

ESTIMATIVA DE POPULAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DA BAÍA DE SEPETIBA (RJ) ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DO MODELO *PEOPLE IN PIXEL*

Raissa Kalaf de Almeida¹

Ana Luisa Lima Silvestre da Silva²

Paula Maria Moura de Almeida³

Rafael Silva de Barros⁴

29

Resumo. Essa pesquisa visa estimar a população da bacia hidrográfica da Baía de Sepetiba, no estado do Rio de Janeiro, através da aplicação do modelo *People in Pixel* e apoiada por uma classificação baseada exclusivamente no índice espectral NDBI. Esse índice espectral se mostrou eficiente e rápido na sua utilização para a realização do mapeamento da identificação das intensidades de áreas construídas. Com isso, o resultado obtido pôde ser utilizado como material para a metodologia *People in Pixel* que também se mostrou eficiente no seu papel de estimar e localizar a população por pixel na área de estudo. Fica assim evidenciado a contribuição do uso desse modelo no planejamento e gestão territorial e em estudos de análise de pressões antrópicas.

Palavras-chave: NDBI; sensoriamento remoto; sistemas de informações geográficas.

POPULATION ESTIMATE IN THE WATERSHED OF SEPETIBA BAY (RJ) BY APPLYING THE PEOPLE IN PIXEL MODEL

Abstract. This research aims to estimate the population of the Watershed of Sepetiba Bay, in the state of Rio de Janeiro, through the application of the *People in Pixel* model and supported by a

¹Mestranda em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, raissa.kalaf@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8182-392X>.

²Graduanda em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, analu.lima09@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8381-7216>.

³Professora Dra. do Departamento de Geografia, Universidade Federal Fluminense, almeida.pmm@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1575-3366>.

⁴Professor Dr. do Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, rafael.barros@igeo.ufrj.br, <https://orcid.org/0000-0002-9262-937X>.

classification based exclusively on the NDBI spectral index. This spectral index proved to be efficient and fast in its use for the mapping of the identification of the intensities of built-up areas. With this, the result obtained could be used as material for the People in Pixel methodology that also proved to be efficient in its role of estimating and locating the population per pixel in the study area. Thus, the contribution of the use of this model in territorial planning and management and in studies of anthropic pressure analysis is evidenced.

Keywords: NDBI; remote sensing; geographic information systems.

ESTIMACIÓN DE LA POBLACIÓN EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA DE LA BAHÍA DE SEPETIBA (RJ) MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL MODELO PEOPLE IN PIXEL

Resumen. Esta investigación tiene como objetivo estimar la población de la cuenca hidrográfica de la Bahía de Sepetiba, en el estado de Río de Janeiro, a través de la aplicación del modelo *People in Pixel* y con el apoyo de una clasificación basada exclusivamente en el índice espectral NDBI. Este índice espectral se mostró eficiente y rápido en su utilización para la realización del mapeo de la identificación de las intensidades de áreas construidas. Con eso, el resultado obtenido pudo ser utilizado como material para la metodología *People in Pixel* que también se mostró eficiente en su papel de estimar y localizar la población por píxel en el área de estudio. Así, se evidencia la contribución del uso de ese modelo en la planificación y gestión territorial y en los estudios de análisis de presiones antrópicas.

Palabras clave: NDBI; teledetección; sistemas de información geográfica.

Introdução

Frente ao cenário de crise ambiental, e a necessidade de mitigação dos impactos das práticas e ações sociais, estudos relacionados ao crescimento e o adensamento populacional têm sido cada vez mais frequentes, em parte pela importância desse enfoque para planejamento e gestão territorial. Um exemplo, é como a estimativa da população pode ser uma boa ferramenta para entender a dinâmica da população no território (SOUZA, 2019), principalmente em lugares tensionados pelo crescimento populacional.

A bacia hidrográfica da baía de Sepetiba é um bom exemplo de região tensionada por esse crescimento e de mudanças na paisagem a ela relacionadas. Parte da bacia está inserida no município do Rio de Janeiro, o mais populoso do estado do Rio de Janeiro, e a outra porção faz parte da fronteira de crescimento da região metropolitana. Essa localização faz com que estudos populacionais e também de transformação da paisagem sejam indicativos das pressões antrópicas existentes, mostrando assim a importância desses estudos.

Para essas análises de transformação da paisagem e de diferenciação da cobertura terrestre, o sensoriamento remoto tem sido uma das ferramentas mais utilizadas em estudos de grande escala geográfica. Em evolução a esse cenário os mapeamentos de cobertura e uso da terra obtidas por sensoriamento remoto podem ser analisados em conjunto com estudos de análise do adensamento populacional, e assim se entender ainda mais a dinâmica do território relacionado a estimativa da população (SEABRA et al., 2015).

Na aplicação de técnicas de classificação de imagens, por exemplo, são utilizados índices espectrais como auxílio na separação de alvos com diferentes composições. Eles são medidas que identificam e realçam determinadas informações presentes nas imagens como a cobertura vegetal, corpos d'água, áreas construídas, solo exposto etc. (CHEN et al., 2006; FRANÇA et al., 2012).

ALMEIDA, R.K. et al., Estimativa de população na bacia hidrográfica da baía de Sepetiba (RJ) através da aplicação do modelo People in Pixel

Doi: <https://doi.org/10.51308/continentes.v1i19.369>

Existe uma grande complexidade na elaboração de um mapeamento de cobertura e uso da terra através da classificação digital de imagens de satélite utilizando classificadores mais tradicionais, como o método de máxima verossimilhança, por exemplo. É demandado bastante tempo de execução com a seleção de amostras, edição após a classificação, conhecimento sobre as classes a serem mapeadas e a área estudada. O mesmo pode acontecer ao se usar uma abordagem mais atual como o GEOBIA (*Geographic Object-Based Image Analysis*).

Neste contexto, o Índice de Áreas Construídas por Diferença Normalizada (NDBI), foi desenvolvido por Zha et al. (2003), com grandes aplicações para a identificação de áreas construídas. Ele possui o intuito de automatizar o processo de mapeamento dessas áreas, bem como é capaz de servir como uma alternativa válida para a realização deste tipo de mapeamento de forma rápida e objetiva.

