

# DINÂMICA DE MUDANÇAS DE USO E COBERTURA DO SOLO NO MUNICÍPIO DE CARAGUATATUBA - SP, DE 2009-2019

*Danielle Almeida de Carvalho<sup>1</sup>, Maria Isabel Sobral Escada<sup>2</sup>, Silvana Amaral<sup>3</sup>*

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, Caixa Postal 515 - 12227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil,  
<sup>1</sup>danielle.carvalho@inpe.br; <sup>2</sup>isabel.escada@inpe.br; <sup>3</sup>silvana.amaral@inpe.br

## RESUMO

As mudanças de uso e cobertura da terra na zona costeira levam à degradação de ecossistemas marinhos e costeiros, além de intensificar os conflitos de usos. O município de Caraguatatuba, no Litoral Norte Paulista é um exemplo de cidade costeira em processo de urbanização devido à implementação de grandes obras e projetos de infraestrutura. O presente trabalho tem como objetivo compreender a dinâmica de mudança de cobertura do solo e identificar causas proximais que impactam os ecossistemas costeiros. Os resultados indicam desmatamento de Mata Atlântica e expansão urbana em ecossistema de praia, o que pode intensificar os conflitos de uso. Este estudo contribui com informações para apoiar o desenvolvimento de políticas públicas de conservação de Mata Atlântica e gestão de praias.

**Palavras-chave** — Zona Costeira, Mata Atlântica, Litoral Norte Paulista.

## ABSTRACT

*Land use and land cover changes in the coastal zone lead to the degradation of marine and coastal ecosystems, besides intensifying land use conflicts. The municipality of Caraguatatuba, on the Northern Coast of São Paulo State, is an example of a coastal city in the process of urbanization due to the implementation of large construction and infrastructure projects. The present work aims to understand the dynamics of land cover change and identify proximate causes that impact coastal ecosystems. The results indicate Atlantic Forest deforestation and urban expansion in the beach ecosystem, which may intensify use conflicts. This study contributes information to support the development of public policies for Atlantic Forest conservation and beach management.*

**Keywords** - Coastal zone, Atlantic Forest, São Paulo North Coast.

## 1. INTRODUÇÃO

As mudanças no uso e ocupação do solo na zona costeira podem levar à degradação de ecossistemas marinhos e costeiros, reduzir área de pesca e turismo, e ameaçar o estabelecimento de comunidades tradicionais, levando à intensificação de conflitos [1]. Atualmente, o Litoral Norte Paulista vem sendo modificado, principalmente, pelos

impactos da instalação de megaprojetos na região, como a duplicação da Rodovia Tamoios e a ampliação do Porto de São Sebastião [1].

O município de Caraguatatuba se mostra como o mais urbanizado do Litoral Norte paulista. Seu histórico de ocupação seguiu o processo de desenvolvimento de atividades socioeconômicas na região. O município teve um intenso crescimento populacional na década de 1970, em decorrência da atração de mão de obra para a construção civil. Entre as décadas de 1970 a 80, Caraguatatuba passou pela transição de município predominantemente rural para predominantemente urbano, com aumento de 124% no número de habitantes [2].

As causas que levam aos processos locais de mudança de cobertura florestal podem ser compreendidas como causas proximais ou subjacentes [3]. As causas proximais são aquelas decorrentes de atividades humanas ou ações imediatas a nível local e impactam diretamente a cobertura florestal. As causas subjacentes advêm de processos sociais que sustentam as causas imediatas e operam no nível local ou têm impacto indireto a nível nacional ou global [3].

O sensoriamento remoto é uma grande ferramenta para gestão de ecossistemas costeiros, principalmente, aqueles protegidos por lei, como é o caso da Mata Atlântica [4]. Ainda, pode auxiliar no monitoramento e formulação de políticas nacionais, regionais e locais de gerenciamento costeiro, conforme preconizado pelo Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro [5].

Este trabalho tem como objetivo analisar a dinâmica de mudanças de uso e cobertura do solo no município costeiro de Caraguatatuba, SP no período de 2009 a 2019. Como objetivo específico, pretende-se identificar as causas proximais de desmatamento que impactam diretamente dois importantes ecossistemas costeiros a Mata Atlântica e as Praias.

