

ESTIMATIVA DA POPULAÇÃO APOIADA POR CLASSIFICAÇÃO DE IMAGEM ORBITAL: UMA APLICAÇÃO *PEOPLE IN PIXEL*

Lucas Martins de Souza¹
Vitor Vargas Rodrigues²
Gabriel dos Santos Duarte³
Ana Paula de Oliveira⁴
Rafael Silva de Barros⁵

97

Resumo. Este trabalho objetiva aplicar uma metodologia nomeada de “*People in Pixel*”, utilizando uma imagem Landsat 5 Thematic Mapper (TM), adquirida em Setembro de 2010, para Cabo Frio, um município brasileiro no estado do Rio de Janeiro. Esta metodologia auxilia na estimativa de quantidade de pessoas por pixel relacionando dados demográficos e classificação da cobertura da terra para a mesma área. Este estudo obteve bons resultados estimando a população em qualquer unidade espacial (seja limites políticos ou físicos). Esta abordagem mostrou-se útil em outros tipos de análises que dependem da distribuição espacial da população.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto; Geoprocessamento; Sistemas de Informações Geográficas; Análise Espacial; *People in Pixel*.

POPULATION ESTIMATOR BASED ON CLASSIFICATION OF ORBITAL IMAGE: A *PEOPLE IN PIXEL* APPLICATION

Abstract. This job aims to apply a methodology named “*People in Pixel*”, using a Landsat 5 Thematic Mapper (TM) image, acquired in September 2010, over Cabo Frio, a Brazilian municipality in Rio de Janeiro state. This methodology helps to estimate people quantity by pixel relating population data obtained from Brazilian demographic Census and land cover classification from the same area. This study has produced good results in order to map and estimate population over any spatial unit (even political or physical limits.) This approach is useful in different types of analyses that depends on spatial distribution of population.

Keywords: Remote Sensing; Geoprocessing; Geographic Information System; Spatial Analyst; *People in Pixel*.

ESTIMATEUR DE DENSITÉ POPULATIONNELLE PAR CLASSIFICATION

¹ Discente de Graduação em Bacharelado em Geografia - Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). E-mail: luksmartins96@gmail.com

² Discente de Mestrado em Geografia; Graduado em Bacharelado em Geografia - Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

³ Discente de Mestrado em Geografia; Graduado em Bacharelado em Geografia - Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

⁴ Mestre em Geografia; Graduada em Bacharelado em Ciências Matemáticas e da Terra - Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). E-mail: ana.paulaoliveiran@gmail.com

⁵ Professor Dr. Adjunto do Departamento de Geografia - Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). E-mail: rafael.barros@ufrj.br

SOUZA, et all, Estimativa da população apoiada por classificação de imagem orbital: uma aplicação people in pixel

D'IMAGE ORBITALE: UNE APPLICATION PEOPLE IN PIXEL

Résumé. Le travail présenté correspond à l'application de la méthodologie appelée « People in Pixel » à une image type « Landsat 5 Thematic Mapper (TM) », prise en Septembre 2010, à Cabo Frio, municiple brésilien situé sur l'état du Rio de Janeiro. Cette méthodologie aide à l'estimatif de la quantité des personnes par pixel tout en croisant des données démographiques sur des limites administratives avec des mesures de la surface terrestre. L'étude a obtenu des bons résultats liés à l'estimatif populationnel sur différentes unités spatiales (soit sur des limites politiques ou physiques). Cette approche est spécialement utile sur d'autres analyses qu'utilisent l'information de la distribution populationnelle.

Mots-clés: Télédétection; Géotraitement; Système d'Information Géographique; Analyse Spatiale; *People in Pixel*.

Introdução

Informações geográficas são importantes insumos para a tomada de decisão com maior confiança. Neste sentido, a utilização de levantamentos socioeconômicos do IBGE já supre parte da demanda por tais informações, porém sua escala de análise de maior detalhe fica restrita aos setores censitários que, dependendo da área, pode abranger espaços grandes com pequenas quantidades de população, o que influencia nos estudos que considerem a área de fato ocupada. Para solucionar este problema, o uso integrado do Sensoriamento Remoto junto com Sistema de Informações Geográficas (SIG) pode contribuir com uma metodologia chamada *People in Pixel* (CRUZ, 2007) que tem mostrado um bom potencial de aplicação. Segundo CARREÑO (2011) e TAVARES (2013), após a geração de um mapa de cobertura da terra, aplica-se um modelo matemático que considera a menor unidade de uma imagem digital – o pixel – para estimar o número de habitantes em cada uma destas unidades em relação às classes correspondentes às áreas habitadas considerando os dados demográficos do Censo.

Tal método para se estimar a população representa uma alternativa ao método usual de tratar as informações demográficas que são representados de acordo com as unidades política-administrativas de forma generalizada. Assim, com a abordagem do *People in Pixel* é possível buscar variações no número de habitantes dentro de unidades espaciais pré-estabelecidas.

SOUZA, et all, Estimativa da população apoiada por classificação de imagem orbital: uma aplicação people in pixel

Essa metodologia integra um mapeamento de cobertura da terra com dados socioeconômicos, como por exemplo do Censo Demográfico, considerando diferentes intensidades de ocupação. Para cada intensidade é definido um peso que, juntamente com o valor total de população de uma unidade espacial generalizada – como o setor censitário, permite estimar a quantidade de população que vive em cada pixel da imagem.

A área de estudo é Cabo Frio, um município da Região dos Lagos do estado do Rio de Janeiro (Figura 1) onde, a partir da década de 70, a função turística substituiu a indústria salinera como atividade predominante e, mais recentemente, teve o petróleo da bacia de Campos ganhando novo destaque (EGLER, 2004). Atualmente por ser uma região de grande apelo turístico, possui um forte fluxo migratório temporário em certas épocas do ano, como no verão e nos feriados. É uma região já previamente utilizada para estudos de *People in Pixel*, como em PINTO (2011), que se tornou uma referência para este trabalho. A diferença se encontra nos dados demográficos utilizados, uma vez que PINTO (2011) utilizou-se de dados de 2007 enquanto neste trabalho foram utilizados dados do Censo Demográfico do IBGE de 2010.



Figura 1. Localização de Cabo Frio no estado do Rio de Janeiro. (Fonte: wikimedia.org)

Metodologia

SOUZA, et al, Estimativa da população apoiada por classificação de imagem orbital: uma aplicação people in pixel

A figura 2, a seguir, apresenta esquematicamente um breve resumo das principais etapas do trabalho, que envolve o mapeamento de diferentes classes de cobertura da terra, com destaque para as classes de intensidade de ocupação; a organização dos dados do Censo; a integração dos dois tipos de dados, com estabelecimento dos pesos as classes de ocupação; estabelecimento e aplicação do modelo.

