



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro Biomédico

Faculdade de Ciências Biológicas e Saúde

Vitória Duarte Miranda

**Análise do uso e cobertura da terra através de IVDN e de classificação
supervisionada – Estudo de caso da implantação de sistema portuário
privado em Ilha da Madeira, Itaguaí - RJ**

Rio de Janeiro

2023

Vitória Duarte Miranda

**Análise do uso e cobertura da terra através de IDVN e de classificação supervisionada –
Estudo de caso da implantação de sistema portuário privado em Ilha da Madeira,
Itaguaí - RJ**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação, Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia Ambiental, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Ciências Ambientais.

Orientadora: Prof.^a Dra. Cristiane Pimentel Victório

Coorientadora: Prof.^a Dra. Ida Carolina Neves Direito

Rio de Janeiro

2023

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CZO

M672 Miranda, Vitória Duarte.

Análise do uso e cobertura da terra através de IVDN e de classificação supervisionada: estudo de caso da implantação de sistema portuário privado em Ilha da madeira, Itaguaí - RJ/ Vitória Duarte Miranda - 2023.
150f.

Orientadora: Cristiane Pimentel Victório
Coorientadora: Ida Carolina Neves Direito

Dissertação (Mestrado Profissional) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Ciências Biológicas e da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental.

1. Ciência e Tecnologia Ambiental - Teses. 2. Índice de vegetação por diferença normalizada - Teses. 3. Classificação supervisionada- Teses. 4. Porto Sudeste - Teses I. Victório, Cristiane Pimentel. II. Direito, Ida Carolina Neves. III. Universidade do Estado do Rio de Janeiro.Faculdade de Ciências Biológicas e da Saúde. IV. Título.

CDU 502

Bibliotecária: Rosana Maria dos Passos – CRB 7 4908

Autorizo apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação, desde que cite a fonte.

Assinatura

Data

Vitória Duarte Miranda

**Análise do uso e cobertura da terra através de IVDN e de classificação supervisionada –
Estudo de caso da implantação de sistema portuário privado em Ilha da Madeira,
Itaguaí - RJ**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação, Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia Ambiental, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Ciências Ambientais.

Aprovada em 25 de julho de 2023.

Orientadora: Prof.^a Dra. Cristiane Pimentel Victório

Faculdade de Ciências Biológicas e Saúde - UERJ

Coorientadora: Prof.^a Dra. Ida Carolina Neves Direito

Faculdade de Ciências Biológicas e Saúde - UERJ

Banca Examinadora: _____

Prof.^a Dra. Cristiane Pimentel Victório (Orientadora)

Faculdade de Ciências Biológicas e Saúde – UERJ

Prof. Dr. Leandro de Macedo Silva Reis

Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ

Prof.^a Dra. Marina Aires

Secretaria Municipal de Educação de Petrópolis – SME/PMP

Rio de Janeiro

2023

DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação assim como toda minha trajetória acadêmica à Deus e à minha família, a quem atribuo todo meu desempenho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo o que Ele representa em minha vida e por seu amor infinito.

À minha família, pelo amor, suporte ao longo dos anos na minha vida e por toda orientação quanto à dedicação aos estudos.

À minha orientadora, pela paciência, acompanhamento e inspiração.

Aos docentes e demais funcionários da Universidade do Estado do Rio de Janeiro pela prontidão no atendimento e pela excelência na transmissão do conhecimento.

Aos professores ao longo da minha trajetória escolar, em especial, os docentes do Colégio Estadual Professor Fernando Antônio Raja Gabaglia.

Aos colegas de curso, pelo companheirismo, colaboração e amizade.

RESUMO

MIRANDA, Vitória Duarte. **Análise do uso e cobertura da terra através de IVDN e de Classificação Supervisionada – Estudo de caso da implantação de sistema portuário privado em Ilha da Madeira, Itaguaí - RJ.** 2023. 150 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia Ambiental) – Faculdade de Ciências Biológicas e Saúde, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023.

Os sistemas portuários constituem uma importante atividade econômica, tendo grande contribuição nos fluxos comerciais em escalas nacional e global. Entretanto, a implantação desses empreendimentos influencia na transformação da realidade local e da dinâmica ambiental, tanto no planejamento, na instalação, quanto na operação desses complexos. Impactos socioambientais, tanto positivos como negativos, estão associados a essa atividade. Nessa perspectiva, as análises do uso e cobertura da terra, por meio da utilização de geotecnologias como os Sistemas de Informação Geográfica, o Sensoriamento Remoto e o Geoprocessamento, são essenciais na identificação de impactos nas áreas de influência dos portos. Esse trabalho buscou analisar as modificações decorrentes da instalação do Porto Sudeste do Brasil S.A. no bairro da Ilha da Madeira (Itaguaí - RJ), no que concerne aos impactos ambientais no uso e cobertura da terra, com foco na vegetação remanescente de floresta ombrófila densa e de mangue, em análise temporal (de 2008 a 2022), através de aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN) e de classificação supervisionada, realizadas no software livre QGIS. A metodologia desta pesquisa consistiu nas etapas de aquisição de imagens de satélite e de bases cartográficas, pré-processamento, processamento e pós-processamento de imagens dos satélites *Landsat 5* e *8* referentes aos anos de 2008, 2010, 2013, 2015, 2020 e 2022. Através do pós-processamento das imagens, foram obtidas as estatísticas descritivas dos IVDNs, a análise de acurácia das classificações e a comparação das alterações na área de estudo no período analisado. A verificação de acurácia conduzida demonstrou que os resultados das classificações foram satisfatórios. Ademais, foram obtidos como produtos finais os mapas de IVDN, de uso e cobertura da terra e de mudanças no uso e cobertura da terra. Os resultados alcançados, tanto nos produtos de IVDN como de classificação supervisionada, evidenciaram maior alteração na paisagem no ano de 2013, período de implantação do sistema portuário. A análise das mudanças, entre 2008 e 2022, indicou que o desflorestamento na região sobressai ao reflorestamento, correspondendo a 6,64% da área do bairro de Ilha da Madeira. A regeneração de áreas isoladas de vegetação de floresta também foi observada, a partir do ano de 2015. Sendo assim, a pesquisa demonstrou a eficácia dos métodos escolhidos na identificação do vigor vegetativo e das mudanças nos padrões de uso e cobertura da terra nas fases de planejamento, implantação e operação do empreendimento portuário. Ademais, através dos produtos cartográficos, tabelas e análises geradas, compreende-se que o estudo poderá subsidiar pesquisas futuras, bem como contribuir para o monitoramento ambiental e tomadas de decisões na região.

Palavras-chave: Índice de Vegetação por Diferença Normalizada. Classificação Supervisionada. Porto Sudeste.

ABSTRACT

MIRANDA, Vitória Duarte. **Analysis of land use and land cover through NDVI and Supervised Classification – Case study of the implementation of a private port system on Ilha da Madeira, Itaguaí - RJ.** 2023. 150 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia Ambiental) – Faculdade de Ciências Biológicas e Saúde, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023.

Port systems constitute an important economic activity, making a huge contribution to trade flows on a national and global scale. However, the implementation of these projects influences the transformation of the local reality and the environmental dynamics, in the planning, installation and operation of these complexes. Socio-environmental impacts, both positive and negative, are associated with this activity. From this perspective, analyzes of land use and land cover, through the use of geotechnologies such as Geographic Information Systems, Remote Sensing and Geoprocessing, are essential in identifying impacts on the ports' areas of influence. This work sought to analyze the changes resulting from the installation of Porto Sudeste do Brasil S.A. in the neighborhood of Ilha da Madeira (Itaguaí - RJ), regarding the environmental impacts on land use and land cover, focusing on the remaining vegetation of dense rainforest and mangroves, in a temporal analysis (from 2008 to 2022), through application of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and supervised classification, performed in the free software QGIS. The methodology of this research consisted of the acquisition of satellite images and cartographic bases, pre-processing, processing and post-processing of Landsat 5 and 8 satellite images for the years 2008, 2010, 2013, 2015, 2020 and 2022. Through post-processing of the images, descriptive statistics of the NDVIs were obtained, analysis of accuracy of classifications and comparison of changes in the study area in the analyzed period. The verification of accuracy conducted showed that the classification results were satisfactory. Furthermore, NDVI, land use and land cover and changes in land use and land cover maps were obtained as final products. The results achieved, in both NDVI and supervised classification products, showed greater change in the landscape in 2013, the period of implementation of the port system. The analysis of the changes, between 2008 and 2022, indicated that deforestation in the region outweighs reforestation, corresponding to 6.64% of the area of the Ilha da Madeira neighborhood. The regeneration of isolated areas of forest vegetation was also observed, starting in 2015. Therefore, the research demonstrated the effectiveness of the chosen methods in identifying vegetative vigor and changes in land use and land cover patterns in the planning, implementation and operation stages of the port project. In addition, through the cartographic products, tables and analyzes generated, it is understood that the study will be able to subsidize future research as well as contribute to environmental monitoring and decision-making in the region.

Keywords: Normalized Difference Vegetation Index. Supervised Classification. Porto Sudeste.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 –	Classificação dos impactos ambientais.....	18
Figura 1 –	Distribuição dos manguezais no Brasil.....	31
Figura 2 –	Processo de aquisição de informações de SR.....	42
Figura 3 –	Área de estudo.....	48
Figura 4 –	Empreendimentos na região da Baía de Sepetiba.....	52
Figura 5 –	Estruturas marítima e terrestre do Porto Sudeste.....	53
Figura 6 –	Linha do tempo - Fases de implantação e operação do Porto Sudeste.....	55
Quadro 2 –	Impactos ambientais negativos do Porto Sudeste (Itaguaí - RJ).....	57
Figura 7 –	Procedimentos para definição do IVDN.....	65
Quadro 3 –	Classes de uso e cobertura da terra.....	66
Quadro 4 –	Classes de mudanças no uso e cobertura da terra.....	70
Figura 8 –	Procedimentos metodológicos.....	71
Figura 9 –	Simbologia escolhida para produção dos mapas finais de IVDN.....	73
Figura 10 –	IVDNs de Ilha da Madeira (Itaguaí - RJ) - Período seco.....	74
Figura 11 –	IVDNs de Ilha da Madeira (Itaguaí - RJ) - Período chuvoso.....	75
Figura 12 –	Comparação entre resultados do IVDN do período seco e imagens de satélite.....	78
Figura 13 –	Uso e cobertura da terra em Ilha da Madeira (Itaguaí - RJ).....	80
Figura 14 –	Dinâmica das classes de uso e cobertura da terra por área (%), entre 2008 e 2022.....	82
Figura 15 –	Mudanças no uso e cobertura da terra em Ilha da Madeira (Itaguaí - RJ).....	88
Figura 16 –	Supressão de manguezais decorrente da instalação do sistema portuário no período de 2011 a 2013.....	89

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Movimentação em portos organizados em toneladas/ano - 2022.....	22
Tabela 2 –	Movimentação em terminais autorizados - 2022.....	22
Tabela 3 –	Principais portos por movimentação de carga - 2022.....	23
Tabela 4 –	Movimentação de mercadorias em toneladas/ano - 2022.....	23
Tabela 5 –	Índices de vegetação (ENDVI, EVI, GNDVI, NDMI, NDRE, NDVI, SAVI e VARI).....	43
Tabela 6 –	Características dos satélites <i>Landsat 5</i> (TM) e <i>Landsat 8</i> (OLI).....	61
Tabela 7 –	Informações das imagens de satélite utilizadas.....	62
Tabela 8 –	Classes e desempenho do índice <i>Kappa</i>	69
Tabela 9 –	Estatísticas descritivas dos IVDNs por período seco e chuvoso.....	76
Tabela 10 –	Relatório das classificações supervisionadas.....	81
Tabela 11 –	Matriz de confusão - 2008.....	83
Tabela 12 –	Matriz de confusão - 2010.....	84
Tabela 13 –	Matriz de confusão - 2013.....	84
Tabela 14 –	Matriz de confusão - 2015.....	84
Tabela 15 –	Matriz de confusão - 2020.....	85
Tabela 16 –	Matriz de confusão - 2022.....	85
Tabela 17 –	Resultados da avaliação de acurácia.....	85
Tabela 18 –	Área das classes de mudanças no uso e cobertura da terra.....	86

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AcATaMa	<i>Accuracy Assessment of Thematic Maps</i>
ADAs	Áreas Diretamente Afetadas
AID	Área de Influência Direta
AII	Área de Influência Indireta
ANTAQ	Agência Nacional de Transportes Aquaviários
APA	Área de Preservação Ambiental
APP	Área de Preservação Permanente
ARIE	Área de Relevante Interesse Ecológico
BLU	<i>Blue</i>
CNAE	Classificação Nacional das Atividades Econômicas
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPSFS	Complexo Portuário de São Francisco do Sul
DOS	<i>Dark Object Subtraction</i>
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
ENDVI	<i>Enhanced Normalized Difference Vegetation Index</i>
ETCs	Estações de Transbordo de Cargas
ETM+	<i>Enhanced Thematic Mapper Plus</i>
EVI	<i>Enhanced Vegetation Index</i>
GEE	Gases do Efeito Estufa
GIS	<i>Geographical Information Systems</i>
GNDVI	<i>Green Normalized Difference Vegetation Index</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
GRE	<i>Green</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMBIO	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
IPTur	Instalações Portuárias de Turismo
IVDN	Índice de Vegetação por Diferença Normalizada
IVs	Índices de Vegetação
LI	Licença de Instalação

LO	Licença de Operação
LP	Licença Prévia
NDMI	<i>Normalized Difference Moisture Index</i>
NDRE	<i>Normalized Difference Red Edge Index</i>
NDs	Níveis Digitais
NDVI	<i>Normalized Difference Vegetation Index</i>
NIR	<i>Near infrared</i>
OLI	<i>Operational Land Imager</i>
ONU	Organização das Nações Unidas
OSGeo	<i>Open Source Geospatial Foundation</i>
PDI	Processamento Digital de Imagens
PIB	Produto Interno Bruto
PNGC	Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro
QGIS	<i>Quantum GIS</i>
RED	<i>Red</i>
REG	<i>Red Edge</i>
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
RPPN	Reserva Particular do Patrimônio Natural
SAVI	<i>Soil-Adjusted Vegetation Index</i>
SCP	<i>Semi-Automatic Classification Plugin</i>
SIGs	Sistemas de Informação Geográfica
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza
SR	Sensoriamento Remoto
SWIR	<i>Short-wave infrared</i>
TUPs	Terminais de Uso Privado
UC	Unidade de Conservação Ambiental
USGS	<i>United States Geological Survey</i>
UTM	Universal Transversa de Mercator
VANTs	Veículos Aéreos Não Tripulados
VARI	<i>Visual Atmospheric Resistance Index</i>
ZEE	Zoneamento Ecológico-Econômico
ZEEZOC	Zoneamento-Ecológico-Econômico da Zona Costeira

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	12
1	OBJETIVOS	15
1.1	Objetivo Geral	15
1.2	Objetivos Específicos	15
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1	Crise ambiental, riscos e impactos ambientais	16
2.2	Portos: desenvolvimento econômico e impactos ambientais	19
2.3	Impactos ambientais negativos decorrentes da instalação de portos no Brasil	25
2.4	O ecossistema manguezal	28
2.5	Legislação ambiental e conservação de manguezais no Brasil	33
2.6	Geotecnologias e Geoprocessamento: os Sistemas de Informação Geográfica e o Sensoriamento Remoto	39
2.7	Uso de Índice de Vegetação por Diferença Normalizada na avaliação ambiental	42
3	MATERIAIS E MÉTODOS	48
3.1	Caracterização da área de estudo	48
3.2	Dados, softwares e procedimentos	60
3.2.1	<u>Dados: aquisição de imagens de satélite e bases cartográficas</u>	60
3.2.2	<u>Softwares</u>	63
3.2.3	<u>Pré-processamento</u>	63
3.2.4	<u>Processamento</u>	64
3.2.4.1	Índice de Vegetação por Diferença Normalizada – IVDN.....	64
3.2.4.2	Classificação supervisionada.....	65
3.2.5	<u>Pós-processamento</u>	67
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	72
	CONCLUSÃO	91
	REFERÊNCIAS	93
	APÊNDICE A – Cartilha “Geotecnologias e Monitoramento Ambiental”.....	114
	APÊNDICE B – <i>Post</i> : “Conhecendo os manguezais...”.....	131
	APÊNDICE C – <i>Post</i> : “Geotecnologias na avaliação do uso e cobertura da terra”	141

INTRODUÇÃO

O discurso ambiental, desde meados de 1970, tem apontado a influência das diversas atividades antrópicas na alteração da qualidade ambiental, configurando o período presente como de crise ambiental (PORTO-GONÇALVES, 2012; RUPPENTHAL, 2014; MENDONÇA, 2019). Nesse cenário, como forma de avaliar possíveis consequências promovidas pelo homem no equilíbrio e na dinâmica ambiental, destacam-se os conceitos de risco e impacto ambiental, que serão abordados posteriormente neste trabalho. Atividades econômicas relacionadas ao extrativismo, à indústria e seus diversos ramos, bem como demais tipos de empreendimentos geradores de impactos socioambientais são abordados no vasto arcabouço jurídico nacional e internacional, visando a redução e a remediação de impactos negativos (CASTRO; LEMOS, 2016).

A atividade portuária, é nessa perspectiva, um agente transformador da dinâmica ambiental, que pode influenciar na propagação de impactos socioambientais, tanto positivos como negativos. Apesar de apresentar relevante função no sistema de transporte e de logística, a nível nacional e mundial, destacam-se inúmeros impactos negativos decorrentes das suas diferentes fases, a saber: o planejamento, a instalação e a operação de portos. Conforme Roldão *et al.* (2021), os impactos podem ser configurados através da própria implantação do sistema portuário e ainda podem ser oriundos da movimentação de embarcações, cargas e demais componentes desse complexo. Destacam-se, dentre tantos, a alteração na zona costeira, a modificação na biota, a supressão de manguezais e outros ecossistemas costeiros como impactos ambientais negativos envolvendo tal atividade econômica (ROLDÃO *et al.*, 2021).

