

Análise da distribuição espacial da população em Guarulhos – SP nos anos de 2000 e 2010

Bruna Lahos de Jesus Bacic¹

¹Laboratório de Geoprocessamento – LabGeo – PTR - EPUSP
Av. Prof. Almeida Prado, trav.2 n°. 83 Butantã, São Paulo - SP
{bruna.lahos@usp.br}

RESUMO

Para extrair a área urbana do município de Guarulhos utilizou-se imagens oriundas do satélite Landsat 5 TM (datadas de 2000 e 2010) e realizou-se a aplicação do Built-Up Index que serviu de base para a interpolação dos setores censitários, visto que é possível um polígono de área de transição urbano/não urbano apresentar valor de população em áreas não ocupadas, desta forma o mapa de área urbana é capaz de delimitar a área urbana ocupada gerando uma superfície de densidade populacional mais coerente com a realidade (não contínua) para a aplicação do método dasimétrico. Os resultados de densidade populacional alcançou alto padrão de detalhe enquanto a grade celular aplicada de 50x50 metros suavizou alguns resultados omitindo problemas enfrentados na aplicação com os polígonos de área urbana.

Palavras-chave: Built-Up Index; Método Dasimétrico; Área Urbana; Densidade Populacional; Grade Celular;

1. Introdução

Com crescimento intenso da cidade de São Paulo, os municípios ao seu redor passaram a ser extremamente atrativos devido ao menor custo de vida e as possibilidades de estar articulada ao espaço regional da capital do estado. Assim, as cidades médias, passaram a atrair mais investimento e população a partir da década de 1970 e acentuado em 1990 (Andrade & Serra, 1999).

Esse crescimento das cidades médias passou a ser alvo de diversos estudos com a finalidade de entender suas particularidades e necessidades, os dados do CENSO demográfico brasileiro são de extrema importância para estes estudos.

O CENSO é uma pesquisa realizada a cada 10 anos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE - e reúne todas as informações acerca da população brasileira, os pesquisadores visitam todos os domicílios do país e aplicam um questionário. O CENSO é dividido por dados do Universo, que é mais abrangente, os Setores Censitários que são subdivisões dos municípios brasileiros, cada um destes possui um código único e abrange uma área composta de 250 a 300 domicílios, além da amostra por Área de Ponderação (IBGE, 2016). Na amostra, o questionário é aplicado em 10% da população. Nesta, encontram-se os micro dados, que possuem maior detalhamento das variáveis porém, abrange uma área maior que os setores.

Incluso nos dados do CENSO, existem as variáveis. Estas são compostas pelas respostas as perguntas feitas a população, como renda, total de residentes no domicílio. Estes dados são distribuídos gratuitamente através do site do IBGE.

O cálculo da densidade demográfica tradicionalmente utiliza os valores de população extraídos do CENSO (setores censitários) e divide pela área abrangente do setor. Isto acarreta na suavização da densidade populacional real, pois os dados agregados por setores censitários assumem que a população é distribuída homoganeamente em toda sua área, o que não ocorre, então, utiliza-se mapas mais detalhados que possam representar a atividade humana (Amaral *et al*, 2012).

O método dasimétrico propõe uma descrição mais realista da realidade urbana, em que as áreas são modificadas de acordo com o critério de homogeneidade obtido por meio de

informações complementares, comumente estas informações são oriundas de imagens de satélite (Morato *et al*, 2005; Barrozo *et al*, 2015), ou grade celular (Amaral *et al*, 2012).

Concomitantemente, He *et al* (2010) afirma que as imagens orbitais podem ser utilizadas para o monitoramento da distribuição espacial urbana e são ferramentas valiosas para o estudo e compreensão da população e crescimento das cidades.

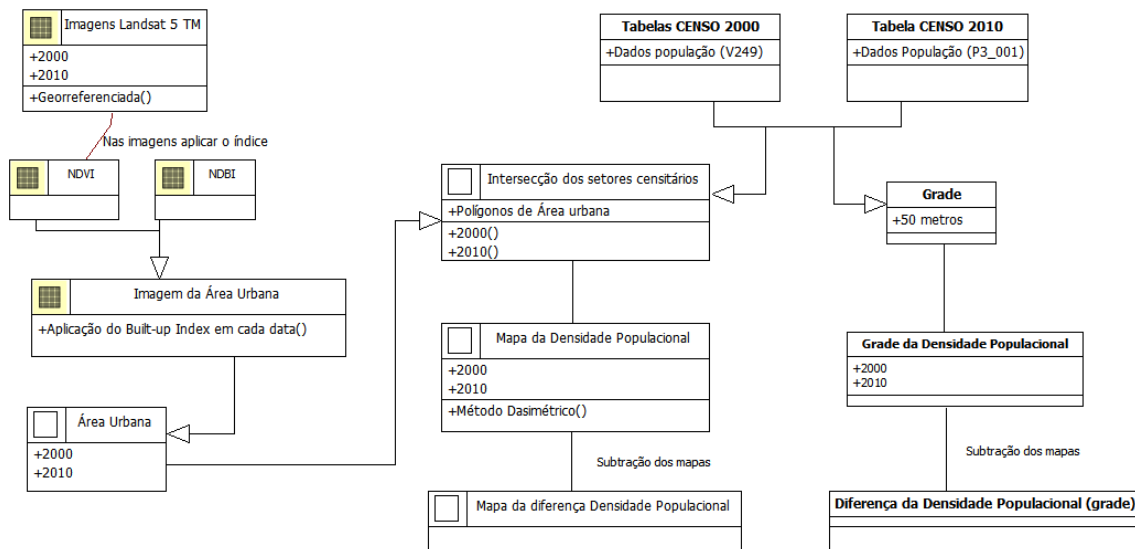
Os índices de interpretação de imagens, tornam os resultados mais rápidos, eficientes e requer menor intervenção humana do que uma classificação comum (Zha *et al*, 2003). He *et al* (2010), propôs o Built-Up Index a fim de desagregar as áreas construídas da vegetação em ambientes urbanos. É possível aperfeiçoar a identificação do crescimento urbano com o Built-Up Index (Im *et al*, 2012; Lee *et al*, 2010; Varshney, 2013).

Para extrair a área urbana do município de Guarulhos utilizou-se imagens oriundas do satélite Landsat 5 TM (datadas de 2000 e 2010) e realizou-se a aplicação do Built-Up Index que servirá de base para a interpolação dos setores censitários, visto que é possível um polígono de área de transição urbano/não urbano apresentar valor de população em áreas não ocupadas, desta forma o mapa de área urbana é capaz de delimitar a área urbana ocupada gerando uma superfície de densidade populacional mais coerente com a realidade (não contínua).