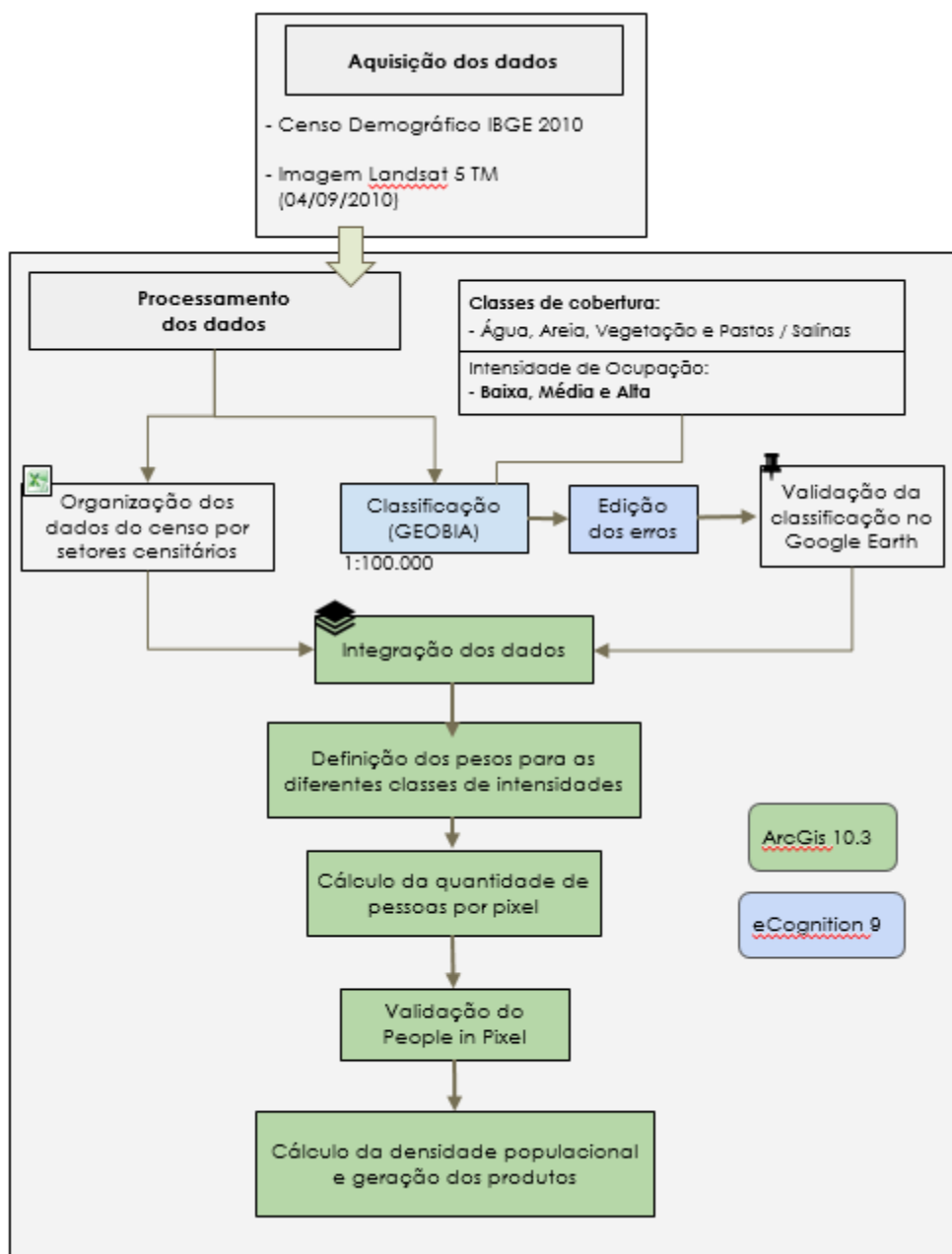


Figura 2. Fluxograma para geração dos dados que posteriormente serão utilizados para aplicar a metodologia *People in Pixel*. (Fonte: Autores)

SOUZA, et all, *Estimativa da população apoiada por classificação de imagem orbital: uma aplicação people in pixel*

Discorrendo melhor sobre cada etapa realizada no trabalho, o primeiro passo para realização do mesmo refere-se à aquisição dos dados. Assim, foram obtidos: a base de dados vetoriais e tabulares dos setores censitários do censo de 2010 do IBGE – com informações de população residente para cada setor; e a imagem de média resolução espacial *Landsat 5 TM*. Duas variáveis foram utilizadas como critério de escolha para a imagem: a condição atmosférica das mesmas – no que diz respeito à presença de nuvens ou não -, e a proximidade temporal da data de imageamento com a realização do censo demográfico em 2010, pois quanto maior a distância temporal em relação ao censo maior a probabilidade das informações diferirem. Sendo assim, a imagem escolhida foi adquirida em setembro de 2010.

Classificação de cobertura da terra

Na etapa de processamento dos dados foi realizada a classificação da cobertura da terra para a imagem adquirida, utilizando o *software eCognition*. Vale ressaltar que na etapa anterior à classificação a imagem passou pelo processo de **segmentação**, que consiste em agrupar os *pixels* da imagem de acordo com o comportamento espectral dos alvos nas bandas utilizadas, subdividindo a imagem em diversos segmentos.

A **classificação** da imagem foi feita pela abordagem **GEOBIA** (Análise de Imagens Baseada em Objetos Geográficos), que segundo SPERLE (2018) é uma metodologia que se destaca da tradicional por considerar diversos atributos extraídos dos objetos, permitindo uma relação semântica no processo de classificação. As classes de cobertura foram definidas como: água, areia, vegetação, pastos e salinas, além das classes de ocupação de baixa, média e alta intensidade.

Com a classificação da imagem pronta, foi feita a **edição dos erros** de comissão e omissão e, em seguida, a **validação da classificação**, em que foram gerados de 30 pontos para cada classe, gerados de maneira aleatória, e comparados com o observado nas imagens de

alta resolução do Google Earth, utilizando como referência, imagens de seu acervo de 2010.

Em paralelo à etapa de classificação da imagem, foi feita a organização da grande quantidade de dados do censo de 2010, de forma a filtrar as informações somente dos setores censitários presentes na área de interesse. Posteriormente foram produzidos dois mapas: um com população absoluta para cada setor e outro com densidade demográfica.

Elaboração e aplicação do *People in Pixel*

Após a realização dessas duas etapas, os dois produtos gerados – a classificação e os setores censitários com a população agregada, ambos em formato vetorial - foram integrados no *ArcMap*, de modo que mostrassem as diversas classes de cobertura da terra para cada setor censitário. Com isso, foram obtidos os valores de população do setor para cada classe de cobertura.