## 2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

### 2.1. Área de estudo e recorte temporal

Neste trabalho entende-se que o contexto territorial regional influencia a dinâmica local de mudanças de uso e cobertura da terra e, por isso, foi escolhido o período de análise dos anos de 2009 e 2019. Este período histórico de “desenvolvimento” de Caraguatatuba pode ter influenciado as mudanças de cobertura do solo, o que permitiria identificar principais causas subjacentes [3] de mudanças.

Em 2009 foi lançado o Plano de Desenvolvimento e Zoneamento (PDZ) do Porto de São Sebastião com capítulo específico sobre projeto de expansão do Porto [6]. O Plano inicialmente previa avançar sobre áreas de preservação natural, promovendo a degradação de serviços ecossistêmicos. Em 2011, foi emitida a Licença de Operação para o Polo Mexilhão de exploração de Pré-Sal da Bacia de Santos, com influência direta no município de Caraguatatuba. A operação incluiu instalar gasodutos com ligação à Unidade de Tratamento de Gás Monteiro Lobato – Caraguatatuba (UTGCA)[7].

Em 2012, foram iniciadas as obras de duplicação da Rodovia Tamoiós (SP-99) que liga São José dos Campos a Caraguatatuba [8]. De São José dos Campos se dispersa grande parte dos fluxos orientados para o Litoral Norte. Em 2014, foi emitida a Licença Prévia de ampliação do Porto de São Sebastião. Acompanhando as modificações no território do Litoral Norte Paulista, em 2017, foi realizada a atualização do Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE) do Litoral Norte. Por sua vez, no ano de 2018, o Plano Diretor de Caraguatatuba foi atualizado a fim de manter alinhamento com o instrumento estadual do ZEE. No mesmo ano, foi retomado o processo de desenvolvimento do Plano de Manejo da Área de Preservação Marinha do Litoral Norte (APAMLN).

## 2.1. Materiais e Métodos

Para análise de mudanças de cobertura do solo obteve-se o limite municipal da área de estudo no site do IBGE. A partir do *Google Earth Engine*, foi realizado o download de dados e imagens do *MapBiomas Coleção 5.0* para os anos de 2009 e 2019.

Com o software QGIS 3.16, procedeu-se o ajuste das bases para Projeção Equivalente de Albers - EPSG:7390, conforme recomenda o Manual Técnico em Geociências do IBGE para cálculo de áreas. As classes do mapeamento *MapBiomas* foram reclassificadas para atender aos objetivos do estudo, formando o conjunto de sete classes, conforme apresentado na Tabela 1. As classes Formação Florestal e Floresta Plantada foram agrupadas na nova classe Floresta. A classe Mangue foi isolada devido ser fitofisionomia de Mata Atlântica característica de regiões litorâneas, uma vez que se forma em região estuarina. As classes de 2.1 a 2.5 do *MapBiomas* constituem a Formação Natural não Florestal que foram reclassificadas como Formação Natural. As classes que constituem atividades extrativistas foram agrupadas na nova classe Agropecuária. A classe Praia e Duna foi isolada para ser observada suas mudanças na zona costeira. As classes 4.2, 4.3 e 4.4 foram agrupadas em Área não Vegetada. E, por fim, Rio, Lago e Oceano e Aquicultura foram agrupados na classe Corpos d'água.

**Tabela 1. Reclassificação das classes MapBiomas Coleção 5.0.**

Classes <i>MapBiomas</i> originais	Reclassificação
1.1.1 Formação Florestal	1. Floresta
1.2 Floresta Plantada	
1.1.3 Mangue	2. Mangue
2.1 Campo Alagado e Área Pantanosa	3. Formação Natural
2.2 Formação Campestre	
2.3 Apicum	
2.4 Afloramento Rochoso	
2.5 Outras Formações não Florestais	
3.1 Pastagem	4. Agropecuária
3.2.1.1 Soja	
3.2.1.2 Cana	
3.2.1.3 Outras Lavouras Temporárias	
3.2.2 Lavoura Perene	
3.3 Mosaico de Agricultura e Pastagem	5. Praia e Duna
4.1 Praia e Duna	
4.2 Infraestrutura Urbana	
4.3 Mineração	
4.4 Outras Áreas não Vegetadas	6. Área não vegetada
5.1 Rio, Lago e Oceano	7. Corpos d'água
5.2 Aquicultura	

Após a reclassificação das duas datas (2009 e 2019), procedeu-se uma análise das mudanças de uso e cobertura identificadas para o período. Com auxílio do Plugin de Classificação Semiautomática do QGIS, foi possível discriminar as principais mudanças de cobertura entre os anos avaliados. Na Tabela 2 apresenta-se uma categorização dos principais tipos de mudança de classe que são de interesse para este estudo. Quando ocorreu transição de Praia e Duna para Agropecuária, Área não vegetada e Corpos d'água foi denominado de mudança do tipo Perda de área de praia. O desmatamento – agropecuária refere-se a formações naturais que foram convertidas em classe 4 – Agropecuária.