A proposta deste artigo é detectar as áreas urbanas em Guarulhos subtraindo parques e rios através do Built-up Index para de servir como base na geração da densidade populacional por setor censitário coerente com a realidade urbana, de ocupação não contínua nas datas de 2000 e 2010.

2. Metodologia

A metodologia do trabalho é composta de duas etapas, a primeira é referente a elaboração do mapa de uso do solo urbano através da aplicação do Built-up Index e a segunda é referente a dasimetria dos dados do CENSO para 2000 e 2010. O quadro OMT-G abaixo resume a metodologia aplicada:



Quadro 1: OMT-G: Fluxograma de Metodologia.

2.1 Área de Estudo

O município de Guarulhos (23° 27'46'' Sul e 46° 31' 58'' Oeste), está inserido no contexto pertencente a Região Metropolitana de São Paulo, é a oitava cidade mais rica do Brasil com IDH (Índice de Desenvolvimento Humano) de 0,763 e o segundo município mais populoso do estado de São Paulo, com 1.221.979 habitantes, com unidade territorial de 318,675 km², e densidade demográfica de 3.834,51 hab/km² (IBGE, 2010).

Guarulhos é um centro estratégico de distribuição logística, distante apenas 17 quilômetros da capital do Estado, abriga o maior aeroporto da América Latina (Aeroporto Internacional Governador André Franco Montoro) equipado com o maior terminal de cargas do país.

Outro fator que contribuiu para este desenvolvimento do município, é sua localização em duas rodovias nacionais de grande circulação, a Via Dutra (BR 116), eixo de ligação São Paulo - Rio de Janeiro e a Rodovia Fernão Dias (BR 381), que liga São Paulo a Belo Horizonte além da Rodovia Ayrton Senna (SP-070), que facilita a ligação de São Paulo diretamente ao Aeroporto Internacional de Guarulhos.

Atualmente está em construção, a linha 13 Jade da CPTM (Companhia de Transporte Metropolitano) que ligará a estação de Engenheiro Goulart (SP) ao Aeroporto Internacional, tem como finalidade transportar os passageiros até as linhas de Metrô, de forma rápida e mais barata, facilitando a vida do usuário e possivelmente trazendo maiores investimentos a cidade (CPTM, 2016).

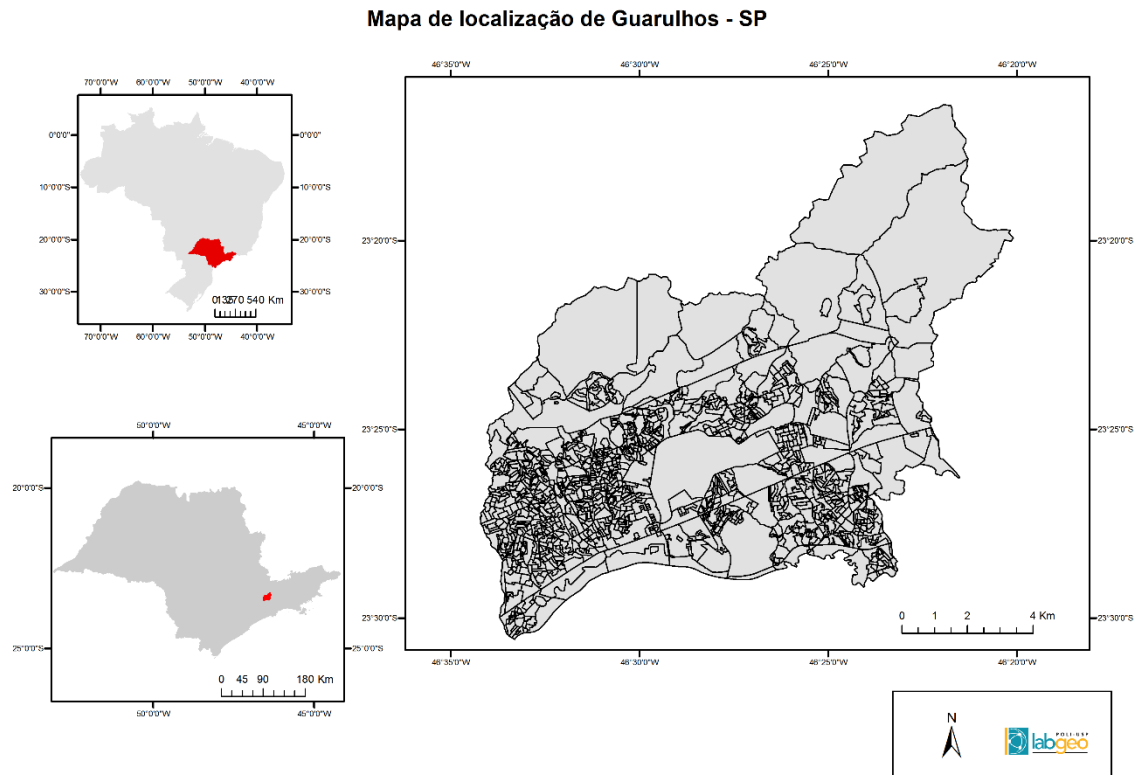


Figura 1: Mapa de localização do município de Guarulhos.

2.2 Elaboração do mapa de área urbana

As imagens LANDSAT (Land Remote Sensing Satellite) do sensor Thematic Mapper (TM) foram adquiridas gratuitamente na plataforma “Catálogo de Imagens” do Departamento de Geração de Imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). As imagens são datadas de 29/09/2000 e 24/08/2010.

Foi realizado o processo conhecido como registro de imagens para georreferenciar as imagens com erro inferior a 1 pixel. Após a identificação dos pontos de controle, as imagens georreferenciadas foram reamostradas pelo método do vizinho mais próximo.

Tal método é escolhido em razão de não alterar o valor de brilho do pixel da imagem original além de ter baixo tempo de processamento (IBGE, 2001).

As bandas utilizadas para a elaboração dos índices estão compostas na tabela abaixo:

	Landsat 5 TM	Resolução Espacial	Comprimento de onda (µm) Landsat 5
Vermelho	Banda 3	30 metros	0,63 – 0,69
Infravermelho Próximo	Banda 4	30 metros	0,77 – 0,90
Infravermelho Médio	Banda 5	30 metros	1,55 – 1,75

Tabela 1: Bandas utilizadas do satélite Landsat, TM.