Para definir os pesos por classes, foram coletadas amostras de setores censitários que possuem toda ou grande parte de sua área classificada somente como ocupação de alta, média ou baixa intensidade. Foi avaliada a densidade demográfica em cada um destes setores a fim de ser estabelecer um valor médio de densidade demográfica para cada classe. O valor do peso foi estimado em função do aumento da densidade entre uma e outra classe. Assim a classe de ocupação de baixa intensidade recebeu peso 1 (densidade demográfica de 200 habitantes por quilômetro quadrado (hab/km^2); média intensidade recebeu peso 12,5 ($2.500 \text{ hab}/\text{km}^2$) e ocupação de alta intensidade recebeu peso 46 ($9.200 \text{ hab}/\text{km}^2$).

Para as classes de ocupação com **baixa intensidade**, foram consideradas áreas com ocupações horizontais e bem espaçadas umas das outras e, em geral, encontradas em setores censitários de maiores dimensões. Para ocupações de **média intensidade**, áreas

com mistura de ocupações horizontais e verticais, ambas bem consolidadas, nesta ainda é possível de se identificar alguns quarteirões. E por fim, foram englobadas na classe de **alta intensidade** de ocupação, aglomerações urbanas com muitas construções verticais, com ainda maior densidade de ocupação, caracterizadas por estarem presentes dentro de setores censitários pequenos.

Na figura 3 é possível observar como estas três classes de ocupação são vistas na imagem utilizada no estudo (imagem Landsat 5). Nota-se uma diferença entre a classe de ocupação de intensidade alta em comparação com as classes de intensidade média e baixa, sendo a primeira possuindo superfícies construídas mais densas na imagem. Esta densidade de superfícies construídas é menos significativa nas intensidades médias e baixa, sendo possível de observar áreas verdes ou não construídas dentro de seus limites.

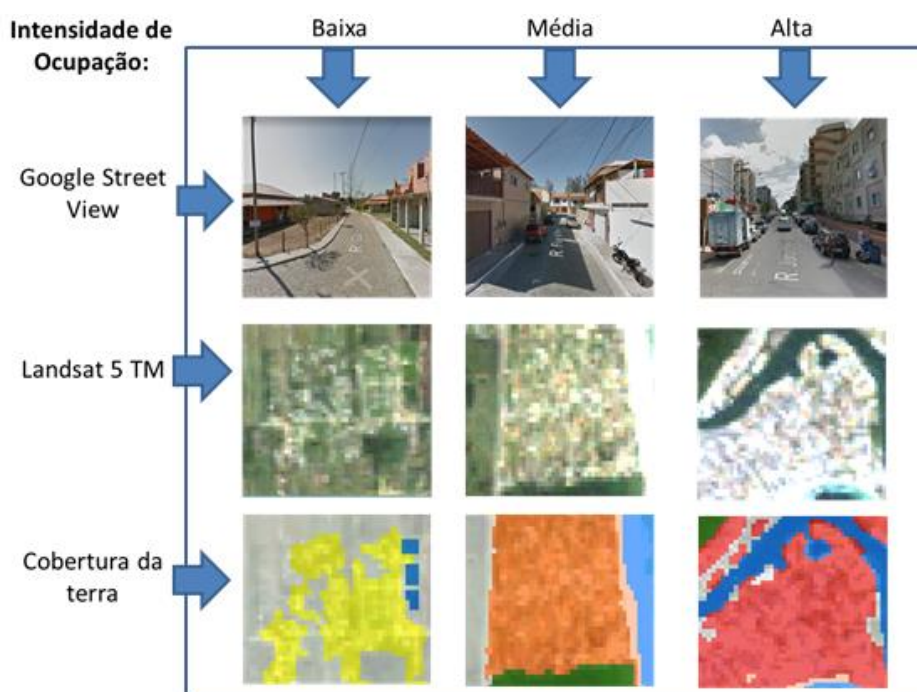


Figura 3. Exemplificação dos níveis de intensidade de ocupação. (Fonte: Autores)

Após a identificação dos setores censitários como amostras para cada tipo de ocupação, verificou-se a densidade demográfica de cada um e se analisou a proporção entre eles para a definição de pesos para cada intensidade de ocupação. Considerou-se o setor de ocupação de intensidade baixa como “Peso 1”, por ser a classe de ocupação mais baixa.

SOUZA, et all, Estimativa da população apoiada por classificação de imagem orbital: uma aplicação people in pixel

A definição dos pesos da ocupação de intensidade média e alta foi feita a partir da proporção entre a média de suas densidades demográficas em relação à média da densidade da classe ocupação baixa.

Em seguida, com os pesos determinados para cada uma das classes de ocupação do mapeamento, com o número de *pixels* que a determinada cobertura possuía e o valor total da população do setor, se fez o *People in Pixel* a partir da fórmula a seguir (CRUZ et al., 2007) (PINTO, 2011) (TAVARES, 2013).

$$\text{Hab / pixel} = \frac{\text{Total da População do setor} \times \text{Peso relativo à cada classe do setor}}{\sum \left[\frac{\text{Peso relativo à cada classe do setor} \times \text{nº de pixel de cada classe no setor}}{\text{classe no setor}} \right]}$$

Fórmula 1. Fórmula do *People in Pixel*. (Fonte: CRUZ et al. 2007)

Análises e resultados

O primeiro produto gerado (Figura 4) foi o **mapa de população absoluta por setor**. Neste é possível observar que a diferença de tamanho entre os setores censitários de Cabo Frio, assim como a variação de população entre os mesmos. Nota-se que neste tipo de representação, como dito anteriormente, a população é distribuída de forma homogênea em cada um dos setores censitários.