Sendo a vegetação, de forma geral, um importante indicador da qualidade ambiental, seu estudo torna-se fundamental para compreender os processos de manutenção dos recursos naturais e o equilíbrio e diversidade da fauna, uma vez que a cobertura vegetal contribui para a estabilização do solo, a conservação da qualidade hídrica e das bacias hidrográficas, a redução de gases do efeito estufa (GEE) e outros poluentes do ar e a manutenção de habitats de diferentes espécies, etc. (FERREIRA, 2015; ALBUQUERQUE *et al.*, 2019). Sobretudo, os manguezais – ecossistemas florestais de transição (interface terra-mar), inseridos em processos biogeoquímicos essenciais na manutenção da vida, possuem características fundamentais ao desenvolvimento de várias espécies animais e vegetais e exercem essenciais serviços ecossistêmicos (ICMBIO, 2018; TALAMONI *et al.*, 2018) -, apresentam-se vulneráveis às modificações extremas em sua dinâmica.

A intensa urbanização e industrialização frente a esses ecossistemas se caracterizam como fatores de degradação, que alteram o uso e cobertura da terra e ameaçam a integridade destes (JATOBÁ, 2011). Nesse sentido, recentes estudos expõem impactos socioambientais que evidenciam a influência do avanço antrópico na sua degradação (COSTA; PEGADO, 2016; SILVA *et al.*, 2017; DUARTE; REZENDE, 2019; VICTÓRIO *et al.*, 2020; 2021). Especificamente, a instalação de complexos portuários altera a dinâmica dos ecossistemas costeiros, bem como a estrutura territorial local (KOENING *et al.*, 2002; SILVA *et al.*, 2018).

Sob esse viés, enfatiza-se que geotecnologias como os Sistemas de Informação Geográfica e o Sensoriamento Remoto são ferramentas indispensáveis no monitoramento de recursos naturais, como a vegetação, bem como para possível mitigação de riscos e impactos ambientais através da análise espacial, visando a conservação, a proteção e a recuperação ambiental (CASTRO; LEMOS, 2016). As aplicações dessas geotecnologias contribuem nos processos de tomada de decisão e possibilitam a gestão, o controle e o planejamento dos territórios, assim como facilitam a percepção sobre as dinâmicas espaciais, por meio de panoramas sobre a área de estudo e da verificação de padrões e alterações ambientais, através das informações georreferenciadas (MELO, 2022).

Nos estudos sobre o uso e cobertura da terra, informações sobre o solo e a vegetação podem ser adquiridas através da manipulação de imagens de satélite, as quais podem ser analisadas por meio de índices espectrais, de acordo com o objetivo da pesquisa. Índices como o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN), aqui utilizado, permitem extrair informações relevantes acerca das condições da cobertura vegetal, da sua saúde (características biofísicas, estruturais e fisiológicas) e da atividade fotossintética (FILHO, 2018). As aplicações ainda envolvem a verificação de padrões diversos, o monitoramento e a detecção de mudanças por meio de séries temporais. O IVDN contribui na identificação de pragas e no acompanhamento da saúde das plantas, indicando também a densidade da cobertura vegetal (CASTRO; SILVA, 2020; AMANCIO *et al.*, 2021).

Nesse contexto, este trabalho emerge da identificação de possíveis impactos negativos ao uso e cobertura da terra, com foco na vegetação, tendo em vista o processo de instalação das estruturas terrestres do Porto Sudeste e tem por objetivo geral avaliar possíveis impactos ambientais negativos do processo de implantação do referido empreendimento, no bairro da Ilha da Madeira (Itaguaí - RJ), por meio da análise temporal e aplicação do IVDN, entre 2008 (antes da instalação) e 2022 (após instalação), através da utilização do *software* livre *Quantum GIS* (QGIS). De modo geral, esta pesquisa visa responder às seguintes questões norteadoras: “É possível analisar modificações, na perspectiva da vegetação, e possíveis impactos negativos

decorrentes da implantação do empreendimento?” e “Quais são impactos ambientais positivos e negativos da instalação deste empreendimento na área de estudo?”.

Destaca-se que além desses anos, foram analisados os anos de 2010, 2013, 2015 e 2020, períodos que correspondem, respectivamente, o início da construção do empreendimento, o término da construção dos viradores de vagões, o início das operações e o recebimento do primeiro navio. Ainda se considerou nesta pesquisa a avaliação dos IVDNs conforme os períodos seco e chuvoso. Este estudo, bem como a escolha do recorte temporal, se justifica pela necessidade de análise das mudanças no uso e cobertura da terra (em especial, da vegetação), nas diferentes etapas do empreendimento, compreendendo às fases de Planejamento, Implantação e Operação do Porto Sudeste.

Em virtude da pandemia de SARS-CoV-2 (Covid-19) e do isolamento social e sanitário, não foram realizadas análises em campo, sendo estas recomendadas para trabalhos futuros. Através da aplicação do referido índice espectral de vegetação, o estudo almeja contribuir na identificação de possíveis impactos ambientais negativos relacionados à cobertura vegetativa, através da geração produtos cartográficos que representem a evolução temporal da instalação do empreendimento. Tais produtos poderão ser utilizados como embasamento à tomada de decisões quanto ao monitoramento ambiental e planejamento territorial, além de servirem como referências para estudos científicos futuros.

1 OBJETIVOS

1.1 Objetivo geral

Avaliar possíveis impactos ambientais à vegetação em virtude do processo de implantação do Porto Sudeste, Ilha da Madeira (Itaguaí - RJ), por meio de análise temporal e aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN), entre 2008 e 2022, através do *software* livre QGIS.

1.2 Objetivos específicos

- a) Discorrer acerca dos impactos ambientais decorrentes da instalação de portos;
- b) Analisar mudanças nos padrões do uso e cobertura da terra e da cobertura vegetal na área de estudo, por meio de classificação supervisionada, de acordo com o processo de implantação do empreendimento;
- c) Elaborar mapas de IVDN, de uso e cobertura da terra e de mudanças no uso e cobertura da terra, considerando os anos de análise.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Crise ambiental, riscos e impactos ambientais

A interação entre homem-meio ambiente tem sido debatida com mais frequência, em virtude dos eventos que compõem o que se define como crise ambiental. A discussão desse processo, a nível global, se iniciou ao longo da década de 1970, por meio de conferências ambientais que trataram a respeito da questão e difundiram o discurso do desenvolvimento sustentável (RUPPENTHAL, 2014; MENDONÇA, 2019). De acordo com Porto-Gonçalves (2012):

Estamos diante de uma mudança de escala na crise atual de escassez por poluição do ar, de escassez, por poluição da água, de escassez (limites) de minerais, de escassez (limites) de energia, de perda de solos (limites) – os quais demandam um tempo, no mínimo, geomorfológico, para não dizer geológico, para se formarem –, perda, enfim, de elementos (ar, água, fogo, terra) que eram vistos como dados e que a cultura ocidental e/ou ocidentalizada acreditava poder dominar. O efeito estufa, o buraco na camada de ozônio, a mudança climática global, o lixo tóxico, para não falar do lixo propriamente, são os indícios mais fortes desses limites colocados em escala global, ainda que sua dinâmica se evidencie melhor em outras escalas (local, regional, nacional) (PORTO-GONÇALVES, 2012, p. 102).

Sendo assim, entende-se que a abordagem do termo meio ambiente é fundamental para a compreensão da crise ambiental. O conceito é definido por vários autores e é dotado de subjetividade teórica, afinal: tal conceituação é formulada a partir da própria relação do indivíduo com o sistema natural. Conforme Porto-Gonçalves (2012), o termo meio ambiente está amplamente associado, no meio científico, à influência das Ciências Naturais e reflete a relação dos homens com o meio biogeofísico, considerando aspectos bióticos e abióticos.

De acordo com a Lei nº 6.938 de 1981, que trata da Política Nacional do Meio Ambiente e cria o Sistema Nacional do Meio Ambiente, meio ambiente é definido como “o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas” (BRASIL, 1981). De forma semelhante, para Coimbra (2002), o meio ambiente é o conjunto de elementos físico-químicos - abióticos - e biológicos - bióticos -, compreendendo a flora e a fauna, estruturados em ecossistemas sociais e naturais, no qual o homem está inserido interativamente, de maneira individual e coletiva,

com vistas à realização de atividades cotidianas, à preservação das diferentes localidades e seus recursos naturais, considerando leis naturais e parâmetros de qualidade ambiental.

No enfrentamento da crise ambiental, é fundamental a modificação dos atuais padrões de utilização dos recursos naturais e da relação sociedade-meio ambiente, considerando os limites e o equilíbrio do planeta, o acesso aos recursos naturais e ambientais, bem como a manutenção da vida humana e das demais espécies. Contudo, Marçal (2005) aponta, de maneira geral, que a intenção de obter lucro permanece primordial em detrimento da apropriação racional e consciente dos recursos do meio ambiente. A lógica capitalista tenta mascarar a deflagração de atividades degradadoras e poluidoras, através dos investimentos em infraestrutura da comunidade local (ARRUDA *et al.*, 2020).

Dentre as ações humanas que interferem no meio ambiente, citam-se as atividades econômicas voltadas para os ramos da extração e tratamento de minerais, da indústria em seus diferentes setores, das obras civis, dos serviços de utilidade, do transporte, terminais e depósitos, dentre outros. Desde os procedimentos relacionados à instalação destes projetos até a realização de atividades cotidianas de planejamento, logística e execução, é necessária a devida regularização, conforme a Resolução CONAMA nº 237 de 1997, que trata dos procedimentos e critérios associados ao processo de licenciamento ambiental e da obtenção das Licenças Prévia (LP), de Instalação (LI) e de Operação (LO) (BRASIL, 1997). O licenciamento ambiental é fundamental em atividades e/ou empreendimentos que possuam algum risco intrínseco e possam causar impactos socioambientais, e é um dos instrumentos previstos na Política Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 1981).

Nesse contexto, é válido apresentar a noção de risco que, de acordo com Castro e Lemos (2016, p. 49), exprime “a possibilidade da ocorrência futura de danos, prejuízos materiais ou de natureza imaterial para a sociedade ou parte dela, como classes e grupos sociais”. O conceito de risco ainda pode estar associado à sua origem e classificação, seja ele natural, tecnológico, biológico; estando sempre relacionado ao tempo futuro (por isso fala-se em anteceder e avaliar riscos). Quanto ao o risco como objeto de estudo, o autor aponta que este deve ser considerado como:

(...) produto de escolhas, políticas e econômicas, em função de determinados objetivos táticos e estratégicos daquelas mesmas classes e grupos sociais, além de se considerar indivíduos e instituições. Assim, o risco é um processo de expressão territorial e temporal inerente à sociedade (CASTRO; LEMOS, 2016, p. 57).

Convém apresentar também, a noção de impacto que se associa à manifestação do risco; este refere-se às consequências geradas por determinado evento ou ação que, concretiza-se em alterações no equilíbrio da fauna e da flora, de bens materiais e da sociedade. É importante ressaltar que a legislação brasileira conceitua o termo ‘impacto ambiental’ na Resolução CONAMA nº 001 de 1986. Esta definição está vinculada aos instrumentos de análise de impacto ambiental como o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) fundamentais à implantação de instalações de atividades industriais e comerciais, bem como de outros projetos de engenharia e construção (BRASIL, 1986).

Conforme Silva (2011), os impactos ambientais podem ser classificados de acordo com características de valor (em positivos ou benéficos e negativos ou adversos), temporais (em imediato ou de curto prazo, de médio prazo e de longo prazo), de dinâmica (em temporário e permanente), espaciais (em locais, regionais, estratégicos ou nacionais e de grandes proporções ou transfronteiriços), cumulativas e sinérgicas, de reversibilidade (em reversível e irreversível) e de ordem (em diretos ou de primeira ordem e indiretos ou de enésima ordem), conforme o Quadro 1.

Quadro 1 – Classificação dos impactos ambientais (continua)

Característica	Tipo
Valor	Positivo ou benéfico: promove a melhoria da qualidade de fator ou parâmetro ambiental.
	Negativo ou adverso: promove dano da qualidade de fator ou parâmetro ambiental.
Temporalidade	Imediato ou de curto prazo: O impacto ocorre no momento da ação.
	De médio prazo: O impacto ocorre após a ação, em curto tempo.
	De longo prazo: O impacto ocorre longo tempo após a ação; sendo associável ao evento original.
Dinâmica	Temporário: Há durabilidade determinada, desaparecendo totalmente em seguida.
	Permanente: Não possui durabilidade definida.

Quadro 1 – Classificação dos impactos ambientais (conclusão)

Característica	Tipo
Espacialidade	Local: Evento afeta apenas a própria área.
	Regional: Evento se propaga além das imediações iniciais.
	Estratégico ou nacional: Evento se propaga nacionalmente.
	De grandes proporções ou transfronteiriço: Evento ultrapassa fronteiras do país.
Cumulatividade e Sinergismo	Cumulatividade: Há acúmulo de substâncias químicas no ambiente.
	Sinergismo: Quando a ação combinada de duas ou mais substâncias químicas é superior à soma de seus efeitos individuais.
Reversibilidade	Reversível: Há o retorno às condições originais de determinado fator ambiental.
	Irreversível: Não há o retorno às condições originais de determinado fator ambiental.
Ordem	Direto, primário ou de primeira ordem: Resultante de uma relação causa-efeito.
	Indireto, secundário ou de enésima ordem: Resultante de reações secundárias à atividade ou à uma cadeia de reações.

Fonte: Adaptado de Silva (2011).

Nessa perspectiva, inclui-se a implantação das operações portuárias como um agente deflagrador de riscos e de impactos ambientais negativos, pois a instalação da infraestrutura provoca modificações no espaço em que será inserida, o que torna necessária a regulamentação e a fiscalização das suas ações (DOMINGUES *et al.*, 2021).

2.2 Portos: desenvolvimento econômico e impactos ambientais

Com o advento da globalização, a conexão entre diferentes nações, objetivando fins econômicos, étnico-culturais e sociais, tornou-se uma realidade e uma necessidade no desenvolvimento interno dos países e no estabelecimento de relações diplomáticas sólidas. Destaca-se, nesse sentido, o papel dos portos nesta dinâmica. Na concepção econômica, com vistas ao aumento dos fluxos comerciais, Garcia (2012) destaca a importância da atividade portuária na determinação da competitividade nacional frente às demais economias.

A infraestrutura de transportes, especificamente a portuária, é essencial para a mobilidade urbana e global. Esta infraestrutura atua diretamente no estabelecimento de condições primordiais para implantação de empreendimentos (empresas, indústrias, estabelecimentos comerciais, etc.) e favorece a geração de empregos e a cadeia produtiva, assim como promove o suporte logístico e o desenvolvimento a nível nacional e regional (FARINACCIO e TESSLER, 2010; COSTA *et al.*, 2013).

Nessa perspectiva, destaca-se, em meados dos anos de 1970, a identificação da função dos portos como vetores de desenvolvimento que, para além da dinamização econômica e comercial, atuam na reorganização territorial e do espaço produtivo (MONIÉ e VIDAL, 2006; COSTA, *et al.* 2013). Em relação a reorganização territorial e produtiva, Almeida (2011) destaca que o sistema portuário pode atuar como suporte à economia e ao desenvolvimento local, tendo em vista sua área de influência. Para tanto, sua implantação deve considerar além dos aspectos da organização marítima, a interligação nas escalas terrestres, fluviais e lacustres.

Dessa forma, o sistema portuário é fundamental para a dinâmica logística a nível mundial e nacional. Porto pode ser conceituado como uma fronteira nacional aberta, responsável principalmente pela entrada e escoamento de mercadorias e produtos com alto valor monetário, sendo um importante entreposto comercial; normalmente localizado em áreas protegidas de correntes e ondas, próximas a rios, lagos, mar ou oceano. Dentre as funções estabelecidas por um porto, cita-se o abrigo de barcos e navios, o abastecimento de atividades marítimas, o carregamento, a descarga e a estocagem de mercadorias, o transporte de pessoas, além de possuir papel estratégico na defesa e segurança nacional, entre outras funções (ALMEIDA, 2011; SOUSA JR. *et al.*, 2013).

A partir de um ponto de vista histórico, pontua-se a relevância e a tradicionalidade do sistema portuário nacional frente aos demais setores econômicos. Desde a época colonial, o modal aquaviário desempenhou importante papel na comercialização de produtos entre Brasil e Portugal. O ano de 1808, que registra a transferência da Coroa Portuguesa para o país, constitui avanço do sistema portuário em virtude da abertura dos portos nacionais às demais nações pelo rei D. João VI, facilitando o comércio internacional. Destaca-se ainda o estabelecimento de concessões visando a implantação e exploração portuária no país, a partir do final dos anos de 1800 e início dos anos 1900 (BRASIL, 2021a). Nesse contexto, Valdiviezo *et al.* (2021) evidenciam a relevância do sistema portuário para o país, durante a Monarquia e anos iniciais da República.

No final do século XX, observou-se a modernização do sistema portuário nacional através da revisão e atualização de seu marco legal, a Lei Federal nº 8.630/93, ou ainda a Lei

de Modernização dos Portos. Por meio desta legislação, a modernização dos portos foi instaurada pela transferência de gestão portuária para as Companhias Docas e poder público estadual, assim como por concessões e arrendamentos (iniciativa privada). Em decorrência desta lei, modificações no arcabouço legal envolvendo a exploração do sistema portuário ocorreram; estimulou-se a participação privada e governamental, a nível estadual e municipal, bem como favoreceu-se a concorrência e diminuição de custos, visando a geração de investimentos em prol da renovação da infraestrutura portuária pública (BRASIL, 1993a; BRASIL, 2021a). Costa (2021) ressalta que esta reestruturação portuária não tratou decisivamente aspectos relacionados à temática ambiental.

Já no século XXI, com novos avanços legais, há com o estabelecimento da Lei Federal nº 10.233/01, a definição e criação da Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ), entidade autárquica da administração pública indireta, responsável pela fiscalização, supervisão e regulação das atividades envolvendo o modal aquaviário, inclusive a utilização da infraestrutura dos sistemas portuário e aquaviário (BRASIL, 2001a).