2.2.1 NDBI – Normalized Density Built Index

Proposto por Zha *et al*, (2003) o *Normalized Density Built Index* (NDBI) é a diferença normalizada para áreas construídas, com a finalidade de incrementar o número digital destas respectivas áreas nos intervalos das bandas do infravermelho próximo (NIR) e infravermelho médio (SWIR). A Fórmula 1 demonstra a construção do NDBI:

$$NDBI = \frac{(SWIR - NIR)}{(SWIR + NIR)} \quad (1)$$

2.2.2 NDVI – Normalized Density Vegetation Index

O cálculo do índice NDVI, é dado pela diferença normalizada da vegetação, permite a análise e separação de tipos e densidade de cobertura vegetal pela presença de água foliar. É extraído dos comprimentos de onda em que a vegetação têm alta refletância, o infravermelho próximo (NIR) e o de baixa refletância, vermelho (RED) (HE et al, 2010), conforme apresentado pela Formula 2:

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)} \quad (2)$$

2.2.3 Built-Up Index

O Built-Up Index é a diferença entre as imagens NDBI e o NDVI, em imagem binária dos índices aplica-se a equação da fórmula 3 (He *et al*, 2010):

$$\text{Built_Up}^b = \text{NDBI}^b - \text{NDVI}^b \quad (3)$$

O resultado do índice Built-up é uma imagem binária, onde as áreas urbanas devem ter valor de 1 e as áreas não urbanas valor 0 (He *et al*, 2010). Após a finalização de todo o processo, a imagem raster composta por pixels urbanos e não urbanos foi convertida em polígonos, para que se tenha os polígonos da área urbana e não urbano.

2.3 Método dasimétrico nos polígonos de Área Urbana

Após a aquisição dos dados no site do IBGE e do CEM (Centro de Estudos da Metrópole) e extensa exploração dos dados e variáveis, escolheu-se as variáveis de população a serem trabalhadas, para 2000 a “V249 Pessoas Residentes” (Fonte dos dados: IBGE) e para 2010 “p3_0001 Pessoas Residentes” (Fonte dos dados: CEM).

Em conformidade com Morato *et al* (2010) o método dasimétrico utiliza informações espaciais que fornecem uma descrição mais realista sobre a estrutura da distribuição da população, sendo assim, os polígonos de área urbana são utilizados como base para as próximas etapas.

Os polígonos de área não urbana foram desprezados, gerando uma extensão com valores existentes apenas para a área urbana, a fim de tornar o processamento mais rápido, dado que o objetivo nesta etapa é realocar os valores de população para onde existe área urbana.

Posteriormente, foi realizada uma intersecção geométrica dos polígonos de área urbana com os polígonos dos Setores Censitários, ou seja, os polígonos de área urbana passaram a limitar o valor existente nos polígonos dos Setores Censitários. Com isso, cada polígono de área urbana recebeu o valor de população correspondente ao seu setor censitário, de acordo com a imagem abaixo:

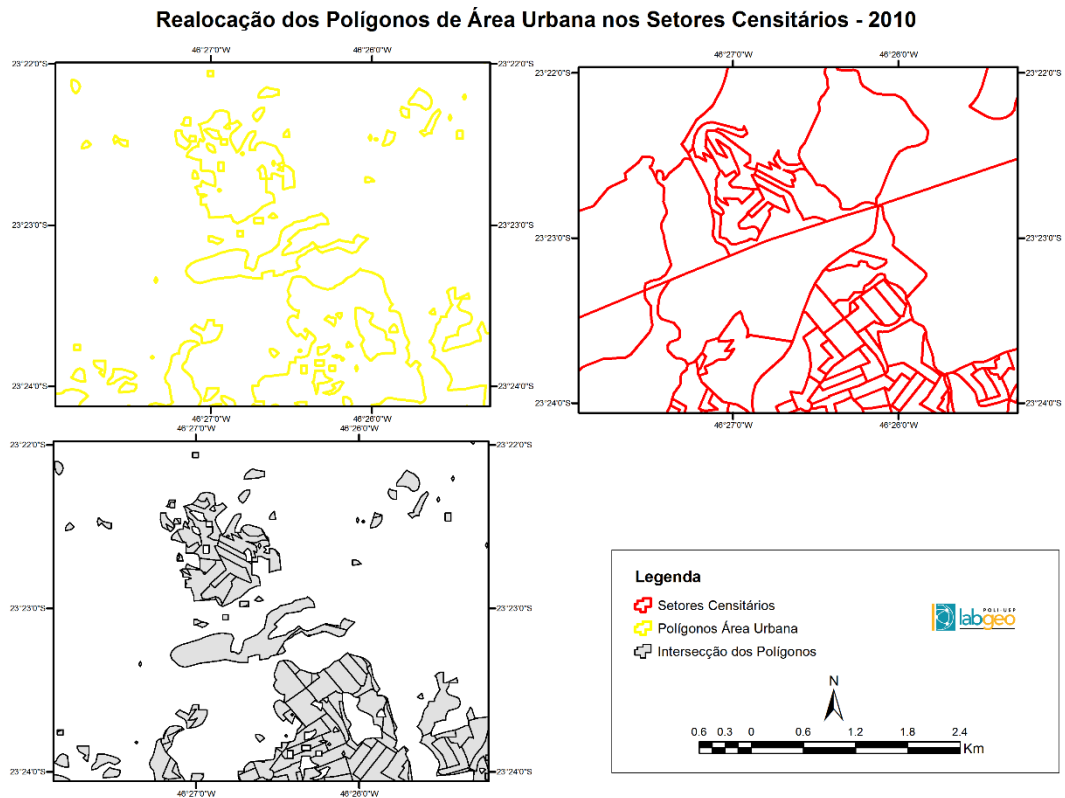


Figura 2: Realocação dos Polígonos dos Setores Censitários, exemplo de 2010.

Esta abordagem aperfeiçoa o resultado do mapeamento, devido ao aumento das concentrações urbanas em locais habitados, reduzindo, portanto, o efeito da suavização dos valores populacionais dos métodos tradicionais.

Para que cada polígono existente dentro de um setor censitário receba um valor populacional equivalente a sua área, foi calculada a densidade demográfica para as áreas urbanas de cada setor, tornando possível realizar o mapa de densidade demográfica para apenas onde existe área urbana.

A equação para a densidade demográfica é dada pela fórmula 4:

$$[densidade] = ([MEAN_V249] / ([Shape_Area] / 1000000)) \quad (4)$$

onde: [MEAN_V249] = variável “Pessoas Residentes” em cada SC

[Shape_Area] = Área de cada SC expressa em m² dividida por 1.000.000 para transformar em km²

2.3 Método dasimétrico na Grade Celular

A grade celular é utilizada por permitir uma análise temporal dos dados censitários independentemente da diferença dos limites dos setores censitários. A grade, é uma unidade espacial intermediária entre pixels e os polígonos dos setores censitários (Amaral *et al*, 2012).

A grade regular foi gerada com base na metodologia de Amaral *et al* (2012). Aplicou-se a resolução de 50 metros x 50 metros em cada célula a fim dos resultados ficarem próximos aos obtidos na abordagem por polígonos de áreas urbanas e tornar possível a comparação visual entre estas.

