

Densidade demográfica: um estudo comparativo de duas metodologias a partir de imagens orbital e suborbital na cidade de Aparecida de Goiânia/Goiás

Demographic density: a comparative study of two methodologies from orbital and suborbital images in the Aparecida de Goiânia City / Goiás State

Densidad de población: un estudio comparativo de dos metodologías de imágenes orbitales y suborbitales en la ciudad de Aparecida de Goiânia / Goiás

Alex Mota dos Santos
Universidade Federal de Goiás
alex.geotecnologias@gmail.com

Danielly Cristina de Souza Costa Holmes
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul
daniellycristina9@gmail.com

Helci Ferreira Ramos
Ministério Público Estadual de Goiás
helcifg@gmail.com

Resumo

O mapeamento de densidade demográfica é recorrente, serve ao planejamento e implantação de obras civis, auxilia na estimação da demanda em transporte, na identificação de áreas para implantação de estabelecimentos de educação e saúde. Contudo, a densidade é normalmente calculada pelo Método Coroplético, que dá a impressão de que a população está distribuída homoganeamente em cada unidade de área, no caso os setores censitários, mesmo quando partes da região são, na realidade, desabitada. Desse modo, o objetivo desse trabalho foi aplicar o método dasimétrico, a partir de dois produtos diferentes de sensoriamento remoto, manipulados num SIG. Os resultados revelaram que a densidade está diretamente relacionada ao tipo de imagem utilizada. O mapeamento a partir de fotografias aéreas revelou áreas urbanas com maior detalhe, e, portanto densidades demográficas mais realísticas. Além disso, identificaram-se densidades não homogêneas no espaço urbano do município de

Aparecida de Goiânia, em que apenas 14,81% da área dos setores urbanos possuem de fato área urbana e 20,47% das áreas dos bairros estão de fato ocupadas.

Palavras-chave: Geoprocessing, spatial statistics, population density.

Abstract

Demographic density mapping is recurrent, serve to the planning and implementation of civil works, assists in estimating transport demands, in the identification of areas to education and health premise establishments. However, density is normally calculated by Coroplethic Method, wich give the impression of that population are homogeneously distributed in each unit of area, in that case the census tratus, even when parts of region are, in fact, inhabited. Thus, the objective of this work was to apply the dasimetric method, from two different remote sensing products manipulated in a GIS. Results showed that the density is directly related to the type of image used. Mapping from aerial photographs revealed more detailed urban areas, and, therefore more realistic demographic densities. Besides that, non-homogeneous densities were identified in the urban space of the city of Aparecida de Goiânia, in which only 14.81% of the area of the urban sectors actually have an urban area and 20.47% of the areas of the neighborhoods are actually occupied.

Keywords: Geoprocessing, spatial statistics, population density.

Resumen

El mapeo de la densidad de la población es recurrente, sirve a la planificación y ejecución de obras civiles, asiste en la estimación de la demanda de transporte, y la identificación de áreas para la implementación de servicios de educación y salud. Sin embargo, la densidad se calcula generalmente por el método Coroplético, lo que da la impresión de que la población se distribuye de manera uniforme en cada unidad de superficie en el caso de los sectores censitarios, incluso cuando partes de la región son en realidad deshabitados. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue aplicar el método dasimétrico a partir de dos productos diferentes de teledetección, que se manejan en un SIG. Los resultados mostraron que la densidad está directamente relacionada con el tipo de imagen que se utiliza. El mapeo de las fotografías aéreas reveló áreas urbanas con más detalle, y por lo tanto, la densidad de población más realistas. Además, identificaron la densidad no homogénea en el espacio urbano de la ciudad de Aparecida de Goiânia, donde sólo el 14,81% de la superficie de los sectores urbanos tienen área urbana y el 20,47% de las áreas de los barrios están ocupados.

Palabras-clave: Geoprocесamiento, estadística espacial, densidad demográfica.

Introdução

O mapeamento de densidade demográfica nas cidades é recorrente, serve ao planejamento, ordenamento e reordenamento territorial, pesquisas sobre a relação entre superfícies impermeáveis e número de habitantes (AZAR, et al., 2010), pode servir para previsão de desastres, estimação das pressões sobre o meio ambiente e avaliação à exposição e risco à saúde (AZAR et al., 2013), é básico ao planejamento de transportes, fornece dados do quantitativo de passageiros (SU et al., 2016), pois os adensamentos populacionais geram diferentes padrões de viagens, pode ainda ser aplicado aos estudos

de danos causados por desastres naturais, tais como terremotos (XU et al., 2016), dentre outros.

Além disso, os governos federal, estadual e municipal utilizam dos dados de densidade para ações estratégicas na área de trânsito, saúde, educação, saneamento e segurança pública. A exemplo, a implantação de um corredor de transporte público, dimensionamento de rede esgoto, de uma escola ou de um hospital ocorre mediante aproveitamento dessas obras pelo maior número possível de habitantes, ou seja, áreas densamente povoadas. Nesse sentido, Duren e Compeán (2015) avaliou a correlação entre os gastos em serviços públicos na América Latina e a densidade demográfica. No entanto, para serem úteis, os dados básicos devem ser oportuna, detalhados onde a população está espacialmente habilitada (NOJI, 2005).

Por definição a densidade demográfica é o número médio de habitantes por quilômetros quadrados (hab./km²), ou seja, o número de pessoas em relação a uma unidade de área, geralmente os setores censitários. As áreas densamente povoadas resultam em impactos sociais, ambientais e econômicos, especialmente com maiores riscos de degradação ambiental, criminalidade e sobrecarga da infraestrutura viária.

A contagem denominada censo demográfico que oferece dados para análises de densidade, segundo IBGE (2010), é a mais complexa operação estatística realizada por um país e constitui a única fonte de referência para o conhecimento das condições de vida da população em todos os municípios. A unidade de área utilizada pelo órgão de recenseamento oficial do Brasil, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), é o setor censitário. Além disso, os setores censitários são considerados como menor unidade territorial, formada por área contínua, integralmente contida em área urbana ou rural (IBGE, 2010).

A representação dos dados de densidade demográfica em mapas temáticos comumente é estruturada a partir do Método Coroplético. Segundo Bielecka (2005) mapas coropléticos por unidades administrativas dão a impressão de que a população está distribuída homogênea ao longo de cada unidade de área, mesmo quando partes da região são, na realidade, desabitada. Morato et al. (2010) corrobora afirmando que no Método Coroplético é assumido que o valor dentro de cada polígono, o setor censitário, é constante, mesmo que o comportamento real das variáveis não obedeça a divisões administrativas.

Contudo, no mundo real a população, no caso da contagem realizada pelo IBGE, não ocorre em todo o polígono que serve de base para contagem, pois aí se identifica espaços verdes, corpos de água, arruamentos e demais alvos que não são habitáveis. Para superar as limitações do Método Coroplético, Harness utilizou o mapa dasimétrico e tratou de considerar valores estimados das partes que poderiam ser divididas a área de observação, isto é, em duas partes, refazendo o cálculo em reiteradas vezes a partir do valor dado para a unidade de observação tomada como inteira (MARTINELLI, 2010). Contudo, segundo Eicher e Brewer (2001), embora o mapeamento pelo Método

Dasimétrico já exista há mais de um século, os métodos para produzir estes mapas não foram minuciosamente examinados e o Método Coroplético ainda é o mais aplicado.

O Método Dasimétrico é uma importante variante do Método Coroplético e foi colocada por Harness numa publicação no ano de 1837. De modo, que num “mapa da população da Irlanda do Norte mostrou o que teria sido o primeiro exemplo de mapa dasimétrico. O autor propôs o novo procedimento por não estar satisfeito com os cortes estatísticos para se obter as classes de valores relativos, preenchendo com determinada cor por igual toda a extensão de dada unidade de observação” (MARTINELLI, 2010, p. 9).

Com efeito, a proposição do Método Dasimétrico, segundo Mennis (2009), envolve a desagregação dos dados populacionais codificados em forma de mapa coroplético usando um conjunto de dados geográficos complementares, mais comumente ou um mapa da área de classe ou imagem de satélite. Ainda segundo o autor o desafio do mapeamento pelo Método Dasimétrico inclui manipulação de dados espaço-temporais e o desenvolvimento de métodos padronizados e acessíveis. Assim, obtêm-se informações complementares, de forma a revelar a ocorrência dos fenômenos, ou seja, onde a população realmente é encontrada dentro do polígono censitário.

As informações complementares para estruturação de mapas dasimétricos podem ser obtidas de diversas formas, e duas abordagens são possíveis. Uma delas se refere a comparação entre técnicas de identificação de onde realmente a população reside dentro do polígono censitário, envolve métodos de detecção da área urbana e a outra abordagem refere-se a comparação dos produtos utilizados para elaboração dos mapas dasimétricos, caso dessa análise.

