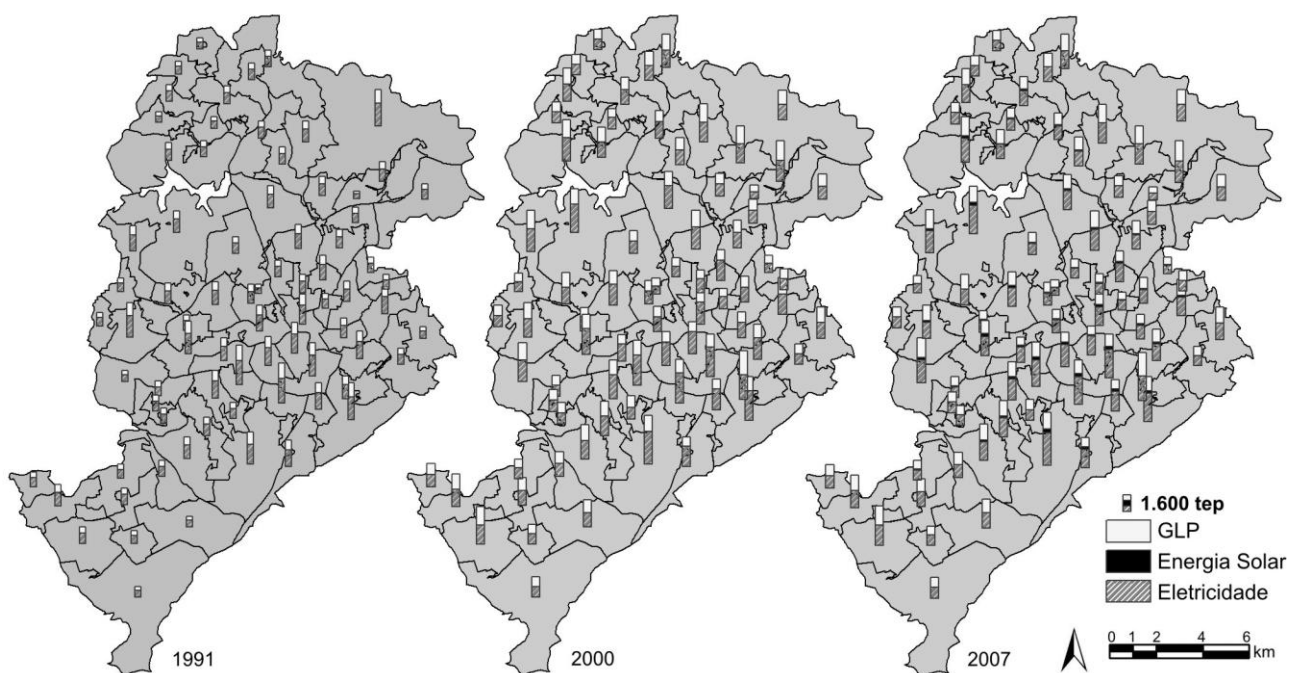


Figura 1 – Evolução da participação das fontes no consumo de energia do município, em tep, em 1991 e 2000 -  
 Fonte: Elaboração própria

Entre 2000 e 2007, a principal alteração observada foi a inserção da energia solar, nas unidades com maior rendimento médio familiar. A entrada da energia solar contribuiu para uma pequena redução no consumo de energia elétrica na unidade, mas de modo geral, a participação das fontes permanece semelhante ao do ano 2000: as classes de menor poder aquisitivo consumindo igualmente eletricidade e GLP e as classes mais ricas, consumindo principalmente eletricidade.

#### 4.2. GLP para cocção

A evolução do consumo de GLP para cocção é apresentada na Figura 2, na qual se nota que, em 2000, há um crescimento geral do consumo de GLP, enquanto que em 2007, há uma pequena redução, ocasionada pela redução no tamanho das famílias de maior rendimento mensal.

Como o consumo das unidades espaciais foi calculado a partir do consumo total de GLP registrado pela ANP para o Estado de Minas Gerais, o consumo teórico modelado é equivalente ao consumo real, por isso, não foi efetuada tal comparação.

