

INTENSA URBANIZAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DE UMA LAGOA COSTEIRA TROPICAL (LAGOA DE IMBOASSICA, MACAÉ-RJ): MUDANÇAS DE USO E COBERTURA DA TERRA COMO SUBSÍDIO AO PLANEJAMENTO COSTEIRO

Victor Hennig¹

Allana Faustino²

Leonardo Amora-Nogueira^{1,2}

Humberto Marotta^{1,2}

1. Universidade Federal Fluminense, Departamento de Geografia, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Laboratório de Geografia Física, Av. Gal. Milton Tavares de Souza, s/n°, CEP: 24210-346, Niterói, RJ, Brasil.
2. Universidade Federal Fluminense, Centro de Gerenciamento de Água e Biomassa, Programa de Pós-Graduação em Geociências (Geoquímica Ambiental), Laboratório de Ecossistemas e Mudanças Globais/ Laboratório Internacional de Câmbio Global, Av. Edmundo March., s/n°, CEP: 24210-310, Niterói, RJ, Brasil

ABSTRACT

Landscapes are the result of interactions between natural elements and often conditional processes conditioned by anthropogenic changes. In this way, it becomes relevant to understand the history of the human actions on the earth's surface since many of the changes that occurred in the past condition still affect current processes. Comprise the history of human's changes has an essential role in the geographical space for planning and management. Coastal lagoons are considered one of the most impacted environments on the planet due to human occupation, resulting from a significant increase in population in these areas. This study aimed to analyze landscape dynamics in the Imboassica lagoon (RJ) watershed over the last 50 years by mapping the Landcover and Landuse evolution. Our analysis was based on thematic maps (1:100.000), generated by object-based classification, using aerial photography (1965), 3 Landsat 5 TM (1985, 1995, 2005), and 1 Landsat 8 OLI (2015) images, all related to the dry period. In 1965, considering the whole basin, field areas occupied 80% and urban areas only 0.05%, whereas in 2015 the field areas decreased to 59%, and urban areas increased to 19%. The analyses performed from the evolution map of the Landcover and Landuse, and the quantification of changes in the last 50 years, allowed the identification of important transformations, like periods of replacement of remnants of Atlantic forest by field and recovery of restinga areas.

Keywords: Changes in land use and coverage; Coastal area; SIG; Remote sensing

INTRODUÇÃO

As lagoas costeiras são ecossistemas aquáticos situados em áreas de transição entre continente e o oceano (Knoppers, Kjerfve 1999; Paerl, 2006)). Ocupam 13% das áreas costeiras do mundo e 12,2% das áreas de costa na América do Sul (Kennish, 2015; Duck e Silva, 2012). São ecossistemas lênticos de grande produtividade e biodiversidade que fornecem uma variedade de serviços e recursos à sociedade, mas são altamente vulneráveis às mudanças climáticas e intervenções humanas (Anthony et al., 2009; Peres et al., 2020), em especial quando essas intervenções antrópicas não são acompanhadas de um planejamento adequado e ocorrem de maneira intensificada

em sua bacia drenagem (Moraes e Lorandi, 2016; Duarte et al., 2020).

Ecossistemas costeiros apresentam perda global anual entre 0,7-1,2% de suas áreas úmidas (e.g. manguezal, lagoas, estuário, marismas e áreas periodicamente inundáveis) que são direcionadas ao desenvolvimento econômico, desde o século XX (Lin e Yu, 2018). O aumento populacional nas zonas costeiras tem sido acompanhado de elevado enriquecimento de matéria orgânica e nutrientes (Fauzi et al., 2014), provenientes de diferentes atividades socioeconômicas (Qin et al., 2013). Neste sentido, este processo de ocupação litorânea historicamente resultou na degradação destes ambientes, em especial nas últimas décadas, promovendo mudanças de magnitudes globais (Day e Rybczyk, 2019). Especialmente as mudanças de uso e cobertura da terra relacionadas à expansão urbana têm contribuído para a alteração estrutural e funcional dos mais diversos ecossistemas, assim como também para o aumento do material particulado em suspensão e contaminantes orgânicos e inorgânicos nos sistemas aquáticos (Beraldi et al., 2019; Tranvik, Cole e Prairie, 2018; Vitousek et al., 1997). O material advindo da bacia de drenagem é transportado até os corpos de água, onde os aportes orgânicos e inorgânicos terrestres se somam a significativa produção primária aquática (Cloem et al., 2014; Pérez-Ruzafa et al., 2019). Neste contexto, a lixiviação e o escoamento superficial associados à produção autóctone contribuem para tornar as águas costeiras importantes sítios com grandes quantidades de substratos orgânicos, que podem causar a degradação destes ecossistemas (Day e Rybczyk, 2019; Lotze et al., 2006; Middelburg e Levin, 2009).