Da primeira abordagem destacam-se as contribuições de Martin et al. (2000) e Zandbergen e Ignizio (2010), mas da segunda abordagem identificou-se lacunas de abordagens. Nesse sentido, segundo Pavia e Cantarino (2016), a cada dois dias, um novo algoritmo é proposto, alegando que supera procedimentos concorrentes. Para os autores, métodos mais sofisticados valem a pena o esforço. Contudo, análises em pequenas unidades relativamente homogêneas, métodos de ponderação areal simples poderia ser suficiente e que as variáveis auxiliares produziria melhorias marginais.

Da primeira abordagem Yuan et al. (1998) aplicou a regressão multivariada para examinar a correlação entre a contagem populacional a partir de tipos de recenseamento e cobertura do solo a partir de um mapeamento através da imagem *Land Remote Sensing Satellite* (LANDSAT). Bielecka (2005) utilizou a ponderação areal e o método binário. O primeiro redistribui a população com base na combinação de ponderação areal e assume densidades relativas de terra de acordo com as categorias de uso da terra. O segundo método calcula a densidade populacional dividindo-se o número de habitantes no município por a área da parte habitada.

Os dados de entrada da pesquisa de Bielecka (2005) foram os dados do *Coordination of Information on the Environment (CORINE)*, que são dados resultantes de mapeamentos por imagens de satélite. Zandbergen e Ignizio (2010) realizaram o

mapeamento das áreas impermeáveis, redes de estradas e as luzes noturnas. Os resultados de suas pesquisas sugerem que o desempenho dos métodos dasimétricos varia substancialmente entre as áreas de estudo, e nenhuma técnica única consistentemente supera todos os outros.

No Brasil, Gavlak (2010) aplicou o método multivariado para geração de superfícies de distribuição populacional na Amazônia. O autor resgatou na sua metodologia que não há população associada às áreas com determinada quantidade de corpos d'água e de floresta, observação de variáveis que indicam a presença ou ausência de população no espaço e que podem ser usadas para sugerir a ocorrência e distribuição da população e relação entre estas variáveis indicadoras para gerar uma superfície potencial de ocorrência de população que permite a redistribuição dos valores censitários. Morato et al. (2010) utilizou razão das bandas 4 (infravermelho próximo) e 5 (infravermelho médio) do *Land Remote Sensing Satellite*, através de um Índice Normalizado de Diferença de Construção, do inglês, *Normalized Difference Built-up Index* (NDBI:), desenvolvido por Zha et al. (2003), para mapear as áreas realmente ocupadas por população no município de Alfenas, Minas Gerais. Ramos et al. (2015) utilizou-se dados do *Google Earth*[®] para cálculo da densidade demográfica da cidade de Acreúna, Goiás.

Das pesquisas mencionadas foi recorrente o uso de imagens de satélite, contudo, como adiantado, não se identificou comparações entre os produtos de sensoriamento remoto. De modo que ao se observar esse conjunto de possibilidades o objetivo dessa análise foi comparar dois produtos de sensoriamento remoto, imagem orbital e suborbital, manipulados a partir dos métodos Dasimétrico e Coropléticos, para cálculo de densidade demográfica para a cidade de Aparecida de Goiânia, Estado de Goiás.

O município de Aparecida de Goiânia – da periferia à centralidade

A análise para a cidade de Aparecida de Goiânia ocorreu mediante observação de que a mesma possui a segunda maior população do Estado de Goiás, e segundo Pinto (2009) e observações empíricas, a cidade passou por profundas transformações na sua estrutura intraurbana, a partir da formação de novas centralidades.

Além disso, empiricamente observaram-se transformações significativas na estrutura da cidade, especialmente com a implantação do Polo Industrial do Estado de Goiás (Figura 01) e instituições de ensino superior, das quais, o campus da Universidade Federal de Goiás (UFG), da Universidade Estadual de Goiás (UEG), a Escola do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) Dr. Celso Charuri, Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial (SENAC) e o Instituto Federal de Goiás (IFG).



Figura 01. Vista aérea do Polo Industrial de Goiás na cidade de Aparecida de Goiânia.

Fonte: Prefeitura de Aparecida de Goiânia disponível em <<http://www.aparecida.go.gov.br/noticias.php?id=1348>>.

O município foi criado a partir da Lei Estadual nº. 4.927, de 14 de novembro de 1963, que já existia como vilarejo desde 1922. Segundo estimativas do IBGE o município contava, no ano de 2015, com 521.910 habitantes (7,9% da população do Estado de Goiás), apresentou taxa de crescimento de aproximadamente 14,54% em relação à contagem do censo de 2010, quase o dobro da taxa de crescimento do país.

O município ocupa 288,209 km² e se localiza na Região Metropolitana de Goiânia (RMG), no limite sul da capital (Figura 02), no centro do Estado de Goiás. A área dos bairros somam 162,1 km², ou seja, 56,2% da área do município encontravam-se loteada. Assim, a área sudeste e sudoeste encontravam-se ruralizadas, enquanto a porção norte encontrava toda urbanizada, especialmente no limite com o município de Goiânia. Além disso, identificou-se que áreas centrais encontravam ausentes de uso urbano, num processo de reserva de mercado típico do fenômeno de especulação imobiliária.

Nesse sentido, segundo Pinto (2009) a centralidade da capital goiana produziu a marginalidade da cidade de Aparecida, bolsões de pobreza e violência, que acentuou o esteriótipo de cidade dormitório, a partir da década de 1970. Em síntese, Pinto (2009, p. 49) observou que:

foi uma cidade que sofreu expansão urbana seguida pela da capital estadual; cidade espalhada e dispersa, e marcada pela baixa quantidade de infra-estrutura urbana; apresenta alta densidade de mobilidade pendular com Goiânia, é dotada de acirrado processo de conturbação e integração com Goiânia, apresenta densidade

populacional e acelerado processo de comercialização e industrialização e desenvolve centralidades voltadas à dinâmica interna, e outras que estão ligadas à região conurbada com Goiânia.

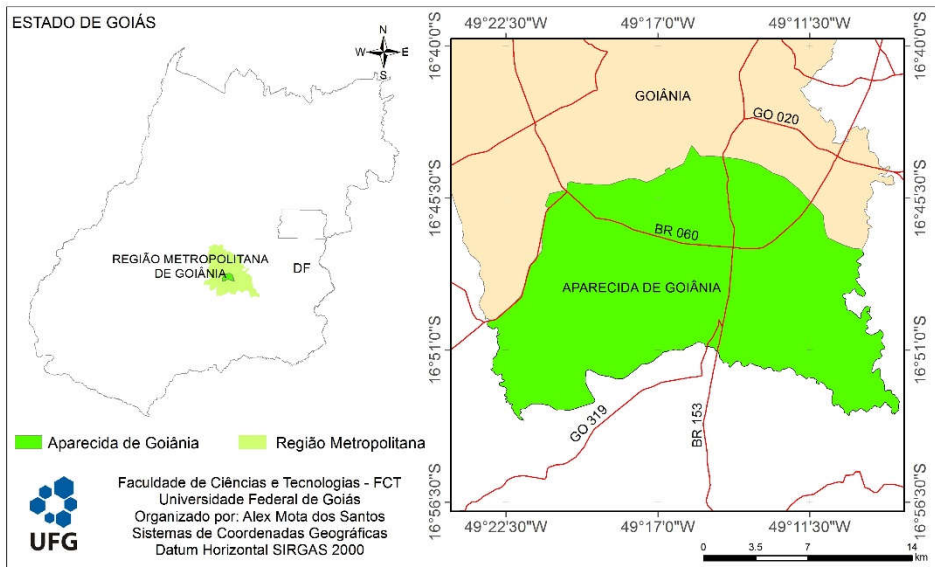


Figura 02. Localização do município de Aparecida de Goiânia.

Contudo, o autor supramencionado refere-se que a cidade cresceu, novas centralidades e polos econômicos instalados. Nesse sentido, esse crescimento de novas centralidades pode ser constatado, a partir dos dados da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS), em que o número de estabelecimentos industriais de Aparecida de Goiânia cresceu 79,21% em 2008 diante de 2013 e o número de empregados, 43,57% (GOIÁS, 2015). Assim também o crescimento do município pode ser constatado com a evolução da arrecadação do Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) do município, com salto de 296% em 2014 em relação a 2009 e de 175,08% do ICMS industrial.

Apesar do crescimento não se observa desenvolvimento suficiente e que atinge toda a população, pois o planejamento da cidade está nas mãos das imobiliárias, que tem compromisso com o capital especulativo. De modo que, segundo dados de Rodrigues et al. (2005), publicados pelo Sistema Estadual de Geoinformação (SIEG) (Goiás, 2016), 79,39% dos bairros possuíam parte de suas áreas sem rede de esgoto e 63,15% estavam servidos com abastecimento de água. A espacialização desses dados está apresentada na Figura 03.