O cálculo realizado para a densidade populacional foi adotado da mesma forma descrita no item 2.3.

3. Resultados e Discussão

O resultado da aplicação do Built-Up Index representou bem a dinâmica da ocupação urbana no município de Guarulhos. As áreas de Parques, principalmente o Parque Ecológico do Tietê e o Parque Estadual da Serra da Cantareira aparecem representadas como não urbano na figura 3.

Na figura 3, no lado esquerdo (A) encontra-se o resultado da área urbana para a imagem de 2000 e a direita (B) imagem de 2010. A imagem (A) encontra-se com mais ruído, nas bordas, fora do limite municipal de Guarulhos, este foi gerado devido ao solo exposto extremamente seco (Figura 4) na imagem TM, Landsat, conforme previsto por He *et al* (2010) este tipo de confusão pode acontecer, porém, não causou nenhum tipo de interferência nos resultados.

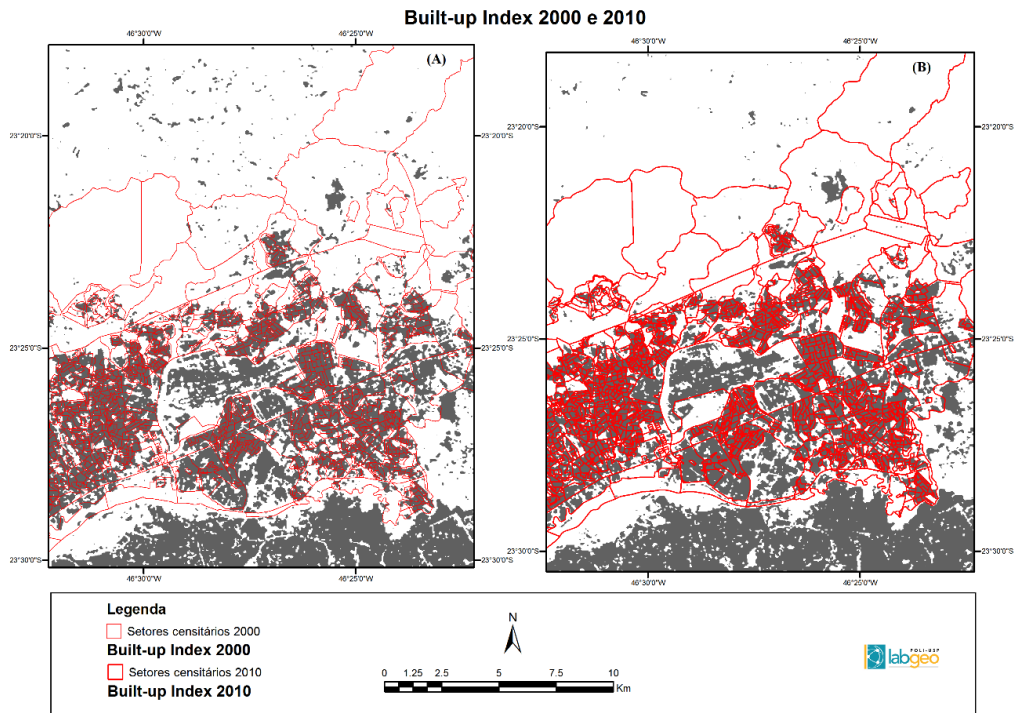


Figura 3: Resultado do Built-Up Index a direita (A) 2000 e a esquerda (B) 2010.

A figura 4 representa a imagem resultante do Built-Up Index a esquerda e a direita a imagem de origem, Landsat TM, na composição colorida falsa cor R (5) G (4) B (3), onde é possível se observar as áreas de solo exposto fora do limite municipal de Guarulhos que causaram confusão no índice.

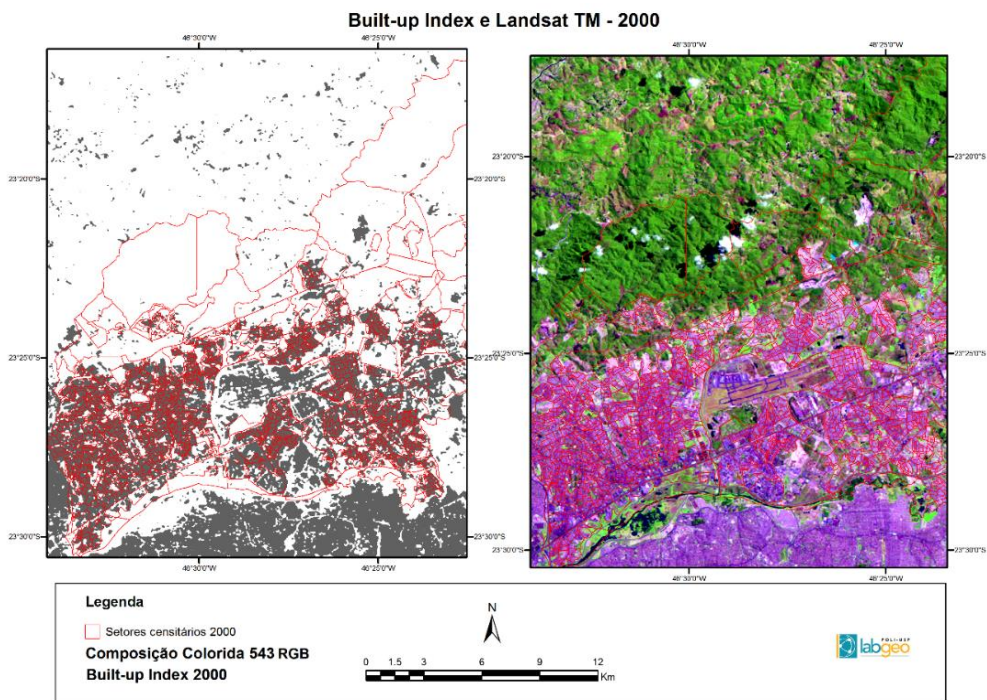


Figura 4: Built-Up Index e Composição Colorida RGB (543).

Na figura 5, pode-se observar em a locação dos polígonos referentes aos setores censitários para o ano de 2010. Na figura (A) encontra-se em detalhe os polígonos dos setores censitários sobre a composição colorida RGB falsa cor 543 e na figura (B) abrangendo todo a área do município. Na figura (C), têm-se os polígonos de área urbana sobre a composição colorida RGB 543.

