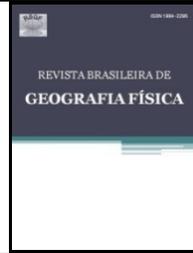




# Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: [www.ufpe.br/rbgfe](http://www.ufpe.br/rbgfe)



## Mapeamento da Distribuição Espacial da População Utilizando o Método Dasimétrico: Exemplo de Caso no Sudeste do Brasil

Ana Paula da Silva<sup>1</sup>, Rúbia Gomes Morato<sup>2</sup>, Fernando Shinji Kawakubo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Alfenas, Minas Gerais.

<sup>2</sup>Professor na Universidade Federal de Alfenas, Minas Gerais.

Artigo recebido em 03/07/2012 e aceito em 20/09/2012

### RESUMO

O conhecimento da distribuição espacial da população urbana possui importância em várias áreas das ciências sociais. No Brasil, os mapas de densidade demográfica são normalmente construídos utilizando apenas os dados do censo demográfico. O problema desta abordagem é que, muitas vezes, os limites dos polígonos censitários não se restringem às áreas habitadas, incluem, também, praças, cemitérios e indústrias. Para melhorar o mapeamento, dados auxiliares podem ser incorporados para refinar o cálculo da densidade (dasimetria). O método dasimétrico foi aplicado para o município de Vespasiano, Minas Gerais, Brasil. A densidade foi calculada utilizando, como dado auxiliar, o mapa de uso da terra, gerado a partir das imagens do *Google Earth*. As áreas residenciais foram combinadas com os dados do censo utilizando o Sistema de Informação Geográfica ILWIS. Os resultados revelaram que o método dasimétrico é uma alternativa viável para melhorar a visualização da distribuição espacial da população.

Palavras-chave: densidade demográfica, mapa dasimétrico, cartografia temática.

## Mapping the Spatial Distribution of Population by Using Dasymetric Method: a Case Study in Southeastern Brazil

### ABSTRACT

Understanding the spatial distribution of urban population is crucial for a wide range of applications in social sciences. In Brazil, demographic density maps are usually set using only information acquired from the census datasets. The problem of adopting this approach lies on the fact that the unit the census boundaries often do not comprehend habited areas only, including also square, commercial, and industrial areas. Improvements in cartographic representation is possible using the dasymetric method, an approach that consists of refining the spatial structures of the census polygons by using ancillary data. The dasymetric method was employed to refine the demographic density map of Vespasiano County, Minas Gerais. It was used the ILWIS Geographic Information System (GIS) for integrating the census datasets and the land use map. The result acquired in this research showed that the procedure adopted is a feasible alternative that may be used for improving the spatial distribution of population.

Keywords: demographic density, dasymetric map, thematic cartography.

### Introdução

O conhecimento da distribuição espacial da população nos centros urbanos possui várias aplicações relacionadas ao planejamento de infraestrutura e de saúde coletiva. O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) é o órgão responsável pela realização do censo demográfico para todo o território nacional. A cada dez anos, o IBGE

realiza o censo por meio de aplicação de questionários que tem como objetivo revelar, além do número de habitantes, o perfil socioeconômico da população brasileira.

A densidade demográfica tem sido utilizada, com frequência, em diversas áreas das ciências sociais aplicadas como categoria fundamental de análise do espaço geográfico. Para os urbanistas, o conceito de densidade demográfica está relacionado à presença de infraestrutura urbana. Ela é entendida como a ocupação ordenada do espaço que possibilita

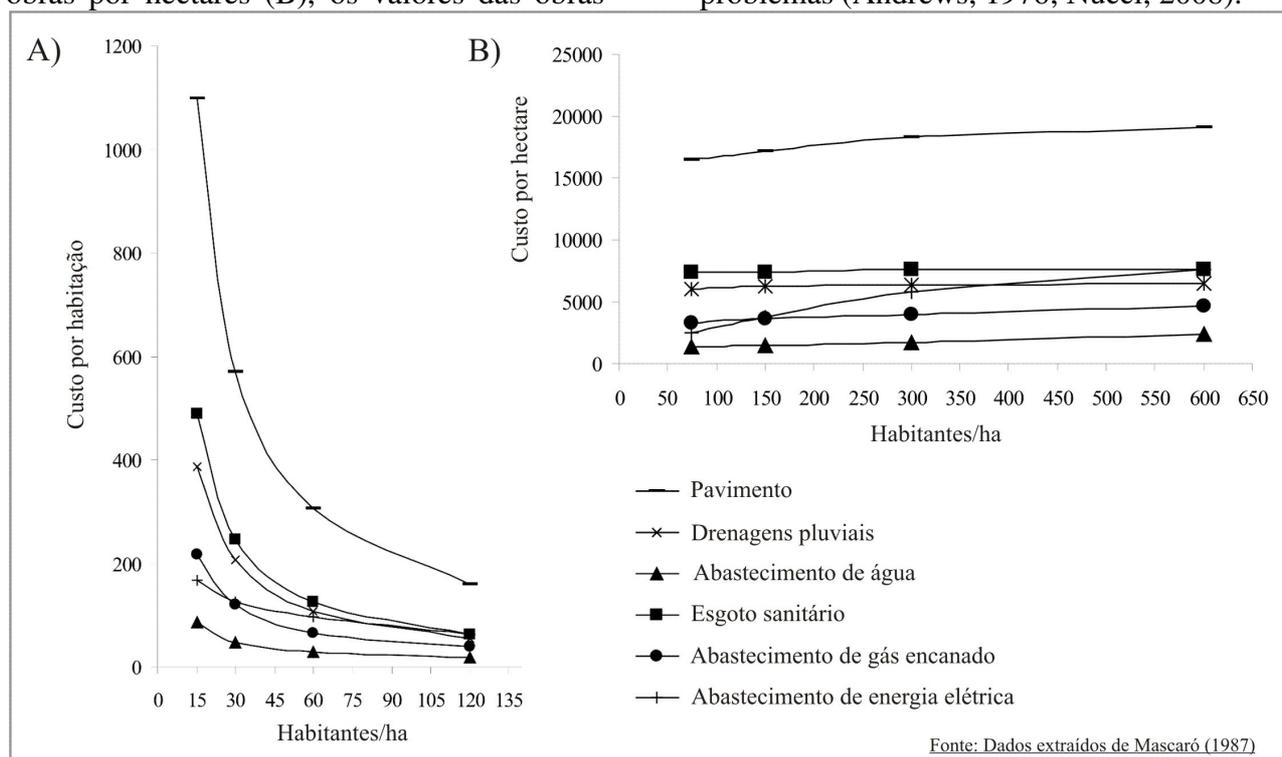
\* E-mail para correspondência: [ap.silva3@hotmail.com](mailto:ap.silva3@hotmail.com).