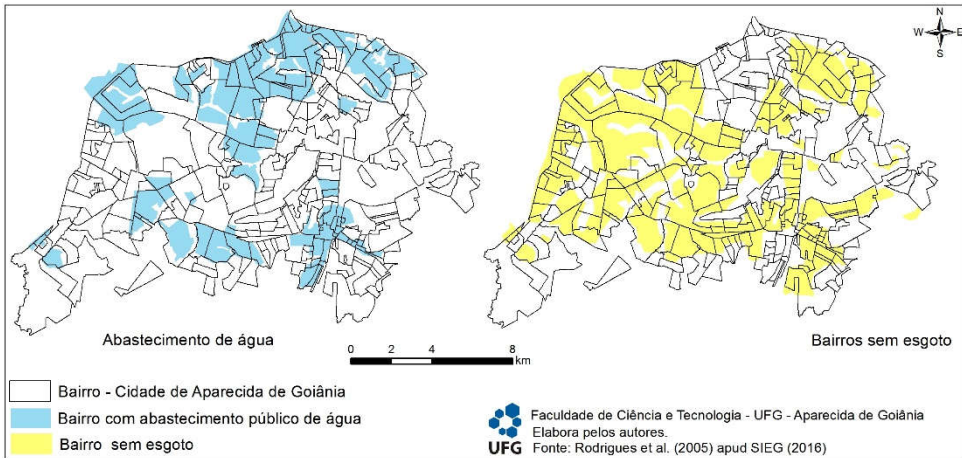


Figura 03. Espacialização de dados de abastecimento de água e bairros sem esgoto em Aparecida de Goiânia.

Desse modo, com base na figura 03 observa-se que o abastecimento de água não é homogêneo e os bairros sem esgoto cobre grandes áreas. Nesse sentido, segundo Nunes (2016, no prelo, p. 1), “a proporção de domicílios com precária instalação sanitária e de chefes de família na linha da pobreza são os dois índices que mais contribuem para a exclusão social no município”. Segundo dados do censo de 2010 foi verificado que 72,8% das residências da cidade de Aparecida de Goiânia possuem saneamento semi-adequado, sendo que apenas 26,8% contam com sistema de saneamento totalmente adequado.

A atividade agropecuária é modesta, o município possui um dos menores rebanhos bovinos do Estado de Goiás, cerca de 8.400 animais, redução de 42,1% (de 2004 a 2014). Na agricultura somou-se, aproximadamente 20 hectares, de cultivos de arroz e cana-de-açúcar, principais produtos da lavoura temporária (IBGE, 2015). Como lavoura permanente destaca-se o cultivo de banana.

No período recente o crescimento da área urbana do município ocorre para sua porção sudeste, onde se destaca um conjunto de obras realizadas por um grupo de imobiliárias, fato que mantém a lógica do crescimento da cidade nas mãos dos empresários em parceria com Estado. Nesse sentido, destaca-se a estruturação de infra-estrutura que contempla um Complexo Logístico Industrial e Alfandegário (Clia), com área aproximada de 1,9 milhão de metros quadrados, com condomínios residenciais, industriais e empresariais, aeroporto comercial, inclui ainda o novo campus da Universidade Federal de Goiás e a construção da alça da rodovia BR-153, que terá seu traçado original para atender a demanda local dos empresários (Figura 04).

O projeto foi apresentado a prefeitura, como ocorre normalmente e como referido, pois é uma imposição de grupos imobiliários, a prefeitura é no máximo a parceira que adere ao projeto e aos desígnios do capital especulativo. Nesse sentido, na fala do

prefeito da cidade, “estamos no Centro-Oeste do Brasil e temos todas as condições para a implantação do Complexo Logístico em Aparecida, que é uma ideia inovadora e vai melhorar ainda mais o desenvolvimento da cidade”.



Figura 04. Infra-estrutura na porção sul do município de Aparecida de Goiânia: a linha vermelha é a alça da rodovia BR 153, 1 – campus da UFG, 2 – ANTARES – aeroporto executivo e de manutenção de Aparecida de Goiânia, 3 – Estrada da Mata, 4 – alça da BR-153, 5 – Polo Empresarial privado *All Park*, 6 – futuros lançamentos de residenciais, 7 – Futuro acesso à alça da BR – 153 pela Avenida José de Alencar, 8 – Pólo Logístico José de Alencar, 9 – Acesso pela NS-01, 10 – DIMAG e DAIAG, 11 – BR – 153. Fonte: mapeamento apresentado pelas Imobiliárias em reuniões com a UFG no campus da cidade de Aparecida de Goiânia.

Fonte: mapeamento apresentado pelas Imobiliárias em reuniões com a UFG no campus da cidade de Aparecida de Goiânia.

Entretanto, percebe-se que o desenvolvimento é no máximo um crescimento, pois os bairros residenciais ocupados por pessoas na linha da pobreza, como referiu Nunes (2016, no prelo), pouco se transforma, já que o conjunto de bem feitorias se condensa em torno das obras do Complexo Logístico Industrial e Alfandegário. Acredita-se ainda que devido à baixa escolarização, no máximo a comunidade envolvente servirá de mão-de-obra barata para o empreendimento. Os postos de trabalho mais qualificado serão ocupados por funcionários de outras áreas e de outros municípios, especialmente Goiânia.

Assim, vislumbra em curto prazo uma segregação socioterritorial também nessa porção da cidade.

Materiais e Métodos

A metodologia para comparação da densidade demográfica envolveu a manipulação de duas imagens de sensoriamento remoto: A primeira correspondeu a um produto suborbital (fotografia aérea), ano de 2011, de resolução centimétrica, cedida pela prefeitura municipal de Aparecida de Goiânia, a mais próxima ao Censo de 2010. A segunda correspondeu à imagem orbital do satélite LANDSAT, sensor *Tematic Mapper* (TM-5), de resolução espacial de 30 metros, obtidas do *site* do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), também do ano de 2011.

Para análise das imagens orbitais e suborbitais empregou-se o Sistema de Processamento de Informações Geográficas (SPRING), versão 5.3 (CÂMARA et al., 2010), que é um SIG no estado-da-arte com funções de processamento de imagens, análise espacial, modelagem numérica de terreno e consulta a bancos de dados espaciais. A análise espacial para cálculo da densidade demográfica foi realizada no ArcMAP®, que é disponibilizado, na versão gratuita para estudante, pela *Environmental Systems Research Institute* (ESRI).

Os dados foram organizados num Banco de Dados, projetado no Sistema Universal Transverso de Mercator (UTM) e modelo da terra o Sistema de Referência Geocêntrico para as

Américas (SIRGAS), zona 22. Para metodologia de análise da densidade demográfica empregou-se o Método Coroplético e Método Dasimétrico, como referido, por processamento digital de imagens, descrito em detalhe a seguir. O cálculo pelo Método Coroplético ocorreu para efeitos de comparação, um dos objetivos da pesquisa.

Procedimentos Metodológicos

De forma geral os dois produtos de sensoriamento remoto foram utilizados para mapeamento dos locais onde realmente a população vivia. Da fotografia aérea, assim como das imagens LANDSAT, mapearam-se alvos caracterizados como bairros residenciais, excluindo áreas verdes, parques industriais, praças, grandes avenidas e lotes baldios.

Após aquisição das imagens empregou-se a classificação supervisionada pelo Método Bhattacharya, a partir da segmentação de imagens. De forma geral, a classificação configura processo de extração de informação em imagens (objetos) para reconhecer padrões e objetos homogêneos. O resultado da classificação digital é apresentado por meio de classes espectrais (áreas que possuem características espectrais semelhantes), uma vez que um alvo dificilmente é caracterizado por uma única assinatura espectral. Nesse caso as áreas de interesse foram às áreas urbanas e urbanizadas, as demais classes descartadas nessa análise.

A análise do desempenho da classificação foi realizada a partir do Índice Kappa (Coeficiente de correlação entre classes) para a imagem LANDSAT. Nesse sentido, observou valores de desempenho superiores a 70%, segundo índice Kappa, que foi considerada “Boa”. A classificação da fotografia aérea teve validação visual a partir da contraposição dos vetores classificados sobre a imagem original.

A partir da classificação destacaram-se para análise as áreas classificadas como urbanas. Após esta etapa realizou-se os mapeamentos de densidade, que de forma geral, a metodologia envolve: a) seleção dos vetores correspondentes aos setores censitários urbanos, disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), do município de Aparecida de Goiânia; b) inserção do número de habitantes nos vetores dos setores censitários; c) cálculo de área dos setores censitários e d) cálculo da densidade. Para o Método Dasimétrico, o passo c, cálculo de área, foi realizado não por base no setor censitário, mas pelo resultado área urbana obtida via Processamento Digital da Imagem (PDI) orbital e suborbital (Figura 05), após a função *Intersect* do SIG ArcMAP.