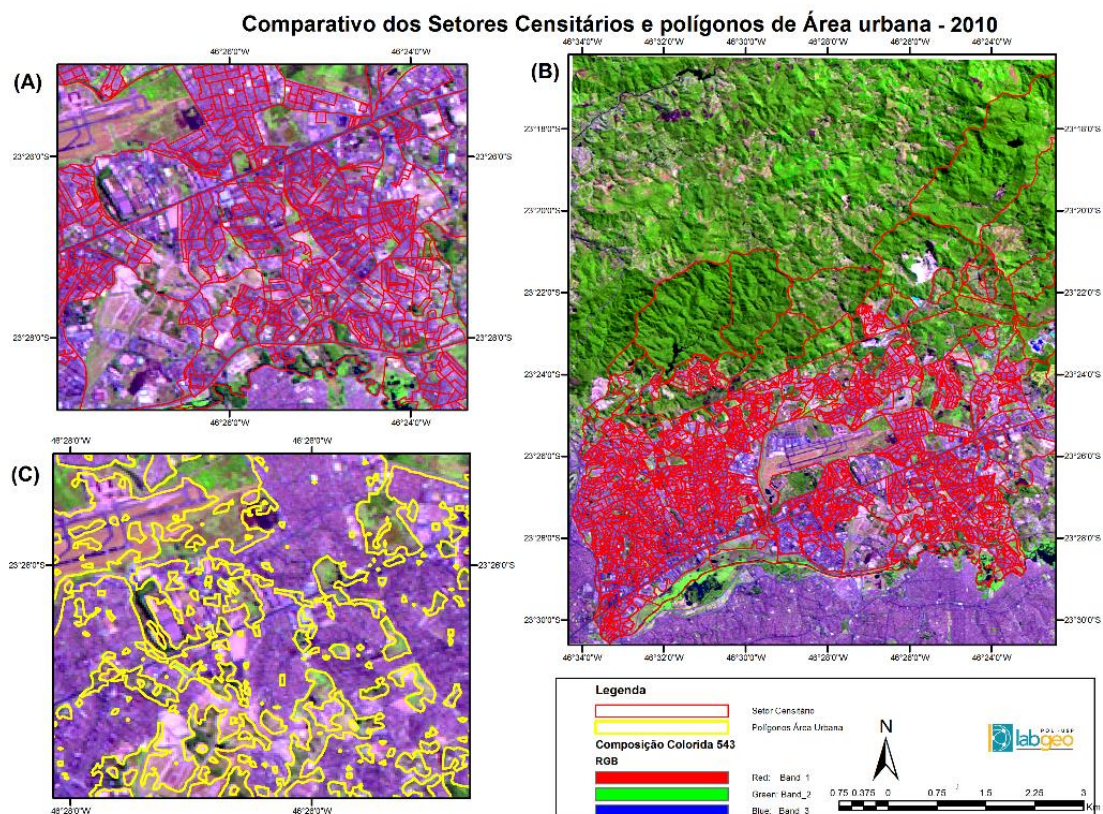


Figura 5: Comparativo dos Setores Censitário e Polígonos de área urbana na Composição colorida RGB543.

A aplicação do método dasimétrico para na elaboração do mapa de densidade populacional apontou resultados bem detalhados quanto a ocupação intra urbana, evidenciando apenas as áreas que são realmente habitadas e o quão populosas são. A figura 6 representa a densidade populacional em Guarulhos no ano de 2000. Onde o padrão de habitação é homogêneo e poucos polígonos apresentam alta concentração de população.

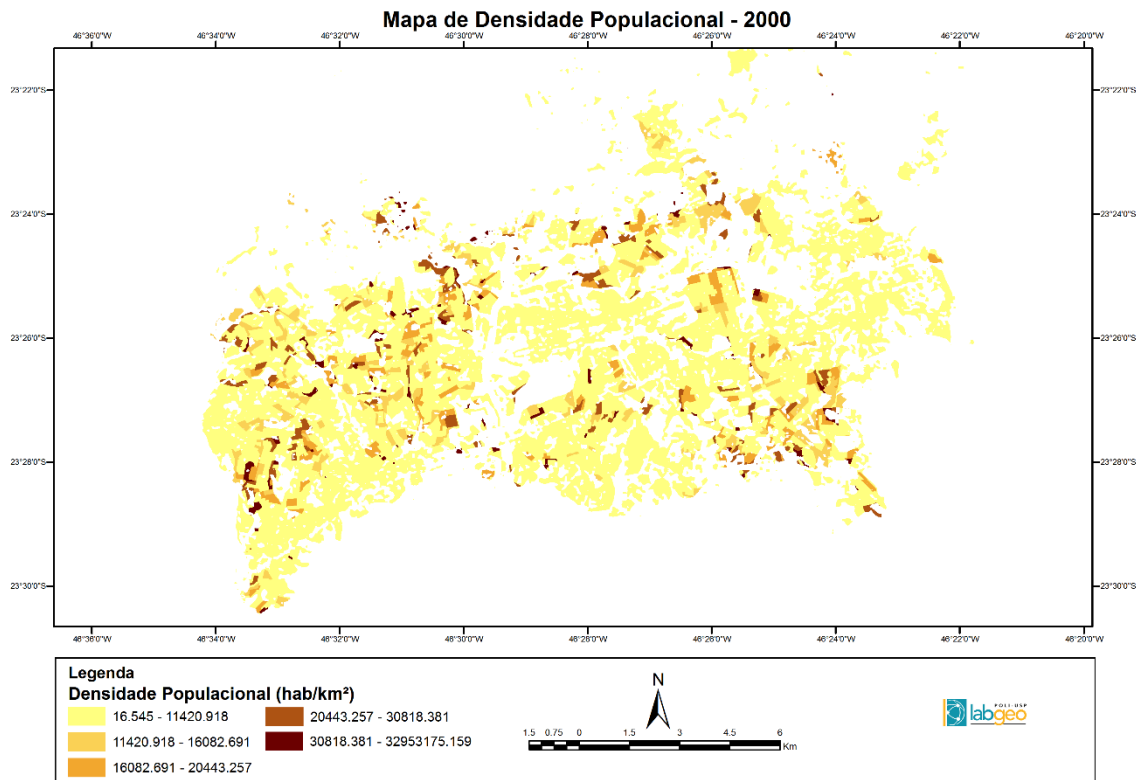


Figura 6: Densidade populacional em 2000.

Já no ano de 2010 (figura 7), a densidade populacional apresenta um padrão de expansão e concentração que em 2000 não era possível observar. Ao contrário do que se esperava a população não está concentrada na divisa com o município de São Paulo na região Norte e mais intensa na divisa na porção Leste da capital paulista. Onde é cortada pela rodovia Ayrton Senna SP-070, onde predominantemente existem conjuntos de habitações populares.

Também é possível observar um adensamento na porção do município próximo a Serra da Cantareira, uma frente de espraiamento urbano que não estava consolidado na imagem do ano anterior.

