MAPA DASIMÉTRICO DA DENSIDADE DEMOGRÁFICA DE POÇOS DE CALDAS (MG) UTILIZANDO TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO E GEOPROCESSAMENTO

Lyneker Pereira da Silveira [1]
Fernando Shinji Kawakubo [2]

[1] Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL/ICN
Caixa Postal 37130-000 - Alfenas - MG, Brasil
lynekerp@gmail.com

[2] Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL/ICN
Caixa Postal 37130-000 - Alfenas - MG, Brasil
fskgeo@gmail.com

Abstract. The knowledge of the spatial distribution of urban population has importance in several areas of the social sciences. In Brazil, the population density maps are usually constructed using only the census's data. The problem with this approach is that often the boundaries of the polygons are not restricted tracts inhabited areas, also including parks, cemeteries and industries. To improve the mapping, auxiliary data can be incorporated to refine the calculation of density (called dasimetria). In this work, the method dasimétrico was adopted for the city of Wells Caldas, Minas Gerais, Brazil. The density was calculated using auxiliary data as the land use map generated from Google Earth imagery. The residential areas were combined with census data using Geographic Information System ILWIS. The results showed that the method is a viable alternative dasimétrico to enhance visualization of the spatial distribution of the population.

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

1. Intodução

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 numero de habitantes, o perfil socioeconômico da população brasileira.

A densidade demográfica tem sido utilizada com freqüência 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 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 as áreas de alta densidade.

Apesar do ponto de vista da alta densidade populacional ser um elemento chave na viabilização das obras, Nucci (2008) ressalta que a ela também traz conseqüências negativas que refletem na perda na qualidade de vida da população. O autor (*op cit*.) cita como exemplos negativos da alta densidade populacional: os congestionamentos observados nas vias, escassez de espaços livres para lazer, formação de ilhas de calor, dificuldades para a disposição de resíduos, aumento dos riscos de doenças etc. Todavia, é importante ressaltar que a alta densidade demográfica por si só não causa perda na qualidade de vida. Somente

quando o ser humano não consegue escapar das pressões causadas pelo excesso de adensamento é que podem surgir problemas (Andrews, 1976; Nucci, 2008)

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 a níveis de sintomatologia associada ao estresse (Almeida Filho & Santana, 1986).

Tradicionalmente, a densidade demográfica é mapeada utilizando os valores de população presentes nos setores censitários e dividindo pela sua 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 mesmo as áreas não-residenciais são incluídas no cálculo (causando o efeito de suavização).

Um método alternativo para 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, Kawakubo & Machado, 2011). O lançamento de vários satélites de alta resolução espacial como *IKONOS*-2 (4 metros no modo multiespectral e 1 metro no modo pancromático), *Quick Bird* (2,4-2,8 metros no modo multiespectral e 61-72 centímetros no modo pancromático), *Rapid Eye* (6,5 metros no modo multiespectral) e o satélite Cinobrasileiro CBERS-2B que carrega o sensor *High Resolution Camera* (2,7 metros 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 calculo da densidade demográfica com o intuito de diminuir 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 a análise da distribuição geográfica da população na escala intramunicipal. A área selecionada para o desenvolvimento de este trabalho é o município de Poços de Caldas (MG), localizado na Região Sul do Estado de Minas Gerais, Brasil.

2. Metodologia de trabalho

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: Poços de Caldas; Imagens de alta resolução obtidas do aplicativo Google Earth (2009/2010); PhotoFiltre; Sistema de Informações Geográficas (SIG) ILWIS 3.4. (ITC-Holanda)

A primeira etapa do trabalho consistiu na elaboração do mapa da área urbana de Poços de Caldas. Para a sua elaboração, foram utilizadas imagens de alta resolução obtidas gratuitamente do aplicativo Google Earth. As imagens foram adquiridas copiando a imagem em tela. Em seguida, as imagens foram corrigidas geometricamente utilizando pontos de controle identificados na imagem e na base cartográfica. Em seguida, as imagens foram reamostradas com o interpolador bicúbico (Crósta, 1999) e mosaicadas. A identificação das áreas urbanas foi feita de maneira visual adotando os procedimentos da fotointerpretação (Ceron & Diniz, 1966; Luchiari, Kawakubo & Morato, 2011).

A delimitação da área urbana foi feita de maneira manual utilizando os recursos de digitalização do ILWIS. Após a digitalização, as linhas foram checadas em relação a consistência topológica. A última etapa da digitalização consistiu na geração dos polígonos (figura 2).