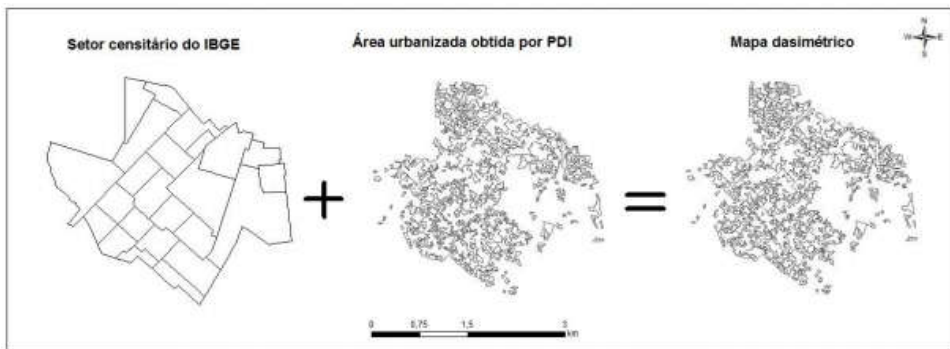


Figura 05. Esquema de obtenção da área efetivamente urbanizada dos setores censitários. Nesse caso, para o Método Dasimétrico, a área foi obtida a partir do PDI. Org.: Ramos et al. (2015).

Além do exposto, e tendo em vista que é mais recorrente o cálculo de densidade demográfica pelo método dasimétrico, a partir de dados de satélite de moderada resolução espacial (BIELECK, 2005; GAVLAK, 2010; MORATO e KAWAKUBO, 2010; LOPES e SANTOS, 2013), realizou-se a análise da correlação dos dados obtidos pela densidade via dasimetria por imagem LANDSAT e a densidade demográfica pelo Método Coroplético.

Assim, a análise de correlação é aplicada a partir de diversos métodos, para tanto é importante realizar o teste de normalidade dos dados. O teste Kolmogorov-Smirnov verifica a normalidade seguindo as hipóteses: H0 - dos dados seguirem uma distribuição normal e H1 dos dados não seguirem uma distribuição normal. Ele considera a diferença entre a função de distribuição acumulada empírica e da distribuição acumulada teórica.

A estatística do teste é definida por:

$$B = \max\{B^+, B^-\},$$

em que $B^+ = \max_{i=1, \dots, n} \{i/n - p_{(i)}\}$, $B^- = \max_{i=1, \dots, n} \{p_{(i)} - i-1/n\}$, e $p_{(i)} \Phi\left(\frac{[x_{(i)} - \bar{x}]}{s}\right)$. Neste caso, Φ é a função de distribuição acumulada normal padrão e \bar{x} e s são a média e desvio padrão amostrais.

No caso do p-valor é calculado por Dallal e Wilkinson (1986), a qual indica um p-valor como aceitável quando o mesmo for menor que 0.1. Segundo Stephens (1986), o p-valor pode ser obtido através de simulações e aproximações.

A definição do método mais adequado de análise de correlação se dá a partir do resultado do teste de normalidade, que foi descrito nos resultados. Todos os procedimentos estatísticos foram realizados no *software R* versão 3.0.2, que facilita a manipulação dos dados e visualização das figuras. O mesmo é um *software* estatístico utilizado em diversas áreas (epidemiologia, engenharia, entre outras).

Resultados e Discussões

Os resultados foram agrupados em aspectos gerais, análise da densidade pelo método tradicionalmente aplicado, Coroplético e aspectos específicos de densidade, resultado da análise comparativa do Método Dasimétrico por imagens, orbital e suborbital.

Assim, dos aspectos gerais, a partir da Figura 06, foi possível observar o resultado do cálculo de densidade demográfica elaborado pelo método Coroplético. Como referido, essa espacialização foi realizada para efeito de comparação entre os métodos Coroplético e Dasimétrico. De forma geral, a partir desse método foi possível constatar que a população ocorria em todo o polígono do setor censitário, ou seja, não se reconhece onde realmente a população reside dentro do setor censitário (Figura 06).

Apesar disso foi possível constatar que, a densidade não era homogênea numa única área, ou seja, a cidade de Aparecida apresentava *clusters* de densidade de forma “dispersa” por sua área urbana, reforçando a afirmação de cidade espalhada de Pinto (2009), mesmo após 8 anos de sua análise. Destaque, nesse sentido, é dado para maiores densidades no extremo norte da área urbana e valores intermediários em dois agrupamentos na porção sul. Os valores de densidade mais elevados na porção norte estão localizados no limite com a cidade de Goiânia. Esse dado permitiu concluir que os bairros com maiores densidades estão “ligados” aos bairros ao sul da cidade de Goiânia.

Esta área apresenta comércio forte junto a Avenida Rio Verde, que é divisa dos dois municípios. Segundo Nunes (2016, no prelo), os bairros das regiões do Garavelo, Santa Luzia e Vila Brasília são originárias da conurbação com a capital, são habitadas em geral pela população de maior poder aquisitivo. Em geral, ainda segundo a autora, são regiões que possuem forte dinamismo nos setores de comércio e serviço. Além disso, por comparação com dados de abastecimento de água do Sistema Estadual de Geoinformação (SIEG) (Figura 03), verificou-se que esse serviço está presente nessas áreas mais densas.

Na porção norte identificou-se ainda verticalização, que não foi comum em outros bairros da cidade de Aparecida de Goiânia. Esse processo de ocupação também foi identificado na porção nordeste. Em campo observou-se que nessa área localizam-se *shoppings*, universidades, centros de referência de saúde da cidade de Goiânia (linha vermelha).

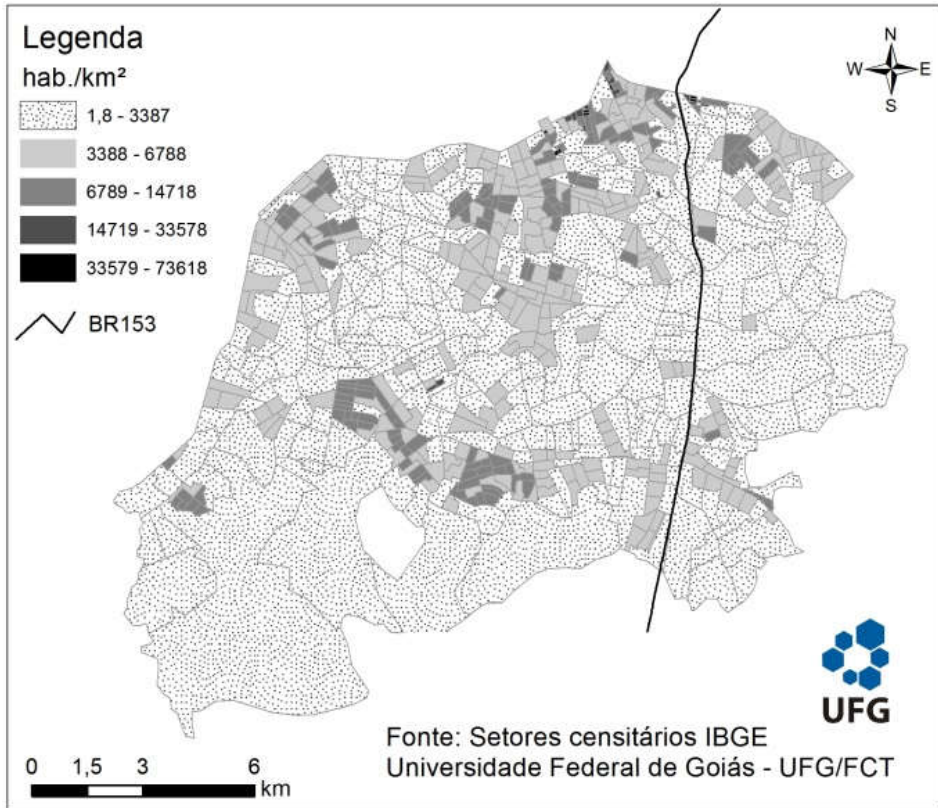


Figura 06. Densidade demográfica da área urbana do município de Aparecida, Método Coroplético.

Outro agrupamento foi identificado na porção centro-sul do município de Aparecida de Goiânia, onde se localiza o bairro central da cidade. Nessa área concentram-se as sedes dos órgãos públicos e comércio tradicional. Segundo Nunes (2016, no prelo), essa região apresenta relativo desenvolvimento, em relação a outras áreas, e isso ocorreu pelo fato de aí se localizar o setor de prestação de serviços públicos e por algumas atividades comerciais. Associa-se a essa área a Avenida Independência, onde se identifica a construção de um grande empreendimento comercial da cidade, hipermercados e agências bancárias. Obviamente essas áreas tornam-se pólos geradores de serviços e atraem habitantes para seu entorno.

