



ANÁLISE COMPARATIVA DE ÍNDICES DE CLASSIFICAÇÃO DE COBERTURA E USO DO SOLO COM APLICAÇÃO NO ENTORNO DA BAÍA DE GUANABARA

COMPARATIVE ANALYSIS OF LAND COVER AND LAND USE CLASSIFICATION INDICES WITH APPLICATION IN THE SURROUNDINGS OF GUANABARA BAY

Julyanne Maciel Veríssimo Antunes

Filiação: Graduanda em Engenharia Ambiental, Escola Politécnica de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Estagiária em Iniciação Científica do Instituto de Pesquisas Ambientais (IPA). E-mail: julyanne.maciell@poli.ufrj.br

Hudson de Mello Neto

Filiação: Graduando em Engenharia Civil, Escola Politécnica de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Estagiário no Laboratório Águas e Cidade/Poli. E-mail: hudson.mello.neto@poli.ufrj.br

Otto Corrêa Rotunno Filho

Filiação: Professor do Programa de Engenharia Civil, Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia - COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). E-mail: otto@coc.ufrj.br

Elaine Aparecida Rodrigues

Filiação: Doutora em Ciências – Tecnologia Nuclear e Pós-Doutoranda pelo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN-CNEN (USP), Pesquisadora Científica do Instituto de Pesquisas Ambientais, E-mail: elaineardrigues@usp.br

Grupo de Trabalho (GT): GT4. Desenvolvimento rural, territorial e regional

Resumo

A classificação da cobertura e uso do solo tem recebido crescente atenção para o planejamento e ordenamento territorial, com imagens de satélite ópticas e de radar empregadas para o reconhecimento do espectro eletromagnético na faixa do visível, infravermelho e micro-ondas. Este estudo de caso propõe-se a identificar o potencial de empregar índices de vegetação, construídos com base em imagens ópticas, para mapear a classificação da cobertura e uso do solo, com o uso dos métodos de classificação supervisionada de distância mínima e máxima verossimilhança para a região metropolitana do Rio de Janeiro, situada no entorno da Baía de Guanabara. Os resultados obtidos permitiram uma melhor compreensão de como os índices espectrais, sobretudo os de vegetação, constituem informação importante para o suporte a métodos de classificação supervisionada da cobertura e uso do solo, possibilitando melhor subsídio para processos de tomada de decisão.

Palavras-chave: Índice de vegetação; Cobertura e uso do solo; Planejamento ambiental e ordenamento territorial.

Abstract

The classification of land cover and land use has received increasing attention for territorial organization and planning, with optical and ratios satellite images can be used for recognition of the electromagnetic spectrum in the visible, infrared, and microwave range. The present work proposes to identify the potential of using vegetation indices, built based on optical image, to map the classification of cover land and land use. In particular, supervised methods classification of minimum distance and maximum likelihood were applied on the metropolitan region of Rio de Janeiro (Brazil), located around Guanabara Bay. The results obtained allowed us to have a better understanding of how the spectral indices, especially those of vegetation, constitute important information to support supervised classification methods for land cover and land use, allowing better support for decision-making processes.

Palavras-chave: *Vegetation Index, Territorial planning; Land use and land cover; Environmental planning territorial organization .*

1. Introdução

O planejamento urbano e regional no contexto de bacias hidrográficas e diante de complexidades ecossistêmicas diversas constitui um desafio, pois a ocupação não ordenada dessas áreas, principalmente em regiões metropolitanas, acarreta inúmeras alterações ambientais que, em última análise, afetam milhões de habitantes. Assim, torna-se essencial



conhecer a ocupação do território através de mapas de uso do solo. Sua elaboração a partir de imagens ópticas e de radar adquiridas por sensores instalados em satélites em órbita polar, representam uma base de dados relativamente recente que tem permitido monitorar diferentes partes do planeta.

Na presente pesquisa, foi adotado para estudo de caso a região da bacia hidrográfica contribuinte da Baía de Guanabara. Uma área de estudo de aproximadamente 4 mil km², que engloba total ou parcialmente o território de 16 municípios e o maior parque industrial do estado do Rio de Janeiro, com espelho de água que ocupa uma área de cerca de 380 km². A Baía de Guanabara constitui-se em uma das baías costeiras mais proeminentes do país, com alto grau de complexidade em sua dinâmica ecológica, sendo impactada e impactando a sociedade humana inserida nesse espaço geográfico (PACÍFICO, 2011).

2. Materiais e Métodos

O estudo foi desenvolvido para o entorno da Baía de Guanabara (Rio de Janeiro, Brasil), que atualmente sofre as consequências de uma urbanização desenfreada. A região tem sua vegetação nativa constituída por manguezais e remanescentes do bioma Mata Atlântica, afetada pela falta de um planejamento urbano adequado.