Mapa de População por Setor Censitário de Cabo Frio

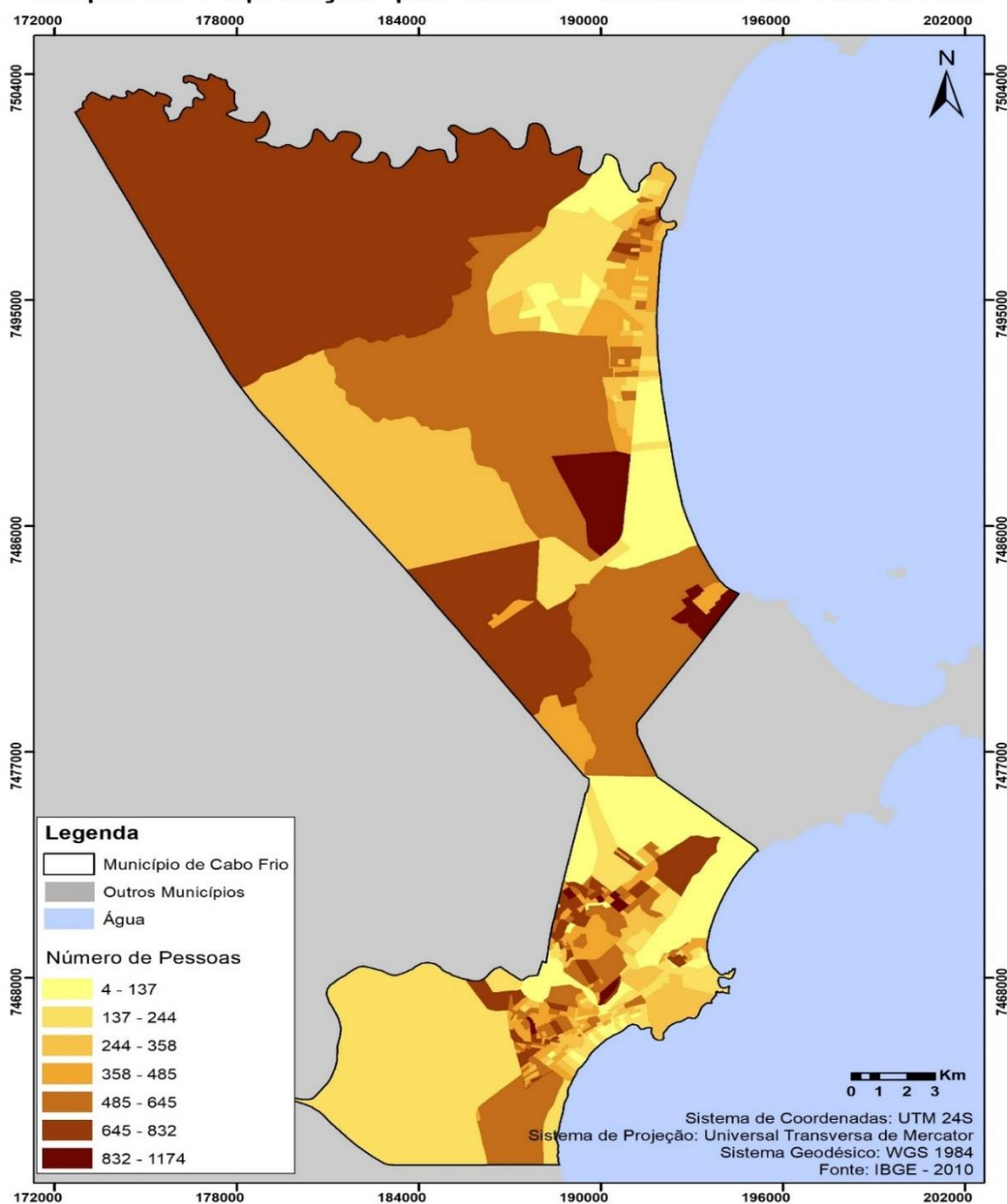


Figura 4. Mapa da População por setor Censitário do município de Cabo Frio – 2010. (Fonte: Autores)

Um dos problemas desta representação é que faz parecer que os setores com elevado número de população estão completamente ocupados quando, na realidade, a população pode estar concentrada numa pequena área e todo o resto desocupado, com presença, majoritariamente, de áreas naturais e/ou agrícolas.

SOUZA, et all, Estimativa da população apoiada por classificação de imagem orbital: uma aplicação people in pixel

O segundo produto gerado (Figura 5) foi o mapa de classificação da cobertura da terra para o município de Cabo Frio para o ano de 2010.

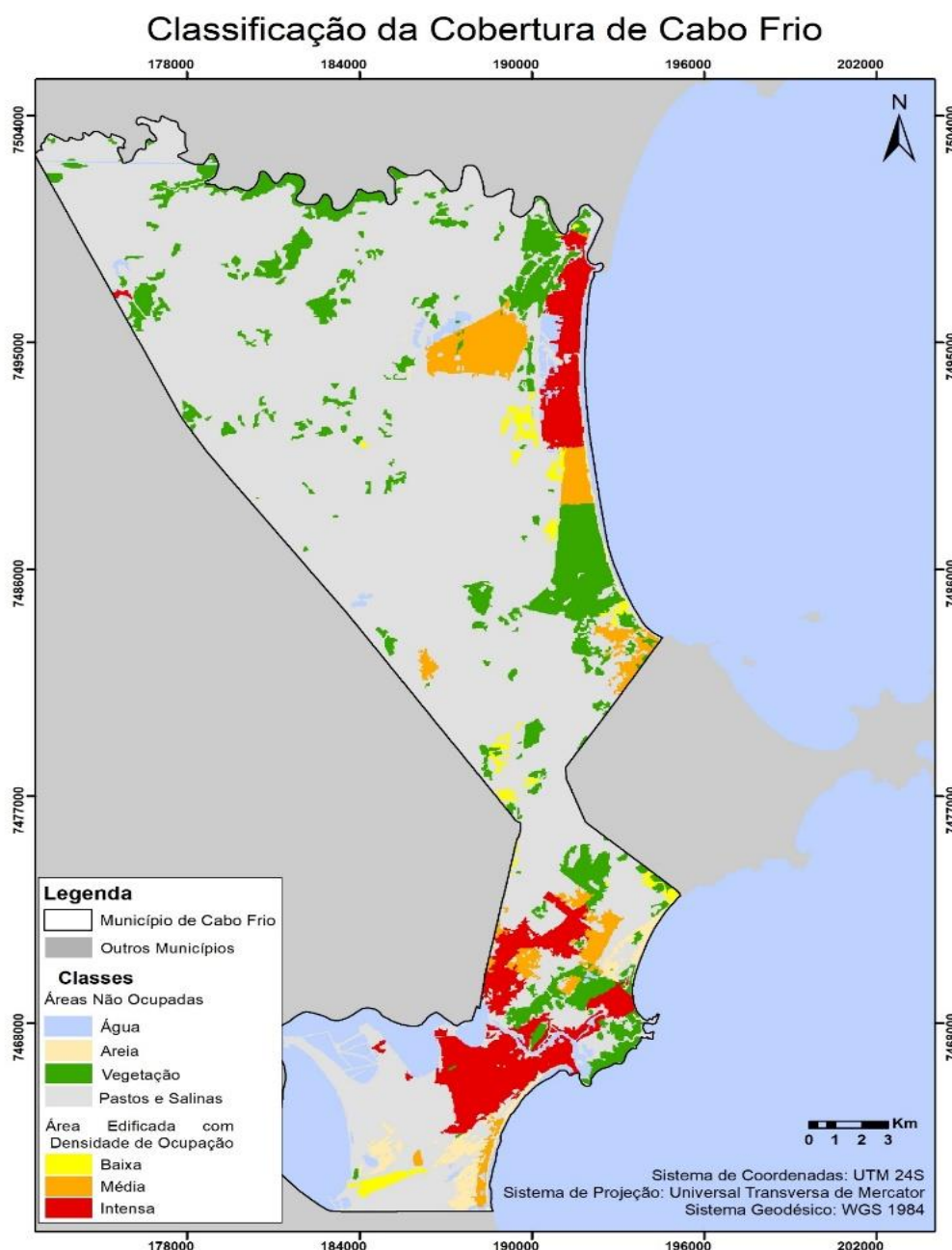


Figura 5. Mapa de cobertura da terra para o município de Cabo Frio – 2010.
(Fonte: Autores)