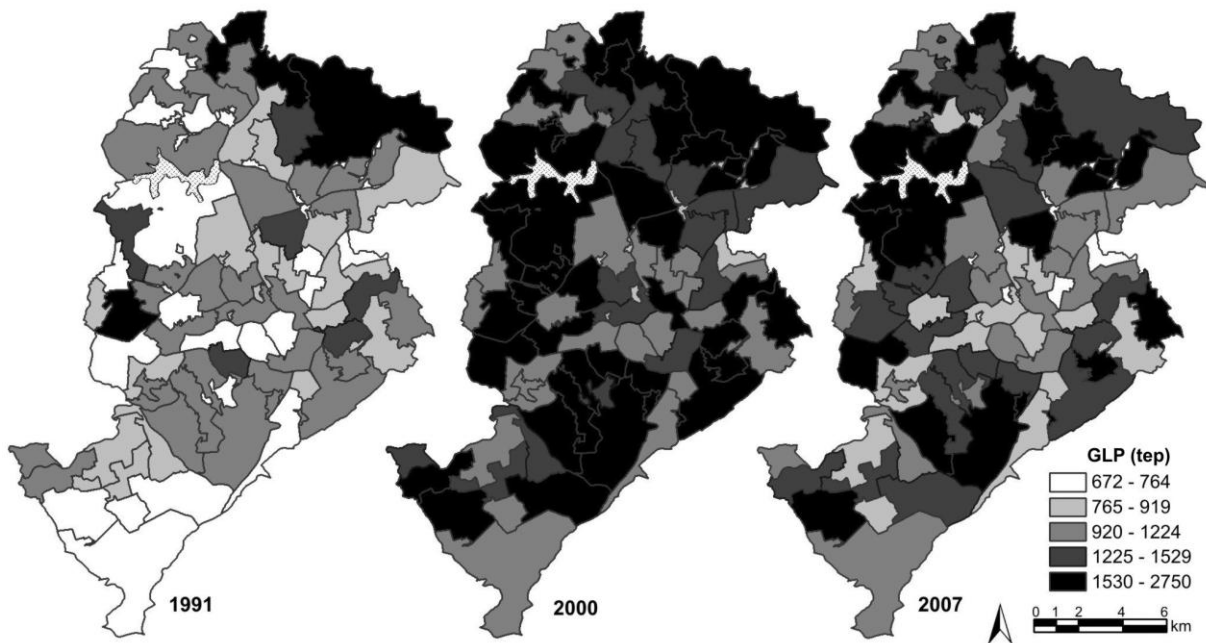


Figura 2 – Evolução do consumo de GLP para cocção.

### 4.3. O consumo de energia elétrica do município

O consumo de energia elétrica municipal, nos anos de 1991, 2000 e 2007, foi obtido pela soma do consumo dos eletrodomésticos de todas as UEH do município. Esse valor, obtido pelo modelo teórico desenvolvido, pode ser comparado com o consumo real faturado pela concessionária, conforme a Tabela 2, na qual se pode notar a proximidade entre ambos os valores, nos três anos nos quais a metodologia foi aplicada. A distribuição espacial desse consumo é mostrada na Figura 3.

**Tabela 2: Comparação entre o consumo real faturado e o consumo calculado, para Belo Horizonte**

Ano	Consumo calculado (GWh)	Consumo faturado (GWh)	Diferença
1991	1.175	1.163	1,01%
2000	1.764	1.734	1,70%
2007	1.404	1.345	4,36%