A mudança denominada de desmatamento – expansão urbana refere-se às classes reclassificadas floresta, mangue, formação natural e corpos d'água (1,2,3,7) que foram convertidas para a classe 6 – Área não vegetada. A mudança do tipo água refere-se a conversão das classes 1,2,3,6 a corpos d'água (7). Quando houve mudança da classe agropecuária (4) e área não vegetada (6) para classes floresta, mangue, formação natural e corpos d'água (1,2,3,7) foi denominado ganho de área natural. Quando agropecuária (4), área não vegetada (6) e corpos d'água (7) foram convertidas para a classe praia e duna (5), foi denominado ganho de área de praia. Se agropecuária (4) mudou para área não vegetada (6) denominou-se de expansão urbana. Área não vegetada (6) e corpos d'água (7) convertidas para agropecuária (4) foi denominado de Agropecuária. Por fim, quando as classes floresta (1), mangue (2) e formação natural (3) mudaram entre si foi denominado de tipo de mudança natural.

Tabela 2. Trajetórias de mudanças uso e cobertura.

Transições de Classes de (2009) para (2019)		Tipo de Mudança
5	4, 6, 7	
1, 2, 3, 7	4	Desmatamento - Agropecuária
1, 2, 3, 7	6	Desmatamento - Expansão Urbana
1, 2, 3, 6	7	Água
4, 6	1, 2, 3, 7	Ganho de área natural
4, 6, 7	5	Ganho de área de praia
4	6	Expansão urbana
6, 7	4	Agropecuária
1, 2, 3	1, 2, 3	Natural

Além da análise de mudanças de uso e cobertura, os dados foram cruzados com documentos de planejamento territorial do Litoral Norte e município de Caraguatatuba para a identificação de causas subjacentes e proximais de conversão de terras.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O mapa de mudança de uso e cobertura do solo para o município de Caraguatatuba no período de 2009 a 2019 pode ser observado na Figura 1. O Parque Estadual da Serra do Mar Núcleo Caraguatatuba, ocupa expressiva área do município de Caraguatatuba (em hachura na Figura 1). Esta unidade de conservação tem se apresentado como fator limitante à expansão da malha urbana e de atividades agropecuárias em direção à Serra do Mar.

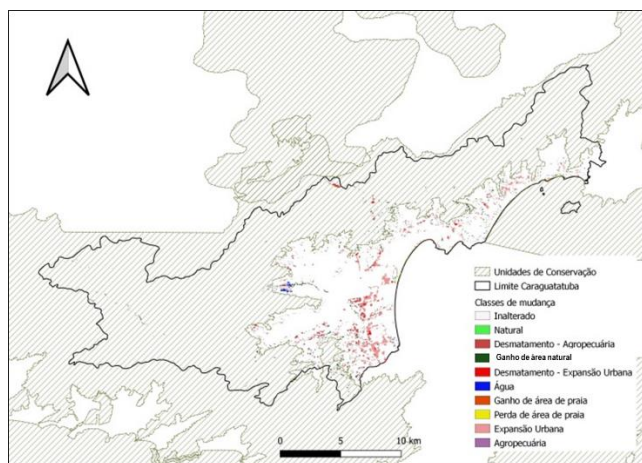


Figura 1. Mudanças de uso e cobertura do solo para Caraguatatuba – SP, de 2009 a 2019.

A partir de revisão bibliográfica, foi possível identificar as causas subjacentes que influenciam as mudanças de uso e cobertura de terra no município de Caraguatatuba. Estas causas podem ainda ser relacionadas às causas proximais identificadas na análise do mapeamento, conforme esquematizado na Figura 2. As setas indicam perda de área

de determinada classe para outra e suas respectivas porcentagens (esquema inspirado em [3]).