O censo realizado em 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, Censo 2010), reportou que 26,6% da sua população mora em municípios de zona costeira, o que equivale a 50,7 milhões de habitantes. Neste contexto, os fatores de alterações do uso e cobertura da terra estão diretamente relacionados com a questão socioeconômica, já que o crescimento da população, a urbanização, as demandas pelos recursos naturais para fins das atividades como mineração, indústria, agropecuária e do turismo, são frequentes e intensificados em áreas costeiras (Kaliraj et al., 2017). Como resultado, os ecossistemas frequentemente apresentam problemas ambientais como: presença de metais pesados, eutrofização, águas anóxicas, diminuição da biodiversidade, alteração dos processos biogeoquímicos e do balanço de gases de efeito estufa (Fiori et al., 2018; Le Moal et al., 2019; Duarte et al., 2020; Ward et al., 2020). Assim, muitos estudos ambientais aplicam o geoprocessamento, com as ferramentas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e técnicas de processamento de imagem de Sensoriamento Remoto para aferir as mudanças de uso e cobertura da terra de um determinado espaço e recorte temporal (Alves e Conceição, 2015; Valdez e Ruiz-Luna, 2016; Rodríguez-Gallego et al., 2017; Kaliraj et al., 2017) e, usualmente, a

bacia hidrográfica é atribuída como unidade de estudo (Moraes e Lorandi, 2016; Augusto et al., 2017).

As ferramentas de SIG relacionadas ao sensoriamento remoto combinam diversos dados espaciais (e.g. arquivos vetoriais, fotografias aéreas e imagens de satélite) que implementam bancos de dados (e.g. classificação digital) de grande precisão espacial e temporal para verificar mudanças periódicas de uso e cobertura da terra, as quais podem ser relevantes para o gerenciamento ambiental costeiro (Valdez e Ruiz-Luna, 2016; Moraes e Lorandi, 2016; Kumar et al., 2013). Nessa perspectiva, o presente estudo tem como objetivo realizar o mapeamento e identificar as mudanças de uso e cobertura da terra da Bacia Hidrográfica da Lagoa de Imboassica (BHLI), através das classificações resultantes de fotografias aéreas e de imagens da série Landsat, dentro de uma temporalidade de cinco décadas (1965, 1985, 1995, 2005 e 2015). A BHLI está situada nos municípios de Macaé e Rio das Ostras, marcada pela atividade agropastoril e pela atividade industrial, a qual a última mudou radicalmente a composição do uso e cobertura da terra e a taxa populacional principalmente a partir da década de 1980 (Jeronymo et al., 2017).

METODOLOGIA

1. Área de Estudo

A Bacia Hidrográfica da Lagoa de Imboassica está situada no limite municipal entre Macaé e Rio das Ostras, no estado Rio de Janeiro (Figura 1). É considerada uma microbacia com 57 km² e está inscrita no perímetro da Região Hidrográfica VIII segundo a resolução Nº 107/2013 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERHI-RJ, 2013). A lagoa possui aproximadamente 3 km², e seu principal tributário é o rio Imboassica, que possui aproximadamente 13 km de extensão (Barreto, 2009) e marca o limite entre os municípios de Rio das Ostras e Macaé. De acordo com o sistema de coordenadas geográficas, a área de estudo está compreendida entre 41°57'W e 41°50'W e 22°21'S e 22°26'S.

Conforme a classificação climática de Köppen é uma região de clima tropical úmido, com médias anuais de temperatura variando entre 18°C e 27°C e pluviosidade média anual de 1300 mm. A geologia é composta por planícies de inundação e presença de afloramentos rochosos do embasamento cristalino. Atualmente, remanescentes de mata atlântica e restinga ainda são encontrados na área. A população estimada pelo IBGE (IBGE, População) nos municípios e Rio das Ostras e Macaé são de, respectivamente, 150.674 e 256.672 pessoas em 2019. A BHLI é caracterizada pela predominância agropastoril, no entanto, as adjacências da Lagoa de Imboassica são

dominadas pelo uso urbano, que contribuem com elevadas de esgoto doméstico, seja diretamente na lagoa ou pelo influxo do rio Imboassica (Marotta, 2009).