O agrupamento identificado na porção noroeste está associado as atividades comerciais ao longo das avenidas Igualdade e Tropical, bairros Garavelo, Garavelo Residencial Park, Tropical e Buriti Sereno, que atraiu para sua área um hospital público, já na década de 1990, mas que foi fechado no período mais recente. Além disso, foi instalada na região, bairro Jardim Boa Esperança, o 1º e 2º juizado especial cível de Aparecida de Goiânia, extensão da Avenida Tropical.

Além do exposto observou-se que os valores de densidade foram elevados, sendo o mínimo de 1.8 e máximo de 73.618 hab./km². Esses valores estão relacionados ao fato de que a densidade é influenciada pela área dos setores censitários, que nesse método foi considerada em 100% para análise.

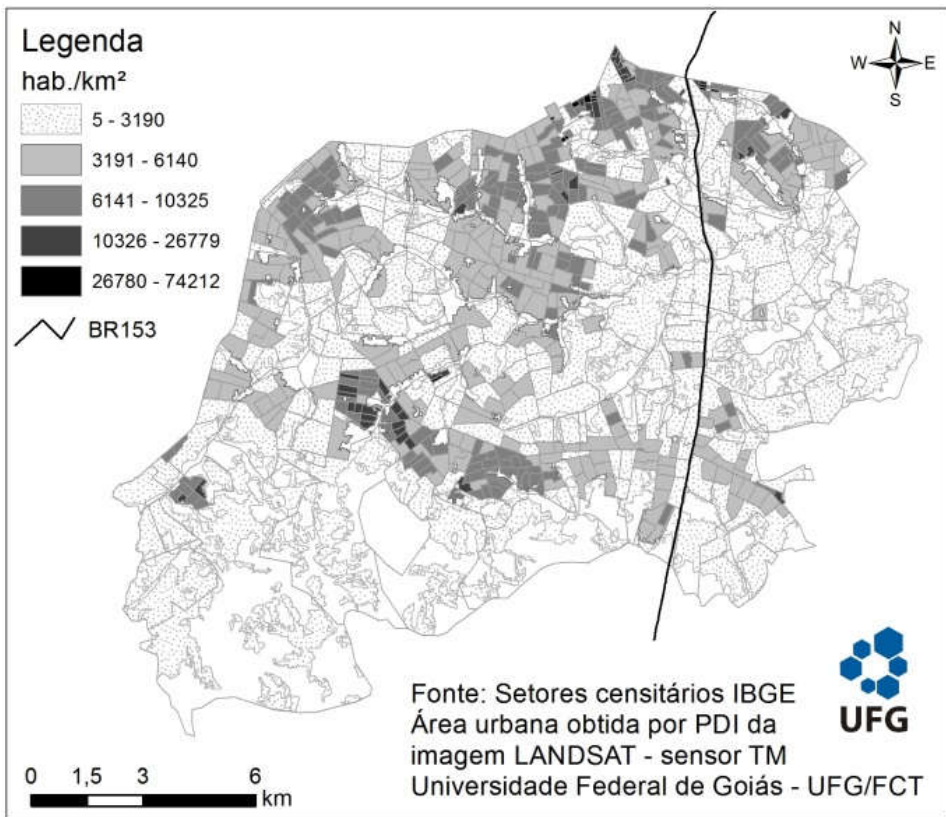


Figura 07. Densidade demográfica da área urbana do município de Aparecida, Método Dasimétrico, refinamento pelo PDI LANDSAT.

Dos resultados específicos de densidade pelo Método Dasimétrico usando imagem de moderada resolução espacial, LANDSAT (Figura 07), observou-se que ao

aplicar dasimetria os valores de densidade demográfica aumentaram em relação ao Método Coroplético. Isso ocorreu por que a área habitada diminuiu. Destaque na Figura 07, por comparação com a Figura 06, é dado para os valores de densidade das porções sudoeste e leste, em que áreas sem habitantes foram excluídas da análise, o que permitiu um resultado mais realístico da densidade. Contudo, nas porções centro-sul, centro, norte, nordeste e noroeste, devido a generalização da área urbana no pixel, poucas áreas foram excluídas da análise.

Como a área urbana diminuiu a densidade aumentou, partindo do valor mínimo de 5 hab./km². Contudo, como a população se manteve constante a disposição espacial das densidades foi semelhante, revelando grandes espaços vazios no município de Aparecida de Goiânia.

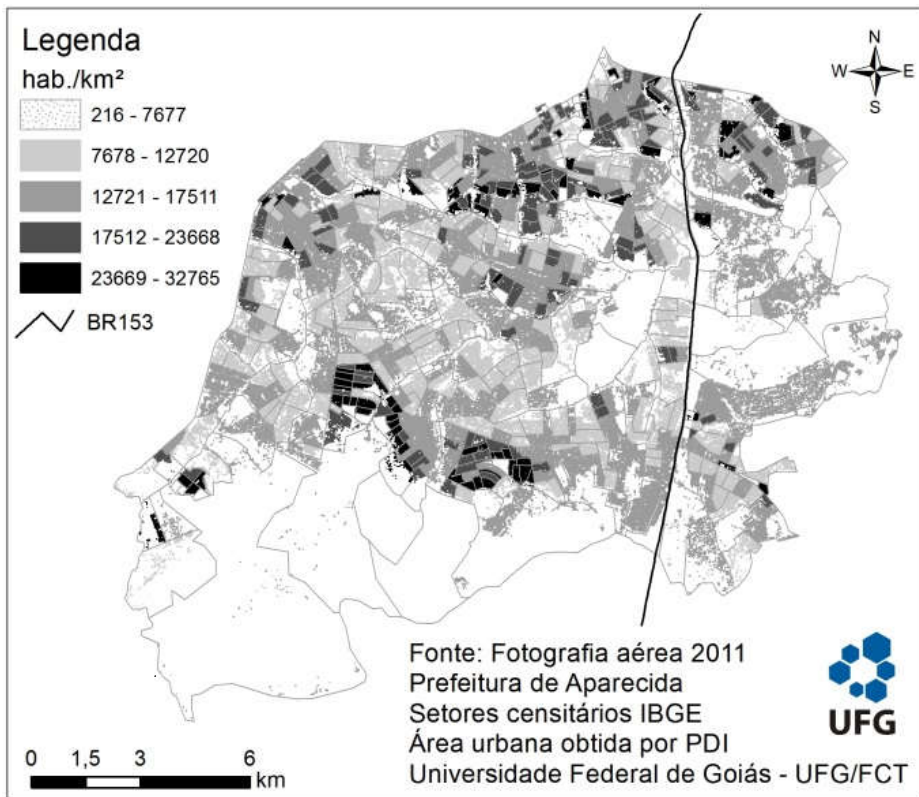


Figura 08. Densidade demográfica da área urbana do município de Aparecida, método Dasimétrico, refinamento pelo processamento da fotografia aérea.

Ao se aplicar o mesmo método, o Dasimétrico, a uma imagem de sensoriamento remoto suborbital (Figura 08) observou-se alterações consideráveis. Assim, a partir desse

método observou-se que a densidade aumentou, justamente por que a área ocupada foi definida com maior detalhe e diminuiu quando da exclusão de áreas não habitadas, que pela imagem orbital foi de mais fácil delineamento. De forma que os valores de densidade apresentaram mínimo de 216 e valor máximo de 32.765 hab./km². Esse valor era esperado, pois os valores de área ocupada pela a população reduziu ainda mais na escala da fotografia aérea, que destacou com detalhe os alvos residenciais, inclusive possibilitando a discriminação de alvos como comércios. Por comparações dos mapas das figuras 06, 07 e 08, observa-se espaços vazios em todas as porções das cidades, mesmo onde a densidade foi elevada, caracterizando de forma fidedigna a cidade espreada.

No extremo centro, lado esquerdo da BR 153, identificou-se o Pólo Industrial de Goiás. Uma extensa área negociada com diversas empresas para sua fixação no município de Aparecida de Goiânia, em que naturalmente a densidade foi nula, não há residentes na área.

Dessa abordagem os vazios urbanos foram acentuados, pois não se mapeou ocupação humana urbana em muitas áreas, a exemplo, toda a porção sul e leste do município de Aparecida de Goiânia. A partir do Método Dasimétrico, pelo processamento da fotografia aérea, a densidade aumentou na porção centro-sul da Figura 08, permaneceu com valores elevados na porção norte do município de Aparecida de Goiânia. De modo, que merece destaque dessa análise os resultados mais realísticos para os polígonos da porção sul do município. Nessa área identificaram-se bairros isolados com densidade demográfica alta.