Ao comparar este produto (Figura 5) com o mapa da figura 4 fica nítido que alguns poucos setores censitários com registro de população segundo o Censo 2010 não possuíram intensidade de ocupação mapeadas pela imagem Landsat 5. Isto ocorre pois, para as

SOUZA, et all, Estimativa da população apoiada por classificação de imagem orbital: uma aplicação people in pixel

dimensões de pixel utilizado, estas ocupações não possuem tamanho suficiente para serem perceptíveis pelo sensor. Para isso, seria necessário utilizar uma imagem com maior resolução espacial e criar uma classe de ocupação “Rarefeita” para abranger essas ocupações mais dispersas.

Os mapeamentos gerados (Figuras 4 e 5) são os dados de entrada para aplicação do modelo *People in Pixel*. Com o primeiro, a informação de população - agregada à cada um dos 456 setores censitários de Cabo Frio - está distribuída de forma generalizada, isto é, sabe-se o total populacional para cada uma destas unidades político-administrativas, porém não há como saber quais as áreas que são ocupadas de fato por estas pessoas. E com o segundo, referente à classificação de cobertura da terra do município, é possível distinguir pelas classes de ocupação onde as pessoas estariam localizadas, entretanto não há como quantificar o público que se localiza em cada polígono classificado a partir da imagem.

Para integrar os dois produtos, foi utilizada a fórmula mostrada anteriormente, estimando-se o total de habitantes em cada pixel com ocupação no mapeamento de cobertura da terra. para integrar os dois mapeamentos, realizando então o *People in Pixel*.

Antes da integração dos dados, o mapeamento teve sua exatidão temática verificada, através da análise da sua matriz de confusão (Figura 6).

Amostras para validação		Classes do mapeamento							Total Geral
		ÁGUA	VEGETAÇÃO	AREIA	PASTO/SALINA	BAIXO	MÉDIO	ALTO	
Referência (Google Earth)	ÁGUA	28							28
	VEGETAÇÃO		30	2	3	2	1		38
	AREIA	1		27					28
	PASTO/SALINA			1	25	1			27
	BAIXO				2	20	7		29
	MÉDIO					5	19		24
	ALTO	1				2	3	30	36
Total Geral		30	30	30	30	30	30	30	210

Figura 6. Matriz de confusão entre as classes do mapeamento. (Fonte: Autores)

SOUZA, et all, *Estimativa da população apoiada por classificação de imagem orbital: uma aplicação people in pixel*

Pela matriz de confusão foi observada uma exatidão global de 85%, isto é, das 210 amostras coletadas - 30 amostras para cada classe do mapeamento que foram verificadas no software *Google Earth* - 85% delas estavam mapeadas corretamente. Entretanto, nas classes de maior interesse para o trabalho como as classes de ocupação de intensidade baixa, média e alta a exatidão foi de 76%, constatando um maior conflito entre as classes com intensidade de ocupação baixa e média.

Após a validação, para integrar os dois produtos, foi utilizada a fórmula do *People in Pixel* mostrada anteriormente, estimando-se o total de habitantes em cada pixel com ocupação no mapeamento de cobertura da terra. Assim, o terceiro produto gerado (Figura 7) foi o **mapa de *People in Pixel***.

Neste mapeamento cada pixel recebe uma estimativa de população baseada no quantitativo de pessoas naquele setor (Figura 4), na classe de cobertura do mesmo setor (Figura 5) atrelado a um peso pré-definido anteriormente. Com este mapa pode-se ver que muitos setores onde a Figura 5 mostrou que eram as áreas mais ocupadas, na realidade possuem uma área ocupada muito menor. A partir disso, a metodologia *People in Pixel* torna evidente as áreas não ocupadas e identifica onde de fato estão as ocupações, conseguindo representar características espaciais com menor nível de generalização em cada setor censitário de acordo com sua classe de ocupação, a partir do pixel ou grupos de pixels.

Após a geração do *People in Pixel* foi feita a validação da metodologia, onde contabiliza-se a população para descobrir se houve perda ou ganho de pessoas nessa estimativa. Para isso, foi contabilizado, para cada setor censitário, o total populacional das pessoas estimadas no *People in Pixel* comparando-se com o total populacional do censo demográfico do IBGE.