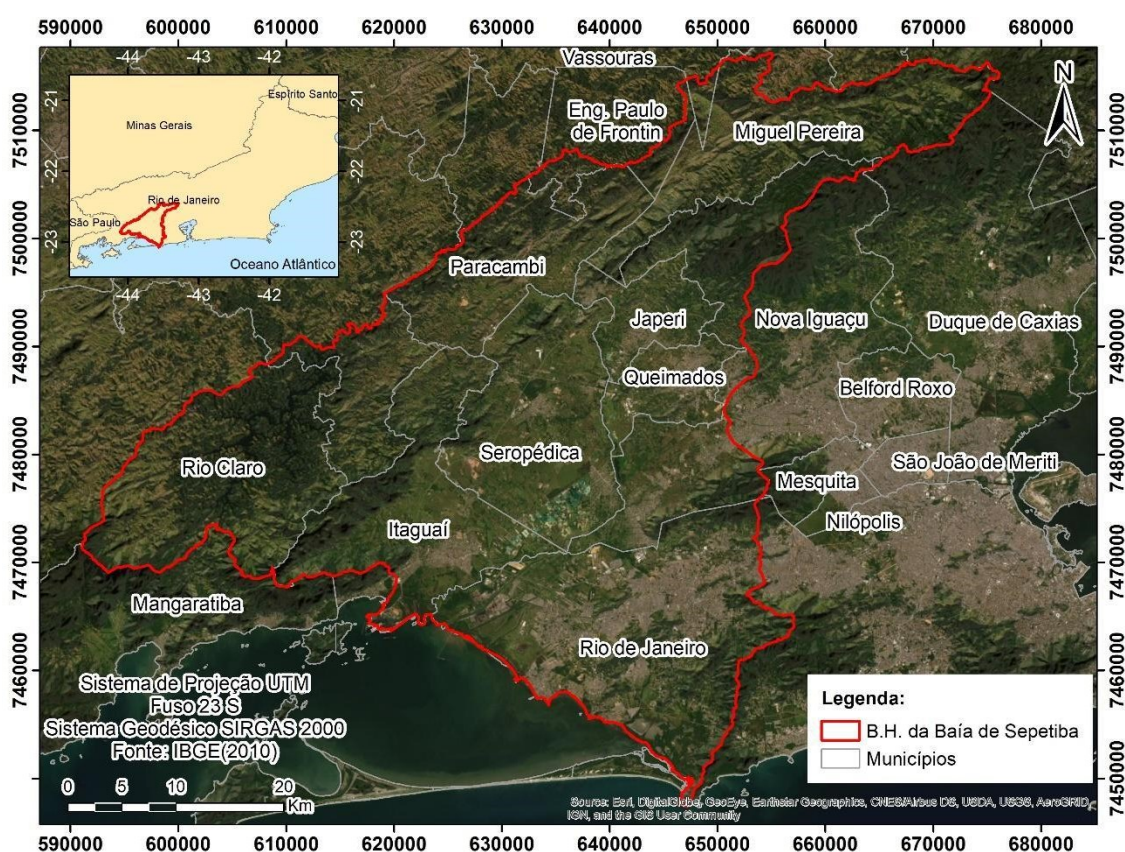
As informações demográficas, em sua grande maioria disponibilizadas por levantamentos socioeconômicos do IBGE, são de grande importância para serem utilizadas como ferramenta no planejamento e tomada de decisão em diversos sentidos. A unidade espacial com o maior detalhamento dessas informações é o setor censitário. Porém, para a estudos relativos à distribuição da população em determinadas áreas, por exemplo, ela não é representativa com relação a sua verdadeira espacialização, podendo abranger áreas com alta e baixa concentração de população dentro de um mesmo setor. Dessa forma, uma possibilidade de solução dessa questão é a integração do sensoriamento remoto com os dados censitários, mais especificamente, através da utilização da metodologia *People in Pixel* (CRUZ et al., 2007).

Segundo CARREÑO & CRUZ (2011) e TAVARES et al. (2013), posteriormente a criação do mapa de intensidades de áreas construídas, um modelo matemático simples é aplicado. Este modelo considera o pixel – unidade mínima de uma imagem – para estimar o número de habitantes em cada pixel da imagem, tendo em consideração as classes que correspondem às áreas construídas e utilizando dados demográficos do Censo.

O método *People in Pixel* possibilita a espacialização das heterogeneidades internas, normalmente existentes, em uma unidade político-administrativa ou em qualquer outro tipo de unidade espacial. Ademais, as informações disponibilizadas nessas unidades político-administrativas dificultam ou impossibilitam a desagregação dos dados socioeconômicos em outras unidades como as naturais ou físicas, como as bacias hidrográficas.

Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo estimar a população existente na bacia hidrográfica da baía de Sepetiba (figura 1), no estado do Rio de Janeiro, através da aplicação do modelo *People in Pixel* e apoiada por uma classificação baseada exclusivamente no índice espectral NDBI.

Figura 1 – Mapa de localização da bacia hidrográfica da Baía de Sepetiba - RJ



Fonte: Autores.

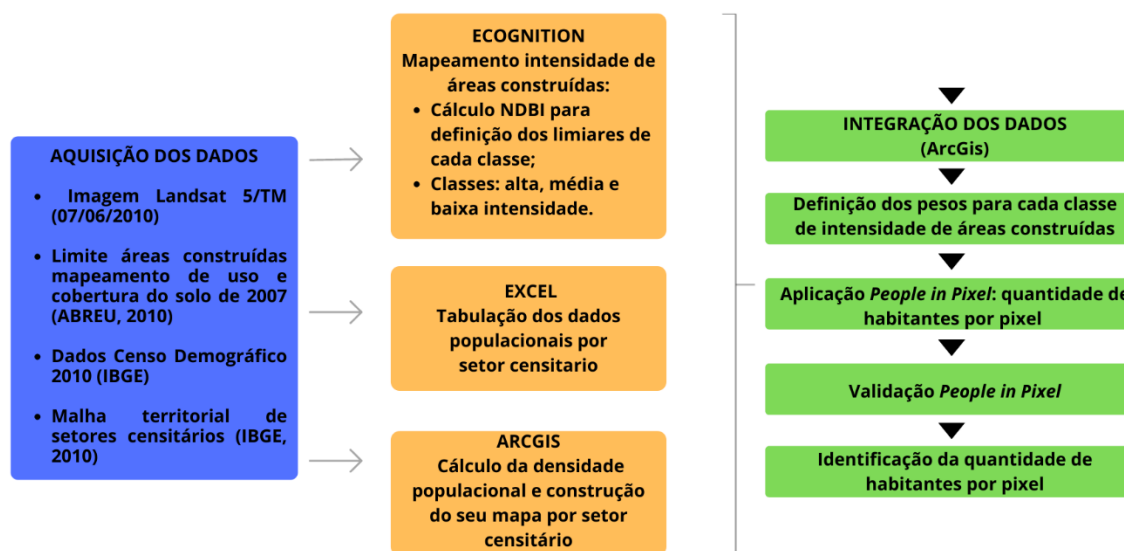
ALMEIDA, R.K. et al., *Estimativa de população na bacia hidrográfica da baía de Sepetiba (RJ) através da aplicação do modelo People in Pixel*

Doi: <https://doi.org/10.51308/continentes.v1i19.369>

Materiais e Métodos

Na figura 2, a seguir, está apresentado um breve resumo dos principais passos realizados para o alcance do objetivo do presente trabalho. De uma forma geral, foram obtidos os dados necessários, realizado o mapeamento das intensidades das áreas construídas, tabulados os dados do censo demográfico de 2010 e, então, aplicado o modelo *People in Pixel* para a estimativa do número de habitantes por pixel para a área da bacia hidrográfica da baía de Sepetiba.