No ano de 2013, estabeleceu-se a Lei Federal nº 12.815/13, a Nova Lei dos Portos (atual marco regulatório), que visou, em vistas ao desenvolvimento econômico do país, a determinação de disposições acerca da atualização da administração, do planejamento e da infraestrutura dos portos, a ampliação dos incentivos privados e da eficiência no setor, bem como a atenuação dos gastos. Além disso, a Nova Lei dos Portos, objetivou a reforma institucional no sistema portuário e a adaptação logística intermodal (BRASIL, 2013a; BRASIL, 2021a). Tal lei foi regulamentada pelo Decreto Federal nº 8.033/13, que trata das “demais disposições legais que regulam a exploração de portos organizados e de instalações portuárias” (BRASIL, 2013b). Destaca-se que este decreto foi posteriormente modificado pelo Decreto Federal nº 9.048/17 (BRASIL, 2017). A Lei dos Portos foi ainda alterada através da Lei Federal nº 14.047/20 que, entre outras modificações, trata a respeito de medidas de caráter temporário para enfrentamento da pandemia da Covid-19, no contexto do setor portuário (BRASIL, 2020).

Quanto à presença de portos no Brasil, a ANTAQ aponta, no ano de 2023, a existência de 269 instalações portuárias autorizadas, distribuídas em 4 Instalações Portuárias de Turismo (IPTur), 43 Estações de Transbordo de Cargas (ETCs) e 222 Terminais de Uso Privado (TUPs) (ANTAQ, 2023a). Segundo o Painel de Administração Portuária, a ANTAQ aponta que existem no Brasil 35 portos públicos (ANTAQ, 2023b).

Com relação à movimentação portuária, o Estatístico Aquaviário da ANTAQ aponta um total de 1.216,5 bilhão de toneladas movimentadas referentes ao ano de 2022, representando um aumento de 1,48% se comparado ao ano de 2021 (1.214,0 bilhão de toneladas movimentadas). Quanto à movimentação de cargas em Portos Organizados e Terminais Portuários, destaca-se a relevância do Porto de Santos (S) e do Terminal Marítimo de Ponta da Madeira (MA) nos números nacionais, conforme pode ser observado nas Tabelas 1 e 2 (ANTAQ, 2023c).

Tabela 1 – Movimentação em portos organizados em toneladas/ano - 2022

Posição	Nome	Toneladas/Ano (aproximado)
1	Santos	126
2	Paranaguá	53
3	Itaguaí	51
4	Itaqui	34
5	Suape	26
6	Rio Grande	25
7	Vila do Conde	21
8	Santarém	13
9	São Francisco do Sul	13
10	Aratu	12
11	Rio de Janeiro	11
12	Vitória	7
13	Imbituba	7
14	Areia Branca	4
15	Fortaleza	4
16	Itajaí	4
17	Macapá	2
18	Maceió	2
19	Porto Velho	2
20	Cabedelo	1

Fonte: Adaptado de ANTAQ (2023c).

Tabela 2 – Movimentação em terminais autorizados - 2022 (continua)

Posição	Nome	Toneladas/Ano (aproximado)
1	Terminal Marítimo de Ponta da Madeira	168
2	Terminal de Tubarão	68
3	Terminal Aquaviário de Angra dos Reis	60
4	Terminal Aquaviário de São Sebastião (Almirante Barroso)	59
5	Terminal de Petróleo TPET/TOIL - Açú	43
6	Terminal de Ilha da Guaíba - TIG	28
7	Porto de Açú - Terminal de Minério	21
8	Terminal Aquaviário de Madre de Deus	20

Tabela 2 – Movimentação em terminais autorizados - 2022 (conclusão)

9	Porto Sudeste do Brasil	19
10	Terminal Aquaviário da Ilha d'Água	17
11	Terminal Portuário do Pecém	17
12	Terminal Portuário Privativo da Alumar	15
13	DP World Santos	13
14	Terminal Vila do Conde	13
15	Terminal Trombetas	13
16	Portonave - Terminais Portuários de Navegantes	13
17	Terminal Integrador Portuário Luiz Antonio Mesquita - TIPLAM	12
18	Terminal de Praia Mole	11
19	Terminal Aquaviário de Osório	11
20	Terminal Graneleiro Hermasa	10

Fonte: Adaptado de ANTAQ (2023c).

De maneira geral, observa-se que, dentre os cinco principais portos contribuintes na movimentação de carga, em 2022, no país, quatro são de origem privada, conforme verificado na Tabela 3. Dentre as mercadorias mais movimentadas no ano de 2022, cita-se como as cinco principais: o minério de ferro (361 milhões de toneladas), o petróleo e derivados com óleo bruto (199 milhões de toneladas), contêineres (128 milhões de toneladas), a soja (98 milhões de toneladas) e o petróleo e derivados sem óleo bruto (83 milhões de toneladas), de acordo com a Tabela 4 ANTAQ (2023c).

Tabela 3 – Principais portos por movimentação de carga - 2022

Posição	Nome	Toneladas/Ano
1	Terminal Marítimo de Ponta da Madeira	168
2	Santos	126
3	Terminal de Tubarão	68
4	Terminal Aquaviário de Angra dos Reis	60
5	Terminal Aquaviário de São Sebastião (Almirante Barroso)	59

Fonte: Adaptado de ANTAQ (2023c).

Tabela 4 – Movimentação de mercadorias em toneladas/ano - 2022

Posição	Carga	Toneladas/Ano
1	Minério de Ferro	361
2	Petróleo e Derivados (Óleo Bruto)	199
3	Contêineres	128
4	Soja	98
5	Petróleo e Derivados (Sem Óleo Bruto)	83

Fonte: Adaptado de ANTAQ (2023c).

Por outro viés, pontua-se que, para além do desenvolvimento econômico nacional em meio ao contexto de globalização, a atividade portuária gera intrinsecamente impactos

ambientais, em virtude das fases de implantação do projeto, bem como da operação cotidiana (no pós-instalação) (GARCIA, 2012). Considerando que os impactos podem ser benéficos ou adversos, e que a atividade portuária é potencialmente poluidora, torna-se necessário a autorização prévia e o licenciamento ambiental do empreendimento (BRASIL, 1981; 1986; 1997). Sendo assim, ao se instalar o sistema portuário deve-se obter e regularizar as Licenças Prévia, de Instalação e de Operação; tal processo inclui ainda a realização de Estudo de Impacto Ambiental e a estruturação do Relatório de Impacto Ambiental. Através dessas avaliações será possível determinar os objetivos, a localização, a viabilidade e requisitos legais decorrentes da instalação (CASTRO; LEMOS, 2016).

Assim, verifica-se, no geral, o consentimento do dano ambiental em prol do desenvolvimento socioeconômico provindo das operações portuárias. O “dano consentido” ocorre pela identificação dos benefícios à esfera social oriundos da implementação do empreendimento, quando do processo de licenciamento ambiental desta atividade impactante. Dessa maneira, é essencial a estruturação do planejamento e gestão ambiental no cotidiano das operações portuárias, com o foco no controle da qualidade ambiental e monitoramento de impactos ambientais locais, visando a redução das alterações ambientais e das diferentes formas de poluição (BRASIL, 2011).

Nessa perspectiva, Roldão *et al.* (2021) elenca impactos ambientais negativos oriundos da implantação do sistema portuário. Conforme os autores, podem-se destacar como impactos ao meio físico:

- (i) as modificações na dinâmica da zona costeira; (ii) erosões; assoreamentos; (iii) alterações na linha da costa e modificações ou supressão da paisagem natural; (iv) movimentação e disposição de material terroso por dragagem e aterro; (v) alterações na biota; supressão de manguezais e outros ecossistemas; (vi) contaminação da água e do ar, do solo, do subsolo e do lençol freático por perda ou fuga de carga poluente ou substância de outra origem, ou por lançamento de efluentes líquidos e gasosos; (vii) absorção de grande faixa costeira para uso exclusivo portuário; (viii) exclusão de atividades de subsistência e lazer, como a pesca, e o turismo; (ix) geração de resíduos sólidos provenientes das instalações do porto ou de indústrias vinculadas; (x) introdução de organismos estranhos ao meio ambiente portuário encontrados na água de lastro ou pelo transporte de cargas ou passageiros contaminados; (xi) poluição e contaminação do solo e da água por lançamento de esgotos e outros dejetos; (xii) interferência no conforto ambiental tal como perda da quietude, do isolamento e característica da paisagem (ROLDÃO *et al.*, 2021, p. 19).

Ainda de acordo com os autores, pontuam-se impactos decorrentes das atividades de barcos e navios pertencentes a este sistema, que influem no ecossistema aquático/marinho e suas interfaces.

(i) poluição do ar, água e solo devido a vazamento, ruptura e transbordamento ou derramamentos de óleo durante a operação de abastecimento e transferência entre embarcações ou entre embarcação e terminal ou por colisão, encalhe e vazamentos de embarcações que resultam em derramamento da carga ou de combustível ou pelo uso de tintas tóxicas pelas embarcações; (ii) poluição do ar causada por combustão e pela ventilação da carga, resultante das operações com carga seca como cimento, grãos, minério e carvão; (iii) destruição de comunidades aquáticas provocada pelos efeitos do movimento da embarcação durante manobra, amarração e fundeio, e das pás que quando realizados de forma inadequada, podem gerar resíduos sólidos e líquidos; (iv) lançamento de efluentes em corpos d'água; (v) poluição do ar, da água, do solo e do subsolo; (vi) perturbações diversas por trânsito de veículos pesados; (vii) ocorrência de acidentes, envolvendo materiais, equipamentos e operários; (viii) doenças e perturbações para os operários e alteração da paisagem (ROLDÃO *et al.*, 2021, p. 19).

2.3 Impactos ambientais negativos decorrentes da instalação de portos no Brasil

O modal marítimo constitui um relevante papel na economia dos países, tendo em vista a eficácia e a eficiência deste transporte a nível mundial. Contudo, a atividade portuária pode ocasionar impactos ambientais negativos em virtude de sua instalação e de suas operações. Segundo Tavares (2017), os portos brasileiros, em comparação aos portos europeus, apresentam prioridades semelhantes quanto à área ambiental, apesar destes últimos serem mais bem desenvolvidos e realizarem mais efetivamente o controle de poluição. Nesse contexto, a autora destaca impactos relacionados à poluição atmosférica e sonora decorrentes da operação portuária, à dragagem e disposição de sedimentos, à geração de resíduos sólidos, ao desenvolvimento dos portos associado ao uso dos recursos hídricos e pedológicos e aos efluentes portuários (incluindo os industriais e das embarcações).

As principais fontes de impactos ambientais nos portos são decorrentes de empreendimentos e de operações portuárias e da navegação. Conforme a Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ, 2012), os impactos referentes aos empreendimentos relacionam-se aos processos de manutenção portuária, bem como às possíveis ampliações, com o intuito de realizar dragagens e possibilitar a atracação de novas embarcações. Tais obras podem acarretar impactos referentes à supressão de ecossistemas, à poluição e degradação dos recursos naturais locais, bem como gerar modificações nas dinâmicas hidrológica e sedimentar.

Quanto às operações portuárias, cita-se que impactos negativos são gerados por serviços potencialmente poluidores: pelo recorrente abastecimento e manutenção de barcos e navios, assim como pelo trânsito e manutenção de veículos e maquinários, pelo recebimento, transporte e armazenagem de cargas, até mesmo pela produção de esgoto sanitário nas instalações. No que

se refere à navegação, aponta-se impactos decorrentes de vazamentos e derramamentos de óleo e de combustíveis; da poluição atmosférica provinda do transporte de carga seca; da movimentação de espécies animais e vegetais aquáticas nocivas e de patógenos, através da água de lastro; da contaminação aquática por meio das tintas utilizadas nas embarcações, assim como do provisionamento e despejo de esgotos sanitários e resíduos sólidos (ANTAQ, 2012).

Em âmbito nacional, estudos retratam impactos ambientais negativos relativos à instalação de portos e a ocorrência de: poluição atmosférica (NUNES, 2017; GOTO *et al.*, 2017; GURGATZ, 2018; REIS *et al.*, 2019; SARRA; MÜLFARTH, 2022); poluição hídrica (SILVA; GOMES, 2012; PEREIRA, 2012; TAVARES, *et al.*, 2013, MACEDO, *et al.*, 2018; SILVA; MOREIRA, 2019); alterações na geomorfologia (RANGEL, 2013; LÄMMLE; BULHOES, 2017; NETO *et al.*, 2018); modificações na fauna (COSTA, 2013; SERAFIN; HENKES, 2013; REIS *et al.*, 2016); degradação na flora (KOENING *et al.*, 2002; BARRA, 2015; SILVA *et al.*, 2018).

Quanto aos impactos da implantação de portos sobre ecossistemas costeiros, incluindo-se o manguezal, Veiga Lima (2020) aponta que grande parte de tais empreendimentos tende a se localizar em áreas protegidas de ondas e de eventos meteorológicos como em baías e enseadas, em sistemas estuarinos e na desembocadura de rios, localizando-se em menor parte em ambientes *offshore*. O autor aponta que mediante a identificação da distribuição espacial dos portos:

(...) é possível inferir quais são os principais sistemas socioambientais afetados (ou com riscos potenciais) pela operação e expansão portuária. Baías, estuários, rios e enseadas concentram sensíveis e importantes ecossistemas, como manguezais e marismas, além de arrecifes de corais, praias, dunas e vegetações ciliares ou de restinga. (...) Dos 10 principais portos do Brasil, oito estão inseridos em importantes estuários ao longo da zona costeira, como os portos de Santos (SP), Rio Grande (RS) e São Francisco do Sul (SC). Devido à sua baixa hidrodinâmica, com menor fluxo e velocidade das águas, a ocorrência de derramamentos de óleos e combustíveis; e a disposição inadequada de sedimentos dragados contaminados, apresentam prejuízos ambientais de maior relevância, como a acumulação de poluentes e metais pesados. Tal cenário pode ser observado historicamente nos núcleos portuários citados acima (em associação com demais TUPs próximos), os quais apresentam problemas relacionados à qualidade de água, a sedimentos contaminados e a acidentes envolvendo navios e barcas (VEIGA LIMA, 2020, p. 205-206).

Do mesmo modo, Onetti (2017) aponta que dentre 14 grandes complexos portuários brasileiros, 12 são influenciados pela dinâmica dos estuários. Além disso, informa que 86% desses sistemas abrangem manguezais em sua área de entorno, evidenciando as pressões portuárias sobre os serviços ecossistêmicos dos manguezais. Veiga Lima (2020) exemplifica os processos de degradação e de supressão de ecossistemas costeiros através do caso de

implantação do Porto de Suape, localizado em Pernambuco. Tal empreendimento além de provocar a supressão de remanescentes de manguezal e de floresta, culminou em impactos ambientais negativos em corpos hídricos, através do represamento e aterramento desses ambientes aquáticos, bem como em alterações na dinâmica e nas comunidades ecológicas.

Na tese "A expansão do setor portuário no Brasil e os desafios para a gestão das zonas costeiras", Veiga Lima (2018) também aponta a supressão do ecossistema manguezal como impacto ambiental negativo decorrente da implantação do Complexo Portuário de São Francisco do Sul (CPSFS), na baía de Babitonga, em Santa Catarina. O autor apresenta que:

De acordo com o "Mapa dos sistemas socioambientais do Complexo Portuário de São Francisco do Sul" (...), que especializa os sistemas socioambientais com as instalações do CPSFS, dos 3 portos em operação, 2 deles estão alocados sobre florestas de mangue e vegetação ciliar do estuário. (...) O cenário de modificação do uso do solo natural e apropriação de recursos naturais para fins portuários toma ainda mais eloquência quando considerados os terminais projetados para o interior do estuário. Dos 8 TUP previstos (em fase de licenciamento ou ainda como especulação), 6 deles se encontram inteiramente sobre áreas de manguezal (VEIGA LIMA, 2018, p. 201).

O porto de Santos também é apresentado na literatura como empreendimento que gerou perda de áreas de manguezal. Autores destacam impactos causados nesses ecossistemas na Ilha de Barnabé, localizada na Baixada Santista, através da análise espaço temporal e classificação de fotografias aéreas e de imagens de satélite nos períodos de 1962-2003 e de 1962-2009 (MENGHINI *et al.*, 2007; CUNHA-LIGNON *et al.* 2009; SANTOS, 2009). Conforme Cunha-Lignon *et al.* (2009), a expansão de empreendimentos portuários somada a outras intervenções antrópicas resultou na redução desses ecossistemas, bem como na formação de clareiras, por conta de modificações na hidrodinâmica, da supressão da vegetação, de alagamentos, entre outros fatores.

Nesse contexto, convém ressaltar que a gestão ambiental, em portos, é uma ferramenta necessária na diminuição de impactos ambientais, que favorece na modernização, na competitividade e no estabelecimento de práticas sustentáveis nesses empreendimentos, assim como auxilia no atendimento da conformidade ambiental em termos jurídicos (CAMPOS; MELO, 2008; ASMUS; KITMANN, 2006). A gestão ambiental em portos, pode promover avaliações de desempenho ambiental através de indicadores, com o intuito de estabelecer medidas mitigadoras dos impactos ambientais e de traçar comparações sobre o panorama dos portos brasileiros e estrangeiros. Nesse contexto, através de enfoque interdisciplinar, as avaliações de desempenho ambiental em sistemas portuários, auxiliam na promoção da responsabilidade socioambiental e norteiam a tomada de decisão considerando a tríade

sociedade-economia-ambiente (VALOIS, 2009; ROOS; KLIEMANN NETO, 2015; SILVA *et al.*, 2018).

2.4 O ecossistema manguezal

O manguezal é um ecossistema característico de ambientes salobros, localizado na foz de rios e próximo ao mar, em áreas de encontro de águas fluviais e marinhas como os estuários, as baías e as lagoas costeiras; favorecendo o desenvolvimento de vegetação adaptada à salinidade das águas e aos solos saturados por conta das variações da maré. É, portanto, um ecossistema de transição entre ambientes terrestres e marinhos, desenvolvido nas áreas costeiras e que está presente principalmente nas regiões tropicais e subtropicais (CHIROL, 2018; SEMADS, 2001).