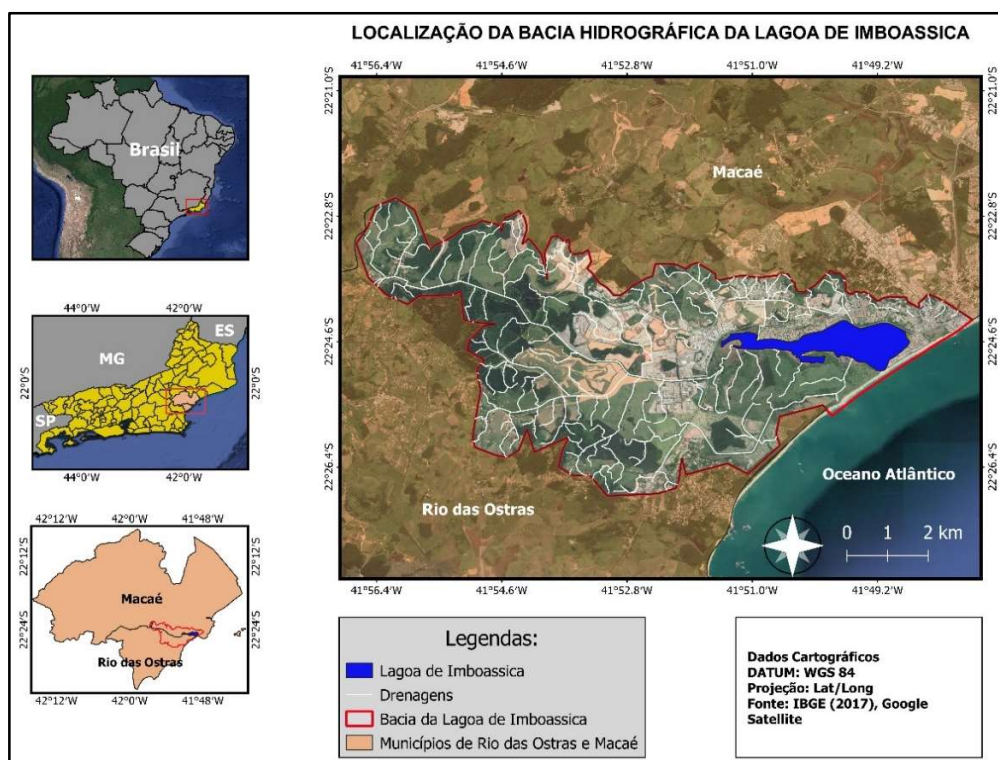


Figura 1. Localização da Bacia Hidrográfica da Lagoa de Imboassica e a representação de sua drenagem.

2. Aquisição de dados

Fotografias aéreas

Para o mosaico da década de 60, utilizamos duas fotos aéreas na escala de 1:60.000, do voo AST-10 realizado pela Força Aérea dos Estados Unidos (*United States Air Force – USAF*) referentes às datas: 25 de agosto de 1965 e 14 de junho de 1966. As fotos foram gentilmente cedidas pelo Departamento de Recursos Minerais (DRM).

Imagens Landsat

As imagens foram importadas do banco de dados do Serviço Geológico dos Estados Unidos (*United States Geological Survey - USGS*) acessado no portal Earth Explorer, sendo priorizadas imagens com ausência de nebulosidade no período de inverno entre 1985 a 2015 (Landsat 5 TM: 29/07/1988, 11/09/1995, 04/07/2005 Landsat 8 OLI: 01/08/2015).

Dados sobre a população

Foram coletados dados sobre a população de Macaé e Rio das Ostras na plataforma Séries Estatísticas & Séries Históricas do IBGE, referentes aos censos de 1980, 1990, 2000 e 2010. As comparações desses dados com as mudanças de uso e

cobertura do solo indicam o crescimento populacional de cada município e podem auxiliar para o entendimento das modificações da BHLI na temporalidade do estudo.

3. Aplicação do Sistema de Informação Geográfica e Processamento Digital de Imagens

Para a delimitação da bacia de drenagem foi utilizado o arquivo *raster* de modelo digital de elevação disponibilizado pelo projeto TOPODATA do Banco de Dados Geomorfológicos do Brasil e, também, o arquivo em *shapefile* da drenagem do estado do Rio de Janeiro, obtido no Catálogo de Metadados do IBGE. A delimitação manual foi processada no *Arcgis 10.5*, com auxílio da curva de nível (10 m), utilizando a ferramenta *Countour* do programa. O processo de georreferenciamento das fotos aéreas foi realizado pelo *software Arcgis10.5* com auxílio da ferramenta *Basemap*, com transformação polinomial de 3ª ordem. Após o georreferenciamento, o mosaico foi gerado e exportado em TIFF com projeção UTM, zona 24S e referencial geodésico WGS 84. O processo de segmentação orientada a objeto foi realizado no *software eCognition Developer 64*, com parâmetro de escala adequada a 65, forma 0.1 e compacidade de 0.5. A classificação dos objetos foi realizada de maneira manual com a utilização do *software Arcgis 10.5*.

Nas imagens Landsat, a composição de bandas RGB falsa cor foram estabelecidas (Coeficientes de mistura = Landsat 5 - r5g4b3 e Landsat 8 - r6g5b4) no *Arcgis 10.5*, para obter o maior realce espectral dos alvos e melhor detalhamento. Em sequência, passaram pela segmentação e classificação no *software eCognition*. A segmentação foi obtida pelo algoritmo *multiresolution segmentation*, com parâmetro escala de 5, forma 0.1 e compacidade de 0.5. Ainda no *software eCognition*, aplicou-se o processo de classificação orientada a objeto que determina sobre os polígonos gerados na segmentação uma definição a partir de um conjunto de dados, com informações de características espectrais de forma e relação de vizinhança utilizadas para agrupar e classificar tematicamente (Reis et al., 2009). Portanto, as classes foram criadas e amostras foram coletadas para cada classe e, posteriormente, a classificação foi determinada com o auxílio do algoritmo *classification*, que resultou no arquivo *shapefile* exportado em projeção UTM, zona 24S e referencial geodésico WGS 84. Para corrigir qualquer possível erro de classificação, foram feitas correções manuais das classes pelo *Arcgis 10.5*. Para o layout, a projeção foi adaptada para sistemas de coordenadas geográficas (graus, minutos e segundo) e referencial geodésico WGS 84.