a circulação de ar, dejetos e de pessoas, além de instituir um padrão urbano de comportamento desejável (Souza, 2001). A densidade demográfica contrapõe-se, portanto, ao simples conceito da aglomeração, visto pelos urbanistas como um ajustamento estagnado da cidade.

Na área de infraestrutura, o mapeamento da densidade demográfica é importante para analisar a viabilidade na execução de obras. As áreas de baixa densidade demográfica são muitas vezes encaradas como áreas “menos prioritárias”, por causa dos elevados custos envolvidos, em contraposição às áreas de alta densidade. A Figura 1 ilustra os custos envolvidos para as instalações de diferentes serviços, em função da densidade. Conforme pode ser observado, o custo por habitação (A) reduz drasticamente com o aumento da densidade populacional. Quando é considerado o custo envolvido das obras por hectares (B), os valores das obras

apresentam ligeiros aumentos com o aumento da densidade populacional. Porém, este aumento é bem menor que o incremento populacional.

Apesar da alta densidade populacional ser um elemento chave na viabilização das obras, Nucci (2008) ressalta que ela também traz consequências negativas que refletem na perda da qualidade de vida da população. O autor (*op cit.*) cita como exemplos negativos da alta densidade populacional: os congestionamentos observados nas vias, a escassez de espaços livres para lazer, a formação de ilhas de calor, as dificuldades para a deposição de resíduos, o aumento dos riscos de doenças, etc. Todavia, é importante ressaltar que a alta densidade demográfica, por si só, não causa perda da qualidade de vida. Apenas quando o ser humano não consegue escapar das pressões causadas pelo excesso de adensamento é que podem surgir problemas (Andrews, 1976; Nucci, 2008).



**Figura 1.** Custo médio das redes urbanas em função da densidade em dólares (1977): A) custo por habitação e B) custo por hectare.

Do ponto de vista da saúde coletiva, as áreas com alta densidade demográfica são consideradas de alto potencial de transmissão de doenças infectocontagiosas e de saúde mental (Almeida Filho & Santana, 1986). No caso das doenças infectocontagiosas, a facilidade no trânsito da doença seria a

principal causa. Em relação à saúde mental, a maior parte dos estudos tem concluído que a densidade demográfica encontra-se relacionada aos níveis de sintomatologia associados ao estresse (Almeida Filho & Santana, 1986).

Tradicionalmente, a densidade demográfica é mapeada utilizando os valores de população presentes nos setores censitários divididos pela área abrangida pelo setor (método conhecido na cartografia temática como coroplético). O problema desta abordagem é que, muitas vezes, este procedimento de cálculo da densidade demográfica mascara a densidade populacional real, pois as áreas não-residenciais são incluídas no cálculo, causando o efeito de suavização.

Um método alternativo para o cálculo da densidade demográfica é o método dasimétrico. A metodologia dasimétrica propõe uma descrição mais realista, em que as áreas/taxas são modificadas de acordo com o critério de homogeneidade obtido por meio de informações complementares (Morato et al., 2011).

O lançamento de vários satélites de alta resolução espacial como o *IKONOS-2* (4 m no modo multiespectral e 1 m no modo pancromático), o *QuickBird* (2,4-2,8 m no modo multiespectral e 61-72 cm no modo pancromático), o *Rapid Eye* (6,5 m no modo multiespectral) e o satélite Cinobrasileiro *CBERS-2B* que carrega o sensor *High Resolution Camera* (2,7 m no pancromático) tem ampliado, significativamente, o potencial de aplicações do sensoriamento remoto orbital em áreas urbanas, e vem se consolidando como uma indispensável fonte de informação integrada aos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs).

Dessa forma, o trabalho propõe a utilização do método dasimétrico para o refinamento do cálculo da densidade demográfica, com o intuito de reduzir o efeito de suavização observado nos métodos tradicionais. Imagens de satélite de alta resolução espacial foram tratadas em um SIG e as informações geradas por meio da interpretação das imagens foram combinadas com as informações dos setores censitários. A finalidade do presente trabalho é contribuir com os estudos populacionais, de saúde coletiva e de planejamento urbano, dentro de uma temática que aborda o desenvolvimento de metodologias de integração de dados

espaciais aplicadas à análise da distribuição geográfica da população na escala intramunicipal.