Fonte: Elaboração própria

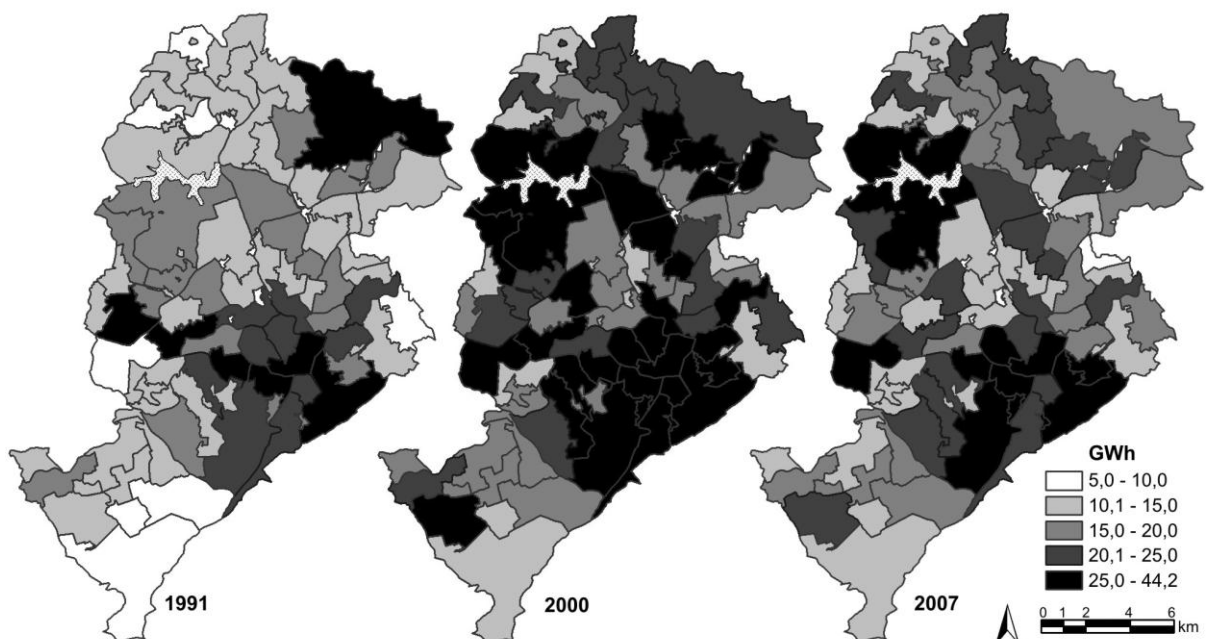


Figura 3 – Evolução do consumo de energia elétrica nas UEH.



Pela Figura 3 pode-se observar um acentuado crescimento de consumo em 2000 e uma redução em 2007, causada pela crise de abastecimento de energia. Essa oscilação ocorreu predominantemente nas unidades que possuem renda familiar mais elevada e maior consumo de energia elétrica.

A Figura 4 apresenta a evolução da participação de cada uso final no consumo total do município. Por ela nota-se que o consumo para o uso lazer e conforto ambiental está em processo de contínuo crescimento. Para os demais usos finais, é notável que a crise de abastecimento de energia de 2000 causou alterações no comportamento de consumo do setor residencial.

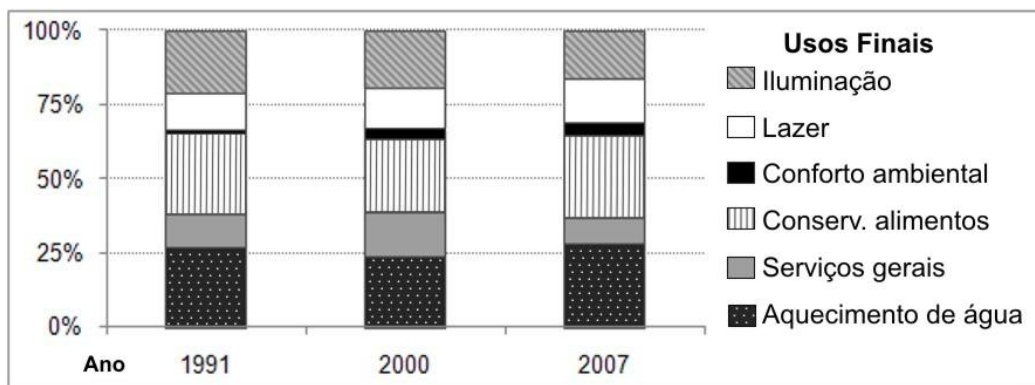


Figura 4 – Evolução da participação dos usos finais no consumo de energia elétrica do município

O consumo do uso final serviços foi o que sofreu maior alteração, com crescimento em 2000 e redução em 2007. Apesar de haver crescimento no consumo total para iluminação em 2000, sua participação proporcional reduziu-se devido ao crescimento de outros usos e em 2007 houve efetiva redução no consumo, causado pela substituição das lâmpadas. Para conservação de alimentos e aquecimento de água, houve redução na participação total no ano de 2000 devido principalmente ao crescimento dos demais usos. Em 2007, devido às medidas de redução de consumo e/ou eficiência energética adotadas pelo setor após a crise, a participação de ambos os usos volta a crescer.

Na Figura 5, considerando a distribuição espacial das UEH, é exposta a evolução da participação dos usos finais conservação de alimentos, aquecimento de água, iluminação e outros usos no consumo de eletricidade, nos anos de 1991 e 2000. Neste último ano, observa-se que o consumo que teve maior crescimento nas unidades com maior rendimento familiar foi o do uso final conservação de alimentos. Nas demais classes, a participação dos quatro usos é relativamente próxima, sendo que o aquecimento de água tende a ser um pouco superior aos demais.