As classes de uso e cobertura foram determinadas com base no Manual Técnico de Uso e Cobertura da Terra (IBGE, 2013). As classes utilizadas para o estudo foram: cordão arenoso, restinga, vegetação (que inclui as remanescentes de Mata Atlântica e

Silvicultura de eucalipto), Urbano (áreas de ocupação rarefeita, média, elevada e áreas industriais), água e campo (pastagem; solo exposto; agricultura; mineração; asfalto fora do perímetro urbano).

RESULTADOS

A partir das classificações dos mapas de uso e cobertura da terra confeccionados, foram constatadas alterações na vegetação, área urbana e campo, como podem ser observadas na Figura 2.

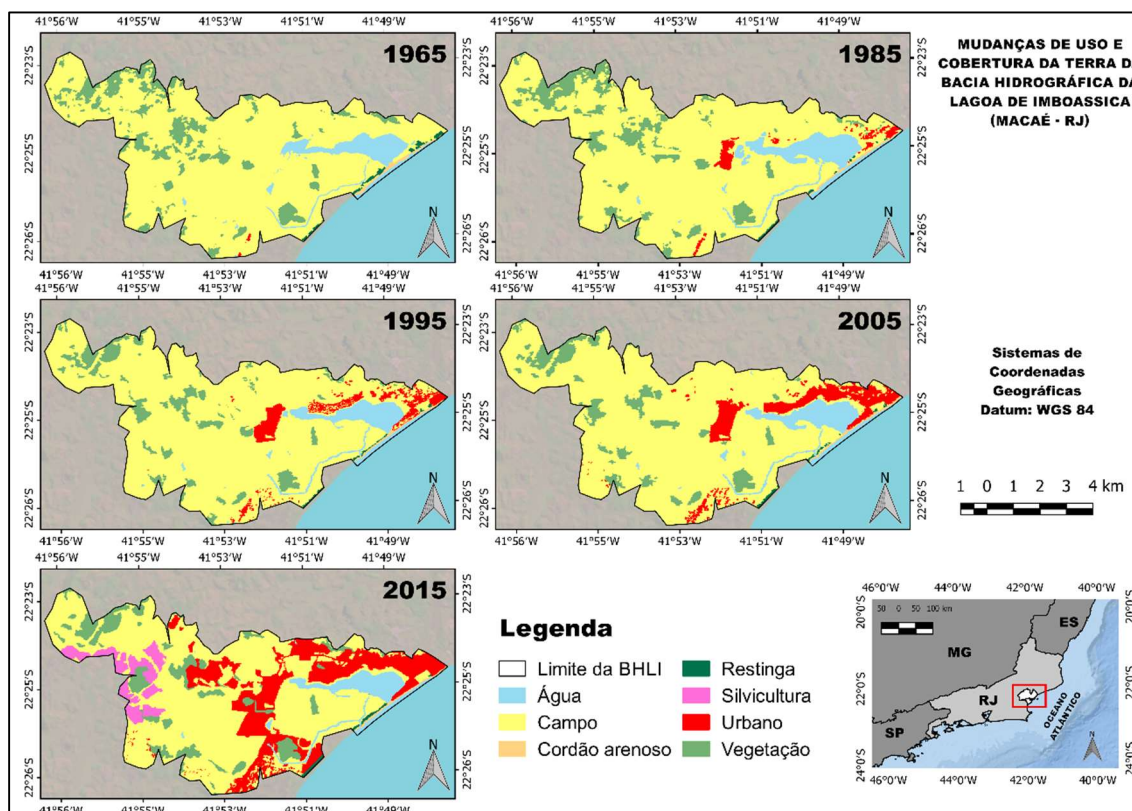


Figura 2. Mudanças do uso e cobertura da terra identificadas na BHLI, dentro do recorte temporal de 1965 a 2015.

A BHLI em 1965 apresenta uma área de 47 km² da classe campo, ou seja, 80% (Tabela 1) da bacia de drenagem com predominância de pastagem, agricultura e solo exposto, enquanto a vegetação representa 12% com uma área de 7 km². A área urbana é representada ao sul da BHLI, no município de Rio das Ostras, com 0,03 km², confirmando que ainda não havia ocupação urbana expressiva na bacia na década 1960 e até final da década de 1970. As áreas de assentamentos surgem com maior valor em 1980 (Farias, 2018), em função da instalação do Complexo Industrial da Petrobrás no final da década de 1970. Esta instalação ocorreu no distrito sede de Macaé para a exploração do petróleo na Bacia de Campos, fazendo com que a cidade abarcasse diversas empresas do ramo petrolífero e de gestão de cadeia de suprimentos (Jeronymo et al., 2017). A área de restinga e cordão arenoso obtiveram valores próximos, com a

0,31 km² e 0,34 km² respectivamente. Já a classe água teve 5,50% da bacia de drenagem, em que 4,60% correspondem à Lagoa de Imboassica com sua área de 2,66 km².

Tabela 1. Valores em porcentagem das mudanças de uso e cobertura da terra referentes às classes e seus respectivos anos (1965, 1985, 1995, 2005 e 2015).