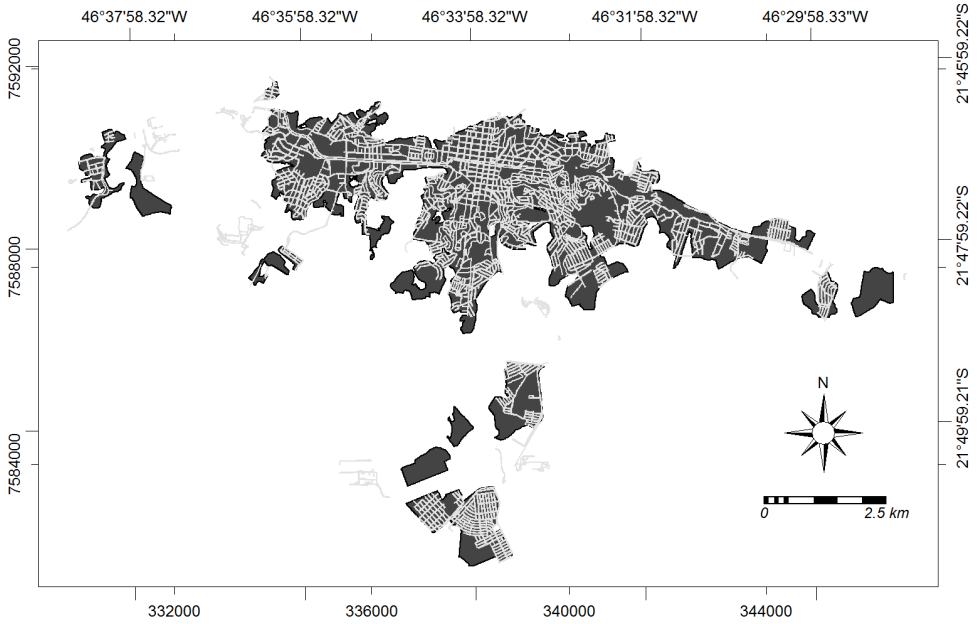


Figura 2. Mapa da área urbana de Poços de Caldas gerado a partir da interpretação das imagens do Google Earth.

Em relação aos dados dos setores censitários (figura 3), estes dados encontram-se subdivididos em quatro categorias: pessoas, educação, domicílios e responsável pelo domicílio, totalizando mais de 500 variáveis (IBGE, 2003). Criou-se uma coluna no ILWIS contendo o valor total de pessoas residentes em cada polígono censitário. Em seguida, utilizando o recurso de tabulação cruzada, o mapa de setores censitários foi combinado com o mapa da área urbana. Por fim, calculou-se a densidade demográfica corrigida em relação às áreas habitadas.

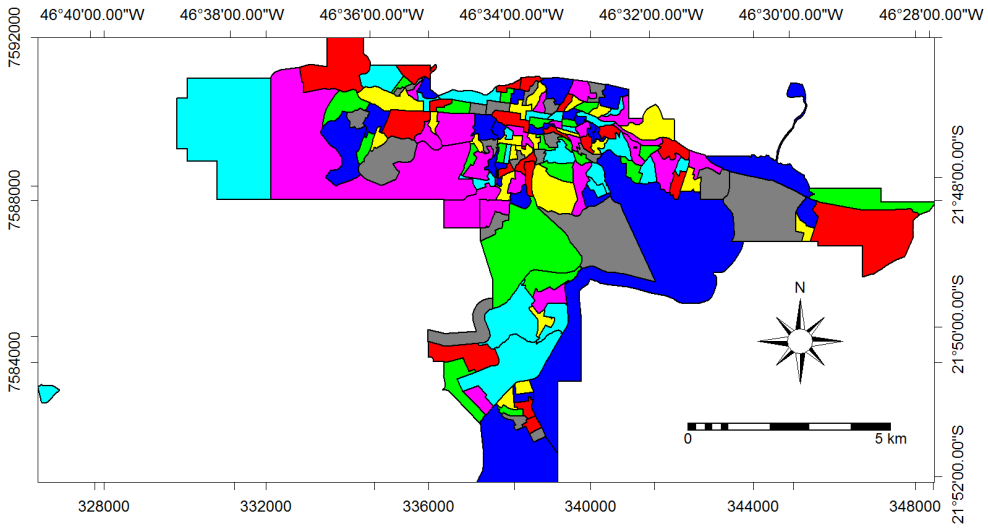


Figura 3. Mapa dos setores censitários do IBGE.

2.1. Método dasimétrico

No método coroplético, assume-se que o valor dentro de cada polígono seja constante, mesmo que o comportamento real das variáveis não obedeça a 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. Num 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, Maroko, Porter-Morgan, 2008). Já o primeiro *paper* 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, Maroko, Porter-Morgan, 2008).

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

Martin, Tate & Langford (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 dentro dos 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 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 a 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 de densidade demográfica dasimétricos 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, Kawakubo & Machado (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*) no município de Alfenas, Sul de Minas Gerais, Brasil. O NDBI foi proposto por Zha, Gao & Ni (2003) e vem sendo aplicado para o mapeamento rápido de áreas urbanas com acurácia satisfatória (Zha, Gao & Ni, 2003). O perímetro urbano da cidade foi isolada 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 transição entre o rural e o urbano.

Barroso, Machado, Luchiari & Queiroz Filho (2011) utilizam 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 residências 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.

3. Resultados e discussão

Uma das etapas cruciais no desenvolvimento de este trabalho consistiu na elaboração do mosaico das imagens. Alguns problemas foram observados 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 os objetivos pretendidos neste trabalho - que não requer necessariamente uma alta precisão no posicionamento.