O isolamento de bairros na área urbana de Aparecida de Goiânia pôde ser constatado em campo. A cidade apresenta grandes vazios urbanos e a densidade ao longo da rodovia, BR 153, foi menor, devido ocorrer nessas áreas os motéis e áreas de indústrias, com predomínio de grandes superfícies comerciais (concessionárias de veículos pesados e indústrias alimentícias).

A partir do método aplicado pelo processamento da imagem LANDSAT e fotografia aérea destacou-se para análise um polígono para compreensão da importância dessa metodologia que variou de acordo como o produto utilizado.

Assim, para o setor censitário de número 520140505000059, extremo sudoeste, foi possível identificar aumento significativo da densidade demográfica com processamento da imagem LANDSAT (Figura 08). Para o cálculo de densidade pelo Método Dasimétrico (PDI da imagem LANDSAT identificou-se área de 0,25 km² e 521 habitantes, o que resultou em densidade de 2.084 habitantes por quilômetros quadrados (2.084 hab./km²).

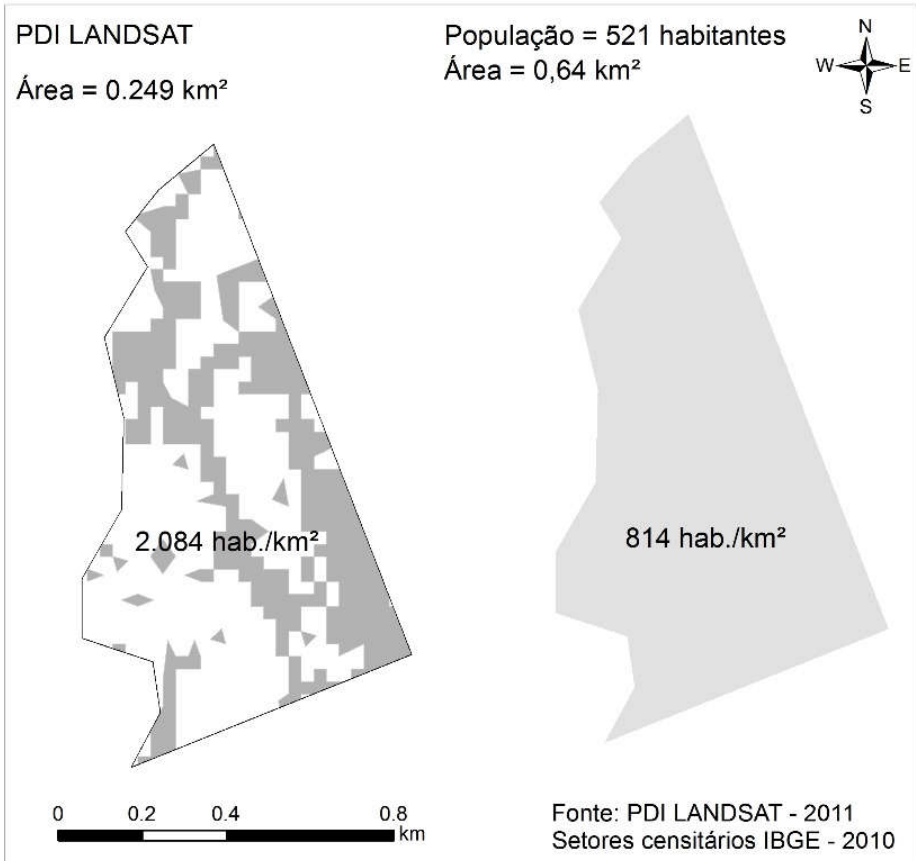


Figura 08. Densidade demográfica da área urbana do município de Aparecida, método Dasimétrico (Imagem LANDSAT) e Coroplético para o setor censitário de número 520140505000059.

Ao se realizar comparação semelhante para a fotografia área observou que, pelo Método Coroplético, identificou-se área de 0,64 km² (área total do polígono) e 521 habitantes, o que resultou em densidade de 814 habitantes por quilômetros quadrados (814 hab./km²) (Figura 09).

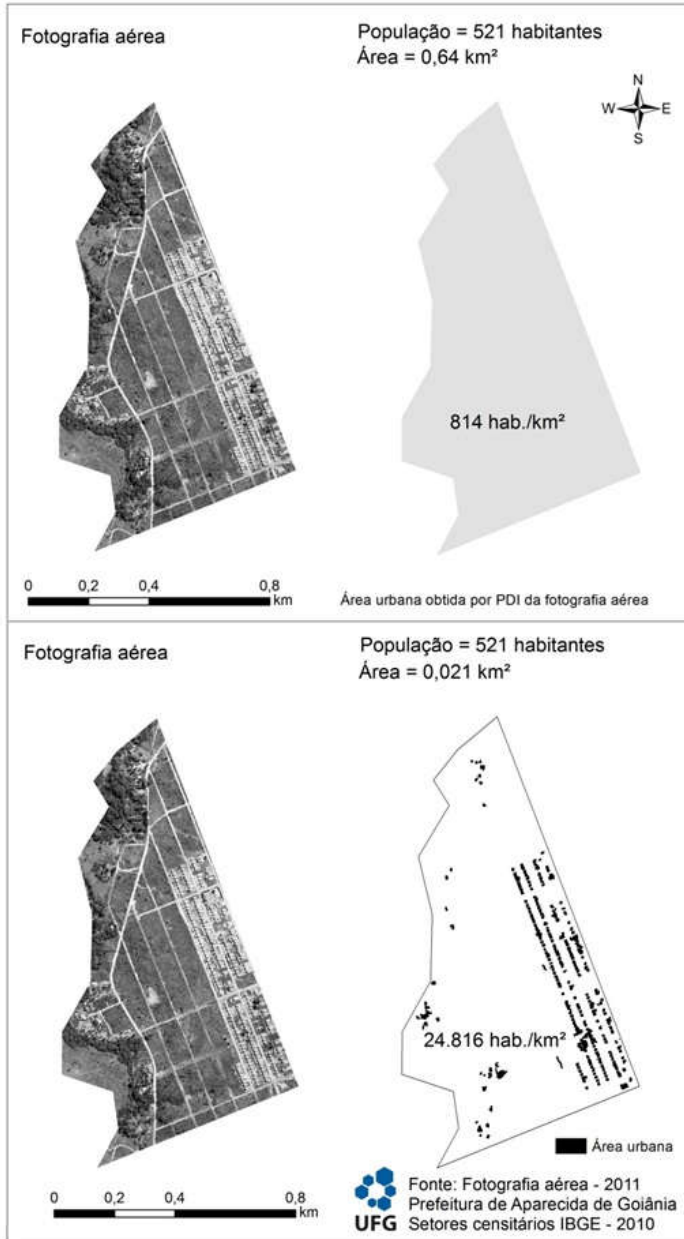


Figura 09. Densidade demográfica da área urbana do município de Aparecida, método Dasimétrico e Coroplético para o setor censitário de número 520140505000059.

Com o refinamento da área onde os habitantes residem, a partir do processamento da fotografia aérea, foi possível constatar que a área foi de apenas 0,021 km², pois foram eliminadas partes vegetadas, malha viária, corpo hídrico, pastagens e área de solo exposto. De modo que a densidade aumentou para 24.816 hab./km² (Figura 8). Com isso constatou-se que é inegável que o refinamento dos dados revelou uma densidade mais realística.

Esses valores alteraram de forma geral para a área urbana do município de Aparecida de Goiânia, tendo em vista que é uma característica da cidade bairros que não se consolidaram no período de análise e conforme experiência de campo observou-se que continuam isolados.

A especulação imobiliária na cidade contribuiu para que grandes áreas de reserva de mercado se mantivessem em áreas centrais da cidade.

Essa dinâmica de ocupação incentivada pelo capital imobiliário traz prejuízos significativos para a cidade de Aparecida, pois dentre outros complicadores, dificulta a expansão da rede de esgotamento sanitária, pavimentação asfáltica, que ainda é insuficiente no ano de 2016 e torna ineficaz o serviço de transporte público, que devido aos grandes deslocamentos, torna-se moroso.

Nesse sentido, segundo dados do Sindicato das Empresas de Transporte Coletivo Urbano de Passageiros de Goiânia, na Região Metropolitana de Goiânia (RMG), a tarifação é única e esse espraiamento da cidade, com *clusters* isolados, contribui de forma significativa para elevar os custos dos serviços de transporte público, que necessita de deslocamentos maiores. Essa transformação dos espaços urbanos nos moldes observados na cidade de Aparecida resultou em 2.376,96 km de vias públicas utilizadas pelo sistema público de transporte da RMG, praticamente a distância entre Goiânia à Porto Velho, em Rondônia (LEITE e VILLAS BOAS, 2015). Na visão do órgão de gestão do sistema de transporte público a tarifação única é usada como *lobby* pelas imobiliárias, que usam o argumento de que, independentemente de onde a pessoa reside, ela terá acesso à Goiânia e bairros mais comerciais de Aparecida pelo mesmo custo que outras pessoas em áreas mais centralizadas.