Suas características favorecem o desenvolvimento de fauna e flora específicas, bem como determinam o ciclo reprodutivo, o crescimento e a sobrevivência de variadas espécies animais e vegetais, em diferentes estágios da vida; apresenta, portanto, alta produtividade (SCHAEFFER–NOVELLI, 1995; SCHULER, 2000; KRUG *et al.*, 2007; LEMOS, 2011). Conceitualmente, difere-se os termos “mangue” e ‘manguezal’, amplamente utilizados no senso comum como sinônimos:

O termo mangue é empregado para designar um grupo floristicamente diverso de árvores tropicais que, embora pertençam a famílias botânicas sem qualquer relação taxonômica entre si, compartilham características fisiológicas similares. As adaptações especiais de que são dotadas permitem que tais espécies cresçam em ambientes abrigados, banhados por águas salobras ou salgadas, com reduzida disponibilidade de oxigênio e substrato inconsolidado. O termo manguezal ou mangal é usado para descrever comunidades florestais ou o ecossistema manguezal, espaço onde interagem populações de plantas, de animais e de micro-organismos ocupando a área do manguezal e seu ambiente físico (abiótico) (ICMBIO, 2018, p. 18).

A fauna desse ecossistema é composta por diferentes espécies de crustáceos, moluscos e gastrópodes, anelídeos, insetos, aracnídeos, anfíbios, uma grande variedade de peixes, répteis, aves e mamíferos. Além de organismos planctônicos que vivem na superfície das águas. Há, nesse sentido, variedade de nichos ecológicos, em virtude dos diferentes compartimentos presentes no manguezal, divididos em: meio aquático, em que predomina a presença de crustáceos e peixes (camarões, siris, tainhas etc.); substrato e sedimentos, em que os mamíferos, moluscos, crustáceos e anelídeos (cachorro-do-mangue, mariscos, ostras, caranguejos,

minhocas, etc.), são observados; vegetação, onde ocorrem aracnídeos, insetos, moluscos e crustáceos (aranhas, moscas, borboletas, caramujos, ostras, caranguejos etc.) Garças, socós e martins-pescadores, são exemplos de aves que são encontradas nos manguezais; essa classe de animais, estabelece habitação nos diferentes meios citados, conseguindo alimento tanto no sedimento, como na água e se reproduzindo na vegetação de mangue. Destaca-se o papel dos caranguejos e das aves na dinâmica do ecossistema que, através de seus hábitos alimentares, de criação de tocas e do seu deslocamento, favorecem a troca sedimentar e, conseqüentemente, aumentam a oxigenação do substrato e o aporte de nutrientes. Ainda se aponta que os animais do manguezal apresentam importância econômica, servindo recursos como fonte de renda e sustento para comunidades pesqueiras locais (SEMADS, 2001; MOSCHETTO *et al.*, 2021; VIDELA; ARAÚJO, 2021).

Os manguezais apresentam vegetação apropriada ao ambiente alagado e favorável à variação das marés, que contém adaptações como as raízes escoras, os pneumatóforos e as lenticelas, características que possibilitam seu desenvolvimento em meio à salinidade existente na água e no substrato inconsolidado e pobre em oxigênio (SEMADS, 2001). Considerando a composição da flora:

As plantas encontradas neste ecossistema são popularmente conhecidas como mangues, observando-se as seguintes espécies no Estado do Rio de Janeiro: o mangue branco (*Laguncularia racemosa*); o mangue de botão (*Conocarpus erecta*); a siribeira, o mangue siriba ou preto (*Avicennia germinans* e *Avicennia schaueriana*) e o mangue sapateiro ou vermelho (*Rhizophora mangle*). No Brasil ainda existem outras duas espécies popularmente conhecidas como mangue vermelho (*Rhizophora harrisonii* e *Rhizophora racemosa*), as quais ocorrem nos manguezais dos Estados do Maranhão, do Pará e do Amapá (SEMADS, 2001, p.13).

Além das espécies citadas, pontua-se a ocorrência de plantas desenvolvidas no substrato tais como as gramíneas. Cabe destacar também o estabelecimento de algas, líquens (associação mutualística de fungos e algas) e plantas epífitas, como as orquídeas (Família *Orchidaceae*), as bromélias (Família *Bromeliaceae*) e espécies de Samambaias (SEMADS, 2001). É importante ressaltar que a vegetação existente nos manguezais auxilia na estabilização da linha de costa e também impede processos erosivos, fixando o solo e retendo sedimentos, através de suas raízes (COPQUE *et al.*, 2016).

Segundo Christopherson (2012), além da diversidade de feições bióticas e abióticas, os manguezais são determinados por sua dinâmica ambiental; sendo essas duas características interligadas e necessárias para a compreensão da estabilidade ou instabilidade do ecossistema, quando da ocorrência de transformações (mudanças) no meio. Esses ecossistemas contribuem

diretamente na proteção da zona de costa, na contenção de sedimentos, na filtragem de poluentes e substâncias contaminantes, nos processos de afluência de nutrientes provenientes dos fluxos de água fluviais e marinhos, bem como na preservação da biomassa litorânea (PEREIRA FILHO; ALVES, 1999).

Para além disso, desempenha importantes funções ecológicas e econômicas, denominadas serviços ecossistêmicos e sistematizadas em: serviços de produção ou abastecimento; de regulação; de suporte e serviços culturais (ICMBIO, 2018). Conforme Andrade e Romeiro (2009), tais serviços podem ser definidos como “benefícios tangíveis (alimentos e madeira, por exemplo) e intangíveis (beleza cênica e regulação do clima, por exemplo) obtidos pelo homem através das dinâmicas e complexas interações entre os diversos componentes do capital natural”. O Atlas dos Manguezais (ICMBIO, 2018) aponta alguns serviços ecossistêmicos reconhecidos dos manguezais, como:

Provisão – produção de alimentos, fornecimento de matéria prima, recursos genéticos/banco genético, compostos bioquímicos; Regulação – climática e microclimática, hídrica, controle de erosão e retenção de sedimentos, retenção de partículas atmosféricas, controle biológico, estoque/remoção de CO₂ da atmosfera, polinização, infiltração e escoamento pluvial, recarga de aquíferos, prevenção de proliferação de doenças, estabilidade geotécnica (prevenção de desastres naturais), proteção contra vento, anteparo ao avanço da maré/estabilidade da linha de costa, fixação de dunas; Suporte – suprimento hídrico, formação de solo, ciclagem de nutrientes, dispersão de sementes, conectividade de paisagem, manutenção da biodiversidade, exportação de biomassa; Culturais – recreação, ecoturismo, valor educacional, valores espirituais e religiosos, beleza cênica e conservação da paisagem (ICMBIO, 2018, p. 89).

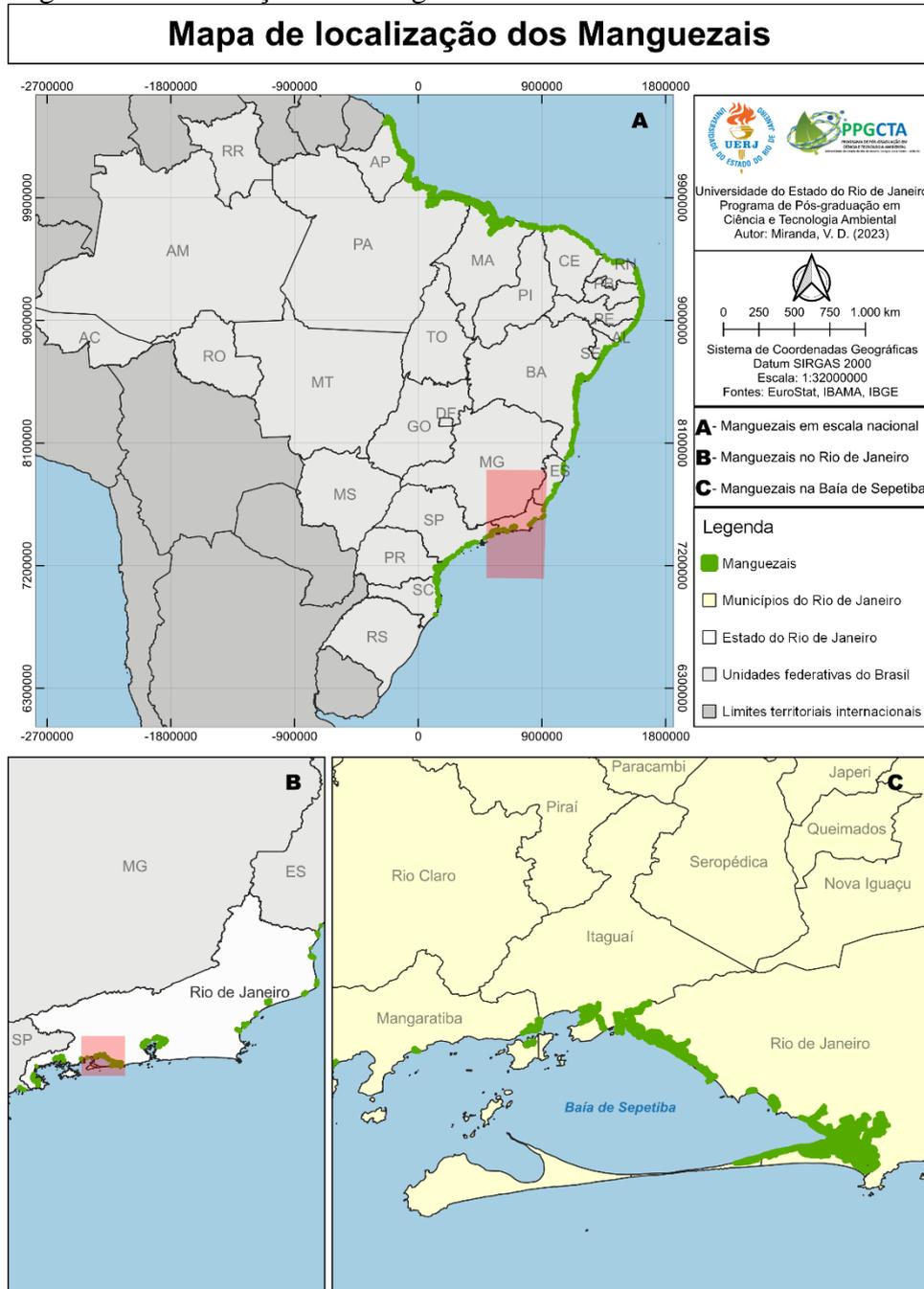
Para que o manguezal se desenvolva, consideram-se os seguintes fatores concomitantemente:

- a) Distribuição territorial: É um ecossistema pantropical que se estende sobre regiões subtropicais e que está presente em aproximadamente 8% da linha de costa terrestre; 25% dos litorais intertropicais apresentam vegetação de mangue (WALTER, 1986; SOUZA FILHO, 2005). Conforme Olmos e Silva (2003), o território brasileiro possui a segunda maior extensão mundial de manguezais (aproximadamente de 13.400 km²), conforme pode ser observado na Figura 1. De acordo com a SEMADS (2001),

Na costa brasileira, os manguezais existem desde a foz do rio Oiapoque, no Estado do Amapá (4° 30' latitude Norte), até o Estado de Santa Catarina, tendo como limite sul

o município de Laguna, na latitude 28° 30' S, que é determinado através do avanço das massas polares e correntes oceânicas de origem Antártica (...) Os manguezais no Estado do Rio de Janeiro apresentam grandes formações na região Norte Fluminense (foz do rio Paraíba do Sul); na baía de Guanabara; na baía de Sepetiba (Guaratiba) e na baía de Ilha Grande (municípios de Mangaratiba, Angra dos Reis e Parati) localizada na região Sul Fluminense (SEMADS (2001, p.10).

Figura 1 – Distribuição dos manguezais no Brasil



Fonte: Autoria própria.

b) Clima: De acordo com Strahler (1989), os manguezais são típicos da zona intertropical. Entretanto, em algumas regiões geográficas, eles se desenvolvem em áreas onde o clima é o subtropical úmido e predominam, ao longo do ano, o

regime de chuvas frontogênicas. Além disso, a distribuição dos manguezais na superfície terrestre associa-se a condições de clima típicas relacionadas a temperaturas média acima de 20°C e mínima média acima dos 15°C, amplitude térmica menor que 5°C e precipitação superior a 1.500 mm por ano (SCHAEFFER–NOVELLI, 1995). O clima (longo prazo) também é determinante das condições atmosféricas e de eventos meteorológicos (curto prazo) que influem diretamente na dinâmica desses ecossistemas, por meio das variações das marés, das correntes marítimas e de ar ou dos fluxos fluviais (MELO *et al.*, 2011). Segundo Ab'Saber (1977), as alterações climáticas de períodos glaciais e interglaciais interferem nos manguezais através de mudanças nos índices de pluviosidade e na temperatura, na circulação oceânica contribuindo para os processos de transgressão e regressão marítimas (longo prazo), determinando a expansão ou retração desses ecossistemas. Além disso, fenômenos como ressacas e o aumento no fluxo dos rios por conta do regime de chuvas (curto prazo), afetam a dinâmica de sedimentação de partículas e de material orgânico (MELO *et al.*, 2011). No contexto de eventos climáticos extremos como maremotos e furacões, é importante pontuar que os manguezais contribuem na redução dos impactos ambientais por conta da estabilização da linha de costa promovida por esses ecossistemas. Além disso, auxiliam no controle das mudanças climáticas por meio do sequestro de carbono (MATSUMI; FREITAS, 2018).

- c) Feições geomorfológicas, pedológicas e pedogenéticas: Os manguezais são constituídos em planícies de marés, formados em um substrato proveniente de sedimentos característicos dos rios e dos oceanos, composto por partículas de silte, argila e matéria orgânica (SEMADS, 2001; FERNANDES, 2006). Conforme Marques (2010), nos substratos dos manguezais não há diferenciação de horizontes e, por conta dos processos de gleização e hidromorforismo, possuem cores, em geral, acinzentadas, azuladas ou esverdeadas além de apresentarem grandes concentrações de sais e pouca oxigenação. Tal substrato é essencial para o desenvolvimento da flora e da fauna típicas dos manguezais. De acordo com a SEMADS (2001):

As planícies de maré podem ser divididas em inferior e superior. A primeira compreende a vegetação arbórea e arbustiva do manguezal e a segunda corresponde a uma área que é banhada apenas pelas marés de sizígia sendo em grande parte desprovida de vegetais superiores porém bastante frequentada pelos caranguejos. Estas áreas, na língua indígena, são chamadas de ‘apicuns’ e foram muito utilizadas pelo homem pré-histórico como local de fixação (SEMADS, 2001, p. 16).

- d) **Hidrodinâmica:** A dinâmica hidrológica em ambientes estuarinos e manguezais é determinada pela energia relacionada às correntes de maré e fluviais e contribui para os processos de erosão e deposição de sedimentos nesses ecossistemas. Além disso, tais fluxos hídricos contribuem para a manutenção dos níveis de salinidade existentes no manguezal, fator esse que interfere na diversidade de fauna e flora. Para Araújo *et al.* (2011):

O fenômeno de propagação das marés apresenta grande influência sobre a composição e distribuição dos organismos nas áreas de manguezal, porquanto seu aspecto cíclico é um dos agentes reguladores da dispersão de sementes vegetais e das larvas de muitas espécies (...). As forças hidrodinâmicas geradas pelos escoamentos induzidos pelas correntes de maré podem atingir uma situação dinâmica na qual as partículas formadoras do leito e margens do canal de escoamento são deslocadas de sua posição inicial (erosão) e passam a se mover juntamente com o fluxo (transporte). Em outros momentos, essas forças praticamente cessam, criando condições de sedimentação das partículas em transporte (assoreamento) (ARAÚJO et al., 2011, p. 133-135).

2.5 Legislação ambiental e conservação de manguezais no Brasil

A conservação, a preservação, a restauração e recuperação de manguezais tem sido amplamente discutida, nacional e internacionalmente, objetivando a ordenação do uso e do manejo da terra nestas áreas, através do estabelecimento de legislações que promovam a manutenção do equilíbrio desses ecossistemas. No Brasil, desde meados do século XVI, existe o estabelecimento de normas para regulamentação desta temática (ICMBIO, 2018).

No Período Colonial, aponta-se que povos indígenas e africanos, utilizavam-se dos recursos provenientes dos manguezais no seu cotidiano, na alimentação e em costumes. Quando os povos europeus se estabeleceram no país, legislações e normas foram sendo construídas, visando afirmar a importância do manguezal e da sua conservação; tal ecossistema passa a ser considerado ambiente de propriedade pública e o corte da floresta de mangue passa a ser proibido. Com o intuito de regulamentar a concessão de pequenas áreas de manguezal e a extração de madeiras nas florestas de mangue, com vistas ao aproveitamento de tanino

encontrado em algumas espécies vegetais do manguezal como *Rhizophora mangle*, foram criados decretos, regimentos e outras normas. Para além disso, foram estabelecidas pena e multa mediante o descumprimento destas normas (ICMBIO, 2018).

Durante o Império, observa-se a influência da legislação associada aos terrenos de marinha, áreas pertencentes ao governo brasileiro, na conservação dos manguezais. O Decreto nº 4.105, de 1868, resultante desta legislação, é uma das normas que incluiu em seus artigos, de maneira indireta, a proteção a esse ecossistema (BRASIL, 1868). No decreto, é estabelecida a definição dos terrenos de marinha (artigo 1º), que são áreas do domínio do governo brasileiro, de 33 metros, desde o litoral até o continente, considerando como parâmetro a linha da preamar média de 1831. Destaca-se, nessa perspectiva, que ao passo que esta norma estabeleceu certos empecilhos no acesso destas áreas, conferiu proteção aos manguezais abrangidos pelos terrenos de marinha. Regulamentou, ainda, os terrenos reservados (parágrafo 2º do artigo 1º), áreas relacionadas a rios navegáveis, a partir de 15 metros da margem do rio, que não são influenciadas pelas marés e não possuem mangue em seus limites, e os terrenos acrescidos (parágrafo 3º do artigo 1º), que são terrenos que se somam aos terrenos de marinha e são resultantes de processos naturais ou artificiais (ICMBIO, 2018).