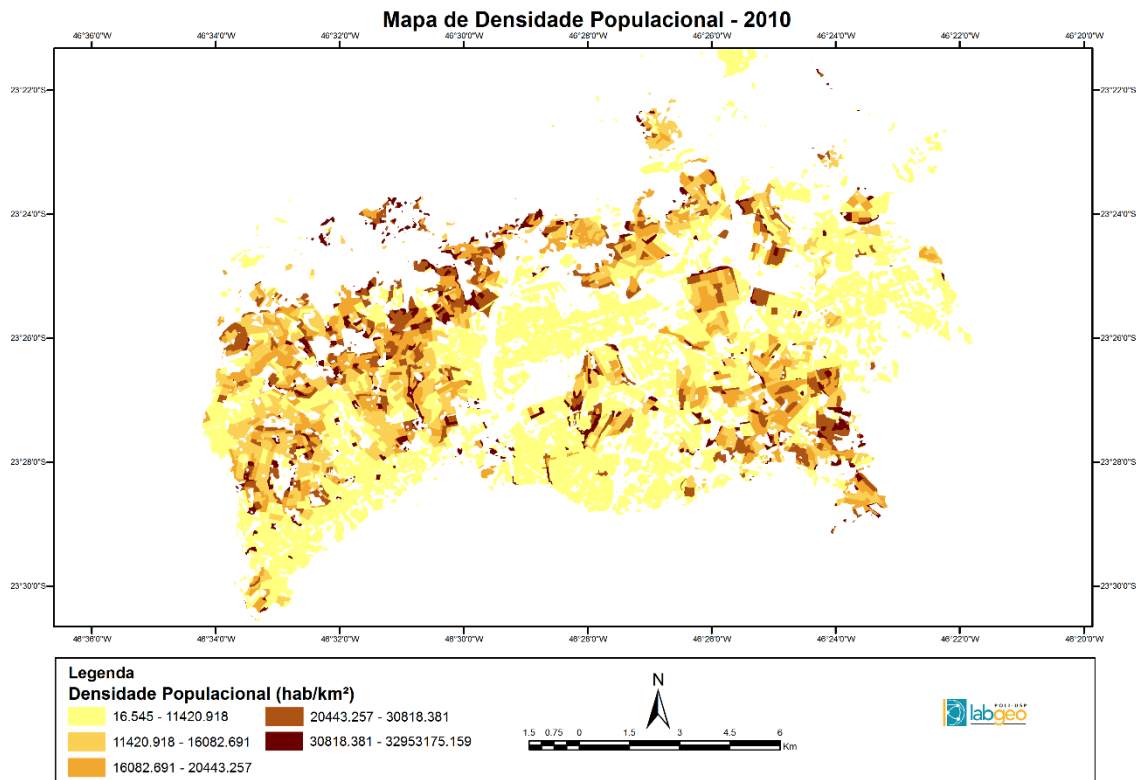


Figura 7: Densidade Populacional em 2010.

Ao calcular a diferença da Densidade Populacional de 2000 para 2010 (figura 8), observou-se que, os polígonos urbanos onde a população diminuiu são expressos na cor mais clara do mapa, estas áreas são compostas pela região do Aeroporto Internacional e uma porção próxima ao parque de conservação do Tietê.

Os padrões mais escuros representam os polígonos onde a população cresceu, em porcentagem. Confirmando as frentes de crescimento observadas na figura 7. É possível ainda, notar um efeito de borda gerado na região do Aeroporto onde o mapa indica que houve aumento da população, quando na verdade este foi calculado erroneamente devido ao tamanho dos polígonos de área urbana.

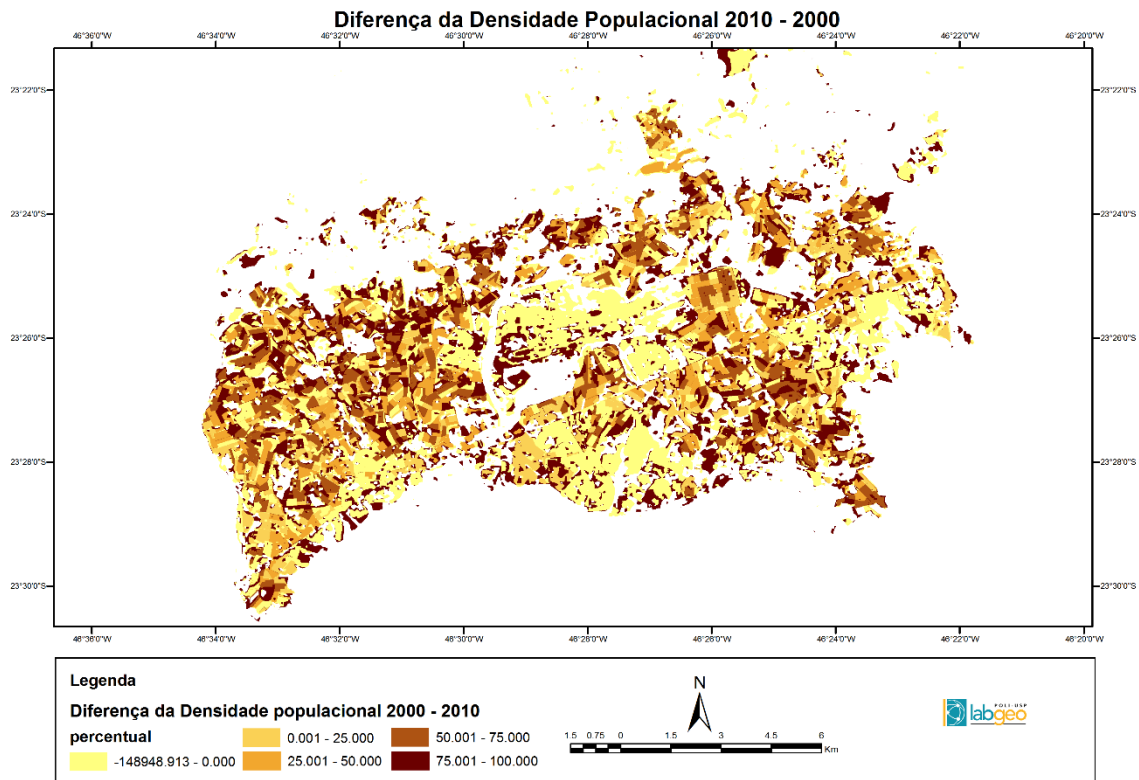


Figura 8: Diferença da Densidade Populacional.

A Grade celular de 50 metros apresentou resultados semelhantes aos obtidos no método anterior, contudo, gerou uma interpolação dos valores, diminuindo as quedas abruptas de um setor para o outro. O que não representa bem a ocupação urbana, pois um setor pode ser alocado em um condomínio de prédios (densidade populacional alta gerada pela verticalização) e o setor vizinho corresponde a uma rua onde existem apenas casas, o que gera uma densidade populacional bem menor.