### Material e métodos

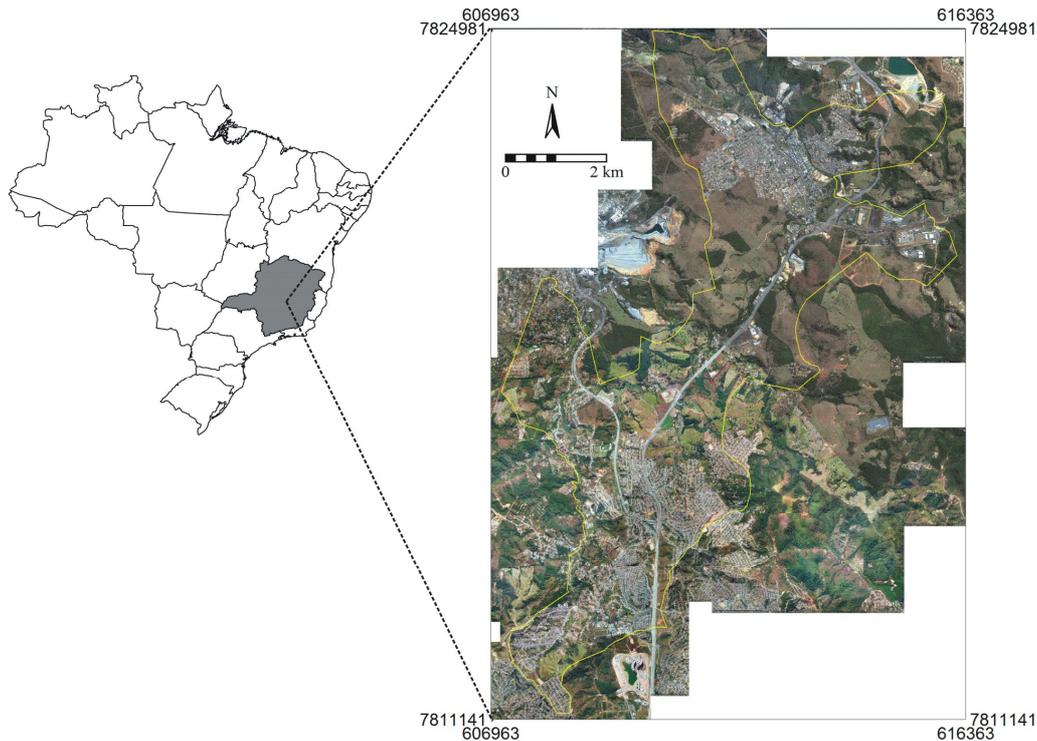
A área selecionada para o desenvolvimento deste trabalho foi o município de Vespasiano (Figura 2), localizado na Região Metropolitana de Belo Horizonte-RMBH, Estado de Minas Gerais, Brasil.

Vespasiano é um dos 34 municípios que compreendem a Região Metropolitana de Belo Horizonte. O município possui uma área de 71,18 km<sup>2</sup> e altitude média de 693 m, com cobertura vegetal característica de cerrado. O município está inserido na bacia do Ribeirão da Mata, sub-bacia do rio das Velhas, afluente do rio São Francisco. A sua geologia apresenta grande abundância de rochas calcárias, com presença frequente de aquíferos cársticos (FIP, 2006).

A economia está ligada aos setores de serviço, comércio e indústria, principalmente cimenteira e metalúrgica. De acordo com o IBGE (2011), a população de Vespasiano é de 104527 habitantes, sendo 100% urbana. O município possui 61 setores censitários, com densidade demográfica média de 1.468,49 habitantes por km<sup>2</sup> (adotando o método tradicional).

### Pressupostos

Os seguintes pressupostos foram definidos: a) a população não se distribui de maneira aleatória e homogênea no espaço. A distribuição e a densidade populacional são condicionadas a inúmeros fatores, tanto de ordem física (elementos naturais que impedem ou dificultam a ocupação), quanto humana (leis de zoneamento, acessibilidade, qualidade de vida dos bairros, custo das moradias, distância dos centros de serviço e de indústrias, etc.); b) a integração em uma mesma base georreferenciada dos dados dos setores censitários, com informações dos usos da terra derivadas de imagens de satélite, permite melhorar o mapeamento da distribuição da população nas áreas urbanas.



**Figura 2.** Mapa de localização do Município de Vespasiano/MG, Brasil (limite do município marcado em linha amarela). A imagem corresponde a um mosaico de 30 recortes obtidos do aplicativo *Google Earth* (2009/2010).

**Tabela 1.** Crescimento da população do município de Vespasiano-MG e da região metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) entre os Anos de 1991 e 2010.

Anos	Vespasiano	Cresc. Anual (%)	RMBH	Cresc. Anual (%)
1991	54.868	-	3.522.907	-
1996	60.409	9,1	-	-
2000	76.422	20,9	4.357.942	-
2007	94.191	18,8	5.068.368	14,0
2010	104.527	9,8	5.413.627	6,3

Fonte: IBGE (2011).

#### *Processamento dos dados*

Neste trabalho foram utilizados os seguintes materiais: Dados dos setores censitários do IBGE (2002) - Resultados do Universo do Censo 2000; Cartas topográficas na escala 1: 50000 do IBGE, folhas: Belo Horizonte de 1979 (SE-23-Z-C-VI-3) e Lagoa Santa de 1985 (SE-23-Z-C-VI-1); Imagens de alta resolução obtidas do aplicativo *Google Earth* (2009/2010); *Corel Draw 12*; Sistema de Informações Geográficas (SIG) ILWIS 3.4. (ITC-Holanda).