No Período Republicano, percebeu-se um grande avanço no arcabouço legal referente à conservação de manguezais, tendo sido criados: o Decreto nº 14.596, de 31 de dezembro de 1920, que regulamentou a concessão em áreas de mangue (BRASIL, 1920); o primeiro Código Florestal do Brasil, através do Decreto nº 23.793/1934 (BRASIL, 1934a); o Código de Águas pelo Decreto nº 24.643/1934 (BRASIL, 1934b); o Decreto-Lei nº 9.760 de 1946 que abrangeu o acordado no Decreto nº 4.105/1868 (BRASIL, 1946). Para além destes, ressalta-se a edição da Lei nº 4.771/1965, que abordava o Código Florestal, visando a proteção da flora nacional. Em seu artigo 2º, foram instituídas as Áreas de Preservação Permanente (APPs), compreendendo o manguezal (BRASIL, 1965). Posteriormente, no ano de 2001, a Medida Provisória nº 2.166-67, em seu parágrafo 5º, alterou o citado artigo, autorizando a supressão da vegetação de mangue em casos de utilidade pública (BRASIL, 2001b). A lei foi o principal marco legal de proteção dos manguezais, no período de 1965 a 2012, sendo substituída pela Lei de Proteção da Vegetação Nativa, a Lei nº 12.651/2012 (BRASIL, 2012a). Destaca-se, ainda, a criação da Lei de Proteção à Fauna, a Lei nº 5.197/1967, que contribui na proteção do manguezal e de suas espécies, nas suas diferentes fases de desenvolvimento, e da Política Nacional de Meio Ambiente, a Lei nº 6.938/1981, que institui objetivos, diretrizes e instrumentos fundamentais para a conservação do meio ambiente, o desenvolvimento socioeconômico e a qualidade ambiental nacional (BRASIL, 1967; 1981).

A conceituação de manguezal, é dada, primeiramente, pela Resolução CONAMA nº 4, de 15 de setembro de 1985, em seu artigo 2º, como: “ecossistema litorâneo que ocorre em terrenos baixos sujeitos à ação das marés localizadas em áreas relativamente abrigadas e formado por vasas lodosas recentes às quais se associam comunidades vegetais características” (BRASIL, 1985). No entanto, considera-se que tal definição apresenta limitações pois não englobou feições como os apicuns e os lavados (ICMBIO, 2018).

No contexto contemporâneo, a Constituição Federal de 1988, estabelece um dos principais artigos da legislação ambiental brasileira, o artigo 225. No referido artigo, em seu parágrafo 4º, confere-se à Mata Atlântica o estado de "patrimônio nacional", protegendo assim o ecossistema manguezal, visto que este é um componente da Mata Atlântica. No mesmo ano, editou-se por meio da Lei nº 7.661, o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro, que em seu artigo 3º, estipula o zoneamento da área costeira, considerando os seus usos e atividades e, no inciso I, estabelece prioridade a bens como os manguezais (BRASIL, 1988a; 1988b).

Em 1993, foi editado Decreto Federal nº 750/93, que dispõe sobre o corte, a exploração, a supressão de vegetação primária ou nos estágios avançado e médio de regeneração da Mata Atlântica; reafirmou-se, portanto, o manguezal como ecossistema componente da Mata Atlântica. A conceituação de manguezal, foi retomada através da Resolução CONAMA nº 10, de 1º de outubro de 1993. Na Resolução, a conceituação associa o ecossistema apenas à existência de espécies vegetais, desconsiderando as feições que não apresentam vegetação em seus compartimentos: o apicum e o lavado (BRASIL, 1993b; 1993c).

Em 1998, a Lei nº 9.605, conhecida como Lei de Crimes Ambientais, dispôs sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente. No artigo 50º, determinou sanção no caso de destruição e danificação de florestas nativas ou plantadas, da vegetação associada à fixação de dunas e à proteção de mangues, estabelecendo a detenção de três meses a um ano, assim como o pagamento de multa, determinou-se, nesse caso, o aspecto criminal das atividades lesivas ao manguezal (BRASIL, 1998).

A Lei Federal nº 9.985/2000, que cria o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), é outro dispositivo legal que confere proteção aos manguezais (BRASIL, 2000a). Ainda na perspectiva das unidades de conservação federais, o Ministério do Meio Ambiente, por meio da Instrução Normativa nº 3, de 16 de abril de 2008, em seu artigo 1º, suspendeu a concessão de licenças e autorizações de empreendimentos de carcinicultura¹ em tais unidades, mediante a condição de que seus planos de manejo apontem a possibilidade desta

¹ Setor da aquicultura que consiste na criação de camarões em cativeiro. Destaca-se que esse ramo é um dos que mais coopera no fornecimento de proteína de origem animal, a nível mundial (SOARES *et al.*, 2021).

atividade. A instrução também se adequa às zonas de amortecimento, mesmo que não sejam legalmente definidas (§ 2º do artigo 1º) e determina que as atividades de carcinicultura e suas instalações nessas áreas, terão prazo para serem retiradas e suas áreas devidamente recuperadas (BRASIL, 2008).

No ano de 2002, aprovou-se a Resolução CONAMA nº 303, que trata dos limites das APPs. Novamente, a definição de manguezal foi reestruturada (artigo 2º, inciso IX) e embora não aponte os três compartimentos desse ecossistema, apresenta-se claramente que o desenvolvimento do manguezal não está atrelado apenas à existência das vegetações de mangue (BRASIL, 2002a). Posteriormente, apesar da inconsistência técnica, a definição de manguezal apontada nesse instrumento, foi referendada na Lei nº 12.651/2012. No artigo 3º, inciso X desta resolução, apresenta-se o manguezal, em toda a sua extensão, como APP, reafirmando a proteção legal conferida ao ecossistema no Código Florestal de 1965.

O licenciamento ambiental de empreendimentos relacionados ao uso da área costeira, mais especificamente para a carcinicultura, também foi abordado no ano de 2002 através da Resolução CONAMA nº 312. No artigo 2º, há a vedação dessa atividade nos manguezais, em toda a sua extensão. A importância desses ecossistemas nas diferentes fases de crescimento e reprodução de várias espécies animais, objetivando a manutenção da biodiversidade do ecossistema é a base teórica e técnica deste dispositivo, visto que animais exóticos são utilizados pela carcinicultura e isso afeta diretamente o desenvolvimento das espécies nativas. Nesse contexto, ressalta-se que apesar da Resolução explicitar a vedação da carcinicultura em toda a extensão do ecossistema, o conflito conceitual existente nas legislações já apresentadas, influi na utilização errônea das áreas desprovidas de vegetação de mangue, como o apicum (BRASIL, 2002b).

Em 2003, por meio da Resolução CONAMA nº 341, aborda-se os parâmetros para a caracterização de atividades ou empreendimentos turísticos sustentáveis como de interesse social para fins de ocupação de dunas originalmente desprovidas de vegetação na Zona Costeira. Na perspectiva da implementação do turismo sustentável, no artigo 3º (§ 1º, inciso III), aponta-se diretamente que tais atividades não poderão afetar o manguezal (BRASIL, 2003). No ano de 2006, a Lei nº 11.428/2006 (Lei da Mata Atlântica) substituiu parcialmente o Decreto nº 750/93, mantendo o ecossistema manguezal relacionado à Floresta Atlântica, permanecendo resguardado na definição de Mata Atlântica (BRASIL, 2006).

O manguezal, ainda é abordado na Lei de Proteção de Vegetação Nativa (Lei nº 12.651/2012), alterada posteriormente pela Lei nº 12.727/2012 (BRASIL, 2012b). Nessa lei, o manguezal permanece considerado como Área de Preservação Permanente, em toda a sua

extensão, nas zonas rurais e urbanas (artigo 4º, inciso VII), permanecendo o acordado no Código Florestal de 1965. As definições do ecossistema e suas feições (salgado ou marisma, apicum e áreas úmidas) foram explicitadas; a conceituação de manguezal manteve conforme o texto da Resolução CONAMA nº 303/2012. É importante pontuar que existe uma certa confusão teórica acerca das diferentes caracterizações fisionômicas presentes nesse ecossistema: apicuns (ou salgados) e lavados ora são apresentados como feições inerentes ao manguezal (CHAVES *et al.*, 2010; COELHO-JR., 2010; SCHAEFFER-NOVELLI *et al.*, 2012), ora como feições dissociadas. Conforme disposto na Lei Federal nº 12.651/2012, definem-se as seguintes feições:

XIII - manguezal: ecossistema litorâneo que ocorre em terrenos baixos, sujeitos à ação das marés, formado por vasas lodosas recentes ou arenosas, às quais se associa, predominantemente, a vegetação natural conhecida como mangue, com influência fluviomarina, típica de solos limosos de regiões estuarinas e com dispersão descontínua ao longo da costa brasileira, entre os Estados do Amapá e de Santa Catarina; XIV - salgado ou marismas tropicais hipersalinos: áreas situadas em regiões com frequências de inundações intermediárias entre marés de sizígias e de quadratura, com solos cuja salinidade varia entre 100 (cem) e 150 (cento e cinquenta) partes por 1.000 (mil), onde pode ocorrer a presença de vegetação herbácea específica; XV - apicum: áreas de solos hipersalinos situadas nas regiões entremarés superiores, inundadas apenas pelas marés de sizígias, que apresentam salinidade superior a 150 (cento e cinquenta) partes por 1.000 (mil), desprovidas de vegetação vascular (BRASIL, 2012a).

Marques Albuquerque *et al.* (2015), em análise ao arcabouço legal nacional, aponta diversos conflitos existentes na preservação dos manguezais. Conforme os autores, esses ecossistemas são considerados como APPs, mas a legislação apresenta manguezais, apicuns e salgados de forma desassociada, refletindo em possíveis riscos e impactos ambientais ao ecossistema e seus compartimentos. Para o ICMBIO (2018), considerando as contribuições de Schaeffer-Novelli *et al.* (2012), a vigente lei ainda apresenta falhas quanto à definição do termo apicum (ou salgado), bem como não aborda o termo lavado (feição de substrato saturado e influenciado pelas correntes de maré).

Ainda quanto à Lei nº 12.651/2012, alterada pela Lei nº 12.727/2012, estabelece-se a autorização excepcional da intervenção ou da supressão do manguezal, em casos de utilidade pública, de interesse social ou de baixo impacto ambiental, em áreas onde a função do mangue esteja lesada. Contudo, destaca-se a resiliência do ecossistema manguezal frente à supressão vegetal, poluição, derramamento de óleo, mantendo-se mesmo em condições limitantes. Portanto, considerando a importância do manguezal, essas atividades não deveriam ocorrer. A respeito da lei supracitada, o Atlas dos Manguezais, tece duras críticas acerca do artigo 11-A,

que aborda a utilização de apicuns para atividades de carcinicultura e de salinas tendo em vista o disposto anteriormente na Resolução CONAMA nº 312/2002; inconsistências na proteção integral desse ecossistema mediante falhas na redação do texto e na definição das feições do manguezal; estipulação do Zoneamento-Ecológico-Econômico da Zona Costeira (ZEEZOC), que muito se assemelha ao Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) previsto no Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC), além do prazo reduzido e da falta de previsão de recursos para a execução do ZEEZOC.

A nível internacional, destaca-se a importância de eventos elaborados pela Organização das Nações Unidas (ONU), na estruturação de políticas ambientais globais, que conseqüentemente são incorporadas em escala nacional. A Convenção de Ramsar (Irã) ou Convenção sobre Zonas Úmidas de Importância Internacional, em 1971, tratou da importância dessas áreas, associando sua função como habitat de aves aquáticas. A proteção conferida às zonas úmidas inclui o manguezal, estruturando assim um sistema de gestão global para tais áreas. O Brasil tornou-se país signatário dessa convenção em 1992. Além desta, cita-se outras convenções internacionais que atuam amplamente na proteção do meio ambiente e conseqüentemente auxiliam na conservação dos manguezais: a Convenção sobre Diversidade Biológica, a Convenção de Washington, a Convenção sobre Mudança do Clima, Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar, entre outras (ICMBIO, 2018).

A partir da estruturação da Lei nº 12.651/2012 até os dias atuais, aponta-se conforme Santos e Furlan (2021) uma tendência de revogação de instrumentos legais do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). A aprovação da Resolução CONAMA nº 500, de 19 de outubro de 2020, que revogou as Resoluções nº 284/2001, 302/2002 e 303/2002, durante a 135ª Reunião Ordinária do Conama, em setembro de 2020, é um exemplo disso. Os autores apresentam que tais revogações ferem ao princípio legal do não retrocesso, uma vez que tal nova norma reduz os direitos antes garantidos, além disso “contraria tanto o artigo 225º da Constituição Federal, quanto compromete os compromissos assumidos pelo Brasil perante as convenções internacionais” (SANTOS; FURLAN, 2021, p. 11). Considerando em especial a Resolução CONAMA nº 303, reafirma-se a importância desse dispositivo, ao apresentar parâmetros específicos na proteção dos manguezais, tendo em vista as funções ecológicas, sociais e econômicas desse ecossistema, limitando qualquer atividade nos manguezais, em toda a sua extensão, e nas APPs a partir de 300m da faixa de preamar.

Ainda se cita o Projeto de Lei nº 3.209/21, proposto pelos deputados Joice Hasselmann e Rogério Peninha Mendonça, que altera a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, para dispor sobre as APPs situadas em restingas. As

principais premissas apontadas pelos autores deste Projeto de Lei norteiam-se: na intenção de eliminar divergências entre a Lei nº 12651/2012 e a Resolução 303/2002 (reconhecida, em 2020, como constitucional pelo Supremo Tribunal Federal); no fato de que construções estabelecidas nas áreas citadas seriam consideradas irregulares e precisariam ser demolidas; assim como, na necessidade de proibição de projetos urbanísticos e turísticos nessas áreas. Tal projeto se encontra em análise pela Câmara dos Deputados, e em caráter conclusivo, será avaliado pelas comissões de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, e de Constituição e Justiça e de Cidadania. Caso seja aprovado, flexibilizaria a definição dos parâmetros de estabelecimento das APPs, constituindo-se em risco ambiental tanto para restingas, quanto para manguezais (BRASIL, 2021b; SOUZA, 2022). Conforme Santos e Furlan (2021, p. 10): “no momento histórico em que vivemos, a retirada de legislações protetivas ao meio ambiente se apresenta como uma perda irreparável, visto o forte impacto gerado aos ambientes relacionados por essa resolução, especialmente aos manguezais e restingas”.

2.6 Geotecnologias e Geoprocessamento: os Sistemas de Informação Geográfica e o Sensoriamento Remoto

Algumas das ferramentas utilizadas na avaliação ambiental, com foco na conservação, proteção ou mesmo na recuperação dos ecossistemas, através da análise espacial, são os SIGs e o Sensoriamento Remoto (SR). Essas ferramentas são denominadas tecnicamente como geotecnologias. Geotecnologias são “tecnologias aplicadas à geração e análise de informações espaciais para os mais diversos fins” (CONCEIÇÃO; COSTA, 2011, p. 228).

As geotecnologias, através de programas computacionais, incluem várias tecnologias responsáveis pelas fases de tratamento e manipulação dos dados espaciais; tais ferramentas, por exemplo, contribuem diretamente na tomada de decisão e na implementação de políticas ambientais direcionadas às necessidades de certa localidade. À essas tecnologias vincula-se o geoprocessamento, que é “o processamento informatizado de dados georreferenciados, integrando conhecimentos da Cartografia, da Informática e da Geografia” (CONCEIÇÃO; COSTA, 2011, p. 222). Dentre as áreas de atuação do geoprocessamento, cita-se a execução dos *softwares* componentes dos Sistemas de Informação Geográfica (ZAIDAN, 2017).

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIGs), em inglês *Geographical Information Systems* (GIS), “são sistemas de informação que tornam possível a captura, modelagem,

manipulação, recuperação, análise e apresentação de dados referenciados geograficamente (ou dados georreferenciados)” (WORBOYS, 1995). Segundo Rocha (2000), o SIG é classificado como:

Um sistema com capacidade para aquisição, armazenamento, tratamento, integração, processamento, recuperação, transformação, manipulação, modelagem, atualização, análise e exibição de informações digitais georreferenciadas, topologicamente estruturadas, associadas ou não a um banco de dados (ROCHA, 2000, p. 23).

Quanto aos componentes dos Sistemas de Informação Geográfica, Volpi (2006) afirma que:

De um ponto de vista mais abrangente, considerando que apenas as técnicas não caracterizam o sistema como um todo, (...) um SIG pode ser visto como a combinação de hardware, *software*, dados, metodologias e recursos humanos, que operam de forma harmônica para produzir e analisar informação geográfica (VOLPI, 2006, p. 38).

Isto posto, tendo em vista que os processos antrópicos de transformação do meio ambiente geram modificações no espaço geográfico, o uso dos SIGs pode auxiliar na verificação de padrões e alterações ambientais através da geração de informações georreferenciadas. Para Zaidan (2017, p. 198) “informações georreferenciadas têm como característica principal o atributo de localização, ou seja, estão ligadas a uma posição específica do globo terrestre por meio de suas coordenadas.”.

Portocarrero *et al.* (2018) aponta que o desenvolvimento de sistemas de informação tem sido difundido na área tecnológica assim como na academia e nas instituições de pesquisa. De acordo com os autores, os SIGs são recursos do nicho tecnológico que se associam ao geoprocessamento: os Sistemas de Informação Geográfica atuam desde a coleta e até processamento das informações geográficas ou espaciais. Na perspectiva da inovação na captura e no tratamento dos dados geográficos, aponta-se o constante desenvolvimento de novos sistemas, métodos e funcionalidades.

Ainda conforme os autores, os SIGs são amplamente utilizados por entidades públicas e privadas, para planejamento e gestão territorial, desenvolvimento de atividades econômicas, orientando e auxiliando na tomada de decisão. Esses sistemas facilitam o planejamento, o controle e a gestão dos territórios, bem como a compreensão das dinâmicas espaciais. No campo científico-acadêmico, são integrados a metodologia de pesquisas de diversas áreas como Ciências Exatas e da Terra e Engenharias, Ciências Biológicas, Ciências Agrárias, Meio Ambiente, Turismo e Ensino. Para além disso, os SIGs e suas funções podem ser aplicadas em:

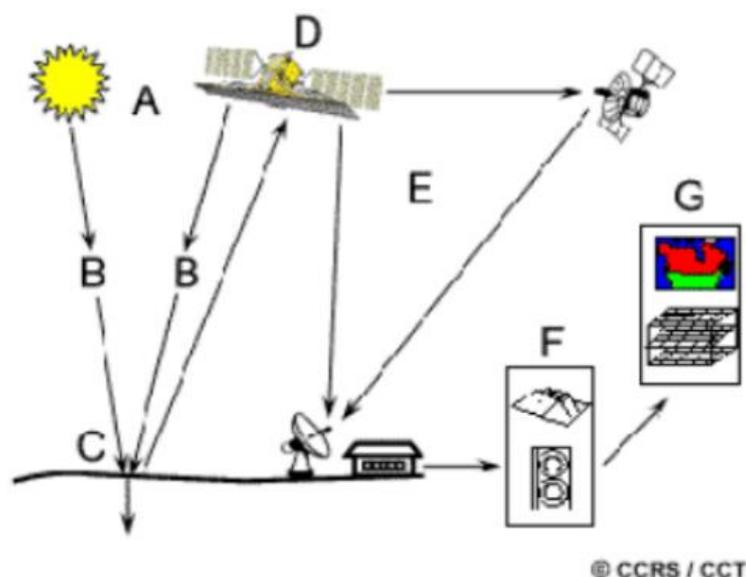
projetos de empreendimentos, gestão de serviços e recursos, monitoramento de fenômenos, modelagem de processos, planejamento territorial e ambiental, banco de dados e cadastro urbano e rural, logística, avaliação de riscos e impactos ambientais (PORTOCARRERO *et al.*, 2018). Existem diversos tipos de SIGs, bem como variedade de funções desenvolvidas por esses sistemas como: processamento de imagens, modelagem de superfícies, consultas a banco de dados, análises espacial e estatística (de cunhos ambiental, demográfico, urbano).