Figura 2 – Fluxograma resumo da metodologia utilizada



Fonte: Autores.

Para melhor entendimento de cada etapa realizada, a metodologia foi dividida em dois grandes passos: o mapeamento das intensidades de áreas construídas a partir do índice NDBI e a aplicação do modelo *People in Pixel* para a estimativa dos habitantes por pixel.

Mapeamento das intensidades de áreas construídas a partir do índice espectral NDBI

ALMEIDA, R.K. et al., Estimativa de população na bacia hidrográfica da baía de Sepetiba (RJ) através da aplicação do modelo *People in Pixel*

Doi: <https://doi.org/10.51308/continentes.v1i19.369>

Inicialmente, foi necessário o download de uma imagem do satélite Landsat 5 sensor TM na plataforma online “*Earth Explorer*”, pertencente ao Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS), do ano de 2010 para a órbita 217 e ponto 076, onde está presente a área estudada. Utilizou-se como base para esse mapeamento o limite das áreas construídas presentes na classificação de cobertura e uso da terra realizado por Abreu (2010) para o ano de 2007. Optou-se por aproveitar apenas o contorno dessa classe sem levar em consideração as suas divisões internas das intensidades. O uso apenas do limite teve a intenção de aperfeiçoar as classes de intensidade de áreas construídas, uma vez que o mapeamento realizado por Abreu (2010) levou em consideração o contexto espacial de todo o estado do Rio de Janeiro.

Um projeto no *software eCognition* foi criado para o detalhamento das áreas construídas, onde foram inseridas as bandas espectrais de 1 a 7 do ano de 2010 (com exceção da banda 6), e o limite das áreas construídas referente ao mapeamento de 2007. Nesse projeto foi realizado o processo de segmentação da imagem em dois níveis diferentes. O primeiro nível foi criado a partir do algoritmo *Chessboard Segmentation* com tamanho do objeto 99999 e usando o limite das áreas construídas como parâmetro temático, com o intuito de delimitar apenas as áreas construídas para posterior segmentação. Em seguida foi realizada a segmentação através do algoritmo *Multiresolution Segmentation* com os parâmetros: fator de escala 20, forma 0.1, compacidade 0.5 e peso 1. Esses parâmetros foram definidos através de testes empíricos.

Após realizadas as segmentações necessárias e a partir das bandas espectrais 4 (infravermelho próximo) e 5 (infravermelho médio) do sensor TM, foi realizado o cálculo do NDBI para 2010 no mesmo projeto (equação 1).

Equação 1 – Cálculo do Índice de Áreas Construídas por Diferença Normalizada - NDBI

ALMEIDA, R.K. et al., *Estimativa de população na bacia hidrográfica da baía de Sepetiba (RJ) através da aplicação do modelo People in Pixel*

Doi: <https://doi.org/10.51308/continentes.v1i19.369>

$$NDBI = \frac{\text{Infravermelho Médio} - \text{Infravermelho Próximo}}{\text{Infravermelho Médio} + \text{Infravermelho Próximo}}$$

Fonte: ZHA et al. (2003).

Para a definição das classes para detalhamento das áreas construídas utilizou-se o manual técnico de uso da terra do IBGE como referência. Assim, a mancha urbana foi caracterizada em 3 classes. A classe de alta intensidade de áreas construídas é composta por áreas com elevado índice de ocupação e construção, sendo capaz de estarem associadas, na maioria das vezes, à presença de construções verticalizadas, residenciais ou não, e com pouco espaçamento entre as construções e ocupações. A classe de média intensidade de áreas construídas possui características semelhantes à classe alta, porém com menor intensidade. Possui maior espaçamento entre as construções e ocupações em relação à alta intensidade. Já a classe de baixa intensidade, geralmente, são áreas de expansão urbana com a presença de loteamentos e abertura de estradas. Possui construções e ocupações mais espaçadas umas das outras, podendo ter a mistura da resposta espectral com pastagem e vegetação inicial (IBGE, 2013) (Figura 3).

Figura 3 – Exemplo de cada classe de intensidade de área construída.



Baixa Intensidade de Área Construída

Média Intensidade de Área Construída

Alta Intensidade de Área Construída

Fonte: Google Earth (2021).

Depois de realizadas as segmentações e o cálculo do NDBI foram coletadas 23 amostras para cada classe, cujas respostas espectrais auxiliaram a definição dos limiares de modelagem. A quantidade de amostras coletadas levou em consideração a homogeneidade dos segmentos e sua distribuição na área de estudo, de forma que as classes tivessem boas amostras e em mesma quantidade. Após realizada a amostragem, foram exportados o resultado do NDBI da área de estudo e as amostras com seus respectivos valores médios de NDBI para serem analisados no *software ArcGis 10.3*.

Depois de alguns testes de diferentes classificações dos valores das amostras, percebeu-se que a classe de baixa intensidade foi separada a partir da classificação de quebras naturais (*Jenks*) do histograma relacionado ao NDBI, com sua divisão em três classes, ainda com ajustes dos limiares através de avaliação e testes visuais. Então, também foi verificado os valores encontrados nas amostras e levou-se em consideração o intervalo dos valores obtidos para a classe de média intensidade. Dessa forma o limiar foi aumentado para que a classe se comportasse de maneira mais adequada quando comparada à imagem do satélite Landsat 5/TM do mesmo ano e nas imagens disponíveis na plataforma *Google Earth*. A partir dessa classificação por quebras naturais não foi possível diferenciar adequadamente as classes de média e alta intensidade, por isso, foi necessário utilizar também o intervalo dos valores do índice obtidos para a classe de média intensidade e posteriormente feito ajuste do limiar de acordo com a interpretação visual, como feito na classe de baixa intensidade.

Após a definição dos limiares de cada classe no *software ArcGis 10.3* estes foram utilizados para a modelagem e no *software eCognition* para o mapeamento de intensidades de áreas construídas para o ano de 2010. O último passo consistiu no processo de generalização para remoção de ruídos, com eliminação dos segmentos menores que 11 pixels, através da ferramenta *assign class*. Segmentos menores ou iguais a 11 pixels e que tivessem 70% ou mais da sua borda de determinada classe foram classificados de acordo com essa classe vizinha.