As figuras 9 e 10 são compostas pela Densidade populacional no espaço celular.

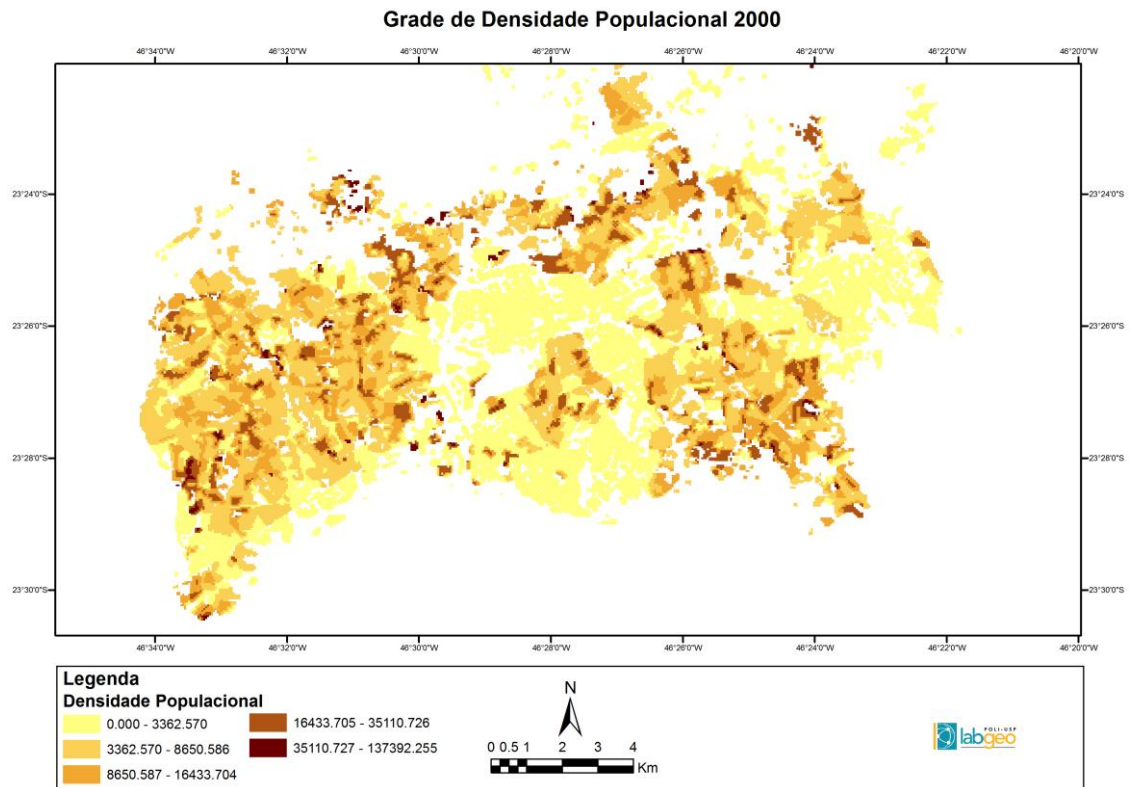


Figura 9: Densidade Populacional de 2000.

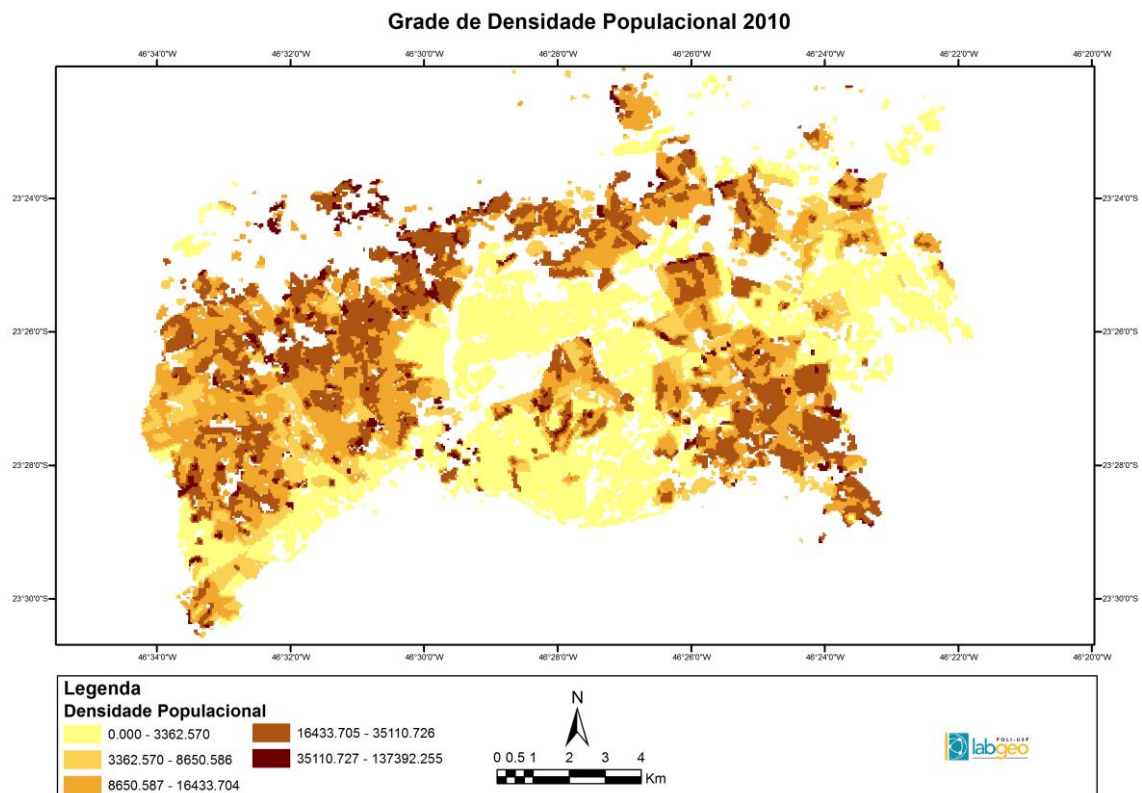


Figura 10: Densidade Populacional de 2010.

Assim como os resultados individuais dos anos de 2000 e 2010, o mapa comparativo da densidade populacional (figura 11) que expressa a diminuição ou aumento populacional foi suavizado, perdendo totalmente a resolução do adensamento da população ao entorno da rodovia Ayrton Senna SP-070. Devido a essa suavização, o erro obtido próximo ao Aeroporto Internacional não existiu.