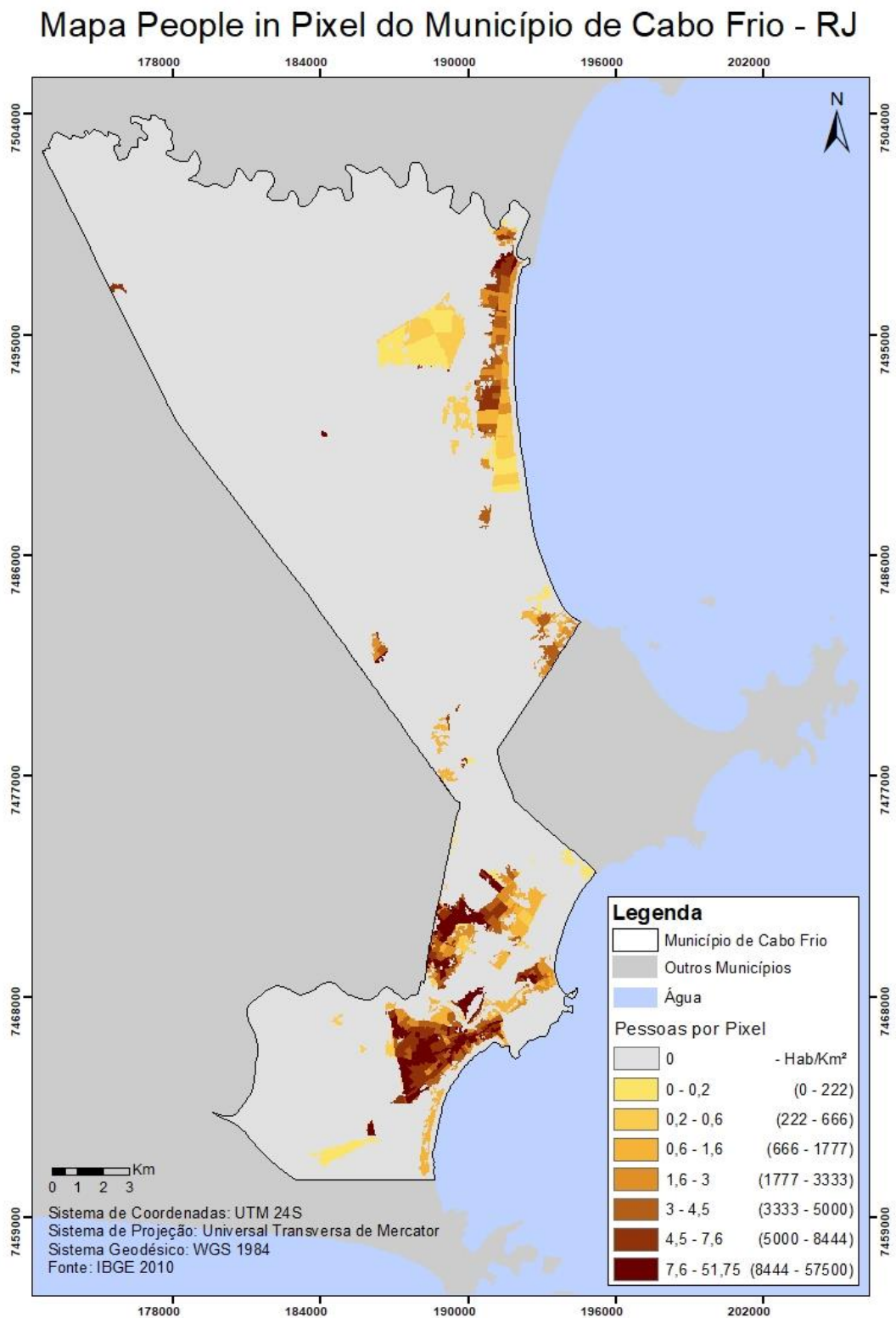


Figura 7. Mapa de People in Pixel para o município de Cabo Frio – 2010. (Fonte: Autores)

SOUZA, et all, Estimativa da população apoiada por classificação de imagem orbital: uma aplicação people in pixel

Segundo o Censo Demográfico realizado pelo IBGE em 2010 a população de Cabo Frio era de 186.227 pessoas e após a aplicação da metodologia *People in Pixel*, foram quantificadas 185.722 pessoas, ou seja, houve uma diferença de apenas 0,27% no número de pessoas. Essa diferença pode ser explicada pelo fato de ter sido utilizada uma imagem de média resolução para realizar a classificação da cobertura da terra e com isso, pelo nível de resolução espacial da imagem, não foi possível identificar ocupações muito pequenas e isoladas, como nos agrupamentos residenciais em áreas agrícolas. Para minimizar esse ruído, poderia ser adicionada uma classe “Ocupação Rarefeita” e usada uma imagem de maior resolução espacial.

Para compreender melhor as diferentes formas de representação de população, mais generalizado nos setores censitários e menos generalizado no *People in Pixel*, foi feito um **mapa de densidade demográfica** (Figura 8) dos setores do município de Cabo Frio para comparar com o mapa da figura 8.

A figura 7 mostra que, com o *People in Pixel*, a classe de mais baixa densidade ocupa uma área bem menor. Enquanto na figura 8 (mapa de densidade utilizando os setores censitários), toda a região de Cabo Frio poderia ter algum tipo de população morando, o *People in Pixel* (Figura 7) reduz para áreas mais pontuais, evidenciando onde a população está localizada com maior precisão. Ou seja, há um refinamento no mapeamento dos dados populacionais (valores absolutos ou de densidade demográfica).

Essa precisão na localização é importante para diversos planejamentos governamentais ou econômicos, significando menos custos e maior rapidez para que esta população seja atendida por serviços públicos e privados.

Análises baseadas em cálculos de densidades populações ficam mais precisas, pois reduzindo a área considerada, mas mantendo a mesma população, a densidade tende a aumentar. É possível ver isto comparando as Figuras 7 e 8, onde a densidade máxima no *People in Pixel* (57.500 hab/km²) aumenta em mais de 10.000 habitantes por km² em

SOUZA, et all, Estimativa da população apoiada por classificação de imagem orbital: uma aplicação people in pixel

relação a densidade considerando os setores censitários (46.670 hab/km²). Este é um aumento considerável que poderia definir, por exemplo, a criação de um novo posto de saúde ou escola, assim como novos serviços privados para a população, como no caso de empreendimentos comerciais.

Em seguida, foi elaborado um gráfico da diferença absoluta de área por classe de ocupação (Figura 9) para auxiliar na visualização da diferença entre uma representação com os dados agregados aos setores censitários e pela metodologia *People in Pixel*.