Para o estudo, optou-se pela análise de uma imagem óptica Landsat5-TM (órbita 217, ponto 76) adquirida em 27 de junho de 1994. Primeiramente, foi obtida imagem da área de estudo junto ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Foi avaliado o georreferenciamento e a correção geométrica da área na referida imagem por meio de pontos de controle terrestre, comparando-os, então, com as correspondentes coordenadas geográficas e coordenadas oriundas da projeção Universal Transversal de Mercator (UTM), que podem ser obtidas com base em mapeamento disponibilizados via Google Earth e por meio de cartas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Cumprida essa etapa, foram produzidas classificações não supervisionadas, como K-médias, supervisionadas, notadamente de distância mínima e máxima verossimilhança com suporte do código computacional *Environment for Visualizing Images* - ENVI) (versão 5.0)(EMBRAPA, 2023). Em particular concentrou-se atenção na construção de índices espectrais para explorar o mapeamento da cobertura e uso do solo em vez de tão somente usar as bandas espectrais originalmente adquiridas pelo satélite Landsat, o que justifica o relato mais pormenorizado no presente artigo.

Inicialmente, calculou-se o índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI) que representa o índice mais referenciado na literatura para caracterização da vegetação, porquanto, oferece uma medida da biomassa presente na cena e retrata, de alguma forma, a saúde da vegetação. Em função de algumas limitações do NDVI, foram incluídos outros índices espectrais: índice de vegetação ajustado ao solo (SAVI), sendo mais eficaz em locais com vegetação mais espessa, com exposição do solo; índice de vegetação aperfeiçoada (EVI), muito utilizado em regiões densas como floresta; índice de vegetação ajustado ao solo otimizado (OSAVI), representando um reajuste do SAVI para maior sensibilidade em relação à vegetação; índice de área construída por diferença normalizada (NDBI), que ajuda a destacar áreas urbanas com uso mais acentuado da radiação na faixa do infravermelho; taxa de queimada normalizada (NBR), que melhor identifica áreas queimadas. Dessa forma, após o trabalho de estudo e cálculo dos diversos índices, foram feitas as classificações não supervisionadas, supervisionadas, por distância mínima e por máxima verossimilhança de acordo com as áreas de interesse de estudo a partir do banco de dados de classes INEA-2016. No presente estudo, foram reportados alguns dos resultados obtidos com enfoque no desempenho do uso de índices de vegetação para mapeamento da cobertura e uso do solo.

3. Resultados e Discussões

O trabalho explorou diversas combinações de bandas espectrais originais coletadas pelo satélite e de índices espectrais usando os métodos da distância mínima e máxima verossimilhança. Como recorte para exposição de alguns resultados ilustrativos obtidos, priorizou-se a apresentação de alguns resultados comparativos abrangendo as bandas do espectro eletromagnético e índices de vegetação (Figuras 1 e 2).

Na Figura 1, observamos bons resultados obtidos com a combinação de três índices espectrais que englobam informações de vegetação, urbanização e áreas queimadas, usando métodos de máxima verossimilhança (A), seguido da classificação com seis bandas originais usando distância mínima (B) e a combinação de três índices relacionados à vegetação usando o método de máxima verossimilhança (C).