Aplicação do modelo *People in Pixel*

Para o cálculo do *People in Pixel*, utilizou-se os dados da população residente e a malha territorial de setores censitários do censo demográfico de 2010 do IBGE, para os municípios presentes na bacia hidrográfica da baía de Sepetiba. Esses setores foram unidos (*join*) e recortados, sendo selecionados os setores censitários que estavam completamente inseridos dentro do limite da bacia hidrográfica. Essa escolha precisou ser feita por estar sendo utilizado um limite natural, como o da bacia hidrográfica, em conjunto com outro dado que não é compatível com a sua representação, como o setor censitário. Dessa forma, foram selecionados 27.777 setores, sendo 60 deles setores sem informação populacional. Esses setores censitários podem estar sem informação de população por diversos motivos. No caso desse estudo pode ter ocorrido essa falta de informação por serem setores que abrangem feições naturais (grandes áreas florestais ou afloramento rochoso, por exemplo), o recenseador não conseguiu acesso para coletar os dados de determinado lugar (setores que abrangem condomínios inteiros, por exemplo) ou por ser um setor com pouquíssimos moradores e por questão de segurança esse dado não é divulgado. Após esses procedimentos, foram então calculadas as áreas em metros quadrados de cada setor censitário.

Com os arquivos vetoriais do mapeamento de intensidades de áreas construídas e dos setores censitários com as informações de população e área do setor, foi utilizada a ferramenta *intersect* a fim de encontrar as áreas de sobreposição dos setores com cada classe mapeada e então calculada sua nova área. A partir disso, foi realizada a proporção da área original do setor e a nova área calculada, a fim de selecionar as maiores proporções para definição dos pesos de cada classe de mapeamento. Foram selecionadas 30 amostras de cada classe (baixa, média e alta intensidade de área construída) que tivessem a maior proporção de área possível e calculadas as densidades demográficas médias para cada classe a partir dessas amostras. A quantidade de amostras foi determinada a partir dos valores de proporção de área, selecionando assim

amostras que tivessem valores até 90%. A classe de baixa intensidade teve amostras com proporções de área de 100% a 97,8%; a classe de média intensidade teve apenas amostras de 100% e a classe de alta intensidade teve amostras com valores de 100% a 90,8%. Para a classe de baixa intensidade foi definido o peso 1 para facilitar os cálculos dos pesos das outras classes. Dessa forma, baseado nas amostras coletadas e em função do aumento da densidade populacional de uma classe para outra, foi definido peso 2 para a classe média e peso 2,7 para a classe de alta.

Foi realizada a conversão dos setores censitários e do mapeamento de intensidades para arquivos tipo *raster* pelo *ArcGIS* com o intuito de realizar a operação *combine* no mesmo *software*, que gera um novo *raster* com a sobreposição dos dois *raster* (mapeamento e setores censitários). A tabela de atributos dessa operação foi então exportada para ser manipulada no *software Excel* a fim de realizar a união das informações e os cálculos para o *People in Pixel*. Abaixo, na equação 2, apresenta-se a fórmula do *People in Pixel*.

Equação 2 – Cálculo do modelo People In Pixel

$$Hab / pix_{ij} = (totpop_j * peso_i) / \sum_1^n (peso_i * totpix_{ij})$$

Fonte: Cruz et al. (2007).

Onde Hab/pix_{ij} é o número de habitantes por pixel. i é a classe de ocupação, j é a unidade territorial, $totpop_j$ é o total populacional da unidade territorial j , $peso_i$ é o peso relativo à classe i e $totpix_{ij}$ é o total de pixels pertencentes a uma dada classe i em uma unidade territorial j .

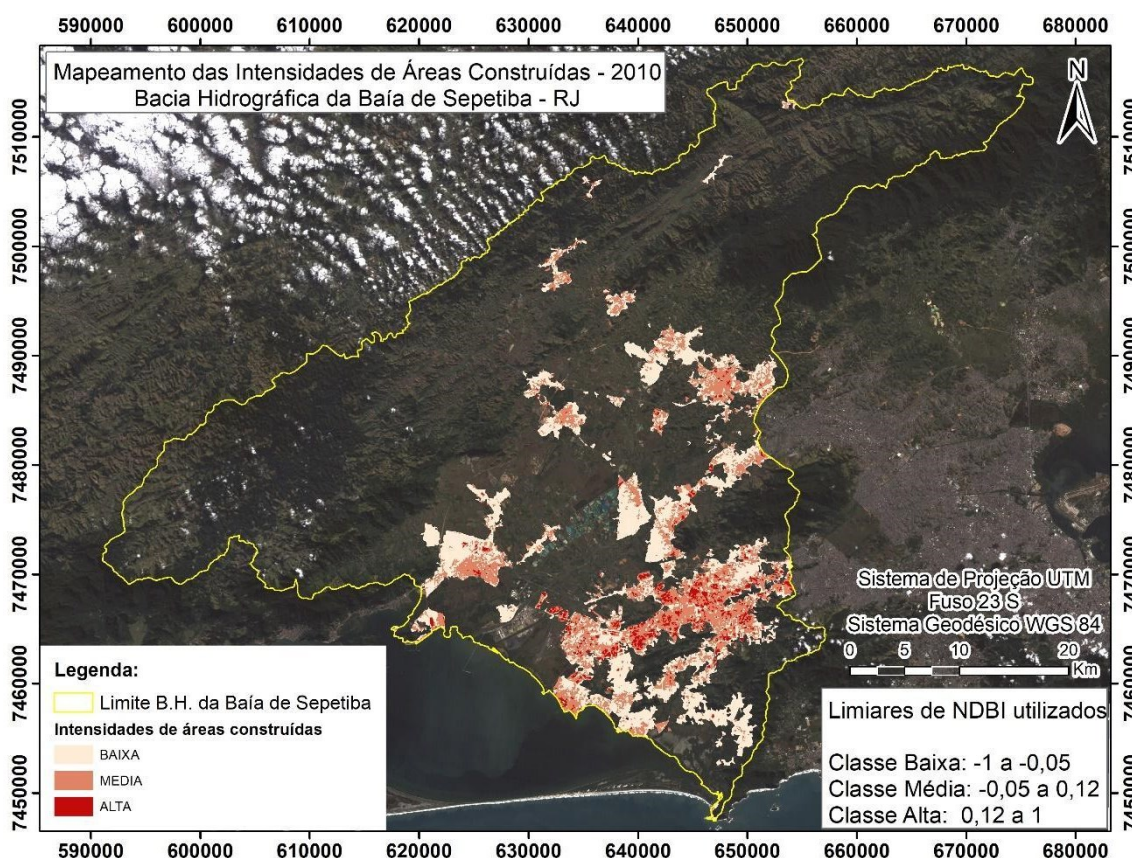
Posteriormente, uma tabela com os resultados dos cálculos do modelo foi retornada ao arquivo *raster* no *ArcGis* a fim de ser possível a espacialização da informação de habitantes por pixel e assim serem gerados os mapas. Para validação do resultado, foi

feita a soma total da população do *raster* gerado e feita a comparação com número original da população obtidos pelo Censo.