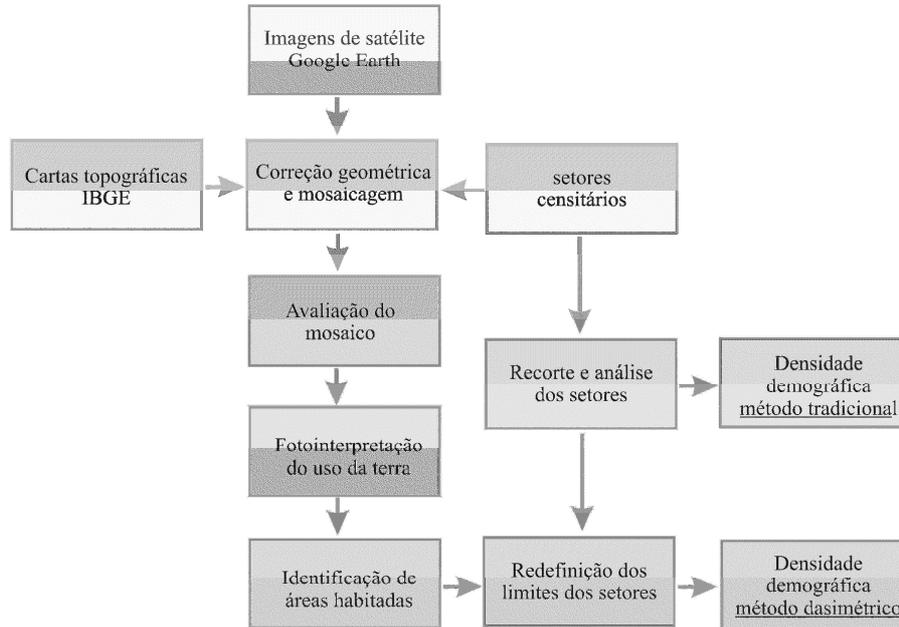
Conforme observado na Figura 3, a metodologia adotada envolveu rotinas de processamento digital de imagens de sensoriamento remoto e técnicas de

integração e análise de dados em Sistemas de Informação Geográficas (SIGs).

A primeira etapa do trabalho consistiu na elaboração do mapa de uso da terra do município de Vespasiano. Nesta elaboração foram utilizadas imagens de alta resolução do satélite *GeoEye* (resolução espacial de 0.41 m no modo pancromático e 1.64 m no multispectral), obtidas gratuitamente do aplicativo *Google Earth*. As imagens foram capturadas do seguinte modo: criou-se uma grade regular sobre as imagens do *GeoEye*, com espaçamento suficiente para visualizar, em cada recorte da imagem, os diferentes tipos de uso da terra. Em seguida, as imagens contidas em cada grade foram copiadas e gravadas em formato TIFF. A construção da

grade é importante para organizar a sequência das imagens e padronizar as imagens em relação à mesma escala de referência. As distorções geométricas existentes nas imagens

foram retificadas através dos procedimentos de correção geométrica para compatibilizar as imagens em relação a um plano cartográfico (Crósta, 1999).



**Figura 3.** Fluxograma das principais etapas desenvolvidas na metodologia aplicada.

A correção geométrica foi realizada através da identificação de pontos homólogos nas imagens e na base cartográfica (georreferenciamento). As informações extraídas das cartas topográficas do IBGE (1979) e dos limites dos setores censitários foram utilizadas como base para o georreferenciamento. Em seguida, uma equação polinomial de grau 2 foi utilizada para o ajustamento das imagens. O interpolador selecionado para a reamostragem das imagens foi o vizinho mais próximo, com espaçamento de 1m. A etapa final desse processo consistiu na montagem do mosaico. A qualidade do mosaico foi verificada, qualitativamente, sobrepondo os vetores cartográficos sobre a imagem (drenagens e vias), e quantitativamente, através da avaliação do erro de posicionamento.

Para a avaliação da qualidade geométrica do mosaico foi gerado um mapa que mostra a distribuição do erro de posicionamento. Esse mapa foi elaborado da seguinte maneira: (1) criou-se um arquivo contendo uma nuvem de pontos representando os valores de erros de posicionamento. Este erro foi calculado comparando o posicionamento das feições observadas no mosaico com o posicionamento destas

mesmas feições registradas na base cartográfica. Em seguida, estes pontos foram interpolados para a geração de uma superfície contínua de representação dos erros. Adotou-se um simples interpolador de média móvel com espaçamento da grade de 10m de resolução.

O mapeamento do uso da terra foi realizado de modo visual, adotando os procedimentos de reconhecimento da fotointerpretação (Ceron & Diniz, 1966; Luchiari et al., 2011). A fotointerpretação é realizada em três fases distintas denominadas de fotoleitura, fotoanálise e classificação. Na etapa de fotoleitura, o analista reconhece os objetos claramente visíveis na imagem. Na etapa de fotoanálise, inferências são realizadas com base nas informações extraídas da fotoleitura, com o objetivo de identificar linhas de falhas geológicas, processos erosivos, tipos de uso da terra, etc. A última etapa, denominada de classificação, implica na descrição da imagem usando uma linha de raciocínio lógico, procurando identificar e delimitar as informações pertinentes ao estudo (Luchiari et al., 2011). A classificação foi realizada manualmente, na tela do computador. Os limites de cada classe foram digitalizados utilizando os recursos de

entrada de dados do SIG ILWIS e, após a checagem das consistências topológicas dos segmentos digitalizados, as classes foram poligonizadas com um algoritmo de conversão de segmento para polígono.

A legenda do mapa foi composta por dez classes de uso da terra agrupadas em classes de ordem “Natural” (Campo Sujo, Mata, Rede Hidrográfica), “Uso Agrícola” (Agricultura e Eucalipto) “Uso Residencial e de Serviços” (Áreas de Lazer, Residencial 1 – áreas habitadas consolidadas – e Residencial 2 – áreas de expansão urbana) e “Uso Industrial” (Industrial e Mineração). O agrupamento de classes objetivou facilitar a comunicação visual do mapa, explorando a propriedade perceptiva associativa.