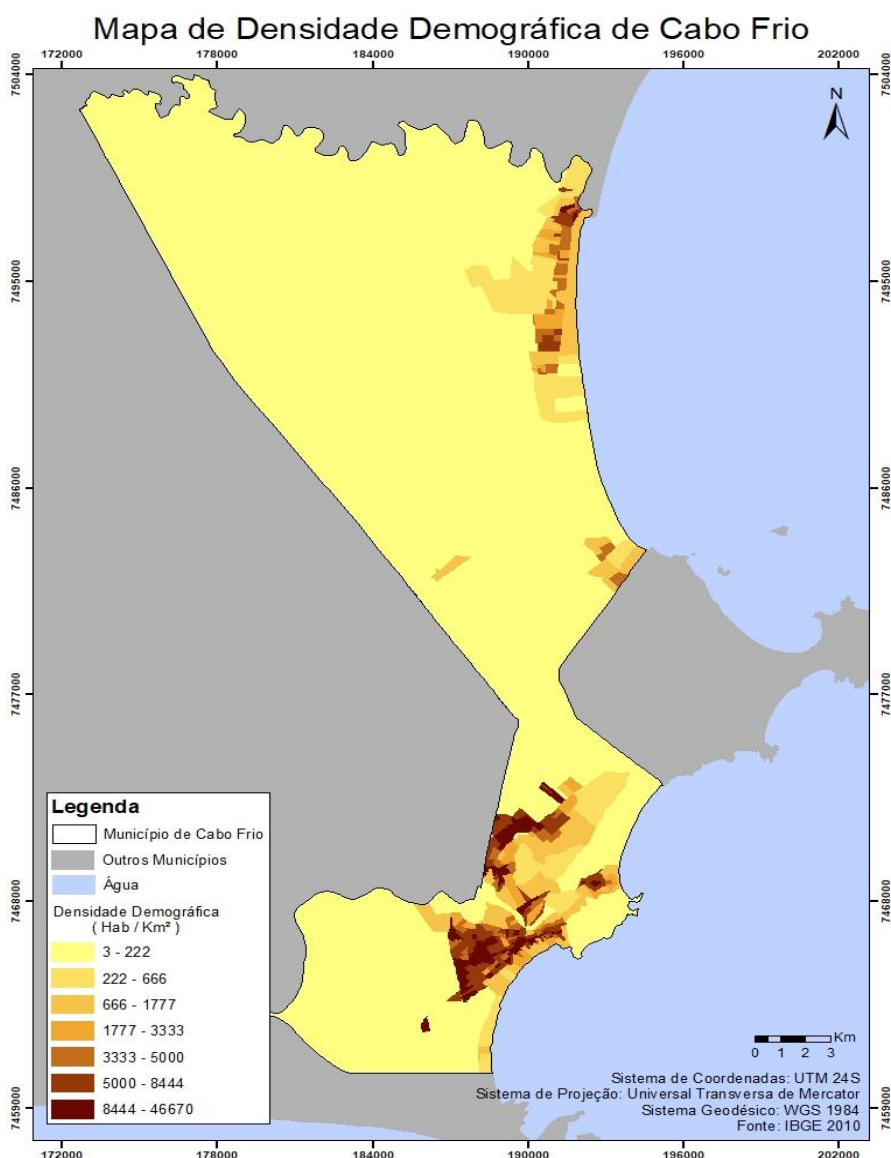


Figura 8. Mapa de densidade demográfica do município de Cabo Frio – 2010. (Fonte: Autores)

SOUZA, et all, Estimativa da população apoiada por classificação de imagem orbital: uma aplicação people in pixel

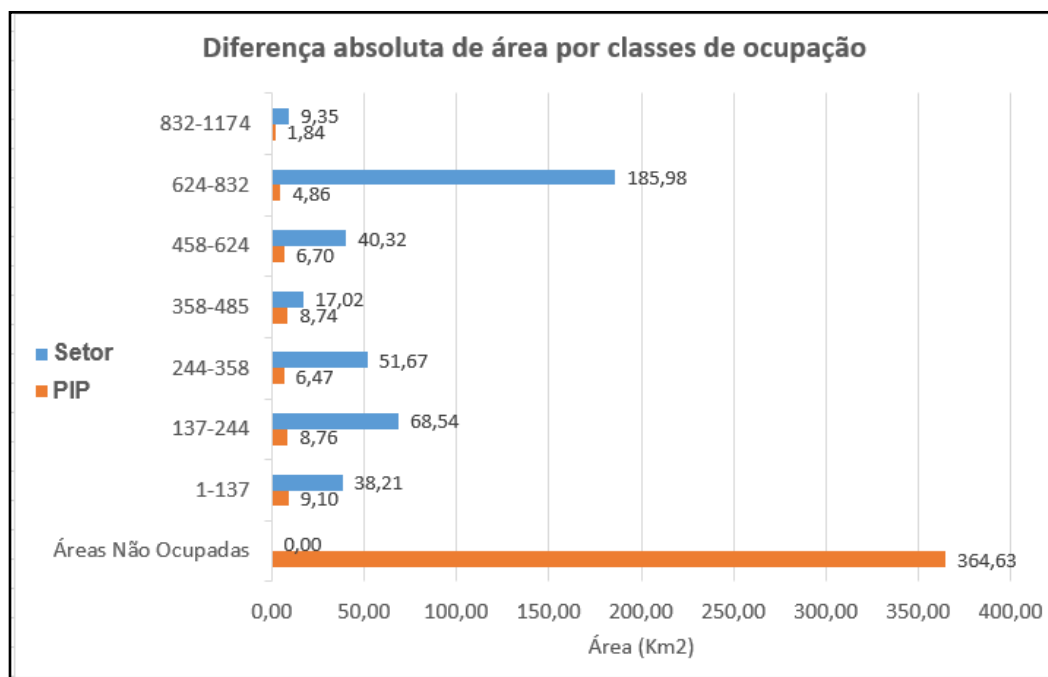


Figura 9. Gráfico da diferença absoluta de área por classes de ocupação. (Fonte: Autores)

O eixo vertical do gráfico (eixo Y) corresponde às classes de população divididos em quantidade de pessoas por setor e o eixo horizontal (eixo X) corresponde às áreas que essa população ocupa, por setor censitário ou por pixel (metodologia *People in Pixel*).

Por mais que os setores censitários apresentem características socioeconômicas distintas dentro de suas respectivas áreas, não é possível representar graficamente ou analisar essas variações internas ao setor. Logo, para uma análise baseada em setor censitário, toda a área de Cabo Frio é ocupada, com diferentes graus de intensidade, como mostrado em azul no gráfico.

A partir do *People in Pixel* são evidenciadas as áreas que não são ocupadas e é identificado o que de fato é ocupado pela população possibilitando, então, representar as características presentes dentro dos setores censitários com menor nível de

SOUZA, et all, Estimativa da população apoiada por classificação de imagem orbital: uma aplicação people in pixel

generalização, a partir de pixel ou grupos de pixel. Em laranja no gráfico é possível ver como o *People in Pixel* reduz drasticamente o que seriam áreas ocupadas e identifica o que, em um primeiro momento, não é ocupado pela população.

Após refinar as áreas ocupadas pelo *People in Pixel* verificou-se também que setores censitários com diferentes classes de ocupação dentro de seus limites originaram diferentes estimativas de população, graças aos pesos atribuídos para cada classe. Ou seja, tendo o pixel como unidade de análise torna-se possível identificar e diferenciar informações, com menor nível de generalização, presentes nestes, como explicitado na figura 10.