Resultados

Como primeiro resultado, apresentado na figura 4 abaixo, estabeleceu-se os limites do índice NDBI para cada classe de intensidade. Após a aplicação da metodologia em conjunto com a interpretação visual foram então identificados os intervalos de valores: -1 a -0,05 para a classe de baixa intensidade, -0,05 a 0,12 para a classe de média intensidade e de 0,12 a 1 para a classe de alta intensidade de áreas construídas.

Figura 4 – Mapa das intensidades de áreas construídas para a bacia hidrográfica da Baía de Sepetiba, ano de 2010.



Fonte: Autores.

ALMEIDA, R.K. et al., *Estimativa de população na bacia hidrográfica da baía de Sepetiba (RJ) através da aplicação do modelo People in Pixel*

Doi: <https://doi.org/10.51308/continentes.v1i19.369>

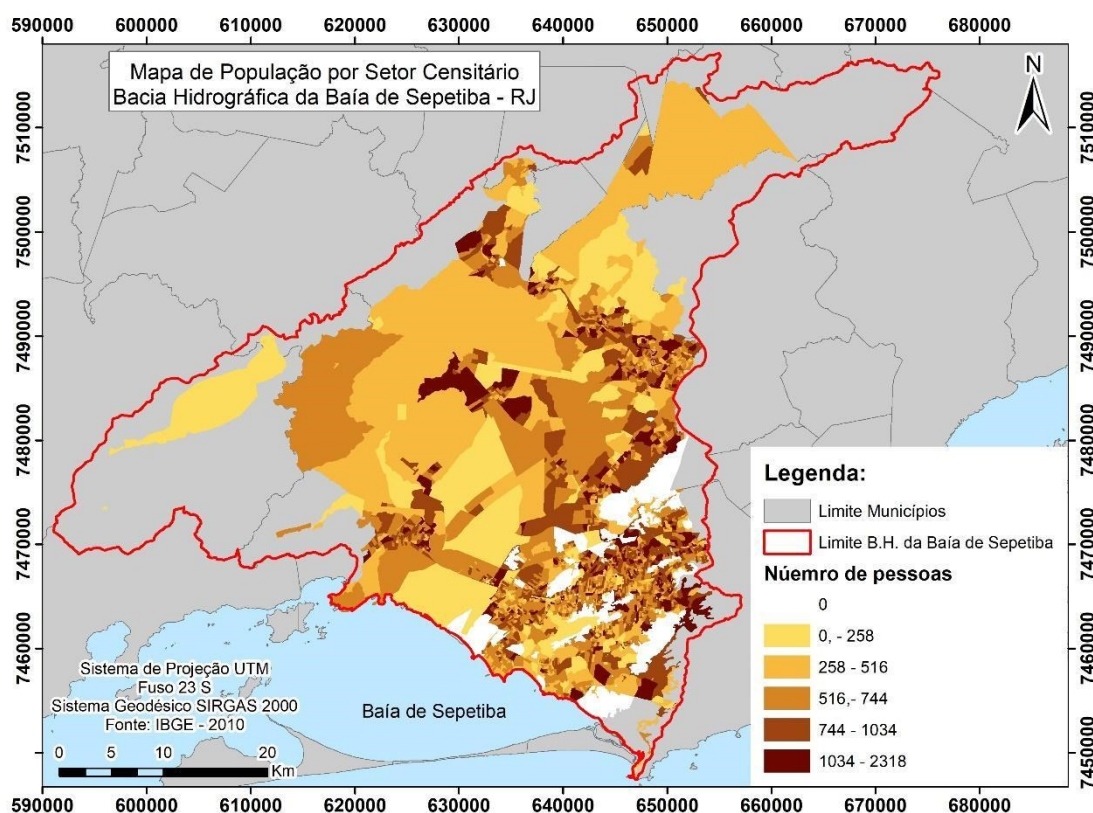
O resultado do mapeamento de intensidade de áreas construídas por NDBI (figura 4) se mostrou satisfatório, conseguindo diferenciar as três classes previamente definidas.

Optou-se por não realizar nenhuma edição manual para que o processo de geração do mapeamento fosse o mais automatizado possível. Algumas áreas com a presença de solo exposto, por conta de sua resposta espectral, foram classificadas como de alta intensidade de área construída e em alguns momentos como de média intensidade, quando havia mistura de cobertura vegetal. Essas confusões acontecem porque esse tipo de cobertura da terra possui alta reflectância assim como as áreas construídas e, conseqüentemente, comportamento de NDBI muito parecido com o das áreas construídas (Zha et al., 2003).

A validação ideal para esse tipo de mapeamento seria a partir de trabalhos de campo, porém, devido ao momento de pandemia, buscou-se alternativas a esse tipo de validação. Apesar do mapeamento apresentar classes subjetivas, não sendo facilmente comparado a outros mapeamentos de intensidades de áreas construídas, utilizou-se a imagem Landsat 5/TM e imagens de alta resolução espacial na plataforma Google Earth, para a validação visual do mapa gerado.

Para ajustar o modelo *People in Pixel* e obter a estimativa da população por pixel, além do resultado do mapeamento de áreas construídas apresentado anteriormente, também se fez necessário ter a informação da população residente para cada setor censitário utilizado. Na figura 5 é possível ver a distribuição da população nos setores censitários selecionados para ajuste e aplicação do *People in Pixel*, ou seja, apenas os setores que estavam totalmente inseridos dentro do limite da bacia hidrográfica da baía de Sepetiba. Pode-se perceber que, como todo mapa coroplético, a representação da distribuição da população por setor censitário se dá de forma contínua dentro de cada setor censitário.

Figura 5 – Mapa da população dos setores censitários totalmente inseridos dentro da bacia hidrográfica da Baía de Sepetiba.