Por fim, dos setores censitários urbanos de Aparecida de Goiânia, mereceu destaque o fato de os mesmos não são nomenclaturados como ocorrem em cidades menores de Goiás. De tal modo que para associar os polígonos aos bairros da cidade foi necessário cruzar os arquivos vetoriais dos setores com os arquivos vetoriais dos bairros. Assim, identificou-se que o setor censitário de número 520140505000059 está totalmente inserido no Jardim Ipê.

Esse bairro está localizado no km 16 da Rodovia Estadual, GO 040, na saída para o município de Aragoiânia. Segundo a empresa imobiliária que idealizou o bairro, o mesmo possui 9.319 lotes distribuídos numa área de terras de 6.597.466,59 m² (6,59 km²).

A partir dos dados dos três procedimentos metodológicos foi possível elaborar uma estatística descritiva básica, em que observou variação redução dos valores de área conforme o aumento do detalhe da área urbana. Com isso, a área mínima e máxima da

área urbana (Min. Área) e (Máx. Área) (Tabela 01) reduziu, sendo que a menor área pelo Método Coroplético corresponde a menor área o polígono do setor censitário, enquanto que para os demais métodos esse valor representa a menor área mapeada como urbana dentro do polígono do setor censitário.

Por conseguinte, e com a redução das áreas mínimas e máximas observou-se também redução da média das áreas. O desvio-padrão das áreas dos setores diminuiu mais de duas vezes em relação ao cálculo pelo Método Dasimétrico, utilizando a imagem LANDSAT, e houve redução de 36 vezes para o cálculo pelo Método Dasimétrico utilizando a fotografia aérea.

Tabela 01. Estatística básica descritiva dos polígonos obtidos com o processo de refinamento dos dados dos setores censitários.

Método	Min. Área	Máx. Área	X Área	S Área	∑ da área
Coroplético	0,008517	22,81	0,33	1,08	224
Dasimétrico LANDSAT	0,008449	8,26	0,23	0,44	157,10
Dasimétrico (Fotografia)	0,000019	0,27	0,04	0,03	33,18

X área = média dos valores de área; ∑ somatório da área classificada como urbano e S Área é o desvio padrão. Medidas de área em km².

O somatório da área dos polígonos pelo Método Coroplético foi igual a soma de toda a área dos setores classificados como urbanos e a medida que essa área foi sendo caracterizada pela imagens LANDSAT e fotografia aérea, o somatório diminuiu. Com esse dado foi possível concluir que o valor reduzido de somatório de área reflete apenas a área construída de fato. Ou seja, as áreas foram reduzidas, com a melhor definição dos alvos urbanos. Com efeito, a área dos bairros, que como mencionada era de 162,1 km² teve apenas 33,18 km² de fato ocupada por moradias (20,47% de fato ocupados). Esse dado sugere que as demais áreas estão servindo à especulação imobiliária.

Como referido, para verificar a normalidade dos dados de densidade pelo Método Coroplético e densidade pelo Método Dasimétrico, usando imagem LANDSAT, foi aplicado o teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov. De acordo com os resultados o p-valor para ambas as variáveis foi *p-value* < 2.2e-16. Tendo como resultado a distribuição não-normal dos dados.

Para deixar ainda mais claro a evidência da distribuição não-normal dos dados foram gerados os histogramas para ambas as variáveis. De acordo com a figura 10 (a e b) abaixo pode ser observado que as duas variáveis do estudo são assimétricas.

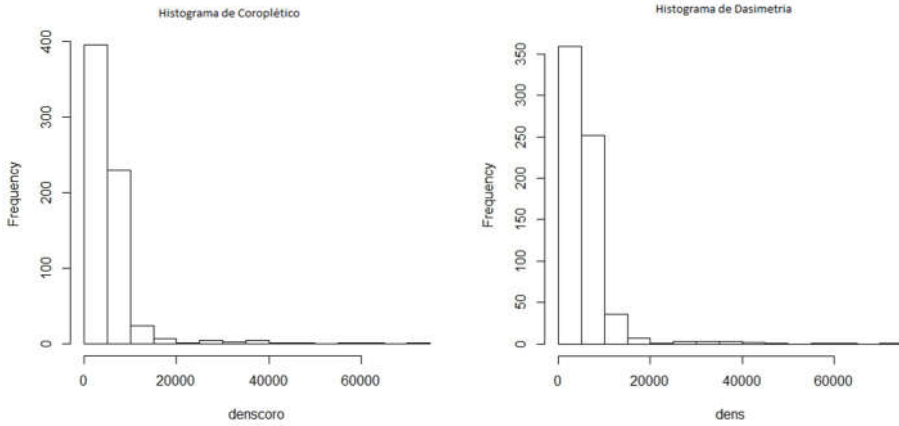


Figura 10. 10a) Histograma da variável densidade coroplético e 10b) Histograma da variável densidade dasimetria.

Após, aplicado o teste de normalidade e verificado que as variáveis não possuem distribuição normal. Com isso, o teste mais adequado para verificar a correlação entre as variáveis para este estudo foi a correlação de Spearman. Nesse sentido, a correlação de Spearman é um método não-paramétrico, que mede a correlação de duas variáveis X e Y (SPIEGEL, STEPHENS, 2009). Este método é aplicado a dados que possuem distribuição não-normal.

O coeficiente de Spearman é dado por:

$$p = 1 - 6 \sum_{i=1}^n \frac{e_i^2}{(n^3 - n)}$$

em que e_i é a diferença entre cada posição de x e y com tamanhos n (BECKER, et al (1988)).

No resultado da correlação de Spearman das duas variáveis do estudo foi: $p\text{-value} < 2.2e-16$ e o valor da correlação 0.95943. Como o p -valor foi menor que 0,05 o resultado foi significativo, ou seja, apesar das diferenças existe relação entre as duas variáveis do estudo, o que revela que a aplicação do Método Dasimétrico não perturba os dados originais ao ponto de os tornarem não significativos estatisticamente.

Considerações finais

Em síntese, observou-se que a densidade demográfica está relacionada fortemente com o produto matricial utilizado para refinamento da área realmente habitada,

mas também aos métodos de processamento digital de imagens, pois a aplicação de um limiar de segmentação, no processo de classificação, alterará o resultado desse índice, que por sua vez alterará a área do alvo classificado na imagem. De modo que se destaca a importância do Método Dasimétrico, mas chama-se atenção para a estratégia adotada na identificação das áreas realmente habitadas e o produto matricial utilizado.

Contudo, independente da imagem, os resultados revelaram densidades não homogêneas no espaço urbano do município de Aparecida de Goiânia. Isso implica dizer que, pela classificação da fotografia aérea, apenas 14,81% da área dos setores urbanos possuem de fato área urbana. E que apenas 20,47% das áreas dos bairros estão de fato ocupadas. Desse modo é imprescindível o conhecimento de técnicas de manipulação de dados orbitais para estimação de densidade demográfica.

Além disso, observou-se que a densidade está associada aos serviços públicos, que mesmo precários, são importantes para fixação dos moradores.

Referências Bibliográficas

ArcMAP® 10.2.1. Disponível em: <<http://www.esri.com/software/arcgis/arcgis-for-desktop/free-trial>>. Acesso em: 12/11/2016.

AZAR, D.; GRAESSER, J.; ENGSTROM, R.; COMENETZ, J.; LEDDY JR, R. M.; SCHECHTMAN, N. G.; ANDREWS, T. Spatial refinement of census population distribution using remotely sensed estimates of impervious surfaces in Haiti.

International Journal of Remote Sensing, Vol. 31, No. 21, 10, 2010, 5635–5655.

Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/241574332_Spatial_refinement_of_census_population_distribution_using_remotely_sensed_estimates_of_impervious_surfaces_in_Haiti. Acesso em 01/02/2017.

AZAR, D.; ENGSTROM, R.; GRAESSER, J.; COMENETZ, J. Generation of fine-scale population layers using multi-resolution satellite imagery and geospatial data. *Remote Sensing of Environment*, Vol. 130, p. 219–232, 2013. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/258020420_Generation_of_fine-scale_population_layers_using_multi-resolution_satellite_imagery_and_geospatial_data. Acesso em 02/02/2017.

BARBOSA, C. *Notícias*. Obras do Complexo Logístico de Aparecida serão iniciadas no 2º semestre. Disponível em: <http://www.aparecida.go.gov.br/noticias.php?id=2823>.

Acesso em: 4 de dezembro de 2016.

BECKER, R. A., CHAMBERS, J. M.; WILKS, A. R. *The New S Language*. Wadsworth and Brooks/Cole, 1988.