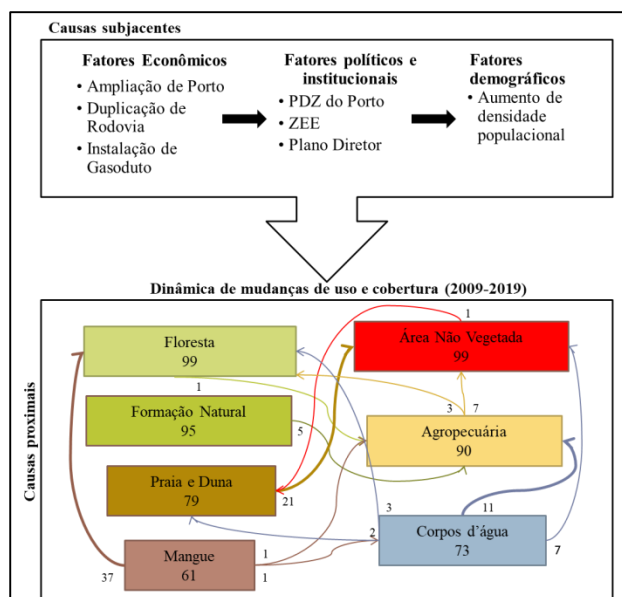


Figura 2. Causas subjacentes e proximais que influenciam a dinâmica de uso e cobertura da terra no município de Caraguatatuba, SP, no período de 2009-2019. As setas indicam perda de área de determinada classe para outra em porcentagens.

O desenvolvimento de megaprojetos influencia e modifica os instrumentos legais de uso e ordenamento do território em suas diversas escalas. O PDZ de São Sebastião é um instrumento de nível federal que se sobrepõe à escala regional e local, bem como a instalação de Unidade de Tratamento de Gás e seus gasodutos. A duplicação da Tamoios é uma obra de interesse estadual e sobrepõe-se à escala municipal. Desta forma, os megaprojetos no Litoral Norte podem influenciar em mudanças e atualizações no Zoneamento Ecológico-Econômico do Litoral Norte (ZEE-LN) e, em escala local, no Plano Diretor e na Lei de Uso e Ocupação do solo do município. Por sua vez, a instalação de megaprojetos promove o aumento da densidade populacional, ao atrair mão de obra para a construção de infraestrutura.

Como pode ser observado na Figura 2 houve conversão de 21% de cobertura de “Praia e Duna” para “Área não vegetada”, ou seja, áreas de praia estão sendo modificadas pela instalação de infraestrutura urbana. Segundo [1] existe conflito relacionados ao uso de praia entre comunidades tradicionais caiçaras, instalação de infraestrutura náutica, prática de esportes, turismo, e mercado imobiliário para segunda residência, em um contexto de falta de tratamento de esgoto. A compatibilização dos diversos possíveis usos deve ser feita pela gestão de praias do município.

Em 2021, foi instituído o Comitê Municipal Gestor da Orla Marítima de Caraguatatuba, alinhado ao Termo de Gestão das Praias Marítimas (TAGP) junto à

Superintendência de São Paulo da Secretaria de Coordenação e Governança do Patrimônio da União, assinado em 2019. O TAGP tem como objetivo municipalizar a gestão de praias por meio da execução do Projeto Orla e elaboração de Plano de Gestão Integrada da Orla Marítima. O Comitê Gestor visa democratizar a gestão da orla de forma a equalizar os seus diferentes usos e o desenvolvimento sustentável.

Em contexto geral, as principais causas proximais de mudança de uso e cobertura do solo no município de Caraguatatuba são a expansão urbana e expansão de agropecuária, como pode ser observado na Figura 3. Este resultado concorda com o observado na literatura [3], que evidencia a expansão urbana e agropecuária como principais fatores de desmatamento de florestas tropicais na América Latina.

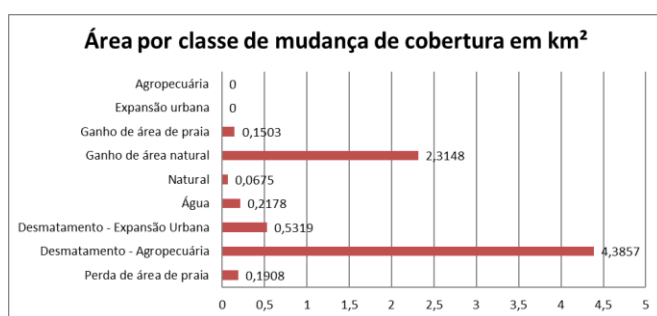


Figura 3. Área por classe de mudança (km<sup>2</sup>) no período de 2009-2019 no município de Caraguatatuba, SP.