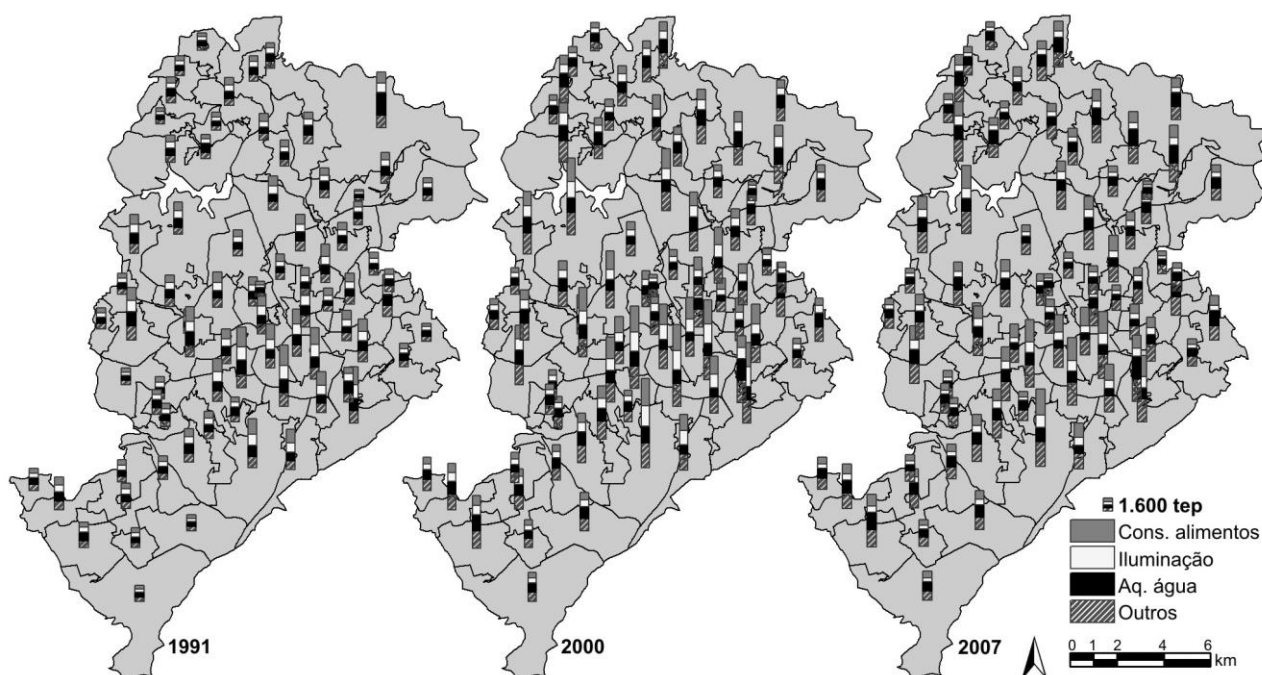


Figura 5 – Evolução da participação dos usos finais no consumo de eletricidade das UEH, nos anos de 1991, 2000 e 2007



É importante lembrar que o mapa de 2007 refere-se ao consumo observado após a crise de abastecimento de energia elétrica. De acordo com dados fornecidos pela concessionária de energia, após 2001 houve uma grande redução do consumo de energia elétrica per capita no município, e entre 2002 e 2007 esse consumo se manteve praticamente estável, mostrando que as mudanças nos hábitos de uso de eletrodomésticos foram incorporadas pelo setor. Na Figura 5, é também possível observar que a inserção de outras fontes de energia contribuiu para a redução do consumo de eletricidade pelo chuveiro, nas UEH com renda familiar mais elevadas. Em contrapartida, nessas unidades, ocorreu acentuado crescimento do consumo em outros usos. De modo geral, houve uma redução da participação do uso iluminação e crescimento dos outros usos no consumo total de eletricidade.

Como síntese, abaixo na Figura 6, é apresentada a evolução do consumo mensal de energia elétrica por residência nas UEH de Belo Horizonte. É notável nessa figura que a evolução do consumo domiciliar sofreu uma queda geral no ano de 2007, sendo essa queda mais acentuada nas unidades que possuíam maior consumo médio mensal.