Em relação aos dados dos setores censitários, estes estão subdivididos em quatro categorias: pessoas, educação, domicílios e responsável pelo domicílio, totalizando mais de 500 variáveis (IBGE, 2003). No Censo de 2000, o município de Vepasiano contou com 61 setores censitários urbanos. Dois mapas de densidade demográfica foram gerados: o primeiro com os setores censitários originais (coroplético) e o segundo com os setores redefinidos com base nas informações auxiliares extraídas do mapa de uso da terra (dasimétrico). Em relação a aplicação do método dasimétrico, os valores de população contidos nos setores censitários foram transferidos para os polígonos das classes Residencial 1 e 2, localizados nos seus respectivos limites, com base em uma operação de tabulação cruzada. Por fim, os dois mapas foram comparados, qualitativamente, e através de um teste de significância estatística entre as médias populacionais.

### Resultados e discussão

No método coroplético assume-se que o valor dentro de cada polígono seja constante, mesmo que o comportamento real das variáveis não obedeça às divisões administrativas. Trata-se de uma simplificação necessária para poder descrever a variável espacial.

Em 1837, Harness apresentou uma nova forma de resolver os problemas existentes nos mapas coropléticos. Em um mapa da

população da Irlanda do Norte mostrou o que teria sido o primeiro exemplo de mapa dasimétrico (Maceachren, 1979; Martinelli, 2010). O termo dasimétrico foi utilizado pela primeira vez pelo geógrafo russo Tian-Shansky, que desenvolveu um mapa de densidade populacional da Rússia publicado na década de 1920 (Bielecka, 2005; Maantay et al., 2008). O primeiro estudo sobre mapas dasimétricos foi publicado pelo geógrafo americano John Kirtland Wright, que propagou o significado de dasimétrico (*dasymetric*) com medição da densidade (*density measuring*) (Maantay et al., 2008).

Vários métodos vêm sendo empregados para a obtenção de mapas dasimétricos, como a interpolação, a filtragem com pesos, a utilização de dados auxiliares, como o uso e a cobertura da terra, a regressão, a amostragem heurística, o *kernel* e os dados cadastrais (Maantay et al., 2008).

Martin et al. (2000) desenvolveram um método para a construção de modelos de superfícies de população descontínuas baseados em dados de censo e imagens de sensoriamento remoto para a Irlanda do Norte. A informação de cobertura do solo derivada da classificação de uma imagem Landsat TM foi usada para redistribuir a população em setores censitários. Utilizando um mapa binário, resultante da classificação, foi empregada uma equação de regressão linear, considerando a proporção de área construída e não construída, para redistribuir a população nos setores.

Kampel (2003) utilizou imagens de luzes noturnas do sistema DMSP/OLS para a Amazônia Brasileira e imagens dos sistemas CCD-CBERS-1 e Landsat-TM para a escala municipal. Estimativas de densidade de população urbana também puderam ser obtidas a partir de relações lineares entre as áreas de luzes e de população urbana. Contudo, a autora (*op. cit.*) ressalta que a elaboração do mosaico de imagens de luzes noturnas e a definição dos limiares para a identificação dos focos de luzes devem ser criteriosas, para que interpretações errôneas dos dados não sejam obtidas. No produto de luzes estáveis, gerado neste trabalho, não há focos referentes às luzes efêmeras (incêndios florestais). Todo foco identificado

corresponde a alguma atividade que demandasse iluminação. Entretanto, nem todo foco de luz corresponde à presença de população. Estas observações devem ser consideradas ao se estabelecer relações entre variáveis de luzes noturnas e outras variáveis.

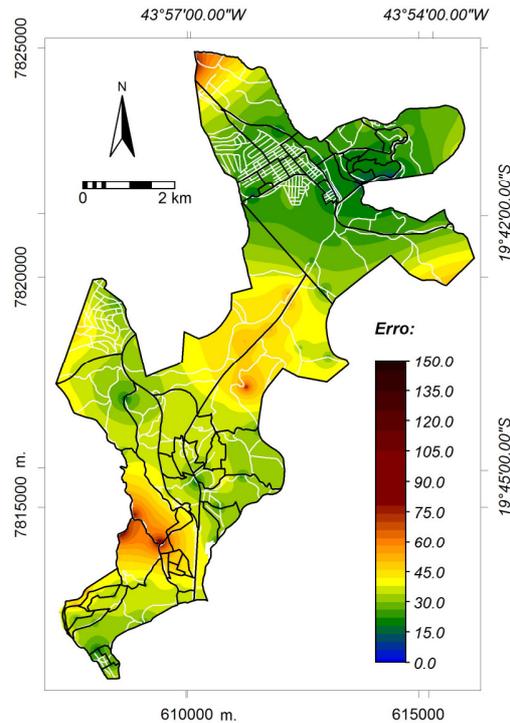
Bielecka (2005) elaborou mapas dasimétricos de densidade demográfica do nordeste da Polônia utilizando dados auxiliares derivados de imagens de satélite. Os mapas revelaram variações inter-regionais da população mais realísticas, sobretudo entre as áreas urbanas e rurais. Morato et al. (2011) também utilizaram imagens de satélite como dados auxiliares com o objetivo de melhorar o cálculo da densidade demográfica. Os autores (*op cit.*) utilizaram imagens do satélite Landsat-7 ETM+ para a construção de uma imagem índice denominado de NDBI (*Normalized Difference Built-up Index*) para o município de Alfenas, sul de Minas Gerais, Brasil. O NDBI foi proposto por Zha et al. (2003) e vem sendo aplicado para o mapeamento rápido de áreas urbanas com 6. O perímetro urbano da cidade foi isolado das áreas rurais por meio da adoção de um simples limiar de corte (*threshold*) aplicado sobre a imagem NDBI. Após este procedimento, os limites do perímetro urbano foram combinados com os setores censitários e calculada a densidade demográfica. Os resultados revelaram melhora significativa com a adoção do perímetro urbano, principalmente nas áreas de transição entre o rural e o urbano.