Classes de uso e cobertura do solo	Anos				
	1965	1985	1995	2005	2015
Urbano	0.05	1.87	4.75	7.45	19.18
Vegetação	12.13	11.12	8.45	8.28	9.49
Campo	81.09	80.01	80.67	77.54	59.74
Restinga	0.55	0.23	0.28	0.31	0.39
Cordão arenoso	0.60	0.48	0.42	0.49	0.43
Água	5.58	6.29	5.43	5.93	5.51
Silvicultura	-	-	-	-	5.23
Área do Lago	4.60	5.10	4.27	4.64	4.32

Em 1985, os loteamentos do Mirante da Lagoa e do Parque dos Tubos junto a instalação industrial da PETROBRÁS (próximo a foz do rio Imboassica), são as primeiras ocupações urbanas expressivas (Figura 2), em que a área da classe urbano aumenta para 1,07 km² e ocupa 1,87% da bacia de drenagem com predominância de localização nas adjacências oeste da lagoa e ao norte, próximo da linha de costa. A vegetação e o campo diminuíram 1% de suas áreas, o equivalente a 0,6 km² e 0,7 km² respectivamente, e a alteração sobre a vegetação pode ser visualizada ao norte e ao oeste da BHLI. O cordão arenoso perde 0,07 km² e permanece constante em 0,2 km² até 2015, ocupando em média 0,45% da bacia. Já a restinga não esteve preservada nessa década, sua área foi alterada para as classes campo e urbano, o que resultou no menor valor de área igual 0,13 km² e com maior agrupamento em Rio das Ostras. A classe água e a área da lagoa aumentaram, 0,7% e 0,5% respectivamente, o que pode ser atribuído a um período de cheia. Portanto, as principais mudanças de uso e cobertura da terra em 1985 ocorreram com a aumento da urbanização sobre o campo, restinga e cordão arenoso ao norte da bacia e, também, substituição da vegetação por campo ao oeste.

Com crescimento de 2,9%, a urbanização se expande no espaço com concentração no município de Macaé em 1995, assim, passa a ocupar 2,74 km², cerca 4,75% da área total da bacia (Figura 3). A vegetação teve redução de 2,67% e foi substituída com predominância pela classe campo, que manteve seu valor 80%. A restinga cresce a partir de 1995 até 2015, passando 0,28% a 0,38% para os respectivos anos, atribuídas

à ações de conservação e educação ambiental que os municípios adotaram, principalmente com a criação do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba em 1998, que abrange o município de Macaé (ICMBIO, 2007), e da Área de Relevante Interesse Ecológico de Itapebussus criada em 2002 pelo município de Rio das Ostras (decreto nº 038/2002) (ICMBIO/MMA, 2008).

Dessa forma, a partir de 2005 é possível observar a retração das áreas de campo que passa de 46,56 km², em 1995, para 44,87 km², totalizando 77,54% da área da bacia. As áreas urbanas passam a ocupar 4,3 km² e 7,45% da área da bacia, embora as outras classes não tenham sofrido alterações importantes. Ainda que as mudanças no uso e cobertura da terra tenham sido constantes na área de estudo durante a temporalidade estudada, as alterações mais abruptas ocorrem de 2005 à 2015, em que a urbanização passa a ocupar 11,07 km² com crescimento em ambos municípios chegando a 19% da bacia em 2015, a vegetação cresce 1,21 % de 2005 para 2015 e o campo retrai vertiginosamente para 34,44 km², essas mudanças estão relacionadas principalmente aos fatores: a silvicultura que inicia sua atividade em 2011 e ocupa 5,23% da bacia em 2015 e o aumento populacional que acompanha o crescimento urbano(Figura 3).

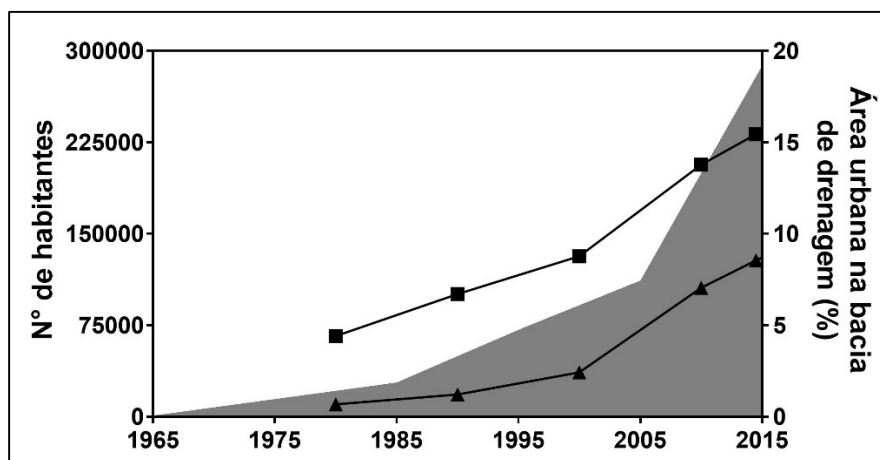


Figure 3. Crescimento das áreas urbanas na BHLI e da população dos municípios de Macaé e Rio das Ostras. A linha com quadrados pretos representa a população do município de Macaé e a linha com triângulos pretos representa a população do município de Rio das Ostras (Fonte de dados: IBGE, Séries Históricas). A área do gráfico em cinza representa o crescimento urbano em porcentagem.