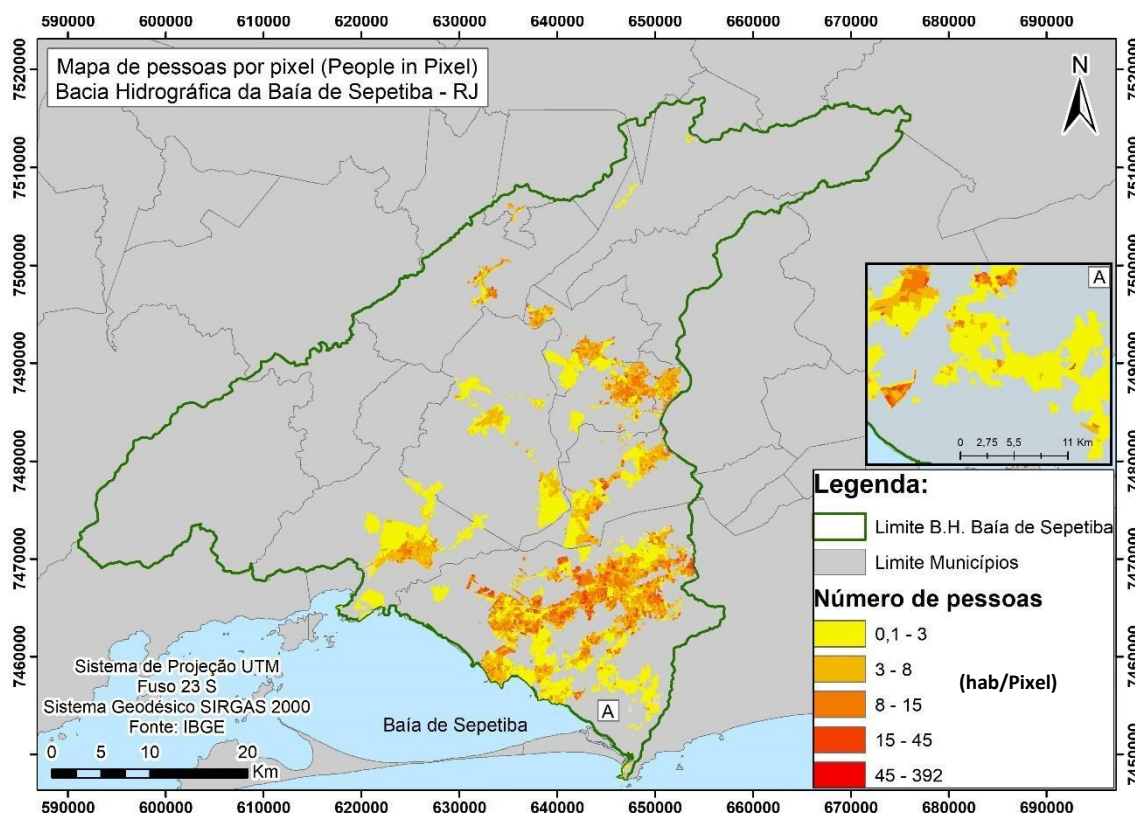
Fonte: Autores.

Na prática, esse tipo de representação demonstra que os setores com elevado número de pessoas estão completamente ocupados. Porém, isso pode não acontecer na realidade, uma vez que a população pode estar concentrada em apenas uma parte do setor tendo outras áreas ocupadas por feições naturais ou por outras classes de cobertura da terra.

Com a integração dos dois produtos (intensidades de áreas construídas e população por setor censitário) foi então viável estimar a população em cada parte do setor e gerar um mapa com a quantidade de pessoas por pixel para a bacia hidrográfica da baía de

SePETiba (figura 6). O quadro A, presente na figura 6, indica a localização na área de estudo dos exemplos apresentados nas figuras 8 e 9.

Figura 6 – Mapa de pessoas por pixel (People In Pixel) para a bacia hidrográfica da Baía de Sepetiba



Fonte: Autores.

Se fosse analisada apenas a espacialização da informação de população por setor censitário a partir dos dados do censo, seria conhecido o total de habitantes em cada unidade de representação, mas não seria possível saber, de fato, quais são as áreas ocupadas por pessoas dentro de cada unidade (setor censitário). E analisando somente o mapa de cobertura e uso da terra é possível distinguir onde estão localizadas as classes de ocupação, porém não é possível quantificar o número de pessoas existentes. Com o mapa do *People in Pixel* gerado pode-se ver as áreas que eram muito ocupadas, pelo

ALMEIDA, R.K. et al., *Estimativa de população na bacia hidrográfica da baía de Sepetiba (RJ) através da aplicação do modelo People in Pixel*

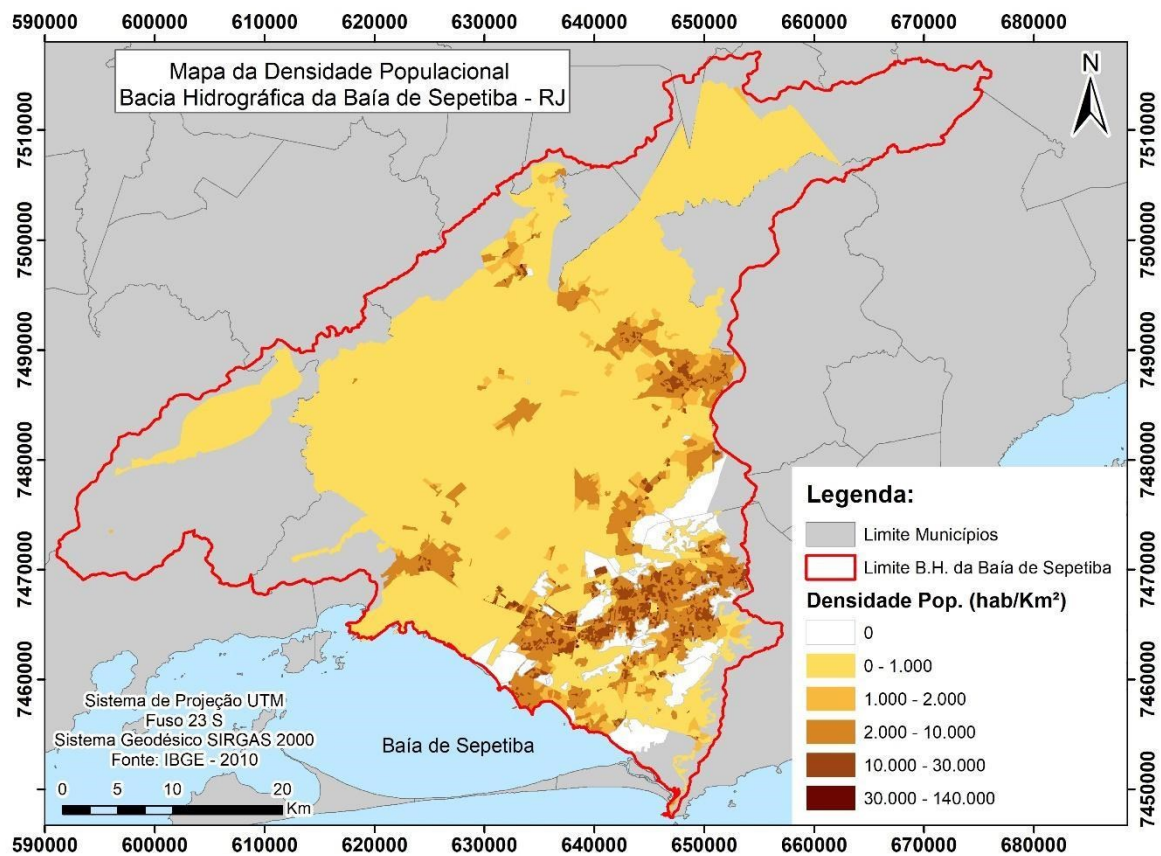
Doi: <https://doi.org/10.51308/continentes.v1i19.369>

mapa da população por setor censitário que, na realidade, possuem uma ocupação com intensidade variável dentro do setor. Dessa forma é possível evidenciar as áreas que não são ocupadas e as áreas em que realmente existem ocupações mostrando, assim, uma menor generalização das ocupações para se chegar a uma espacialização mais condizente com a realidade.