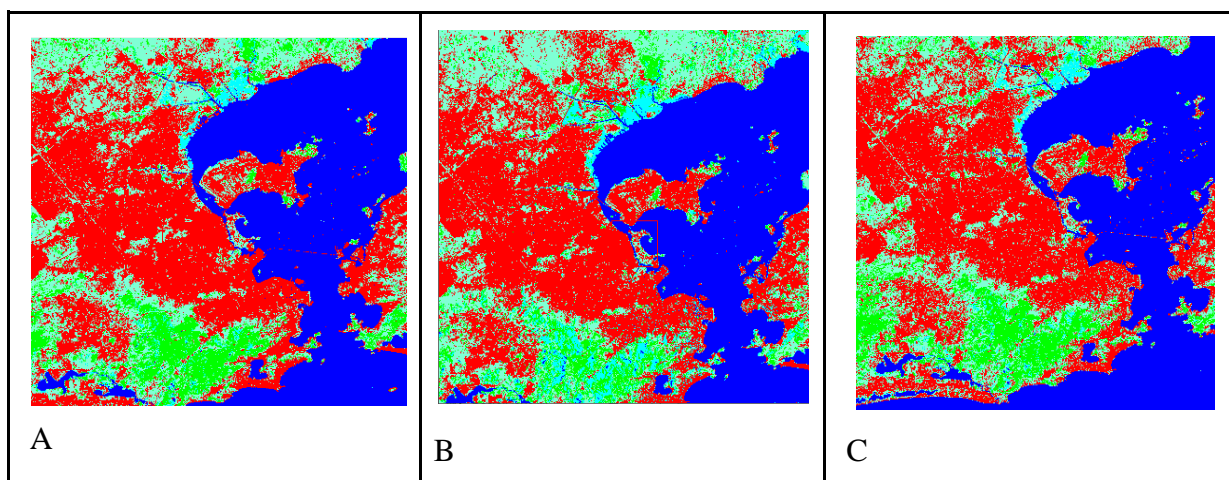


Figura 1. Resultados da classificação obtidos com os seguintes métodos: máxima verossimilhança (NDVI + NDBI + NBR)(A); distância mínima (6 bandas - azul, verde, vermelho, infravermelho próximo, infravermelho médio e infravermelho afastado) (B); máxima verossimilhança (NDVI + EVI + SAVI) (C). Fonte: Elaboração própria

Adicionalmente, na Figura 2, são apresentados resultados obtidos usando o método de máxima verossimilhança, quando se empregam as seis bandas originais do Landsat5-TM, excluindo-se a banda termal, em comparação aos seis índices de vegetação selecionados para o uso no presente estudo.

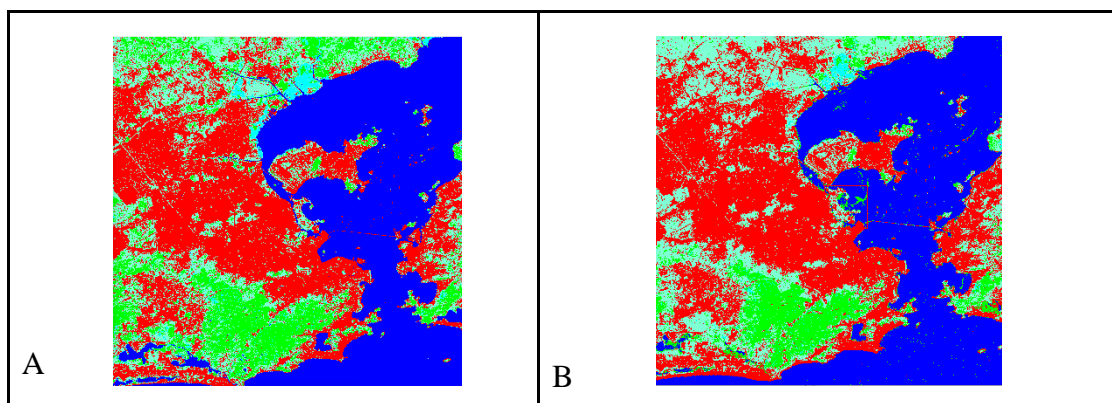


Figura 2. Resultados da classificação obtidos com o método de máxima verossimilhança : uso de seis índices espectrais de vegetação (NDVI, SAVI, EVI, OSAVI, NDBI, NBR) (A); uso de seis bandas espectrais (azul, verde, vermelho, infravermelho próximo, infravermelho médio e infravermelho afastado)(B). Fonte: Elaboração própria



Com o desenvolvimento deste estudo, observamos melhores resultados de classificação da cobertura e uso do solo com o emprego do método de máxima verossimilhança em contraste com o método de distância mínima, tendo em vista o uso de informações de uma métrica estatística de separabilidade entre classes mais elaboradas que o método da distância mínima. A evidência de pesquisa de maior interesse foi o bom desempenho dos índices espectrais, sobretudo de índices de vegetação, para mapeamento da cobertura e uso do solo com desempenho equivalente ao uso das bandas espectrais originais.

Em síntese, na perspectiva de gestão, planejamento e ordenamento territorial, é necessário incluir a análise de diferentes componentes do ambiente, como meio físico-biótico, ocupação humana e seu inter-relacionamento. Para tal, as operações de consulta e de manipulação de dados geográficos a partir dos atributos espaciais e não espaciais dos objetos georreferenciados armazenados em bases de dados possibilita tanto a espacialização desses elementos como a elaboração de tendências e desenvolvimento de modelos sobre fenômenos do mundo real (TEIXEIRA e CRUZ, 2005).

Embora a Baía de Guanabara esteja inserida na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, a área de estudo apresenta singularidades que estão dissociadas do que geralmente se espera de uma área metropolitana, cuja compreensão do local se insere em um complexo processo de categorizações territoriais que abarcam, inclusive, as noções de ruralidade. Assim, localidades no entorno da Baía de Guanabara são descritas por concepções que incluem mudanças, características e categorizações dessas ruralidades enquanto espaço dentro de uma região metropolitana (GUIMARÃES, 2005). Entre os conflitos inerentes a essa ambiguidade, o município de Niterói, por exemplo, apresenta 31% de suas áreas de preservação permanente (APP) indevidamente ocupadas; enquanto Guaxindiba, em São Gonçalo, que tem no mangue seu ecossistema principal, é considerado possuidor de significativas ruralidades em meio a aspectos urbanos; e o município do Rio de Janeiro, por sua vez, necessita contemplar o território como um todo em seu planejamento territorial, abarcando tanto sua porção urbana como rural como (GUIMARÃES, 2005; BITTENCOURT *et al.*, 2018; RUFFATO-FERREIRA *et al.*, 2018).