Barroso et al. (2011) utilizaram o método dasimétrico para avaliar a distribuição da população idosa acima de 65 anos na zona sul da cidade de São Paulo, SP, Brasil. Os polígonos de áreas residenciais foram definidos usando como base as informações de quadra e do cadastro fiscal municipal. As quadras não residenciais foram identificadas por meio de análise de fotografias aéreas ortorretificadas e excluídas da análise. Em seguida, as áreas residenciais foram combinadas com os dados das unidades censitárias do IBGE.

O crescimento populacional do município de Vespasiano é acima da média de crescimento da RMBH. Conforme pode ser observado na Tabela 1, entre os anos de 1991 e 2010 a população praticamente dobrou de tamanho, com maiores crescimentos observados nos anos de 2000 e 2007. A expansão da cidade ocorre, principalmente, nas áreas próximas à Linha Verde (MG-10), rodovia que liga o município à capital. A Linha Verde também é um acesso rápido ao Aeroporto Internacional de Confins (Aeroporto Tancredo Neves) e ao Centro Administrativo do Estado.

Uma das etapas cruciais no desenvolvimento deste trabalho consistiu na elaboração do mosaico das imagens. Alguns problemas foram encontrados na execução do mosaico, como incompatibilidade das imagens com a base cartográfica (em função da diferença de escala) e distorções provenientes da forma como as imagens foram capturadas do *Google Earth*. Apesar destes problemas, o procedimento mostrou-se bastante válido, pois o produto gerado atendeu aos objetivos pretendidos neste estudo - que não requer, necessariamente, uma alta precisão no posicionamento.

A Figura 4 mostra o mapa de erro de posicionamento do mosaico construído a partir das imagens do *Google Earth*. Conforme pode ser observado, os maiores erros são encontrados nas áreas com menor presença de arruamentos, em virtude da dificuldade na identificação de pontos de controle no momento do georreferenciamento. Os maiores erros foram observados na porção central e no sul e os menores erros na porção norte. Foi assumido neste estudo que os consideráveis erros de posicionamento, que chegam, em alguns locais, até 150 m, não comprometeram o escopo da investigação, pois o cálculo da densidade demográfica foi realizado apenas para as áreas urbanizadas que possuem erros de posicionamento bem menores, inferiores a 50m.

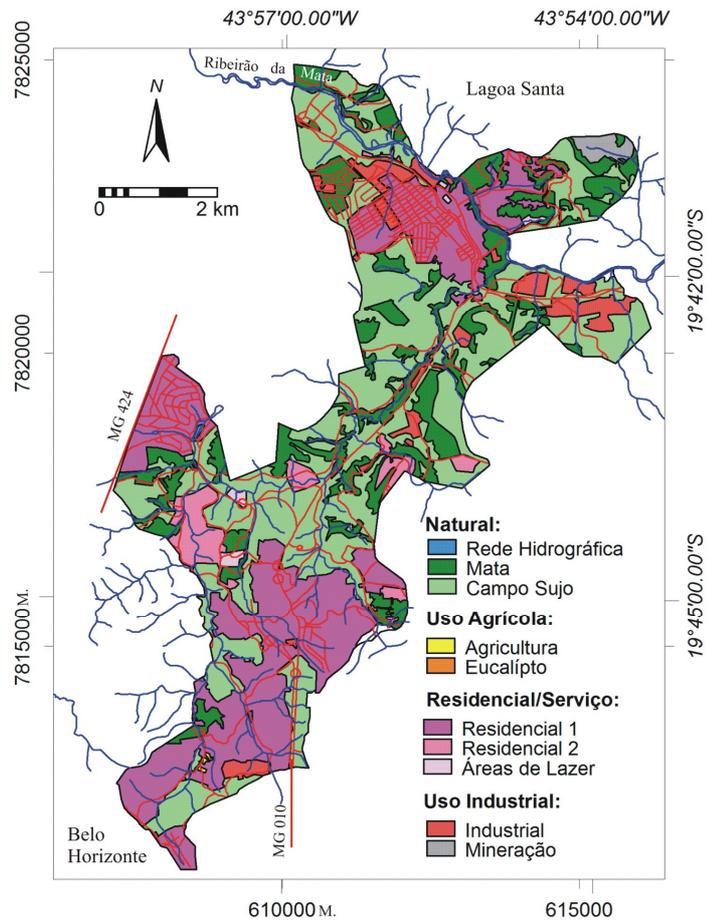


**Figura 4.** Mapa ilustrando o erro de posicionamento do mosaico construído a partir das imagens do *Google Earth*.

A Figura 5 ilustra o mapa de uso da terra. Conforme apresentado na metodologia, a legenda é composta por quatro categorias classificadas em subclasses. A categoria de classes “naturais” foi representada por cores frias e as categorias de classes “antrópicas” por cores quentes. Esta forma de organização da legenda é eficiente porque permite que o leitor realize a leitura do mapa sem se fixar na leitura da legenda. Conforme pode ser observado, as classes Campo Sujo e Residencial 1 são as classes dominantes. A classe Campo Sujo corresponde às áreas de pastagem, capoeira e de vegetação de rebrota. As classes Residencial 1 e Residencial 2 correspondem, respectivamente, às áreas urbanas consolidadas e em estágio de consolidação (em expansão).