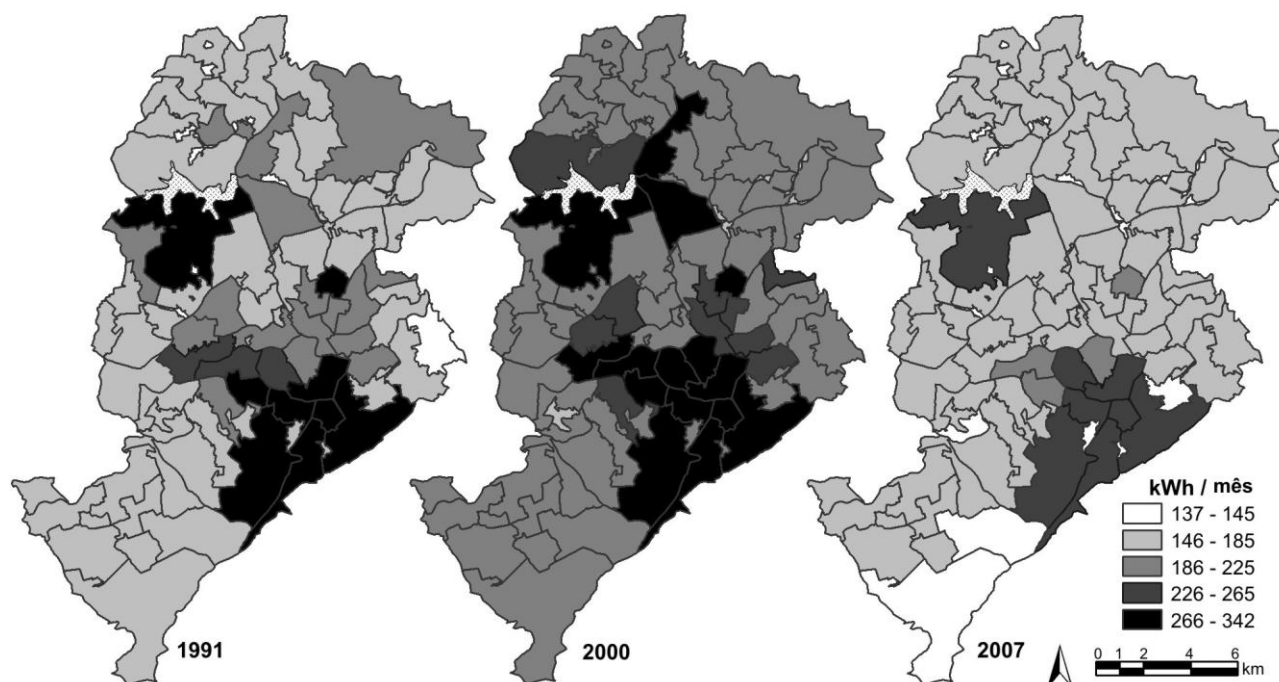


Figura 6 – Evolução do consumo médio mensal de energia elétrica por residência

## 5. CONCLUSÕES

A metodologia desenvolvida neste trabalho para o cálculo do consumo de energia espacializado do setor residencial de Belo Horizonte demonstrou simplicidade e eficiência. A simplicidade é um fator chave para sua execução e reprodução – e, portanto, para a generalização do método –, devido ao grande número de variáveis envolvidas nos estudos dos sistemas energéticos.

No tocante ao comportamento de consumo de energia dos usuários do setor residencial foi possível observar que eles efetivamente assumiram mudanças no comportamento de consumo de energia. Já em relação à energia elétrica, as alterações podem ser consideradas consolidadas, pois o consumo do setor residencial do município segue relativamente constante desde 2002, apesar ter ocorrido crescimento populacional e aumento de número de domicílios nesse período. As principais mudanças no comportamento de consumo de eletricidade, observadas neste trabalho, podem ser sumarizadas como:

- a. Redução no uso e na posse dos freezers;
- b. Substituição das lâmpadas por modelos mais eficientes e redução no número de lâmpadas utilizadas ao mesmo tempo;
- c. Inserção de outras fontes de energia como alternativa ao uso do chuveiro elétrico, nas famílias com renda familiar média mais elevada.

O perfil de uso do GLP pelas famílias do município também tem passado por mudanças, que se iniciaram antes da crise de abastecimento energia. O consumo per capita está reduzindo-se desde o final da década de 90 do século XX. Provavelmente a redução está relacionada não apenas ao aumento da eficiência

dos fogões, mas também a mudanças de hábitos, como fazer mais refeições fora de casa ou uso de alimentos pré-preparados. Contudo, pela metodologia adotada neste trabalho, não é possível definir porque estão ocorrendo tais transformações.