O fluxo de imigrantes para a região, atraídos pelas ofertas de emprego e pelo crescimento econômico devido o subsídio dos *royalties* provenientes da indústria do petróleo (Jeronymo et al., 2017). Como grande parte dos empregos oferecidos pelo setor de produção e exploração do petróleo exigiam alta especialização, a maioria dos imigrantes que planejavam viver na cidade acabaram absorvidos pelo comércio local ou

pelo trabalho informal a salários mais baixos, resultando na multiplicação de assentamentos, em muitos casos, sobre áreas de risco ou de preservação (Faria e Tougeiro, 2010), devido à carência de políticas públicas de ordenamento e gestão territorial urbana e ambiental, a urbanização cresceu desordenadamente, o município de Macaé carece de políticas públicas de ordenamento territorial até meados da década de 2000 (Ressiguiet, 2011). Como resultado, problemas nas áreas de saúde, saneamento, educação e o agravamento dos índices de poluição ficaram evidentes.

Em consequência, a lagoa passou por um processo de eutrofização artificial (Marotta, 2009; Farias, 2018) a partir década de 1990, que foram simultâneas a temporalidade em que classe urbano apresenta seu maior crescimento. Além disso, distribuição de metais pesados também foram verificados tanto em sedimentos quanto em peixes e macrófitas na Lagoa de Imboassica (Beraldi et al., 2019). Em síntese, observamos que com crescimento exponencial (Figure 3) da população de ambos os municípios refletiu na proliferação das áreas urbanas, que cresceram cerca de 248% entre 1965 e 2015 na BHLI (Figura 4). No mesmo período, a vegetação diminui cerca de 27,84% de sua, enquanto o campo tem perda de 35,71% de sua cobertura, a restinga e o cordão arenoso perderam 39%.

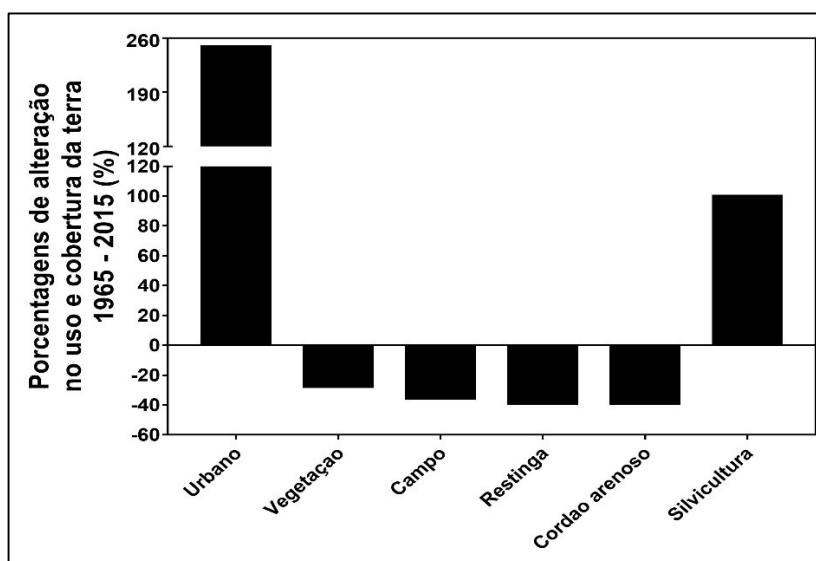


Figura 4. Percentual das principais mudanças de uso e cobertura da terra ocorridas de 1965 para 2015.

CONCLUSÕES

A BHLI passou por diversas mudanças em relação ao uso e cobertura da terra, com predominante aumento da área urbana que teve início nas áreas adjacentes da lagoa, alcançando 19% da bacia em 2015, com maior participação de Rio das Ostras. Foi possível observar a substituição predominante de 27,84 % das áreas de remanescentes