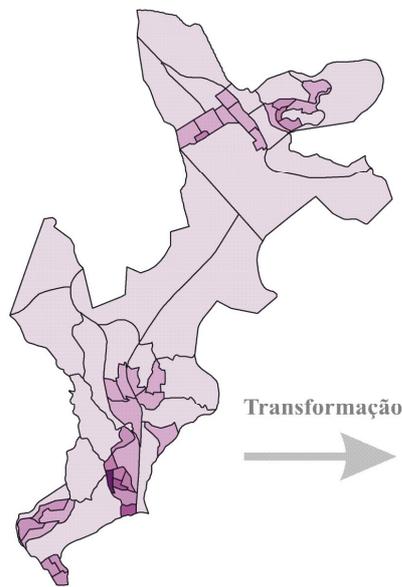
A área urbana de Vespasiano é formada por dois núcleos principais, interligados pela linha verde (rodovia MG-010). A sede do município localiza-se no núcleo norte. Esta região concentra a maior parte das indústrias do município e está localizado nas proximidades do Aeroporto Internacional Tancredo Neves (em Confins) e do município de Lagoa Santa. O núcleo sul conecta o município à capital Belo Horizonte.

Os resultados obtidos com o cálculo da densidade demográfica são ilustrados na Figura 6. Os intervalos de densidade foram os mesmos para os dois mapas, a fim de facilitar a comparação entre eles. No mapa de densidade tradicional (coroplético), no qual a população total é dividida pela área abrangida pelo setor, considera-se que a população está distribuída, igualmente, ao longo de todo o setor censitário, o que na realidade não acontece. Em razão disto, o “efeito de suavização” é bastante pronunciado, pois é considerada toda a área do setor censitário. O mapa populacional construído a partir do método dasimétrico permite corrigir este erro, evidenciando apenas as áreas realmente habitadas. A eficácia do método dasimétrico foi mais perceptível nos setores maiores. Isto aconteceu porque o IBGE padroniza o tamanho dos setores com base em um número aproximado de 1000 habitantes (Morato, 2009). Portanto, nas áreas menos habitadas, como nas franjas urbanas, o tamanho dos polígonos censitários geralmente foram maiores, o que tornou mais evidente a eficácia do método dasimétrico.

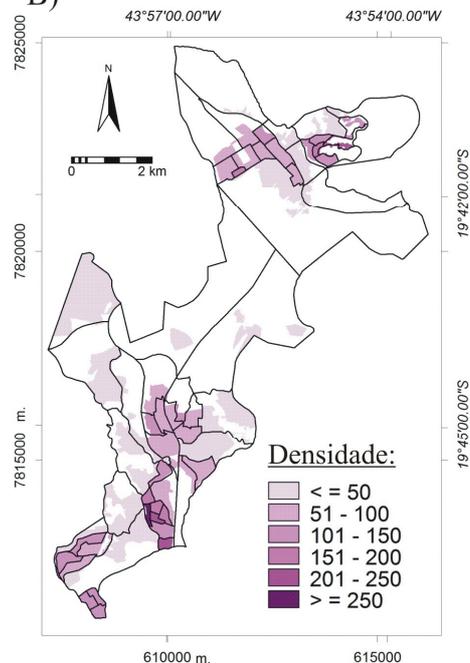


**Figura 5.** Mapa de uso da terra do município de Vespasiano, região metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), MG, Brasil.

A)



B)



**Figura 6.** Distribuição da população utilizando os métodos: A) coroplético; B) dasimétrico. Transformação utilizou as informações de áreas residenciais extraídas do mapa de uso da terra como dado auxiliar.

Conforme pode ser observado na Tabela 2, após a aplicação do método de

transformação, o tamanho dos polígonos reduziu drasticamente. O desvio padrão - que

mostra a heterogeneidade dos tamanhos dos polígonos – variou de 111,8 para 25,7, evidenciando a eficácia do método. Os polígonos redefinidos também apresentaram maior coerência com o sistema viário da cidade.

As médias populacionais foram comparadas pela aplicação do teste t bilateral considerando duas amostras independentes com  $\alpha = 0,05$ . A hipótese nula indica que a

diferença entre as médias de densidade populacional é nula, ou seja:

$$\mu = \mu_{\text{antes}} - \mu_{\text{depois}}$$

$$H_0: \mu = 0$$

$$H_1: \mu \neq 0$$

O resultado da estatística indicou um valor t (-4,75) inferior ao  $-t_{\alpha}$  (-2,0), o que leva à rejeição de  $H_0$ . Portanto, ao nível de 5% de significância conclui-se que a aplicação do método dasimétrico interfere no valor da densidade demográfica.

**Tabela 2.** Estatística descritiva dos setores originais e transformados. Todos valores encontram-se em unidades de hectares.

Dados	Polígonos	Área mínima	Área máxima	Média das áreas ± desvio padrão	Soma das áreas
Setores censitários	61	4,3	573,5	70,1 ± 111,8	4279,1
Setores transformados	61	2,6	154,2	23,3 ± 25,7	1399,0

### Conclusões

A elaboração do mapa de uso terra e cobertura vegetal, a partir de mosaico de imagens extraídas do aplicativo *Google Earth*, mostrou-se bastante eficaz para os objetivos pretendidos neste trabalho. A metodologia pode ser adaptada para diversas outras aplicações onde a acurácia do posicionamento não interfere de maneira significativa nos resultados almejados.

A estimativa do erro de posicionamento do mosaico construído a partir do aplicativo *Google Earth* é bastante útil para a visualização e a análise da confiabilidade do produto. O conhecimento da densidade populacional é de suma importância para várias áreas das ciências aplicadas.

Nas áreas de infraestrutura e de planejamento urbano, o mapa de densidade populacional é imprescindível para uma avaliação prévia da demanda estrutural do local (largura das ruas e das avenidas, tamanho dos dutos de abastecimento de água e de esgoto, etc.) e da viabilidade da obra.