No município, observa-se que a expansão urbana avançou para áreas de agropecuária que, por sua vez, avançou para áreas de floresta e remanescentes de Mata Atlântica. Sendo assim, a expansão da agropecuária se caracteriza como principal ameaça ao bioma. O balanço entre ganho de área natural e desmatamento (somando-se desmatamento – expansão urbana e desmatamento – agropecuária) mostra que o desmatamento (4,917 km<sup>2</sup>) foi maior que o ganho de área natural (2,314 km<sup>2</sup>).

#### 4. CONCLUSÕES

O estudo conclui que a instalação de megaprojetos no Litoral Norte Paulista se caracteriza como causa subjacente, que, por sua vez, tem influência nas causas proximais de mudanças de uso e cobertura da terra no município de Caraguatatuba. As causas proximais identificadas são, principalmente, a expansão urbana, que atinge o ecossistema de praia, e a expansão de agropecuária, que está associada ao desmatamento de floresta e remanescentes do ecossistema de Mata Atlântica.

A perda de Mata Atlântica pode comprometer seus serviços ecossistêmicos, principalmente, aqueles relacionados à proteção de encostas, uma vez que o município possui histórico de deslizamentos catastróficos (como o deslizamento de 1967). Os impactos na mudança de uso de praias relacionam-se aos conflitos de uso, tais como turismo, pesca por comunidades tradicionais, esportes, marinas,

gerando cenários que exigem compatibilização de usos. Ainda, em contexto de conservação de biodiversidade, as modificações nos usos sobre o ecossistema de praia perturbam o ambiente característico de invertebrados que vivem nos sedimentos e os visitantes ocasionais, como aves.

Esta análise, ainda que genérica, contribui com informações úteis para apoiar o desenvolvimento de políticas para conservação e recuperação de Mata Atlântica e gestão de praias no município de Caraguatatuba, SP. Deste exemplo, espera-se também estimular a reflexão sobre a importância da dinâmica territorial nos demais municípios costeiros do país.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - código financeiro 001, pela bolsa concedida.

#### 6. REFERÊNCIAS

- [1] SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente. Instituto Florestal. *Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental Marinha do Litoral Norte (APMLN)*. São Paulo, 2019.
- [2] GIGLIOTTI, C. M. C. SANTOS, M. J. *A expansão urbana de Caraguatatuba (1950-2010): uma análise das transformações sócio espaciais*. Uberlândia/MG: Revista Caminhos de Geografia, v. 14. 2013.
- [3] GEIST, H. J., LAMBIN, E. F. *Proximate Causes and Underlying Driving Forces of Tropical Deforestation*. BioScience, 52, 143-150. <https://doi.org/10.1641/0006-3568.2002>
- [4] CARVALHO JÚNIOR, O.A., COELHO, M.A.N., MARTINS, E.S., GOMES, R.A.T., COUTO JÚNIOR, A.F., OLIVEIRA, S.N., SANTANA, O.A. Mapeamento da vegetação na floresta atlântica usando o classificador de árvore de decisão para integrar dados de sensoriamento remoto e modelo digital de terreno. Revista Brasileira de Geofísica [online]. 2008, v. 26, n. 3 [Acessado 31 Outubro 2022] , pp. 331-345. <https://doi.org/10.1590/S0102-261X2008000300007>
- [5] LIMA, J.P., GONÇALVES, R.M., SCHMIDT, M.A.R. Avaliação da eficácia do gerenciamento costeiro integrado utilizando AHP (Analytic Hierarchy Process) para a Ilha de Itamaracá, Pernambuco, Brasil. Geociências, v. 36, n. 4, p. 743-753. 2017.
- [6] CDSS – Companhia Docas de São Sebastião. *Plano de Desenvolvimento e Zoneamento Portuário – PDZ*. 2009. Disponível em: <<http://www.portoss.sp.gov.br>>. Acesso em: 01 de setembro de 2021.
- [7] PETROBRAS. *Estudo de Impactos Ambientais (EIA/RIMA): Projetos Integrados de Produção e Escoamento de Petróleo de Gás Natural no Polo Pré-Sal, Bacia de Santos*. Rio de Janeiro: ICF international, 2010.
- [8] “São Paulo inicia obras de duplicação da Tamoios”. Federação das Empresas de Transporte de Cargas do Estado de São Paulo. Disponível em: <https://fetcesp.com.br/sao-paulo-inicia-obras-de-duplicacao-da-tamoios/>. Acessado em 01/09/2021.