Para a validação dessa metodologia, foi feita a soma total da população espacialmente distribuída (modelo *People in Pixel*) e da população nos setores envolvidos. Teve-se como resultado que o total de população estimado pelo modelo foi de 1.667.014 pessoas, com uma diferença de apenas 29.397 (ou 1,7%) em relação ao número original de 1.696.411 de pessoas oriundo dos dados do censo. Essa diferença de menos de 2% no somatório da população pode ser explicada pela resolução espacial da imagem Landsat 5/TM utilizada (30m), deixando de identificar áreas menores que 900m² e que poderiam conter população mesmo que em pouca concentração e quantidade. A utilização de uma imagem com maior resolução espacial possibilitaria o mapeamento de uma classe de intensidade “rarefeita”, o que provavelmente melhoraria esses cálculos. Outra possibilidade é que a não edição manual pós classificação confundiu áreas de solo exposto, mesmo que em pouca quantidade, o que pode ter gerado algum resquício no resultado do *People in Pixel*.

Para ajudar na compreensão do resultado do *People in Pixel*, pode-se comparar ainda a distribuição da densidade populacional da área de estudo (figura 7).

Figura 7 – Mapa da densidade populacional para a bacia hidrográfica da Baía de Sepetiba – RJ.



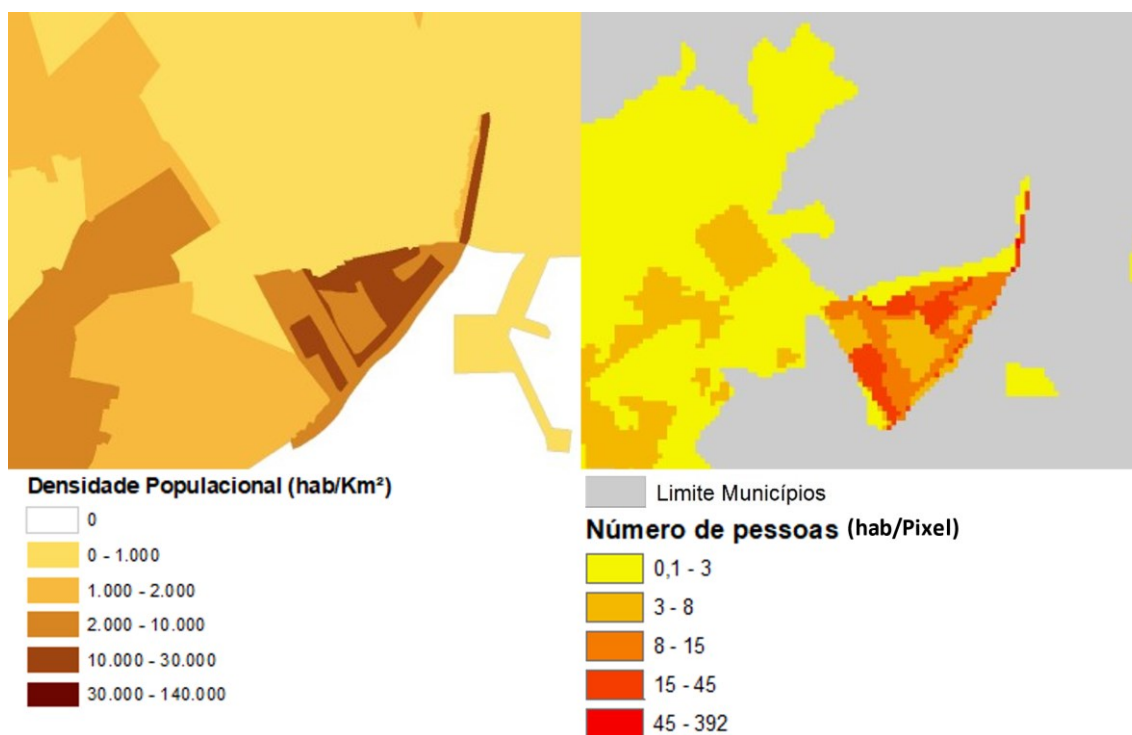
Fonte: Autores.

Ao analisar o mapa da figura 7, nota-se que as classes de maiores densidades populacionais acompanham as classes de maiores concentrações de pessoas por pixel, ainda que o mapeamento coroplético sofra com a questão da homogeneização, a figura 8 detalha esses exemplos.

ALMEIDA, R.K. et al., *Estimativa de população na bacia hidrográfica da baía de Sepetiba (RJ) através da aplicação do modelo People in Pixel*

Doi: <https://doi.org/10.51308/continentes.v1i19.369>

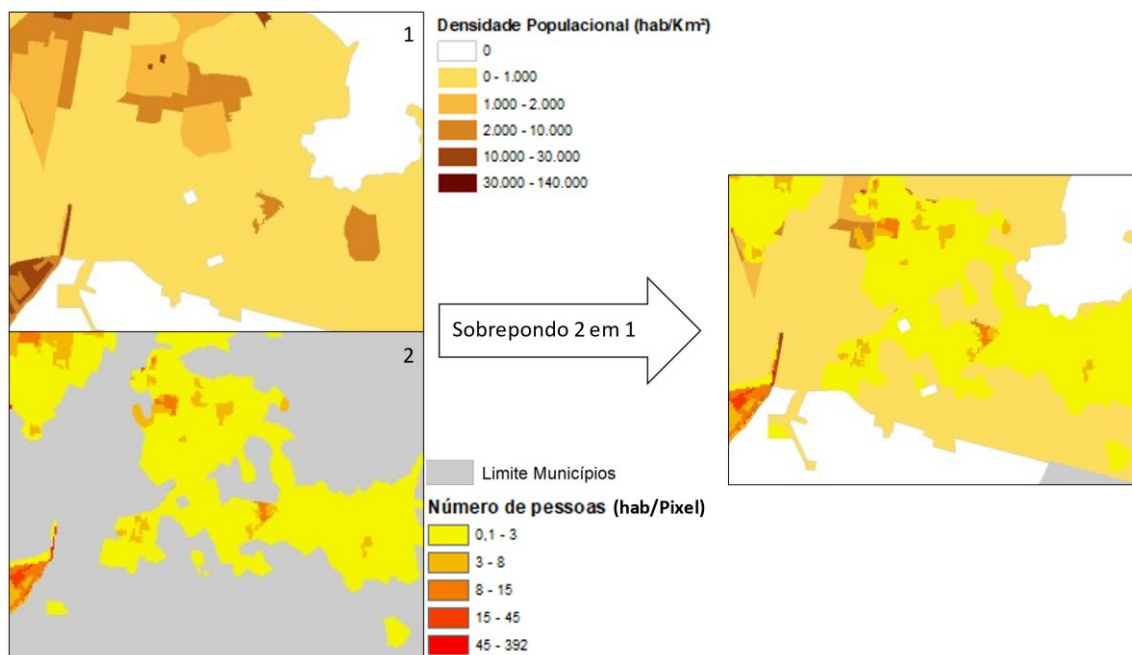
Figura 8 – Exemplo de classes de maiores densidades populacionais acompanhando as classes de maiores concentrações de pessoas por pixel.