Os resultados obtidos com o cálculo da densidade demográfica são ilustrados na figura 4. Diferentemente do método tradicional denominado de coroplético, a densidade demográfica foi calculada considerado apenas as áreas realmente habitadas, excluíndo as áreas de pastagem, floresta, eucalipto, lagos, solo exposto, áreas industriais e culturas agrícolas. Portando, o método reduziu o efeito inconveniente da "suavização" da densidade demográfica.

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 habitates (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.

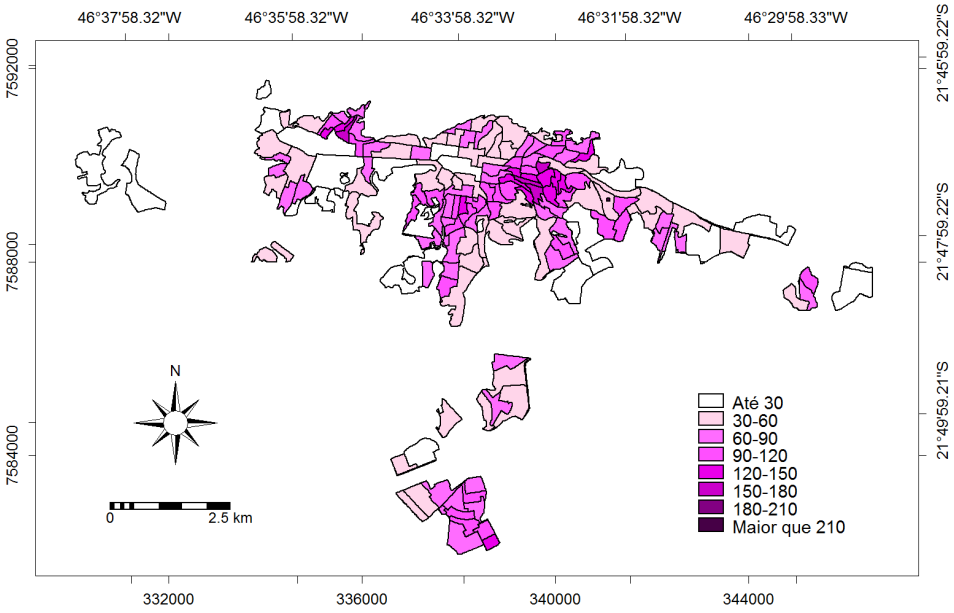


Figura 4. Mapa de densidade demográfica de Poços de Caldas, MG utilizando o método dasimétrico.

4. 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.

Nas áreas de infraestrutura e de planejamento urbana, 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 conseqüência o efeito de suavização da distribuição da população. Principalmente nas áreas menos habitadas, os resultados do cálculo da densidade populacional são subestimados por 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 as 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

Ao PIBIC-CNPq pela bolsa de iniciação científica concedida.

Referências Bibliográficas

Andrews, W. A. (1976). **A guide to urban studies.** Ontário: Prentice-Hall.

Almeida Filho, N.& Santana, V. S.(1986). Espa**ço social urbano e doença mental: um estudo de área ecológica.** Caderno de Saúde Pública, 2(3), 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.** Anais da Conferencia Geográfica Regional.

Bielecka, E. (2005). **A dasymetric population density map of Poland. Anais do XXII Internacional Cartographic Conference.**

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, 2 (28), 161-173.
Crósta, A. P. (1999). Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto. Campinas: IGE-Unicamp.

Guimarães, J. C. C. (2008). **Dinâmica do componente arbustivo-arbóreo de uma floresta de galeria aluvial no planalto de Poços de Caldas, MG, Brasil.** Revista Brasil. Bot., 31(4), 621-632.

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

Kampel, S. A. (2003). **Geoinformação para estudos demográficos: representação espacial de dados de população na Amazônia Brasileira.** Tese de doutorado em Engenharia de Transportes, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Luchiari, A.; Kawakubo, F. S. & Morato, R. G. (2011). **Técnicas de Sensoriamento Remoto. In: L. A. B. Venturi (Ed.), 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, 16(1), 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, 29 (7), 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, 4 (4), 343-360.

Martinelli, M. (2010). **Um breve apanhado sobre a breve história da Cartografia Temática.** Anais do III Simpósio Iberoamericano de História da Cartografia.

Moraes, F. T. (2007). **Zoneamento geoambiental do planalto de Poços de Caldas, MG/SP a partir de análise fisiográfica e pedoestratigráfica.** Dissertação de Mestrado, UNESP.

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.** (Org.), 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).** Anais do II Simpósio Internacional Caminhos Atuais da Cartografia na Geografia.

Moreira, P. R.(2004). **Manejo do solo e recomposição da vegetação com vistas a recuperação de áreas degradadas pela extração da bauxita, Poços de Caldas, MG.** Tese de Doutorado, UNESP.

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 citadinos e partilha da cidade.** Revista de Sociologia e Política, 16, 107-122.

Zha, Y.; Gao, J. Ni, J. (2003). **Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery.** International Journal of Remote Sensing, 24, 583–594.