Em contrapartida à melhoria da eficiência energética dos equipamentos e à mudança dos hábitos de uso, foram observadas, neste trabalho, tendências que podem conduzir à retomada do crescimento do consumo do setor residencial nas próximas décadas. Com crescimento do poder aquisitivo das famílias, observou-se a substituição de equipamentos por modelos com capacidade maior, como as geladeiras e televisores, que consomem, na média, mais energia.

A distribuição espacial dos resultados de consumo de energia obtidos está diretamente relacionada à distribuição espacial dos dados socioeconômicos. De modo geral, foi possível perceber que quanto maior a renda per capita média da unidade espacial, maior o seu consumo de energia, resultado esperado visto que a relação entre consumo de energia e poder aquisitivo das famílias é um das premissas iniciais desse trabalho. Mas outras tendências podem ser vistas nos resultados apontados ao longo do trabalho.

As unidades com maior renda familiar foram as que tiveram a maior variação do consumo no total quando se comparam os três anos calculados. Isso decorre do fato de que a renda dessas famílias lhes dá flexibilidade, que permite consumir mais em tempos de crescimento econômico e substituir rapidamente eletrodomésticos, adquirindo tecnologias alternativas em tempos de crise. No outro lado, nas unidades periféricas, com renda familiar média mais baixa, observou-se, de modo geral, um crescimento lento, mas contínuo. Quando analisado o consumo médio mensal de eletricidade, nota-se que a redução do consumo após a crise foi comparativamente menor.

A metodologia desenvolvida neste artigo tem aplicações possíveis tanto na área do planejamento energético quanto na área do planejamento urbano. Tendo em vista o planejamento energético, partindo do mapeamento do consumo, é possível quantificar os benefícios futuros das medidas locais de alternativas energéticas e/ou de eficiência energética. Por outro lado, por meio da integração de mapas, torna-se possível avaliar o impacto de dinâmicas espaciais urbanas no consumo de energia, a exemplo da citada relação entre adensamento e aumento do uso de equipamentos, como, por exemplo, ar condicionado e lâmpadas.

Espera-se, assim, que este trabalho possa contribuir para a inserção da dimensão espacial nos estudos realizados pelo planejamento energético, possibilitando que os processos de tomada de decisões possam identificar, espacial e temporalmente, as questões do sistema energético.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional 2009: Ano base 2008**. Relatório final. Rio de Janeiro, EPE, 2009. Disponível em <<http://www.epe.gov.br>> . Acessado em: jan. 2010.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Nacional de Energia 2030**. Rio de Janeiro, EPE, 2007b. 408 p. ISSN: 978-85-60025-02-2. . Disponível em <<http://www.epe.gov.br>> . Acessado em: jul. 2009.
- UMBELINO, G.; BARBIERI, A. **Metodologia para a compatibilização de setores censitários e perímetros urbanos entre os censos de 1991, e 2000**. In: XVI Encontro Nacional de Estudos Populacionais. Anais... Caxambu, ABEP, 2008. 18 p. Disponível em <<http://www.abep.org.br>>. Acessado em: mar. 2009.
- MENDONÇA, J. G. Estrutura socioespacial da RMBH nos anos 2000. in: ANDRADE; L. T., MENDONÇA, J. G.; FARIA; C. A. P. (Ed.). *Metrópole, território, sociedade e política: O caso da Região Metropolitana de Belo Horizonte*. Belo Horizonte, PUC Minas, 2008. p. 45-103.
- INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. **Tabela de Consumo de Energia Elétrica, Chuveiros Elétricos**. INMETRO, 2009g. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/qualidade/eficiencia.asp>>. Acessado em: jan. 2010.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa de Orçamentos Familiares**. Rio de Janeiro, IBGE, 1996.
- IBGE. **Pesquisa de Orçamentos Familiares 2002-2003: Aquisição alimentar domiciliar per capita**. Rio de Janeiro, IBGE, 2004. ISBN 85-240-3772-5. Disponível em: <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>. Acessado em jan 2010.
- IBGE. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios: Síntese de indicadores**. Rio de Janeiro, IBGE, v.22 a 29, vários anos. ISSN 0101-6822.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CEMIG, em especial, aos engenheiros Carlos Magno H. Corrêa e Bruno Marciano Lopes, pela disponibilização dos dados de consumo municipais.