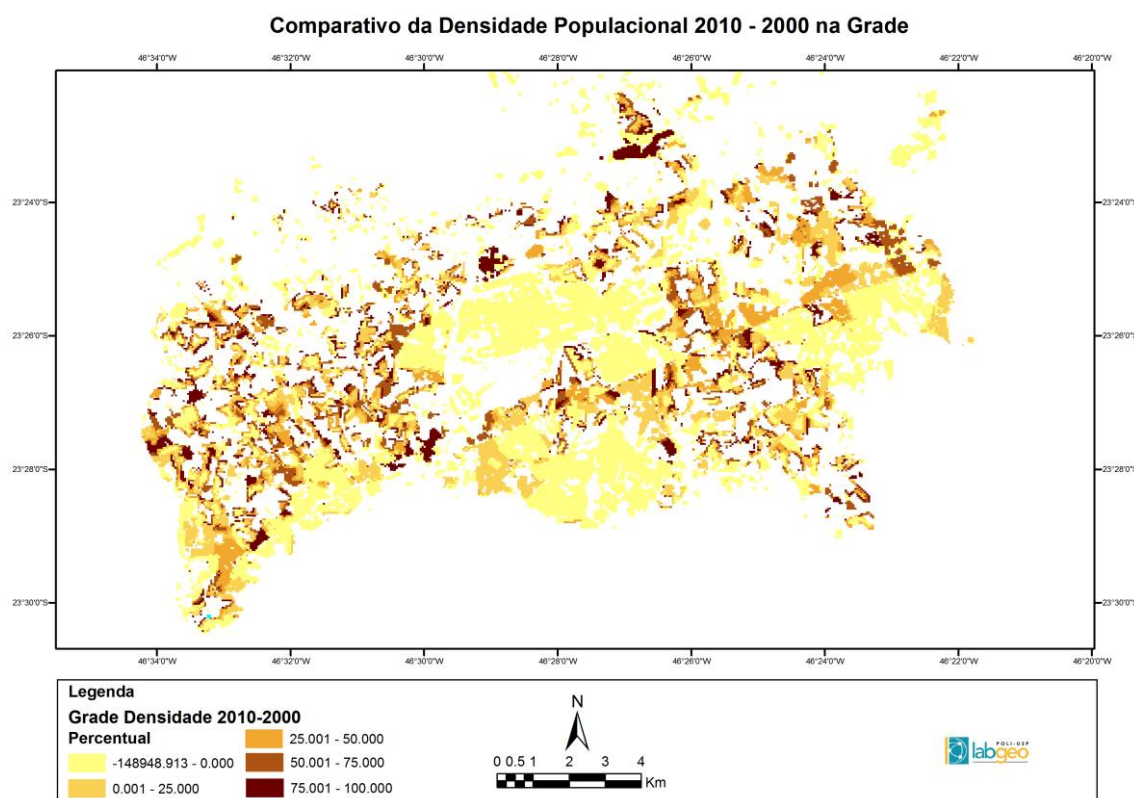


Figura 11: Comparativo da Densidade Populacional de 2000 a 2010 na grade.

Considerações Finais

A dinâmica de ocupação no município de Guarulhos é predominantemente adensada em edifícios residenciais e conjuntos de habitações populares. Diante desta realidade é necessário nos estudos populacionais garantir que isto esteja bem representado. No presente trabalho tomou-se o cuidado de utilizar métodos que evidenciassem este processo.

A densidade populacional em Guarulhos foi melhor representada na exploração pelos polígonos de área urbana geradas através do Built-Up Index. Observou-se uma alta concentração de população porção leste do município, região do bairro “Pimentas”.

No sentido a Serra da Cantareira, na região do “Parque Estadual da Cantareira – Núcleo Cabuçu” observou-se também uma frente de adensamento populacional em 2010 que não havia em 2000. Esta tem um padrão de casas mais populares e recentes.

Referências bibliográficas:

AMARAL, Silvana; GAVLAK, A. A.; Escada, M. I. S.; Monteiro, A. M. V. Using remote sensing and census tract data to improve representation of population spatial distribution: case studies in the Brazilian Amazon. *Population and Environment: A Journal of Interdisciplinary Studies*. 2012

ANDRADE, Thompson Almeida e Serra, R. V. O recente desempenho das cidades médias no crescimento populacional urbano brasileiro. *Revista Brasileira de Estudos da População*. v. 16, n.1/2. 1999

BARROZO, Ligia Vizeu; PÉREZ-MACHADO, R. P.; Small, C.; Cabral-Miranda, W. Changing spatial perception: dasymetric mapping to improve analysis of health outcomes in a megacity, *Journal of Maps*, DOI: 10.1080/17445647.2015.1101403. 2015.

Censo Demográfico. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://7a12.ibge.gov.br/sobre-o-ibge/o-que-e-censo.html>> Acesso em: 10/06/2016

CPTM. Companhia Paulista de Transporte Metropolitano. Linha 13 – Jade. Disponível em: <<http://www.cptm.sp.gov.br/a-companhia/obras-modern/Pages/Linha-13---Jade.aspx>> Acesso em: 10/06/2016.

Guarulhos. Informações sobre a cidade. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=351880>> Acesso em: 10/06/2016

HE, Chuyang; SHI, Peijun; XIE, D; ZHAO, Y. **Improving the normalized difference built-up index to map urban built-up areas using a semiautomatic segmentation approach**. *Remote Sensing Letters*, 1: 4, 213 – 221, First published on: 26 April 2010.

IBGE. Censo Demográfico 2000, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2000.

IBGE. Censo Demográfico 2010, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010.

IGBE. Introdução ao Processamento Digital de Imagens. *Manuais Técnicos em geociências – número 9*. 2001.

IM, Junho. LU, Z.; Rhee, J.; Quackenbush, L. J. Impervious surface quantification using a synthesis of artificial immune networks and decision/regression trees from multi-sensor data. *Remote Sensing of Environment* 117. p. 102 – 113. 2012

LEE, J.A; LEE, S. S.; CHI, K. H. Development of an urban classification method using a built-up index. *Selected Topics in Power Systems and Remote Sensing*. 2010.

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.

MORATO, R. G.; Kawakubo, F. S.; Presotto, A.; Luchiari, A. **Avaliação da Qualidade de Vida Urbana em Taboão da Serra/SP - Brasil.** In: Antônio Néilson Rodrigues da Silva; Léa Cristina Lucas de Souza; José Fernando Gomes Mendes. (Org.). Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável - Desenvolvidos recentes no Brasil e em Portugal. São Carlos, 2005, v., p. 271-286.

VARSHNEY, AVNISH. Improved NDBI differencing algorithm for built-up regions change detection from remote-sensing data: an automated approach. *Remote Sensing Letters*. v. 4, n. 5, p. 504-512. 2013

VILLAÇA, Flávio. **Espaço intra-urbano no Brasil.** Editora: Studio Nobel. 1998.

ZHA, Y.; GAO, J.; NI, S. 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, 2003.