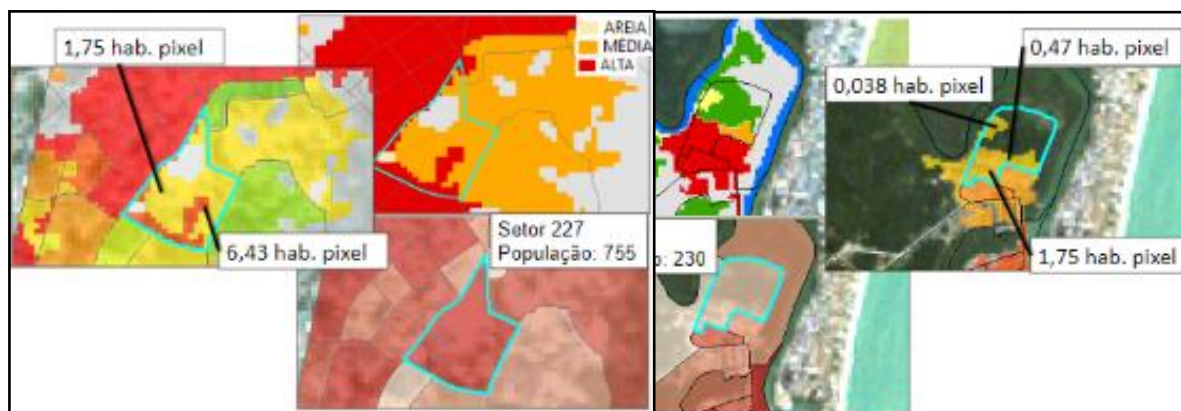


Figura 10. Exemplos de setores censitários que possuem mais que uma classe de ocupação, característica que gera diferentes estimativas de população dentro do mesmo. (Fonte: Autores)

Na figura 10 são destacados dois exemplos de setores censitários que apresentam mais de uma classe de intensidade de ocupação, característica que gera diferentes estimativas de população dentro do mesmo setor graças aos pesos atribuídos a cada classe de ocupação do mapa de cobertura da terra.

No primeiro caso é evidenciado o setor censitário 227, que possui população de 755 pessoas. Nele, foram identificadas duas classes de ocupação, uma sendo de intensidade alta e outra de intensidade média. Como o peso da primeira possui valor de 46 e o da

SOUZA, et all, Estimativa da população apoiada por classificação de imagem orbital: uma aplicação people in pixel

segunda, valor de 12,5, a estimativa de habitantes por pixel para a classe de ocupação de intensidade alta resultou em 6,43 habitantes no pixel, enquanto que a estimativa de pessoas por pixel para a intensidade média resultou em 1,75 habitante por pixel.

No segundo exemplo, o setor censitário de número 353, com 230 residentes, é um dos poucos setores censitários que apresentam as três classes de ocupação. Sendo assim, são realizadas três estimativas de pessoas por pixel neste setor: para a classe de ocupação com intensidade “baixa”, 0,038 hab/pixel; para a classe “média”, 0,47 hab/pixel; e por fim, para a classe “alta”, 1,75 hab/pixel.

Em ambos os casos anteriores, e em toda a área onde a metodologia foi aplicada, ao multiplicar o número de pixels por classe de ocupação pelo número de habitantes por pixel para cada uma dessas classes é possível saber exatamente quantas pessoas moram nesta região dentro do setor censitário em específico. Usando a classe “alta” do exemplo anterior, com 1,75 hab/pixel, caso essa classe possua um total de 300 pixels, por exemplo, o número total de moradores nesta região seria de 525 pessoas.

Conclusões

A metodologia de *People in Pixel* mostrou-se de grande utilidade para localizar e quantificar a população, de modo que, ao integrar a classificação da cobertura da terra com os dados de população para cada setor censitário, seja possível descobrir variações no número de habitantes dentro das unidades espaciais antes generalizadas às unidades político-administrativas. Isso foi demonstrado quando, em um único setor censitário, foram encontrados 3 níveis diferentes de ocupação que, no *People in Pixel*, geraram estimativas de população de acordo com a sua intensidade de ocupação.

O modelo aplicado adquiriu bom resultado e, além de identificar a concentração da população, foi possível estimar a quantidade de pessoas. Adotando o *pixel* como unidade de análise, torna-se possível trabalhar e integrar diferentes recortes espaciais, seja

SOUZA, et all, Estimativa da população apoiada por classificação de imagem orbital: uma aplicação people in pixel

natural ou político, como por exemplo, identificar quantas pessoas moram dentro de uma bacia hidrográfica - que é um limite natural - e é composta por diversos municípios, bairros ou distritos - que são limites políticos.

Reforça-se que, para a utilização do *People in Pixel*, é necessário que a classificação de cobertura da terra apresente boa exatidão, evitando casos de omissão e comissão, principalmente nas áreas ocupadas, a fim de evitar o comprometimento da aplicação da metodologia. Neste trabalho, a classificação da imagem Landsat 5 para geração do mapa de cobertura da terra foi a etapa que exigiu o maior tempo pois qualquer tipo de problema neste mapa poderia comprometer o resultado final.

Por fim, este estudo pode servir no suporte ao planejamento e gestão do território em diferentes demandas para a geografia e em áreas do conhecimento nos quais a estimativa e localização da população tem grande relevância, como em estudos de demografia e (geo)marketing.

Referências bibliográficas:

- CARREÑO, P. M. L. P.; CRUZ, C.B.M. *Aperfeiçoamento do modelo People in Pixel: Estudo aplicado a Região dos Lagos no estado do Rio de Janeiro*. Anais do XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Curitiba. 2011
- CRUZ, C.B.M; FABER, O.A.; REIS, R.B.; ROCHA, E.M.F.; NOGUEIRA, C.R. *Sensoriamento Remoto como estratégia alternativa para distribuição e mensuração da população – Estudo de caso no município do Rio de Janeiro*. Revista Espaço e Geografia, Vol. 10, 2007.
- EGLER, C. A. G.; RIO, G.A.P. *Turismo e Desenvolvimento Local no Estado do Rio de Janeiro*. VIII Encontro Nacional de Turismo com Base Local. Curitiba. 2004
- PINTO, A. C. M. C. B. *Distribuição de totais populacionais através da representação de superfícies contínuas com o apoio da classificação de imagem ALOS/AVNIR2*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geografia. UFRJ. Rio de Janeiro, 2011.
- SPERLE, D. V. S., CRUZ, C. B. M. *Tipologias de Caatinga: Uma Revisão em Apoio a SOUZA, et all, Estimativa da população apoiada por classificação de imagem orbital: uma aplicação people in pixel*

Mapeamentos Através de Sensoriamento Remoto Orbital e GEOBIA. Revista Do Departamento De Geografia, 35, 113-120. 2018.

TAVARES, A.C.A.; SOUZA, E.M.F.R.; CRUZ, C.B.M.; ROSÁRIO, L.S. *Distribuição espacial da população nas sub-bacias hidrográficas do entorno do COMPERJ, com o apoio do sensoriamento remoto: Uma aplicação do People in Pixel. Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Foz do Iguaçu. 2013*

Data de Submissão: 23/11/2018

Data da Avaliação: 15/12/2018