O trabalho desenvolvido na área de estudo com ênfase no emprego de índices de vegetação possibilitou a identificação dos melhores procedimentos para melhor compreender a ocupação do território no entorno da baía de Guanabara.

4. Conclusões

A classificação do seu território segundo suas potencialidades e vulnerabilidades a partir de ferramentas de geoprocessamento e de sensoriamento remoto é de fundamental importância para integrar as informações socioambientais disponíveis em uma mesma base cartográfica, subsidiando adequadamente processos de tomada de decisão para ordenamento territorial e planejamento ambiental.

A região hidrográfica da Baía de Guanabara, patrimônio histórico e ambiental, enfrenta pressões causadas pela poluição, destruição de áreas naturais e perda de qualidade de seus ecossistemas. Os resultados obtidos possibilitam uma melhor compreensão de como os índices de vegetação apresentam bons resultados de classificação da cobertura e o uso do solo. A acurácia obtida atingiu níveis comparáveis àquela obtida quando as bandas originais da imagem Landsat5-™ são utilizadas. Ainda que outros índices de vegetação possam ser explorados, os indicadores utilizados revelaram o potencial desse tipo de informação.

Adicionalmente, os índices de vegetação podem trazer informações sobre o comportamento de componentes do ciclo hidrológico, notadamente de precipitação e evaporação e, ainda, o estado da umidade do solo, além de classificação em si. Nesse sentido, como insight de novas pesquisas, nossa investigação mostrou a necessidade de estudos futuros



para o monitoramento da evolução da paisagem e a caracterização espaço-temporal do balanço hídrico e do balanço de energia na região de estudo, a partir de um conjunto de imagens de satélite da área.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), ao CNPq, à FINEP, à FAPERJ em função do apoio financeiro ao desenvolvimento de pesquisas no âmbito da Universidade Federal do Rio de Janeiro e ao Instituto de Pesquisa Ambiental (IPA) pelo suporte ao trabalho realizado.

6. Referências

- BITTENCOURT, GFM, CASTIGIONE, LHG; STRAUCH, JCM (2018) Confito de uso e cobertura em terra de áreas de preservação permanente na cidade de Niterói, RJ. *Geo UERJ*, (33), 30695.
- CHUVIECO, E, PILAR MARTIN, M; PALACIOS, A (2002) Assessment of Different Spectral Indices in the Red-Near-Infrared Spectral Domain for Burned Land Discrimination. *Remote Sensing of Environment* 112 (2002): 2381-2396
- EMPRAPA (2023). LANDSAT - Land Remote Sensing Satellite. Disponível em: <https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes/landsat>. (Acesso 10.04.2023)
- GUIMARÃES, GF. (2005) Guaxindiba-RJ: Rural ou urbano? a ambiguidade rural/urbano no metropolitano. In III Simpósio Nacional de Geografia Agrária - II Simpósio Internacional de Geografia Agrária Jornada Ariovaldo Umbelino de Oliveira, Presidente Prudente, 2005.
- KJERFVE, B *et al.* (2001) Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, Brazil. *Coastal marine ecosystems of Latin America*, p. 107-117.
- L3Harris Geospatial (2023). Vegetation Indices Background. Disponível em: <https://www.l3harrisgeospatial.com/docs/broadbandgreenness.html#Leaf>. (Acesso: 10.04.2023)
- PACÍFICO, A (2011) O espaço da Baía de Guanabara e suas múltiplas tensões. *Seminários Espaços Costeiros*, v. 1, 2011. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/secosteios/article/download/14683/10038> (Acesso 10.04.2023)
- PINTO, DG *et al.* (2014) Índices de vegetação NDVI e EVI, IAF e FPAR da canola a partir de imagens de satélites MODIS. In 1º Simpósio Latino Americano de Canola, de 19 a 21 de agosto de 2014, Passo Fundo, RS, Brasil. *Anais...* Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/slac/cd/pdf/Danielegutterres%20-%20Indices%20de%20NDVI%20...satelite...pdf>. Acesso (10.04.2023)
- RUFFATO-FERREIRA, VF (2018). Zoneamento ecológico econômico como ferramenta para a gestão territorial integrada e sustentável no Município do Rio de Janeiro. *Eure (Santiago)*, 44(131), 239-260.
- TEIXEIRA, AJA; CRUZ, CBM (2005). Classificação de bacias de drenagem com o suporte do sensoriamento remoto e geoprocessamento-o caso da Baía de Guanabara. *SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR)*, v. 12, p. 16-21.