Conceição e Costa (2011, p. 224) destacam que “para o processamento da informação geográfica, podem ser utilizadas outras tecnologias, ou geotecnologias, como a fotogrametria, o sensoriamento remoto, o GPS integrado aos SIGs, por exemplo”. O Sensoriamento Remoto, nesse sentido, é conceituado como a geotecnologia que compreende a um conjunto de técnicas que possibilitam a observação e a aquisição de informações sobre a superfície terrestre, através de câmeras e sensores acoplados a balões, aeronaves e satélites artificiais. Os sensores, através da interação da energia (radiação eletromagnética) entre os alvos, permitem a representação das feições da superfície terrestre, gerando como produtos de SR as imagens de satélite, fundamentais na extração de dados e geração de informação geográfica (BARROS *et al.*, 2020).

Assim, Oliveira (2017) apresenta os mecanismos de funcionamento para aquisição de informações por SR, conforme a Figura 2, apontando os elementos desse processo:

- a) Fonte de energia ou iluminação: Fonte emissora de energia eletromagnética (sol, sensores), fundamental para identificação dos alvos;
- b) Radiação e atmosfera: Meio (atmosfera) em que se propaga a energia da fonte de iluminação e o alvo;
- c) Interação com o alvo: Depende das características do alvo e da energia eletromagnética incidente;
- d) Gravação de energia pelo sensor: Coleta e registro da radiação eletromagnética;
- e) Transmissão, recepção e processamento: O sensor transmite a energia registrada para uma estação de recepção na superfície terrestre, onde ocorre o processamento e geração do produto de SR. (imagem de satélite);
- f) Interpretação e análise: Após processamento da imagem, há interpretação visual e/ou digital, com o foco de geração de informações geográficas;
- g) Aplicação: Utilização das informações retiradas das imagens de satélite para geração de produto final como mapas temáticos, por exemplo.

Figura 2 – Processo de aquisição de informações de Sensoriamento Remoto (SR)



Fonte: CCRS Tutorial (2016).

A contribuição dos produtos do Sensoriamento Remoto, consiste no fato de que as imagens de satélite:

(...) facilitam o processo de controle e monitoramento dos aspectos e fenômenos naturais e humanos sobre o espaço, ou seja, quando comparadas imagens de períodos distintos, por exemplo, são identificadas alterações na superfície. Essas alterações, bem como os aspectos identificados nas imagens, podem ser transformadas em informação gráfica. (...) imagens de satélite atendem aos anseios atuais de mapeamento do espaço, pois permitem o acompanhamento da dinâmica que se verifica atualmente, auxiliando, assim, no planejamento de atividades, inclusive o turismo (PORTOCARRERO *et al.*, 2018, p. 21).

2.7 Uso de Índice de Vegetação por Diferença Normalizada na avaliação ambiental

Através dos produtos de Sensoriamento Remoto, associados ao geoprocessamento em Sistemas de Informação Geográfica, pode-se obter informações valiosas acerca da dinâmica e qualidade ambiental. Em estudos do solo e da cobertura vegetativa, a partir das imagens espectrais, pode-se aplicar diferentes índices adequando-se ao objetivo de cada estudo (CASTRO; SILVA, 2020; AMANCIO *et al.*, 2021). Nesse contexto, destaca-se o papel dos índices espectrais de vegetação na extração dessas informações contidas nas imagens de satélite. Os Índices de Vegetação (IVs) constituem uma importante ferramenta para a

verificação de padrões diversos, sendo utilizados para diferentes aplicações. Segundo Epiphanyo *et al.* (1996), “os IVs são transformações lineares de bandas espectrais, geralmente nas faixas do vermelho (V) e do infravermelho próximo (IVP) do espectro eletromagnético. (...) estas duas bandas contêm mais de 90% da variação da resposta espectral da vegetação.”.

Filho (2018) ressalta que os índices de vegetação concentram os dados, facilitando sua análise, e possibilitam a investigação das alterações nas condições de desenvolvimento vegetal, ao considerar as características biofísicas, estruturais e fisiológicas da vegetação. Além disso, destaca que os IVs indicam a atividade fotossintética e a saúde da vegetação, assim como apresentam-se “como variáveis preditoras para análises de séries temporais, monitoramentos, estimativas e estudos de detecção de mudanças de vegetação” (FILHO, 2018, p. 21).

Castro e Silva (2020) e Amancio *et al.* (2021) apontam alguns tipos de índices de vegetação em diferentes aplicações, a saber: *Enhanced Normalized Difference Vegetation Index* (ENDVI), *Enhanced Vegetation Index* (EVI), *Green Normalized Difference Vegetation Index* (GNDVI), *Normalized Difference Moisture Index* (NDMI), *Normalized Difference Red Edge Index* (NDRE), *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), *Soil-Adjusted Vegetation Index* (SAVI) e *Visual Atmospheric Resistance Index* (VARI). As características, variáveis e fórmulas de cada índice estão apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5 – Índices de vegetação (ENDVI, EVI, GNDVI, NDMI, NDRE, NDVI, SAVI e VARI) (continua)

Índice	Descrição	Variáveis	Fórmula
<i>Enhanced Normalized Difference Vegetation Index</i> (ENDVI) Índice de Vegetação por Diferença Normalizada Aprimorada	Aprimoramento do NDVI tradicional para câmeras digitais RGB. Utilizado para diferenciar os estados de cada planta. É aplicável quando o interesse principal é mapear a saúde da vegetação.	NIR = banda do infravermelho próximo GRE = banda verde BLU = banda azul	$ENDVI = \frac{((NIR + GRE) - (2 \times BLU))}{((NIR + GRE) + (2 \times BLU))}$

Tabela 5 – Índices de vegetação (ENDVI, EVI, GNDVI, NDMI, NDRE, NDVI, SAVI e VARI)
(continuação)

Índice	Descrição	Variáveis	Fórmula
<i>Enhanced Vegetation Index (EVI)</i> Índice de Vegetação Aprimorado	Índice que otimiza a discriminação de classes da vegetação, principalmente em áreas com maiores densidades de biomassa, a partir da redução da influência dos sinais da atmosfera e do solo.	NIR = banda do infravermelho próximo RED = banda do vermelho BLU = banda azul	$EVI = 2,5 \times \frac{(NIR - RED)}{(NIR + 6RED - 7.5BLU + 1)}$
<i>Green Normalized Difference Vegetation Index (GNDVI)</i> Índice de Vegetação por Diferença Normalizada Verde	Baseia sua análise na atividade fotossintética das plantas, isto é, um índice de clorofila. Costuma ser utilizado em estágios posteriores de desenvolvimento. É usado para determinar o nível de absorção de água e nitrogênio no dossel da cultura.	NIR = banda do infravermelho próximo GRE = banda verde	$GNDVI = \frac{(NIR - GRE)}{(NIR + GRE)}$
<i>Normalized Difference Moisture Index (NDMI)</i> Índice de Umidade de Diferença Normalizada	Índice capaz de discriminar diferenças de umidade no solo e na vegetação, contribuindo na identificação de contrastes entre os diferentes tipos vegetais, além das relações de alteração na paisagem.	NIR = banda do infravermelho próximo SWIR = banda do infravermelho médio	$NDMI = \frac{(NIR - SWIR)}{(NIR + SWIR)}$

Tabela 5 – Índices de vegetação (ENDVI, EVI, GNDVI, NDMI, NDRE, NDVI, SAVI e VARI)
(continuação)

Índice	Descrição	Variáveis	Fórmula
<p><i>Normalized Difference Red Edge Index (NDRE)</i></p> <p>Índice de Diferença Normalizada na Banda de Borda Vermelha</p>	<p>Apresenta melhores resultados quando empregado em regiões de vegetação densa, culturas permanentes ou de estágio posterior em razão da sua capacidade de medir mais a fundo no dossel. O NDRE também é indicado para medir o nível de concentração de clorofila. Seu uso é dificultado na indústria pois atualmente poucos satélites e sensores são sensíveis à banda Red Edge.</p>	<p>NIR = banda do infravermelho próximo REG = banda de borda vermelha</p>	$NDRE = \frac{(NIR - REG)}{(NIR + REG)}$
<p><i>Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)</i></p> <p>Índice de Vegetação por Diferença Normalizada</p>	<p>Utilizado na detecção de pragas e monitoramento da saúde das plantas. Indica a presença de corpos d'água, rochas, nuvens e neve (valores negativos). A vegetação é apresentada entre 0,2 até 1. Valores entre 0,1 até 0,2 representam solo exposto, os valores entre 0,2 até 0,5 podem representar uma vegetação dispersa ou em crescimento e os valores acima de 0,5 uma vegetação densa e saudável.</p>	<p>NIR = banda do infravermelho próximo RED = banda do vermelho</p>	$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)}$
<p><i>Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI)</i></p> <p>Índice de Vegetação Ajustado para o Solo</p>	<p>Desenvolvido para minimizar o efeito do solo no valor final nas imagens de reflectância decimal. A imagem SAVI é obtida através de constante L que melhora a discriminação de classes com densidades altas de vegetação.</p>	<p>L = fator de ajuste do índice SAVI NIR = banda do infravermelho próximo RED = banda do vermelho</p>	$SAVI = \frac{(NIR - RED)}{(L + NIR + RED) \times (1 + L)}$

Tabela 5 – Índices de vegetação (ENDVI, EVI, GNDVI, NDMI, NDRE, NDVI, SAVI e VARI) (conclusão)

Índice	Descrição	Variáveis	Fórmula
Visual Atmospheric Resistance Index (VARI) Índice de Resistência Visual Atmosférica	Método ideal para se trabalhar com imagens de câmeras não multiespectrais. Mede o quão verde é uma imagem, e também o nível de reflectância da vegetação e/ou do solo. Por ser minimamente sensível aos efeitos da atmosfera, é possível analisar as vegetações em uma vasta gama de ambientes.	GRE = banda verde BLU = banda azul RED = banda do vermelho	$VARI = \frac{(GRE - RED)}{(GRE + RED - BLU)}$

Fonte: Adaptado de Castro e Silva (2020) e Amancio *et al.* (2021).

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN), em inglês *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), conforme apresentado na tabela acima, é utilizado na verificação da vegetação e na avaliação da saúde das plantas (estresse vegetativo), auxiliando no controle de pragas e outras atividades. O IVDN tem se destacado no estudo da cobertura da vegetação pois possibilita análises de baixo custo operacional, sendo muito difundido na área da agricultura comercial e nos mapeamentos sobre uso e cobertura da terra (BARROS *et al.*, 2020; SILVA *et al.*, 2020). O índice foi proposto por Rouse *et al.* (1974), e é um dos principais índices de estudo da vegetação por meio do Sensoriamento Remoto e do Geoprocessamento.

O IVDN é capaz de identificar a existência de vegetação ativa fotossinteticamente, monitorar a cobertura vegetal e sua distribuição espacial (FOLHES, 2007). É descrito pela Fórmula 1, proposta por Rouse *et al.* (1974):

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)} \quad (1)$$

Em que, NIR equivale ao valor da reflectância na banda do infravermelho próximo e RED corresponde ao valor da reflectância na banda do vermelho. Essas bandas são utilizadas pois a vegetação, devido a ação da clorofila, apresenta grande absorção de energia na região do vermelho. Enquanto, na região do infravermelho próximo, essa energia é refletida pela estrutura celular das folhas. Tal fato, favorece a extração das informações acerca da qualidade vegetal, contribuindo para o monitoramento ambiental.

Os resultados do IVDN variam no intervalo de -1 a +1. Os valores positivos correspondem às superfícies cobertas por vegetação. Por sua vez, valores negativos geralmente estão associados a nuvens e corpos hídricos. O valor máximo positivo (+1) representa maior densidade de cobertura vegetal, enquanto gradativamente esse valor diminui, a vegetação se torna mais esparsa (MARTINHO *et al.*, 2012).

De acordo com Huang *et al.* (2020), pesquisas ainda apontam a aplicabilidade do IVDN na diferenciação de tipos de vegetação (savana, floresta densa, formação não-florestal, campos agrícolas) e na determinação de florestas perenes ou sazonais (PETTORELLI *et al.*, 2005); na estimativa das propriedades vegetais como o estresse da planta, cobertura vegetal fracionada, produtividade vegetal, concentração de clorofila nas plantas, biomassa e o Índice de Área Foliar (CHAVEZ *et al.*, 2016; DUTRIEUX *et al.*, 2015; VICENTE-SERRANO *et al.*, 2016; PASTOR-GUZMAN *et al.*, 2015; ZHU, LIU, 2015; TIAN *et al.*, 2017). Os dados obtidos no cálculo do IVDN precisam ser comparados com valores encontrados em campo.

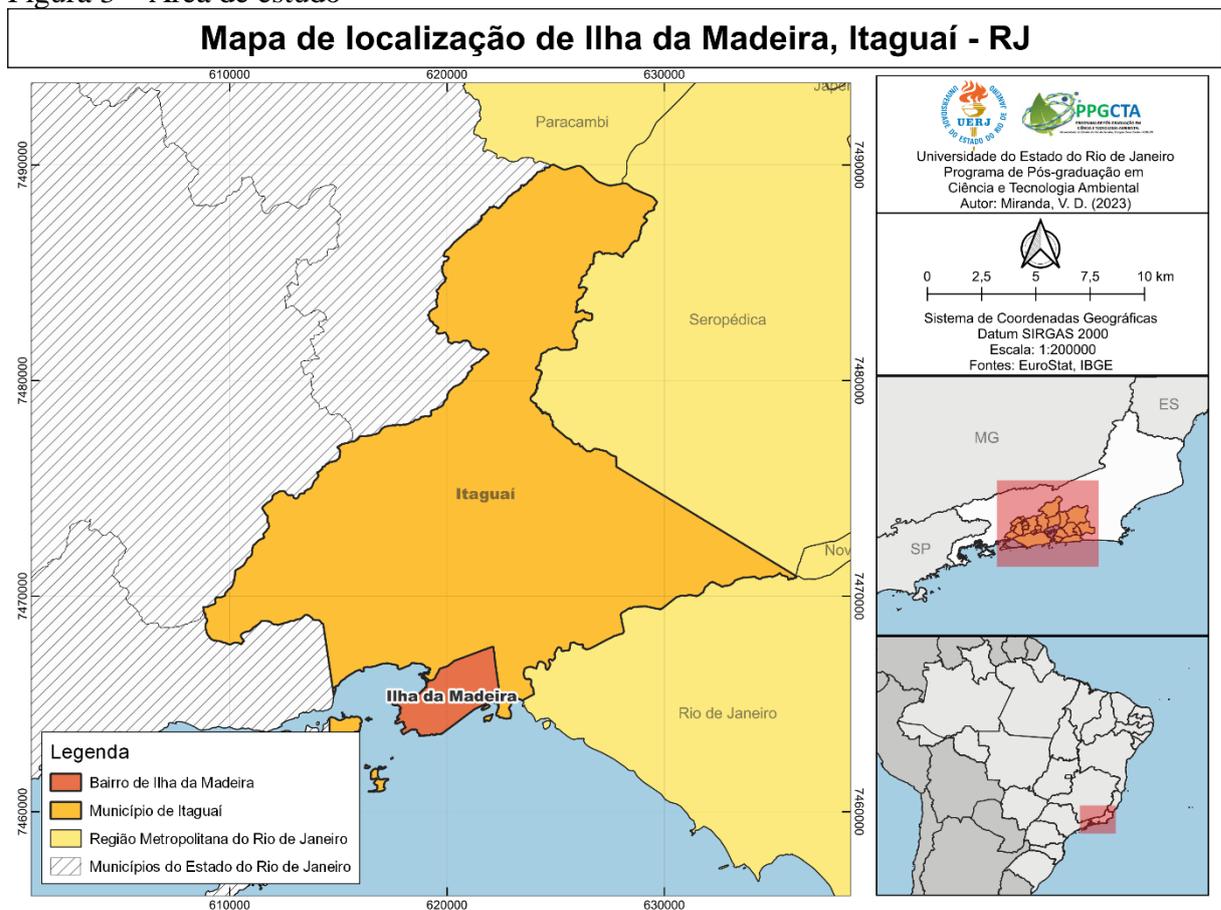
Huang *et al.* (2020) apontam que o IVDN é um dos principais produtos analíticos de Sensoriamento Remoto, utilizado na simplificação das imagens multiespectrais, sendo o índice mais popular para avaliação da vegetação. A popularidade do índice é dada pelo fato de poder ser calculado com qualquer sensor multiespectral que apresente as bandas do infravermelho próximo e a do vermelho. Os autores destacam que a aplicação desse índice tem se propagado cada vez mais por conta da diminuição dos custos das análises, bem como pela difusão do uso de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs). Contudo, Huang *et al.* (2020) tecem uma crítica quanto à utilização indevida dos dados de IVDN por usuários finais em meio à desinformação e educação defasada acerca da temática de Sensoriamento Remoto. De acordo com os autores, o avanço dos VANTs somado à falta de habilidades técnicas na confecção das análises têm favorecido a criação de produtos que apresentam deficiências não profissionais. Sendo assim, destaca-se a necessidade de conscientização e compreensão aprofundada a respeito do tema e da sua aplicabilidade, como forma de promover o uso consistente e eficaz do IVDN nas avaliações espaço-temporais da vegetação.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área de estudo

O presente trabalho tem como área de estudo o bairro de Ilha da Madeira, localizado no município de Itaguaí, estado do Rio de Janeiro, conforme pode ser observado na Figura 3; bairro onde se localiza o empreendimento Porto Sudeste do Brasil, objeto de estudo dessa pesquisa. Itaguaí é um município da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, banhado pela Baía de Sepetiba (sul), que possui divisa com os municípios do Rio de Janeiro e Seropédica (leste), Piraí e Paracambi (norte) e Rio Claro e Mangaratiba (oeste). Seu território também compreende ilhas e ilhotas da Baía de Sepetiba, como a Ilha da Madeira (CHAGAS, 2020).