de mata atlântica em campo e urbano entre 1965 e 2015. Além disso, inserção da silvicultura na bacia foi registrada em 2015 com 5,23%. A recuperação da restinga a partir de 1995 também foi detectada. As projeções demográficas do IBGE (2019) na região tendem ao crescimento e isso implica na assistência voltada para moradia, lazer e serviços públicos, estes levantamentos históricos são necessários para auxiliar no planejamento urbano e ambiental da gestão costeira da BHLI, que já possui uma lagoa artificialmente eutrofizada. Os resultados obtidos a partir de ferramentas de sensoriamento remoto e processamento digital de imagem podem facilitar a identificação das consequências inerentes à ausência de planejamento urbano sobre os ecossistemas costeiro, assim como, na elaboração de projetos de recuperação e conservação dessas áreas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, André Campos e CONCEIÇÃO, Paula Ena de Almeida, 2015. Levantamento do uso e ocupação do solo por meio de imagens TM-Landsat-5 e ADS-80 para o município de Manaus/AM. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR. 2015. no. 1, p. 5881–5888. DOI 10.1017/CBO9781107415324.004.
- ANTHONY, Abigail et al., 2009. Coastal lagoons and climate change: Ecological and social ramifications in U.S. Atlantic and Gulf coast ecosystems. Ecology and Society. 2009. vol. 14, no. 1. DOI 10.5751/ES-02719-140108.
- AUGUSTO, Rafael Cardão et al., 2017. Mapeamento De Uso E Cobertura Da Terra E Cálculo De Superfície Real Da Bacia Hidrográfica Do Rio Caceribu-Rj. Estudos Geográficos: Revista Eletrônica de Geografia. 2017. vol. 14, no. 2, p. 43–56.
- BARRETO, 2009. Mapeamento ambiental da Bacia Hidrográfica da Lagoa de Imbocica: subsídio para construção de planos de bacia. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós- Graduação em Engenharia Ambiental. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense. Macaé.
- BERALDI, Gaby Quintal F. et al., 2019. Assessment of a coastal lagoon metal distribution through natural and anthropogenic processes (SE, Brazil). Marine Pollution Bulletin. Marine Pol. 2019. vol. 146, no. November 2018, p. 552–561. DOI 10.1016/j.marpolbul.2019.07.007.
- CLOEM, J. E., FOSTER, S. Q., & KLECKNER, A. E. (2014). Phytoplankton primary production in the world's estuarine-coastal ecosystems. Biogeosciences, 11(9), 2477..
- DAY, J. W.; RYBCZYK, J. M. Global Change Impacts on the Future of Coastal Systems: Perverse Interactions Among Climate Change, Ecosystem Degradation, Energy Scarcity, and Population. Coasts and Estuaries, p. 621–639, 2019.
- DOWNING, J. A. et al. Sediment organic carbon burial in agriculturally eutrophic impoundments over the last century. Global Biogeochemical Cycles, v. 22, n. 1, p. n/a-n/a, 2008.
- DUARTE, Carlos M. et al., 2020. Rebuilding marine life. Nature. 2020. vol. 580, no. 7801, p. 39–51. DOI 10.1038/s41586-020-2146-7.
- DUCK, Robert W. e DA SILVA, José Figueiredo, 2012. Coastal lagoons and their evolution: A hydromorphological perspective. Estuarine, Coastal and Shelf Science. 2012. vol. 110, p. 2–14. DOI 10.1016/j.ecss.2012.03.007.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual Técnico de Uso da Terra. 2013 ISBN 9788524043079.
- IBGE. Séries históricas e estatísticas. Acessado em 14 de Agosto de 2020: <https://seriesestatisticas.ibge.gov.br/>
- IBGE. Censo 2010. Acessado em 14 de Agosto de 2020: <https://censo2010.ibge.gov.br>
- ESTEVEZ, Francisco De Assis, 1988. Fundamentos de Limnologia. Interface. 1988. no. 2, p. 226. DOI 10.1515/znc-1987-0514. #90
- FARIA, Teresa Peixoto e TOUGEIRO, Jailse Vasconcelos, 2010. Conflitos Socioambientais Motivados Por Ocupação De Manguezais E Restingas Para Fins Habitacionais No Espaço Urbano De Macaé, RJ. R. Inter. Interdisc. INTERthesis, Florianópolis, v.7 no. 1, 2010. p. 242–271.
- FARIAS, ROBERTO NASCIMENTO DE, 2018. De campo a cidade: urbanização e eutrofização artificial de um ecossistema aquático costeiro (Lagoa de Imbocica, RJ). Tese de Doutorado. Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais e Conservação. UFRJ - Macaé.
- FAUZI, A. et al. Eutrophication of mangroves linked to depletion of foliar and soil base cations. Environmental Monitoring and Assessment, v. 186, n. 12, p. 8487–8498, 11 dez. 2014
- FIORI, Cristiane da Silveira et al., 2018. An alternative approach to bioaccumulation assessment of methyl-Hg, total-Hg, Cd, Pb, Zn in bivalve Anomalocardia brasiliana from Rio de Janeiro bays. Marine Pollution Bulletin. 2018. vol. 135, no. January, p. 418–426. DOI 10.1016/j.marpolbul.2018.07.045.
- GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, 2013. Resolucao CERHI-RJ Nr. 107. . 2013.
- ICMBIO, 2007. PLANO DE MANEJO DO PARQUE NACIONAL DA RESTINGA DE JURUBATIBA. 2007.
- ICMBIO/MMA, 2008. Plano de Manejo Reserva Biológica União. 2008.
- JERONYMO, Carlos André Luz et al., 2017. Evolução Do Uso E Cobertura Da Terra E a Formação De Assentamentos Humanos Em Ecossistemas Frágeis, Áreas Protegidas, Com Risco Ou Degradadas: O Caso Da Cidade De Macaé (Rj-Brasil). Revista Tamoios. 2017. vol. 13, no. 2, p. 94–117. DOI 10.12957/tamoios.2017.25599.
- KALIRAJ, S. et al., 2017. Coastal landuse and land cover change and transformations of Kanyakumari coast, India using remote sensing and GIS. Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science. 2017. vol. 20, no. 2, p. 169–