O método tradicional de cálculo da densidade demográfica, denominado de coroplético, considera que a população se distribui de maneira homogênea dentro de cada setor censitário. A adoção deste método tem, como consequência, o efeito de suavização da distribuição da população. Principalmente nas áreas menos habitadas, os resultados do cálculo da densidade

populacional são subestimados pelo fato de considerar toda a área abrangida pelo setor.

No método dasimétrico, apenas as áreas habitadas são consideradas no cálculo da densidade demográfica. As informações relacionadas ao uso da terra são extraídas de fontes complementares (do inglês *ancillary data*) e, posteriormente, são combinadas com os dados do censo demográfico, por meio de metodologias de análise espacial em Sistema de Informação Geográfica (SIGs). Procura-se, com a adoção do método dasimétrico, a construção de um mapa que represente de maneira mais realística a distribuição espacial da população no espaço intraurbano.

Para a aplicação do método dasimétrico, considerou-se apenas dois fatores: residencial e não-residencial. Portanto, as variações relacionadas ao tipo de residência não foram consideradas nesta análise. Considerar estas diferenças talvez seja o grande desafio do método dasimétrico para os próximos anos.

A metodologia adotada mostrou-se bastante satisfatória, pois permitiu que a distribuição da população se restringisse somente às áreas classificadas como de uso residencial. Como consequência, o efeito indesejado da “suavização” foi amenizado, em especial nas áreas onde os polígonos censitários são maiores.

### Agradecimentos

Agradecimentos à Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de Minas Gerais-

FAPEMIG, pelo suporte financeiro concedido à realização desta pesquisa.

### Referências

Andrews, W.A. (1976). *A Guide to Urban Studies*. 1ª Ed. Ontário, Prentice-Hall. 293p.

Almeida Filho, N.; Santana, V.S. (1986). Espaço social urbano e doença mental: um estudo de área ecológica. *Caderno de Saúde Pública*, v. 2, n. 3, p. 334-348.

Barroso, L.V.; Machado, R.P.P.; Luchiari, A.; Queiroz Filho, A.P. (2011). Dasymetric mapping of socioeconomic data of the city of Sao Paulo. In: *Conferência Geográfica Regional*. 2011. Anais. Santiago, Chile, UGI.

Bielecka, E. (2005). A dasymetric population density map of Poland. In: *Internacional Cartographic Conference*. 22. 2005. Anais. Coruña, Espanha.

Ceron, A.O.; Diniz, J.A.F. (1966). O uso de fotografias aéreas na identificação das formas de utilização agrícola da terra. *Revista Brasileira de Geografia*, v. 2, n. 28, p. 161-173.

Crósta, A.P. (1999). *Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto*. 2ª Ed Campinas, IGE-Unicamp.

IBGE. (2003). *Metodologia do Censo 2000*. Rio de Janeiro, IBGE.

FIP. (2006). *PDP de Vespasiano: Complementação da Leitura Técnica e Quadro Atual do Município*. Belo Horizonte/MG, FIP.

Kampel, S.A. (2003). *Geoinformação para Estudos Demográficos: Representação Espacial de Dados de População na Amazônia Brasileira*. São Paulo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Luchiari, A.; Kawakubo, F.S.; Morato, R.G. (2011). *Técnicas de Sensoriamento Remoto*. In: Venturi, L.A.B. *Geografia: Práticas de Campo, Laboratório e Sala de Aula*. São Paulo, Sarandi.

Maceachren, A. (1979). The evolution of thematic cartography: a research methodology and historical review. *The Canadian Cartographer*, v. 16, n. 1, p. 17-33.

Maantay, J.A.; Maroko, A.R.; Porter-Morgan, H. (2008). Research note – a new method for mapping population and understanding the spatial dynamics of diseases in urban areas: asthma in the Bronx, New York. *Urban Geography*, v. 29, n. 7, p. 724-738.

Martin, D. (1996). *Geographic Information Systems: Socioeconomic Applications*. London/New York, Routledge.

Martin, D.; Tate, N.J.; Langford, M. (2000). Refining population surface models: experiments with northern Ireland census data». *Transactions in GIS*, v. 4, n. 4, p. 343-360.

Martinelli, M. (2010). Um breve apanhado sobre a breve história da Cartografia Temática. In: *Simpósio Iberoamericano de História da Cartografia*. 3. 2010. Anais. São Paulo, Brasil.

Morato, R.G. (2009). *Geografia do bem-estar: análise espacial de um índice de qualidade de vida urbana*. In: Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística. *Prêmio ENCE 50 Anos: o Censo 2000 e a Pesquisa Social no Brasil*. Rio de Janeiro, IBGE.

Morato, R.G.; Kawakubo, F.S.; Machado, R.P.P. (2011). Mapa de densidade demográfica dasimétrico da área urbana do município de Alfenas (MG). In: *Simpósio Internacional Caminhos Atuais da Cartografia na Geografia*. 2. 2011. Anais. São Paulo, Brasil.

NUCCI, J.C. (2008). *Qualidade Ambiental e Adensamento Urbano: Um Estudo de Ecologia e Planejamento da Paisagem Aplicado ao Distrito de Santa Cecília (MSP)*. Curitiba, Edição do autor.

Souza, N.R. (2001). *Planejamento urbano em Curitiba: saber técnico, classificação dos*

cidadinos e partilha da cidade1. *Revista de Sociologia e Política*, v. 16, n. 1, p. 107-122.

Zha, Y.; Gao, J.; Ni, S. (2003). Use of normalized difference built-up index in

automatically mapping urban areas from TM imagery. *International Journal of Remote Sensing*, v. 24, n. 3, p. 583-594.