Figura 3 – Área de estudo



O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) aponta que Itaguaí possui 282,606 km² de área territorial e um contingente populacional estimado em 136.547 habitantes. De acordo com dados provenientes do Censo Demográfico 2010, o município apresenta uma densidade demográfica correspondente a 395,45 habitantes por km². Quanto aos aspectos socioeconômicos, o Censo Demográfico 2010 indica Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) equivalente a 0,715, considerado como alto. O órgão apresenta que, em 2019, o Produto Interno Bruto (PIB) per capita do município correspondia a R\$ 59.757,50 reais (IBGE, 2022).

Itaguaí situa-se a 22° 51' 07" latitude sul e 43° 46' 30" longitude oeste. A respeito do relevo do município, destaca-se a presença de montanhas e planícies. Grandes elevações são encontradas ao norte e ao oeste, enquanto que ao sul e ao leste, na região plana, são observados terrenos pantanosos e alagadiços. Nota-se a presença da Serra do Mar, delimitando os municípios vizinhos de Barra do Piraí, Piraí e Rio Claro, e as serras do Mazomba, Pouso Frio, Guarda Grande, Matoso, Caçador e de Itaguaí. A altitude máxima existente no relevo de Itaguaí é representada por um ponto de 1.136 metros de altitude (IBGE, 1948; CONSÓRCIO FATOR-CONCREMAT-VG&P, 2021).

Mattos *et al.* (1989) descrevem o clima da região como “Aw,” conforme a classificação de Köppen (1938), determinado por verões chuvosos e invernos secos. Dessa forma, apresenta maior índice de precipitação entre dezembro e janeiro (por vezes, estendido até março), caracterizando o período chuvoso; já o período seco ocorre entre maio e setembro. A pluviosidade média anual é de 1500 mm. O município integra a Bacia da Baía de Sepetiba, inserida na Região Hidrográfica RH II – Região Hidrográfica do Guandu e é representado pelo Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu. A hidrografia de Itaguaí é constituída pelas sub-bacias do Rios Mazomba e da Guarda e o Ribeirão das Lages (SERENCO, 2016).

A Baía de Sepetiba possui águas salinas e salobras e apresenta baixa variação de maré. Correntes são geradas pelo fluxo-refluxo, tendo em vista que ondas oceânicas pouco afetam a dinâmica hídrica da baía. Tal fato permite o estabelecimento de atividades portuárias, considerando que tais empreendimentos carecem de localidades resguardadas de correntes e ondas. O grande aporte de sedimentos provindos da bacia hidrográfica ocasiona a deposição desses materiais à foz dos rios, impactando na turbidez e transparência dos corpos hídricos. O recebimento de esgoto, em grande parte sem o devido tratamento, o lançamento de efluentes industriais assim como o despejo de metais pesados, são alguns dos impactos ambientais negativos que influem na qualidade hídrica da baía. Tais impactos afetam negativamente a produtividade animal, principalmente de espécies marinhas, bem como afetam ecossistemas a

ela associados, a saber: a restinga de Marambaia, os cordões arenosos, costões rochosos e ecossistemas anteriores a linha de praia, assim como os manguezais presentes na costa leste (LOPES, 2014; SILVA FILHO, 2015).

A vegetação do município é caracterizada pelo bioma da Mata Atlântica, apresentando faixas de floresta ombrófila densa, faixas de vegetação de mangue (litoral) e restinga (ilha da Marambaia). As faixas de floresta se apresentam na feição oeste de Itaguaí, em região montanhosa. A vegetação florestal se apresenta com boa conservação em áreas íngremes e rochosas; nas demais áreas, evidencia-se que essa formação vegetal se encontra degradada, além da ocorrência de espécies endêmicas e ameaçadas de extinção. No litoral, os manguezais são constituídos pelas espécies arbóreas: *Avicennia schaueriana* (mangue preto), *Laguncularia racemosa* (mangue branco) e *Rhizophora mangle* (mangue-vermelho) (SERENCO, 2016; VICTÓRIO *et al.*, 2020; 2021).

No contexto da fauna existente na região da Baía de Sepetiba, há a presença de várias espécies de aves como gaivotas, garças e andorinhas do mar, assim como espécies endêmicas da Floresta Atlântica. Dentre os mamíferos encontrados citam-se roedores, morcegos, a paca e a onça parda. O Plano Municipal de Saneamento Básico de Itaguaí ainda aponta a presença de espécies generalistas na região do porto, nomeadamente a *Haddadus binotatus* (rãzinha de serapilheira) e *Ecleopus gaudichaudii* (lagarta). Quanto à fauna aquática, enfatiza-se a existência de cerca de 200 espécies de fitoplâncton, 8 grupos de zooplâncton, 180 espécies de fitobentos, além de grande diversidade de organismos zoo-bentônicos. Há ainda 97 espécies de peixes identificadas, englobando espécies ameaçadas no estado como a sardinha e o tubarão anjo. Quanto aos mamíferos aquáticos observa-se a baixa biodiversidade, contudo a baía possui fundamental importância no desenvolvimento e abrigo do boto-cinza. Salienta-se, por fim, que a fauna aquática é muito impactada pelas atividades portuárias, como a dragagem e movimentação de navios (SERENCO, 2016).

No contexto de Unidades de Conservação Ambiental (UCs), destaca-se a presença de três áreas estaduais de proteção ambiental, a saber: o Parque Estadual Cunhambebe (UC de Proteção Integral), a Área de Preservação Ambiental (APA) de Mangaratiba (UC de Uso Sustentável) e a APA do Guandu (UC de Uso Sustentável). As duas primeiras unidades ocorrem no litoral oeste, nos limites do município de Mangaratiba; enquanto a APA do Guandu se estabelece ao norte de Itaguaí. O Parque Estadual do Cunhambebe (PEC) abrange uma área de 38.053 hectares que permeia os municípios de Itaguaí, Mangaratiba, Angra dos Reis e Rio Claro, apresentando cobertura florestal com bom estado de conservação. Um dos principais objetivos da criação do parque é preservar os remanescentes da Mata Atlântica da Serra do Mar,

além de recuperar áreas degradadas. A APA de Mangaratiba constitui uma porção de 25.239 hectares e visa a preservação da Floresta Pluvial Tropical Litorânea e dos manguezais da região. Já a APA do Guandu possui 742,5 km² de área e objetiva, principalmente, a preservação dos corpos hídricos da Bacia do Rio Guandu, incluindo margens, nascentes, encostas e áreas de remanescentes florestais (SERENCO, 2016).

Além das APAs citadas, são delimitadas no município a APA do Saco de Coroa Grande e a APA Itaguaí Itingussú Espigão Taquara. O município também conta com a existência de Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPNs), Unidades de Conservação de Proteção Integral de domínio particular, como: a RPPN Sítio Poranga, com área de 34 ha, a RPPN Sítio Angaba, com área de 29 ha e a RPPN Reserva Porangaba, com área de 9 ha. Pontua-se ainda que o município de Itaguaí, em conjunto com Mangaratiba e o Rio de Janeiro, abrangem a Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) da Baía de Sepetiba, que é uma UC de Uso Sustentável (ITAGUAÍ, 2013a; 2013b; ICMBIO, 2022a; 2022b; 2022c; INEA; 2022).

Por um viés histórico, o desbravamento do território em que hoje é estabelecido o município é datado do século XVII pelos índios Jaguaremenon. Os portugueses, mais especificamente os missionários da Companhia de Jesus, passaram a estabelecer aldeamentos na região com o intuito de realizar a catequese dos índios, construindo uma igreja nesse aldeamento em 1688. Posteriormente, os jesuítas e demais habitantes do aldeamento transferem-se para a Fazenda Santa Cruz, visando estarem mais próximos do mar. Em 1718, realizam a construção da Igreja de São Francisco Xavier, que teve sua conclusão em 1729. Atualmente, essa igreja permanece como a matriz do município. Já em 1795, Itaguaí foi denominada Paróquia, após a expulsão dos jesuítas (IBGE, 2015; ITAGUAÍ, 2015a; 2020).

No século XIX, a agricultura se desenvolveu como principal atividade econômica, em especial, a cultura da cana-de-açúcar; em outros períodos, outras culturas tais como a de quiabo e a de banana, também se estabeleceram e foram relevantes para a economia local. Em 1818, Itaguaí foi nomeada Vila de São Francisco Xavier de Itaguaí. Em 1822, Itaguaí recebeu a presença de D. Pedro I para pernoitar, quando da Independência do Brasil, no local onde se instala hoje a Praça Dom Luis Guanela. No ano de 1841, data-se o início da operação no Complexo Portuário Imperial da Vila de Itagoahy. Em 1910, inaugura-se a Estação Ferroviária em Itaguaí, assim como no ano de 1931, há a inauguração da energia elétrica. Tais avanços permitiram o desenvolvimento do setor industrial e portuário. Já em 1939, destaca-se a chegada dos primeiros imigrantes japoneses, que muito contribuíram para o desenvolvimento da agricultura no território (IBGE, 2015; ITAGUAÍ, 2015a; 2020).

De acordo com o Plano Municipal de Educação de Itaguaí 2015 - 2025, destaca-se que:

A partir da década de 1960, o município começou a se industrializar com a construção de fábricas como a Ingá Mercantil (zinco), a Nuclep (material termonuclear) e de outras empresas no Distrito Industrial de Santa Cruz. (...) Na década de 1970, a cidade passou a ter ligação mais fácil com o litoral através da construção da Rodovia Rio-Santos. Hoje, Itaguaí é um município em grande crescimento. A Companhia Siderúrgica do Atlântico, localizada em Santa Cruz, bairro do Rio vizinho à cidade, promete dinamizar a economia local, além dos investimentos no Porto de Itaguaí (ITAGUAÍ, 2015a, p. 20).

Na perspectiva da economia, destaca-se como principais atividades: a agropecuária, a indústria e a área de serviços. Contudo, a agropecuária tem decrescido sua contribuição em virtude do avanço industrial em Itaguaí, além do crescente desenvolvimento no setor de serviços. Esse processo é favorecido pela existência de importantes vias de escoamento de produtos (exportação e importação), sendo elas: a ferrovia MRS Logística, o Arco Rodoviário da Região Metropolitana do Rio (Rodovia Raphael de Almeida Magalhães), a Rodovia BR-101 (Rodovia Governador Mário Covas, antiga Rodovia Rio-Santos) e, em especial, o Porto de Itaguaí/Sepetiba. No contexto estadual, o município possui relevância econômica por localizar grandes indústrias e outros empreendimentos, em virtude de sua localização estratégica. Portos privados como o Porto Sudeste, bem como empreendimentos governamentais como o Estaleiro e a Base Naval da Marinha do Brasil são também exemplos do processo de desenvolvimento e industrialização de Itaguaí (LIMA, 2011; LOPES, 2014). A Figura 4 apresenta alguns dos principais empreendimentos existentes no município e na região da Baía de Sepetiba.

Figura 4 – Empreendimentos na região da Baía de Sepetiba



Fonte: Francisco *et al.* (2015).

Tais empreendimentos têm gerado inúmeras transformações na paisagem, bem como alterado as dinâmicas ambiental e social, promovendo impactos ambientais. Nesse contexto, ressalta-se a atividade do Porto Sudeste do Brasil S.A., no município de Itaguaí: um terminal portuário privado que se localiza no bairro Ilha da Madeira, e promove a movimentação de granéis sólidos, objetivando sanar a demanda de exportação nacional de minério de ferro produzido na Região Sudeste, em especial em Minas Gerais (LOPES, 2014).

O porto privado, possui 82 hectares de área, e compreende em suas estruturas terrestre e marítima: dois pátios de estocagem, um túnel (que interliga os pátios ao terminal marítimo), um píer e duas pontes de acesso, além de equipamentos como dois carregadores de navios, dois viradores de vagões, quatro empilhadeiras recuperadoras e as correias transportadoras, conforme pode ser observado na Figura 5. A estrutura marítima ainda possui dois berços para atracação de embarcações, que possibilitam o acolhimento de dois navios de forma simultânea.

Figura 5 – Estruturas marítima e terrestre do Porto Sudeste



Legenda: A - Viradores de vagões, equipamentos que descarregam o minério trazido por trem;

B - Pátios de estocagem e empilhadoras recuperadoras, local onde o minério é conduzido por meio das correias transportadoras e empilhado através das empilhadeiras e posteriormente recuperado; C - Túnel e correias transportadoras, é através destas últimas que o minério é conduzido pelo túnel até a estrutura marítima; D - Píer e carregadores de navios, é através destes últimos que o minério é depositado nos navios para a exportação.

Fonte: Adaptado de Porto Sudeste (2022b; 2022c).

Além disso, ressalta-se a implementação de acessos rodoviários e ferroviários (dois viadutos rodoviários, uma ponte ferroviária e um ramal ferroviário) como forma de viabilizar a construção e a operação do porto (PORTO SUDESTE, 2022a). No que se refere ao acesso terrestre ao porto, Paz (2018, p. 63) aponta que este “se dá através do modal rodoviário - BR-101 - e pelo modal ferroviário a partir do pátio ferroviário Brisa-Mar, onde existe uma linha da MRS Logística S/A”. A autora relata que o acesso marítimo ocorre

pelo mesmo canal de acesso ao Porto de Itaguaí, com a sua barra localizada entre a Ponta dos Castelhanos, na Ilha Grande, e a Ponta Grossa, na Restinga da Marambaia. As embarcações percorrem 16 km desde a Ponta dos Castelhanos até a Ilha Guaíba, mais 22 km, pelo canal principal com 200 m de largura, e Canal da Ilha das Cabras, canal de acesso ao Porto Sudeste, com 206m e 19,60m de profundidade (PAZ, 2018, p. 64).

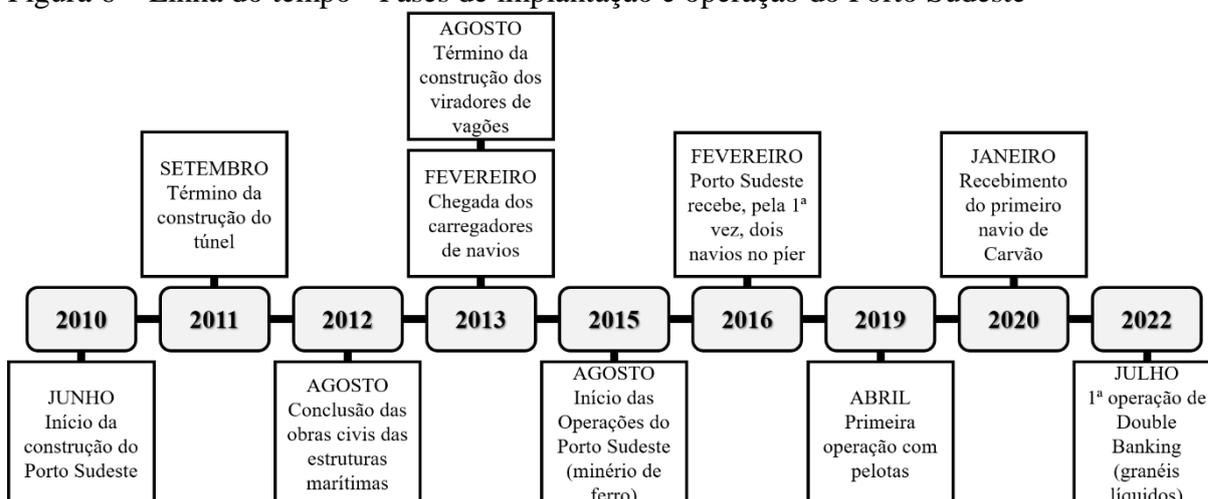
Inicialmente, a Porto Sudeste do Brasil S.A. era administrada pela LLX Logística S.A., empresa do ramo de logística e pertencente ao Grupo EBX, conglomerado presidido pelo empresário Eike Batista. Em 2011, o empreendimento passa a ser gerenciado pela MMX Mineração e Metálicos S.A., empresa do mesmo grupo. Atualmente, é administrado pela *joint-venture*² composta pela Impala (operadora mundial de terminais) e Mubadala Development Company (fundo de investimento dos Emirados Árabes Unidos) em associação à MMX Mineração e Metálicos S.A (PETROBRAS, 2017; PAZ, 2018).

Conforme a Classificação Nacional das Atividades Econômicas (CNAE) pelo IBGE, o empreendimento é elencado na classe de Operações Portuárias. Ainda, quanto à categorização da atividade, é classificada como ‘Transporte, Terminais, Depósitos e Comércio’ e ‘Atividade Poluidora e Utilizadora de Recursos Naturais de Alto Grau’ pela Lei nº 10.165/00, em seu anexo VIII (BRASIL, 2000b; LOPES, 2014).

² Conforme Wolffenbüttel (2006) “a expressão *joint-venture* quer dizer ‘união com risco’. Ela, de fato, refere-se a um tipo de associação em que duas entidades se juntam para tirar proveito de alguma atividade, por um tempo limitado, sem que cada uma delas perca a identidade própria. (...) a expressão se tornou mais conhecida para definir a associação entre duas empresas. O modelo mais comum é aquele em que um fabricante forma uma *joint-venture* com uma firma comerciante de outro país para explorar o mercado estrangeiro”.