185. DOI 10.1016/j.ejrs.2017.04.003.
- KENNISH, M. J.; DONOGHUE, J.F., IN ORTIZ-BURGOS, Selene, 2016. Coastal Lagoons. Encyclopedia of Estuaries. . 2016. no. December. DOI 10.1007/978-94-017-8801-4.
- KNOPPERS, Bastiaan e KJERFVE, Björn, 1999. Coastal Lagoons of Southeastern Brazil: Physical and Biogeochemical Characteristics. Estuaries of South America. 1999. P. 35–66. DOI 10.1007/978-3-642-60131-6_3.
- KUMAR, S.; ARIVAZHAGAN, N. S.; Rangarajan, 2013. Remote Sensing and GIS Applications in Environmental Sciences - A Review. Journal of Environmental Nanotechnology. 2013. vol. 2, no. 2, p. 92–101. DOI 10.13074/jent.2013.06.132025.
- LE MOAL, Morgane et al., 2019. Eutrophication: A new wine in an old bottle?. Science of the Total Environment 651 (2019) 1–11. DOI.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.139
- LIN, Qiaoying e YU, Shen, 2018. Losses of natural coastal wetlands by land conversion and ecological degradation in the urbanizing Chinese coast. Scientific Reports. 2018. vol. 8, no. 1, p. 1–10. DOI 10.1038/s41598-018-33406-x.
- LOTZE, H. K. et al. Depletion, degradation, and recovery potential of estuaries and coastal seas. Science, v. 312, n. 5781, p. 1806–1809, 2006.
- MAROTTA, H., 2009. Dióxido de Carbono em lagos tropicais: De controles locais a padrões globais. Tese de Doutorado. Departamento de Ecologia. UFRJ.
- MIDDELBURG, J. J.; LEVIN, L. A. Coastal hypoxia and sediment biogeochemistry. Biogeosciences Discussions, v. 6, n. 2, p. 3655–3706, 6 abr. 2009.
- MORAES, Maria Eugênia Bruck de e LORANDI, Reinaldo, 2016. Métodos e técnicas de pesquisa em bacias hidrográficas. ISBN 9788574554433.
- PAERL, H. W. (2006). Assessing and managing nutrient-enhanced eutrophication in estuarine and coastal waters: Interactive effects of human and climatic perturbations. Ecological Engineering, 26(1), 40-54.
- PERES, Anna Paula, NEVES, Nathalia Clyo Rizzo de Freitas e TADDEI, Renzo, 2020. Atitudes e percepções de gestores ambientais da Zona Costeira de SP frente às mudanças climáticas. Revista de Economia e Sociologia Rural. 2020. vol. 58, no. 2, p. 1–14. DOI 10.1590/1806-9479.2020.191793.
- Pérez-Ruzafa, A., Campillo, S., Fernández-Palacios, J. M., García-Lacunza, A., García-Oliva, M., Ibañez, H., ... & Sala-Mirete, A. (2019). Long-Term dynamic in nutrients, chlorophyll a, and water quality parameters in a coastal lagoon during a process of eutrophication for decades, a sudden break and a relatively rapid recovery. Frontiers in Marine Science, 6, 26.
- QIN, B. Q. et al. Lake eutrophication and its ecosystem response. Chinese Science Bulletin, v. 58, n. 9, p. 961–970, 2013.
- REIS, Rafael Balbi et al., 2009. Classificação do Uso e Cobertura do Solo da APA do São João em uma abordagem orientada a objeto. . 2009. P. 7087–7094.
- RESSIGUIER, José Henrique Barreto, 2011. Atividade petrolífera e impactos no espaço urbano do município de Macaé/RJ - 1970/2010. 2011. P. 113.
- RODRÍGUEZ-GALLEGO, Lorena et al., 2017. Effects of land use changes on eutrophication indicators in five coastal lagoons of the Southwestern Atlantic Ocean. Estuarine, Coastal and Shelf Science. 2017. vol. 188, p. 116–126. DOI 10.1016/j.ecss.2017.02.010.
- SACHS, J. D., MELLINGER, A. D. e GALLUP, J. L., 2001. The geography of poverty and wealth. Scientific American. 2001. vol. 284, no. 3, p. 70–75. DOI 10.1038/scientificamerican0301-70.
- TRANVIK, L. J. et al. Lakes and reservoirs as regulators of carbon cycling and climate. Limnology and Oceanography, v. 54, n. 6 part 2, p. 2298–2314, 2009.
- TRANVIK, L. J.; COLE, J. J.; PRAIRIE, Y. T. The study of carbon in inland waters-from isolated ecosystems to players in the global carbon cycle. Limnology and Oceanography Letters, v. 3, n. 3, p. 41–48, jun. 2018.
- VITOUSEK, P. M. et al. Human domination of Earth's ecosystems. Science, v. 277, n. 5325, p. 494–499, 1997.
- VALDEZ, Vera e RUIZ-LUNA, Arturo, 2016. Effects of Land Use Changes on Ecosystem Services Value Provided By Coastal Wetlands: Recent and Future Landscape Scenarios. Journal of Coastal Zone Management. 2016. vol. 19, no. 01, p. 1–7. DOI 10.4172/2473-3350.1000418
- WARD, Nicholas D. et al., 2020. Representing the function and sensitivity of coastal interfaces in Earth system models. Nature Communications. 2020. vol. 11, no. 1, p. 1–14. DOI 10.1038/s41467-020-16236-2.