BIELECKA, E. *A dasymetric population density map of Poland*. Institute of Geodesy and Cartography. Warsaw, Poland, 2005.

CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modeling. *Computers & Graphics*, v. 20, n. 3, p. 395-403, 1996.

DALLAL, G. E. WILKINSON, L. An analytic approximation to the distribution of Lilliefors's test for normality. *The American Statistician*, 40, 291-296, 1986.

DUREN, N. L.; COMPEÁN, R.G. Growing resources for growing cities: density and the cost of municipal public services in Latin America. *Urban Studies*, 2016, Vol. 53 (14) 3082-3107. Disponível em: Disponível em:
<http://usj.sagepub.com/content/early/2015/09/15/0042098015601579.full.pdf+html>. Acesso em: 09/08/2016.

EICHER, C. L.; BREWER, C.A. Dasymetric Mapping and Areal Interpolation: Implementation and Evaluation. *Cartography And Geographic Information Science*. Published Online: Volume 28, 2001.

NAGLE, N. N.; BUTTENFIELD, B. P.; LEYK, S.; SPEILMAN, S. *Dasymetric Modeling and Uncertainty*. Disponível em:
<https://dx.doi.org/10.1080%2F00045608.2013.843439>. Acesso em: 09/02/2017.

GAVLAK, A. A. *Aplicação de um método multivariado para geração de superfícies de distribuição populacional*. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. 2010. Disponível em: <http://mtc-m19.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m19/2010/10.07.14.51/doc/andre_gavlak_resumo.pdf>. Acesso em: 12 set. 2012.

GOIÁS, Federação da Indústria de Goiás (FIEG). *Polos Industriais do Estado de Goiás Aparecida de Goiânia*. Disponível em:
http://www.sistemafieg.org.br/repositoriosites/repositorio/portalfieg/download/Publicacoes/polos_industriais//polo_industrial_aparecida.pdf. Acesso em: 11 de jan. de 2016.

GOIÁS, Sistema Estadual de Geoinformação (SIEG). SIG – Shapefiles. *Infraestrutura*, 2016. Disponível em: <http://www.sieg.go.gov.br/>. Acesso em: 4 de dezembro de 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Censo 2010*. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/censo/>>. Acesso em: 12 set. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *IBGE Cidades*. <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=520140&search=goias|aparecida-de-goiania>. Acesso em 12 de dez. 2015.

LEITE, P.; VILLAS BOAS, M. *Anuário 2015*. Publicação do Sindicato das Empresas de Transporte Coletivo Urbano de Passageiros de Goiânia. Goiânia, 2015.

LOPES, J. M.A.; SANTOS, A.M. *Metodologia para Estruturação de Mapa Dasimétrico*: Análise de densidade demográfica do Censo de 2010 para cidade de Ji-Paraná (RO). In: I Encontro Nacional de Geografia. Colonização, Território e Meio Ambiente em Rondônia, 2013.

MARTIN, D.; TATE, N.J. LANGFORD, M. *Refining Population Surface Models: Experiments with Northern Ireland Census Data*. Transactions in GIS, 2000, 4(4): 34-360. Disponível em:
https://www.researchgate.net/profile/Mitchel_Langford/publication/220605970_Refining_Population_Surface_Models_Experiments_with_Northern_Ireland_Census_Data/links/0f31753340f730e0b5000000.pdf. Acesso em: 17/08/2016.

MARTINELLI, M. Um breve apanhado sobre a breve história da Cartografia Temática. In: 3º Simpósio Iberoamericano de História da Cartografia. São Paulo. *Anais...*São Paulo: USP, 2010. Artigos, p. 1-27. Disponível em:
<<http://3siahc.files.wordpress.com/2010/04/cartografia-tematica-martinelli.pdf>>. Acesso em: 15 de dez. 2015.

MENNIS, J. Dasymetric Mapping for Estimating Population in Small Areas. *Geography Compass*, 2009, 3: 727-745. Disponível em:
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1749-8198.2009.00220.x/full>. Acesso em: 13 de maio de 2016.

MORATO, R. G.; KAWAKUBO, F. S.; MACHADO, R. P. P. Mapa de densidade demográfica dasimétrico da área urbana do município de Alfenas (MG). In: II Simpósio Internacional Caminhos Atuais da Cartografia na Geografia, 2, São Paulo. *Anais...*São Paulo: FFLCH/USP, 2010. Artigos, p. 1599-1609. Disponível em: <
http://www.researchgate.net/publication/224860796_Mapa_dasimetrico_de_densidade_de_mogrifica_da_rea_urban_a_do_municipio_de_Alfenas_%28MG%29>. Acesso em: 13 de dez. 2015.

NUNES, F. G. Território digital: detecção dos padrões espaciais da desigualdade socioterritorial do município de Aparecida de Goiânia – GO. *Ateliê Geográfico*, 2016 (no prelo).

NOJI, E. K. Estimation of population size in emergencies. *Bulletin of the World Health Organization*, 2005, 83 (3). Disponível em:
<http://www.who.int/bulletin/volumes/83/3/164.pdf>. Acesso em: 09/02/2017.

PAVÍA, J.M.; CANTARINO, I. Can Dasymetric Mapping Significantly Improve Population Data Reallocation in a Dense Urban Area?, *Geographical Analysis*, 2016, 48 (3).

PINTO, José Vandério Cirqueira. Desconstruindo a “cidade dormitório”: centralidades e espaço intra-urbano de Aparecida de Goiânia. *Revista Mercator*, Vol. 8, No 16, 2009. Disponível em: <http://www.mercator.ufc.br/index.php/mercator/article/viewArticle/291>. Acesso em: 11 de jan. de 2016.

RAMOS, H. F.; SANTOS, A. M.; NUNES, F. G. Dasimetria aplicada à análise espacial da ocupação humana na cidade de Acreúna – Goiás. XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, *Anais...* João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p0805.pdf>. Acesso em: 11 de Jan. 2016.

STEPHENS, M.A. Tests based on EDF statistics. D’AGOSTINO, R. B. (Org.); STEVENS, M. A. (Org.). *Goodness-of-Fit Techniques*. New York: Marcel Dekker, 1986.

SU, H.; WEI, H.; ZHAO, J. *Density effect and optimum density of the urban population in China*. *Urban Studies Journal Limited*, p. 1-18, 2016. Disponível em: <http://usj.sagepub.com/content/early/2016/02/03/0042098015624839.full.pdf+html>. Acesso em: 16 maio de 2016.

YUAN, Y.; SMITH, R.M.; LIMP, W.F. *Remodeling census population with spatial information from LandSat TM imagery*. *Remote Sensing of Urban Systems*. Volume 21, Issues 3–4, May–July 1997, Pages 245-258.

ZANDBERGEN, P.A.; IGNIZIO, D.A. *Comparison of Dasymetric Mapping Techniques for Small-Area Population Estimates*. *Cartography and Geographic Information Science*, Vol. 37, 3, 2010, p. 199-214.

ZHA, Y.; GAO, J. NI, J. Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. *International Journal of Remote Sensing*, v. 24, p. 583– 594, 2003.

XU, J.; AN, J.; NIE, G. A quick earthquake disaster loss assessment method supported by dasymetric data for emergency response in China. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci*, v. 16, p. 885–899, 2016.

Alex Mota dos Santos

Doutor em Geografia pela Universidade Federal do Paraná, mestre em Geografia pela Universidade Federal de Goiás e graduado em Tecnologia em Sensoriamento Remoto pelo Centro Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás. Atualmente é professor efetivo da Faculdade de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal de Goiás, campus da cidade de Aparecida de Goiânia e leciona no curso de Engenharia de Transportes e Geologia.
Rua Mucuri, Área 3, CEP: 74680-200, Aparecida de Goiânia.
E-mail: alex.geotecnologias@gmail.com

Danielly Cristina de Souza Costa Holmes

Doutora em Modelos de Decisão e Saúde pela Universidade Federal da Paraíba, Mestre em Modelos de Decisão e Saúde pela Universidade Federal da Paraíba e graduada em Geoprocessamento pelo Centro Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba. Atualmente é professora substituta do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul.

Rua Eng. Alfredo Huch, 475, Bairro Centro, CEP: 96201-460, Rio Grande/RS

E-mail: daniellycristina9@gmail.com

Helci Ferreira Ramos

Mestre em Geografia pela Universidade Federal de Goiás e graduada em Sensoriamento Remoto pelo Centro Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás. Atualmente é servidor do Ministério Público Estadual, Goiânia, Goiás.

Rua 23, esq. com a Av. Fued José Sebba, Qd. A 06, Lts. 15/24, Jardim Goiás, Goiânia - Goiás - CEP: 74.805-100.

helcifg@gmail.com

Recebido para publicação em março de 2017

Aprovado para publicação em junho de 2017