Fonte: Autores.

Pode-se destacar, também, a classe de baixa densidade populacional abrangendo áreas bem maiores, se comparadas ao mapeamento de pessoas por pixel (figura 9). Isso evidencia ainda mais que o modelo *People in Pixel* consegue identificar com mais precisão onde está localizada a população, mostrando essa distribuição heterogênea, ao contrário da forma mostrada nos mapas de população e de densidade populacional por setor censitário.

Figura 9 – Exemplo de classe de baixa densidade populacional abrangendo áreas maiores comparado ao mapeamento de pessoas por pixel.



Fonte: Autores.

Ou seja, a aplicação do modelo *People in Pixel* permite integrar a informação qualitativa do mapeamento das diferentes intensidades de áreas construídas (delimitadas espacialmente a nível dos pixels) com a informação quantitativa dos totais populacionais dos setores censitários (que não têm como compromisso apontar em quais partes do setor a população está situada).

Estudos que se baseiam na densidade populacional se tornam mais exatos, pois conforme a área analisada vai sendo reduzida e o número da população se mantém, a densidade aumenta. Pode-se perceber isso analisando o valor máximo de pessoas por pixel na figura 6 (aproximadamente 392 pessoas por pixel) e na figura 7 (um valor de aproximadamente 140.000 habitantes por quilômetro quadrado). Mesmo sendo

ALMEIDA, R.K. et al., *Estimativa de população na bacia hidrográfica da baía de Sepetiba (RJ) através da aplicação do modelo People in Pixel*

Doi: <https://doi.org/10.51308/continentes.v1i19.369>

unidades diferentes – um por pixel e o outro por quilômetro quadrado – é possível entender que são valores bem discrepantes, o que pode levar a tomadas de decisões diferentes quando essas informações são utilizadas para determinados planejamentos que dependam do número de habitantes, como a instalação de novos serviços, por exemplo.

Conclusões

No mapeamento realizado para a identificação das intensidades de áreas construídas pelo índice espectral NDBI, pode-se perceber que o índice se mostrou eficiente e rápido na sua utilização. Ele também conseguiu ser eficaz na diferenciação interna da classe de áreas construídas de acordo com suas intensidades. Mas cabe destacar que nesse estudo o índice foi utilizado dentro de um limite pré-definido de áreas construídas, onde o que estava presente dentro desse limite foi considerado e validado anteriormente como área construída. Dessa forma, facilitou ainda mais essa diferenciação através do índice NDBI, uma vez que não foi necessário diferenciar a classe de área construída de outras coberturas da terra como água ou vegetação, por exemplo. Caso não houvesse o limite das áreas construídas, talvez o desafio de diferenciar essa classe tanto externa quanto internamente pudesse ser maior.

A metodologia do *People in Pixel* se mostrou eficiente no seu papel de estimar e localizar a população por pixel. Isso se confirma na sua validação com uma diferença de menos de 2% no somatório da população encontrada comparada com a população original presente na área de estudo segundo os dados do Censo Demográfico. Além disso, essa metodologia pôde ser aplicada em um limite natural como a bacia hidrográfica em conjunto com um limite político-administrativo, mostrando um resultado de estimativa apropriado.

Com a integração dos dados do mapeamento de intensidades de áreas construídas e do censo demográfico de 2010 foi possível ter uma visão menos generalizada das ocupações presentes na bacia hidrográfica, o que não ocorria quando esses dados eram

analisados separadamente. Com isso, obteve-se a informação de onde essa população estava concentrada e a quantidade de pessoas que estavam presentes nessa área.

Esse resultado obtido através do modelo *People in Pixel* tem diversas aplicabilidades, como por exemplo no planejamento e gestão de todo o território e em diversas áreas do conhecimento. Na geografia esse modelo é de grande importância, podendo ser associado a outros dados e demandas como o *geomarketing*, na determinação de áreas prioritárias para novas instalações públicas de saúde, educação, dentre outros. Além disso, esse produto de estimativa e localização da população mostra-se uma boa ferramenta para ser utilizado também em estudos de análise de pressões antrópicas, uma vez que estas estão diretamente ligadas ao adensamento populacional.

Referências

- ABREU, M.B. *Análise Espaço temporal da Cobertura e Uso da Terra no Estado do Rio de Janeiro de 1994 até 2007*. Dissertação de Mestrado em Geografia, PPGG, UFRJ. Rio de Janeiro, 134 p, 2010.
- 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.
- CHEN, Xiao-Ling et al. *Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes*. Remote sensing of environment, v. 104, n. 2, p. 133-146, 2006.
- 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*. Espaço e Geografia (UnB), Revista Municípios - RJ, v. 10, p. 109-128, 2007.
- FRANÇA, A. F. de; TAVARES-JÚNIOR, J. R.; MOREIRA-FILHO, J. C. C. *Índices NDVI, NDWI e NDBI como ferramentas ao mapeamento temático do entorno da lagoa Olho D'Água, em Jaboação dos Guararapes – PE*. IV Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologia da Geoinformação, p. 001-009, 2012.
- GOOGLE EARTH. Disponível em: <http://earth.google.com/web>. Consulta realizada em 08/03/2021.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Manual Técnico de Uso da Terra*, IBGE, 3ª edição, 2013.
- SOUZA, L. M. et al. *Estimativa da população apoiada por classificação de imagem orbital: uma aplicação People in Pixel*. Revista Continentes, n. 13, p. 97-116, 2019.
- 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.
- SEABRA, V. S. et al. *Análise da distribuição da população por diferentes unidades de representação: um estudo de caso para o município de Niterói-RJ*. Revista Espaço e Geografia, v. 18, n. 1, 2015.
- ZHA, Y. et al. *Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery*, International Journal of Remote Sensing, 24:3, 583-594, 2003.

Data de Submissão: 02/07/2021

Data da Avaliação: 30/11/2021

ALMEIDA, R.K. et al., *Estimativa de população na bacia hidrográfica da baía de Sepetiba (RJ) através da aplicação do modelo People in Pixel*

Doi: <https://doi.org/10.51308/continentes.v1i19.369>