O Estudo de Impacto Ambiental e o Relatório de Impacto Ambiental da fase de implantação do Porto Sudeste datam de 2008 e foram realizados pela empresa *Ecology and Environment* do Brasil Ltda. O processo de licenciamento ambiental ocorreu no ano de 2009, tendo suas obras iniciadas em junho de 2010. Em 2011, houve a solicitação de expansão da capacidade do Porto Sudeste e o respectivo EIA/RIMA dessa fase foi elaborado pela empresa *Environmental Resources Management* Brasil Ltda. Tal expansão possibilitou que o empreendimento aumentasse sua capacidade de movimentação de granéis sólidos de 50 milhões de toneladas/ano para 100 milhões de toneladas/ano. O início das operações no Porto Sudeste ocorreu em setembro de 2015, conforme pode ser observado na linha do tempo apresentada na Figura 6 (ERM, 2011; LOPES, 2014; PORTO SUDESTES, 2022a).

Figura 6 – Linha do tempo - Fases de implantação e operação do Porto Sudeste



Fonte: Porto Sudeste (2022a).

No processo de implantação do empreendimento ainda se realizou audiências públicas com a comunidade local. Quanto à emissão de licenças ambientais e à realização das audiências, Paz (2018, p. 70) aponta que:

No caso do Porto Sudeste, a Licença de Operação (LO) nº IN028508 foi publicada em 04 de agosto e a Licença de Implantação (LI) nº IN000491, em 25 de setembro, ambas em 2009. A Licença Prévia (LP) IN026859 para a ampliação foi publicada em 02 de maio de 2014. (...) Acerca das audiências públicas, duas foram realizadas: uma em Itaguaí, dia 28/05/2012 e outra em Muriqui, 29 de maio de 2012. Nessas audiências estavam presentes representantes do INEA, da MMX, representantes governamentais dos municípios e civis (dentre eles pescadores artesanais, representantes de associações). Nessas audiências, os pescadores se mostraram contra a construção e questionaram a eficácia dos programas de compensação da pesca.

A autora destaca que apesar da empresa apresentar o Programa de Compensação da Atividade da Pesca, estabelecendo formas de compensação aos pescadores e moradores na área de influência direta (AID), e citar investimentos realizados pelo Porto Sudeste às instituições ativas na região da Baía de Sepetiba, as audiências também abordaram impactos socioambientais negativos do projeto, através de depoimentos da população local. As AIDs apresentadas nas audiências foram: os bairros de Sepetiba e Pedra de Guaratiba, as Ilhas da Madeira e do Martins, Coroa Grande e Itacuruçá. Conforme Lopes (2014), há ainda a área de influência indireta (AII) que também é afetada pelo empreendimento e compreende os municípios de Itaguaí, Mangaratiba e Rio de Janeiro e a região da Baía de Sepetiba.

Paz (2018) relata que na audiência em Itaguaí foi pontuada a Vila do Engenho e a Ponta da Mariquita, na Ilha da Madeira, como áreas diretamente afetadas (ADAs); na ocasião, moradores argumentaram acerca da efetividade do programa de realocação da população (14 famílias que ainda estavam assentadas na Vila), além disso, apontou-se o aumento da poluição sonora e atmosférica, a dificuldade de acesso à região (pelo fechamento da estrada Joaquim Fernandes) em virtude das obras para construção do empreendimento, entre outros impactos. As desapropriações e desafetações, questões de cunho cultural, territorial e ambiental, como a degradação do ecossistema manguezal, também foram levantadas. Ainda conforme a autora:

A cada empreendimento, localidades passam a ser ADAs ou AIDs, recebendo impactos e tendo seus modos de vida transformados. Embora os EIA/RIMA cite e explique os impactos promovidos e dê um grau de importância a cada um deles, a população os sente de forma diferente. Enquanto a RIMA do Porto considera o impacto nos manguezais com magnitude média, a população o enxerga como sendo alto, uma vez que a vivência e o uso daquele espaço se dá de maneira diferenciada (PAZ, 2018, p. 74).

Na perspectiva da empresa, o empreendimento é justificado: pela crescente produção de minério de ferro na região Sudeste do país somado ao valor expressivo dessa *commodity*³ em nível global; pela localização privilegiada atrelada à presença de importantes vias de acesso que facilitam a logística de implantação e operação do terminal; e pela geração de postos de trabalho, fator que fomenta a empregabilidade de pessoas residentes em Itaguaí e em municípios vizinhos. Em contrapartida, o respectivo EIA do projeto ressalta que além da exportação deste recurso natural não agregar riqueza ao estado do Rio de Janeiro, uma vez que grande parte da

³ É um produto agropecuário ou advindo do extrativismo mineral, comercializado na sua forma bruta ou com baixo ou nenhum grau de industrialização, cuja produção é de larga escala e voltada ao mercado externo. Sua precificação é dada pela oferta e procura internacional (EPSJV, 2022).

produção nacional advém principalmente do estado de Minas Gerais, não há a criação intensiva de empregos para a operação do terminal portuário (LOPES, 2014).

Com relação aos impactos negativos previstos apresentados no EIA/RIMA do Porto Sudeste, a autora os sintetiza de acordo com o Quadro 2, conforme: as fases do empreendimento (planejamento, implantação e operação), o meio em que o impacto ocorre, a reversibilidade, a magnitude, a significância e a relevância.

Quadro 2 – Impactos ambientais negativos do Porto Sudeste (Itaguaí - RJ) (continua)

Fases	Impactos Negativos	Meio	Reversibilidade	Magnitude	Significância	Relevância
Planejamento	Geração de expectativa	S	R	A	S	M
	Alteração no cotidiano da população realocada	S	I	A	S	A
	Alteração das relações comunitárias	S	I	A	S	A
	Alteração da qualidade do ar (material particulado)	F	R	B	S	M
Implantação	Alteração da qualidade do ar (emissões veiculares)	F	R	B	PS	B
	Erosão de solo em áreas terraplanadas e em pontos de concentração de água pluvial	F	I	B	PS	B
	Assoreamento dos corpos hídricos	F	I	B	PS	B
	Alteração das propriedades físico-químicas do solo	F	I	A	S	M
	Aumento do risco de contaminação dos solos	F	I	B	PS	B
	Alteração da qualidade das águas superficiais	F	R	B	PS	B
	Alterações da reserva dos aquíferos explorados	F	R	B	PS	M
	Alteração da qualidade da água na Baía de Sepetiba	F	R	M	S	M
	Interferência nos padrões de corrente e sedimentação da baía	F	I	B	PS	B
	Alteração da pressão sonora do ar	F	R	B	PS	B
	Eliminação de indivíduos, redução de populações e ampliação do efeito de borda das comunidades naturais	B	I	M	S	M

Quadro 2 – Impactos ambientais negativos do Porto Sudeste (Itaguaí - RJ) (continuação)

Fases	Impactos Negativos	Meio	Reversibilidade	Magnitude	Significância	Relevância
Implantação	Perda de indivíduos e aumento da degradação dos habitats da fauna terrestre	B	I	B	PS	B
	Aumento dos riscos de atropelamento de animais nativos	-	I	M	S	B
	Distúrbios nas comunidades aquáticas pela alteração dos habitats e restrição ao uso dos recursos da AID	B	I	M	S	M
	Aumento das possibilidades de biodisponibilização de substâncias persistentes	B	I	M	S	A
	Geração de expectativas	S	R	B	PS	B
	Aumento da probabilidade de ocorrência de acidentes de trânsito	S	R	A	S	M
	Risco de aumento dos casos de doenças	S	R	A	S	M
	Transtornos à população	S	R	A	S	M
	Sobrecarga no local de disposição final de resíduos sólidos	S	R	B	PS	B
	Alteração do atual padrão demográfico	S	I	B	PS	B
	Alteração no cotidiano da população	S	R	A	S	M
	Pressão sobre os serviços públicos essenciais	S	I	A	S	M
	Probabilidade de aumento da violência urbana	S	I	A	S	M
	Perda de postos de trabalho temporário	S	I	A	S	M
	Risco de acidentes com embarcações	S	R	B	PS	B
	Risco de interferências na atividade pesqueira	S	R	A	S	A
	Possibilidade de interferências com a atividade turística	S	I	A	S	M
	Interferências em bens do patrimônio arqueológico e histórico	S	I	A	S	M
Alteração da paisagem	S	I	M	S	A	

Quadro 2 – Impactos ambientais negativos do Porto Sudeste (Itaguaí - RJ) (conclusão)

Fases	Impactos Negativos	Meio	Reversibilidade	Magnitude	Significância	Relevância
Operação	Alteração da qualidade do ar	F	R	A	S	M
	Alteração da qualidade da água na baía	F	R	B	PS	B
	Alteração dos níveis de pressão sonora	F	R	B	PS	B
	Dificultação das trocas gasosas pela deposição excessiva de material particulado sobre as partes aéreas dos vegetais	B	R	M	S	M
	Aumento dos fatores de perturbação da fauna terrestre	B	R	M	S	A
	Aumento dos distúrbios nas comunidades aquáticas pelas restrições ao uso dos habitats e recursos da AID	B	R	M	S	A
	Risco de ocorrência de doenças respiratórias	S	R	A	S	M
	Sobrecarga do local de disposição de resíduos sólidos	S	R	B	PS	B
	Risco de acidentes com embarcações	S	R	A	S	M
	Possibilidade de interferências na atividade pesqueira	S	R	A	S	M
	Incômodos à população	S	R	M	S	M

Legenda: Meio: B - Biótico, F- Físico, S - Social; Reversibilidade: I - Irreversível, - Reversível (R); Magnitude: A - Alta, B - Baixa, M - Média; Significância: S - Significativo, PS - Pouco Significativo; Relevância: A - Alta, B - Baixa, M - Média.

Fonte: Adaptado de Lopes (2014).

Observa-se a geração de impactos ambientais negativos indiretos, tais como: a necessidade de realização de dragagem e o aumento da concentração de metais pesados na baía; a redução no turismo e atividades de lazer, além da inviabilização da pesca na região por conta do aumento no tráfego marítimo. Sendo assim, a população é afetada apesar da geração de empregos. Considera-se ainda a fragilidade ambiental da região somada às inúmeras transformações realizadas na paisagem e na dinâmica socioambiental (pelo desmatamento, pelo aterramento de manguezais, pelo nivelamento do solo, pela abertura de túneis e transposição de vias de acesso, pela apropriação da região costeira local), em virtude das diferentes fases do empreendimento (LOPES, 2014).

Tendo em vista os impactos socioambientais apresentados, justifica-se a realização de pesquisas que contemplem a região. Nessa perspectiva, o estudo aqui proposto, visa aplicar o Sistema de Informação Geográfica QGIS, e realizar análise temporal dos impactos ambientais decorrentes da implantação do Porto Sudeste localizado na Ilha da Madeira, em Itaguaí - RJ. A pesquisa buscará analisar o período compreendido entre 2008, dois anos antes do início da implantação do empreendimento, e 2022, objetivando identificar possíveis impactos na cobertura vegetal e no terreno em virtude do uso e ocupação da terra, ao longo dos anos. A escolha do cenário se deu por conta da presença de fragmentos remanescentes de vegetação de manguezal e de floresta - Mata Atlântica (em diferentes estágios de degradação e regeneração), associados a possíveis impactos negativos decorrentes da instalação de empreendimentos de grande porte, como o Porto Sudeste.

3.2 Dados, softwares e procedimentos

3.2.1 Dados: aquisição de imagens de satélite e bases cartográficas

Para elaboração das análises aqui propostas, realizou-se consultas nas páginas institucionais do *European Statistical Office* (EUROSTAT), Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e do *United States Geological Survey* (USGS), ou ainda Serviço Geológico dos Estados Unidos. Os materiais cartográficos obtidos nos *sites* do EUROSTAT, do IBAMA e do IBGE correspondem, respectivamente, aos limites territoriais dos manguezais brasileiros e aos limites administrativos do Brasil em diferentes escalas (federal, estadual e municipal), no formato vetorial *shapefile* (.shp).

As imagens de satélite, essenciais para a realização dos estudos com índices espectrais de vegetação como o IVDN, foram obtidas de forma gratuita no site do USGS. As imagens utilizadas correspondem aos satélites *Landsat 5*, sensor *Thematic Mapper* (TM), e *Landsat 8*, sensor *Operational Land Imager* (OLI), apresentando resolução espacial de 30 metros, cobertura de nuvens de até 20% e formato GeoTIFF (.tiff). Demais informações sobre os satélites utilizados podem ser observadas na Tabela 6.

A Tabela 7 apresenta dados importantes acerca das imagens utilizadas. Na obtenção destes dados, considerou-se a seleção de imagens representativas para os períodos seco e chuvoso, tendo em vista que os resultados do NDVI podem variar conforme características ambientais como o clima e as estações do ano. Ressalta-se que, em virtude ausência de imagens com cobertura de nuvens de até 20%, para os anos de 2008 e 2015, foram obtidas cenas do mês de outubro representando o período seco. Além disso, para o ano de 2013 foi obtida cena do mês de abril representando o período chuvoso.

Os anos escolhidos para obtenção das imagens de satélite se justificam pela necessidade de verificação das mudanças na cobertura da terra nas diferentes fases do empreendimento. Dessa forma, as imagens correspondem às etapas: antes (Planejamento), durante (Implantação) e após (Operação) o estabelecimento do Porto Sudeste. O ano de 2008 é correspondente a etapa inicial do processo de licenciamento e estudos ambientais anteriores à implementação do empreendimento. Os anos de 2010 e 2013 foram selecionados pois indicam o início da construção do Porto Sudeste e a finalização da implementação dos viradores de vagões, respectivamente. O ano 2015 indica a fase de início das operações portuárias. Os anos de 2020 e 2022 estão associados ao recebimento do primeiro navio de carvão e à primeira operação com granéis líquidos, nessa ordem.

Tabela 6 – Características dos satélites *Landsat 5 (TM)* e *Landsat 8 (OLI)*

Satélite/ Sensor	Lançamento e situação atual	Bandas	Comprimento de onda (μm)	Resolução espacial (m)
<i>Landsat 5 Thematic Mapper (TM)</i>	01/03/1984 – 05/06/2013 (Inativo)	1 – Azul	0.45 - 0.52 μm	30 m
		2 – Verde	0.52 - 0.60 μm	30 m
		3 – Vermelho	0.63 - 0.69 μm	30 m
		4 – Infravermelho próximo	0.76 - 0.90 μm	30 m
		5 – Infravermelho médio	1.55 - 1.75 μm	30 m
		6 – Infravermelho termal	10.40 - 12.50 μm	120 m
		7 – Infravermelho médio	2.08 - 2.35 μm	30 m
<i>Landsat 8 Operational Land Imager (OLI)</i>	02/11/2013 – Atual (Ativo)	1 – Costal aerossol	0.43 - 0.45 μm	30 m
		2 – Azul	0.45 - 0.51 μm	30 m
		3 – Verde	0.53 - 0.59 μm	30 m
		4 – Vermelho	0.64 - 0.67 μm	30 m
		5 – Infravermelho próximo	0.85 - 0.88 μm	30 m
		6 – Infravermelho médio	1.57 - 1.65 μm	30 m
		7 – Infravermelho médio	2.11 - 2.29 μm	30 m
		8 – Pancromática	0.50 - 0.68 μm	15 m
		9 – Cirrus	1.36 - 1.38 μm	30 m

Fonte: USGS (2022a; 2022b).

Tabela 7 – Informações das imagens de satélite utilizadas

Fases do Porto	Satélite	Sensor	Órbita/ponto	Data (período seco)	Data (período chuvoso)	Bandas	Resolução
Planejamento	<i>Landsat 5</i>	<i>Thematic Mapper (TM)</i>	217/076	23/10/2008	29/03/2008	Banda 3, 4 e 5	30 m
Implantação	<i>Landsat 5</i>	<i>Thematic Mapper (TM)</i>	217/076	11/09/2010	15/02/2010	Banda 3, 4 e 5	30 m
Implantação	<i>Landsat 8</i>	<i>Operational Land Imager (OLI)</i>	217/076	02/08/2013	28/04/2013	Banda 4, 5 e 6	30 m
Operação	<i>Landsat 8</i>	<i>Operational Land Imager (OLI)</i>	217/076	11/10/2015	13/02/2015	Banda 4, 5 e 6	30 m
Operação	<i>Landsat 8</i>	<i>Operational Land Imager (OLI)</i>	217/076	18/06/2020	26/01/2020	Banda 4, 5 e 6	30 m
Operação	<i>Landsat 8</i>	<i>Operational Land Imager (OLI)</i>	217/076	24/06/2022	23/01/2022	Banda 4, 5 e 6	30 m

Fonte: Autoria própria.

Destaca-se também a aquisição de imagens de satélite históricas provindas do Google Earth, para os referidos anos, a serem utilizadas posteriormente como dados de verdade terrestre na etapa de pós-processamento (análise de acurácia).

3.2.2 Softwares

Para o tratamento, processamento e manipulação dos dados cartográficos, a realização das análises espaciais e a geração dos produtos finais utilizou-se os *softwares Microsoft Office 365 Excel e Quantum GIS (QGIS)*, versão 3.28.5.

O *Microsoft Excel* é um programa desenvolvido pela *Microsoft*, que é utilizado para a elaboração de planilhas eletrônicas. Existem diferentes versões desta ferramenta; atualmente, o *software* é constituinte do pacote de produtos *Microsoft Office 365*. Nessa pesquisa, destaca-se que o *Microsoft Office 365 Excel* foi utilizado para a estruturação e organização dos dados do uso e cobertura da terra em planilhas eletrônicas.

O *software* livre QGIS, projeto incubado pela OSGeo (*Open Source Geospatial Foundation*), permite a visualização, criação, edição e análise de dados geoespaciais, bem como a composição de mapas para impressão. O QGIS é um Sistema de Informações Geográficas que está disponível para sistemas operacionais *Windows, Android, Mac OSX, Unix e Linux*, além disso possui várias funcionalidades e suporta diferentes formatos vetoriais, *raster* e de banco de dados (SANTOS, 2018; QGIS, 2022).

3.2.3 Pré-processamento

O pré-processamento engloba as etapas de tratamento inicial das imagens, sendo estas: a correção atmosférica, a reprojeção das camadas, o recorte da área de estudo e a combinação de bandas das imagens dos satélites *Landsat 5 e 8*, bem como o georreferenciamento das imagens de satélites históricas do *Google Earth*.

O procedimento de correção atmosférica das imagens dos satélites *Landsat 5 e 8* foi realizado através do *Semi-Automatic Classification Plugin (SCP)*, por meio do método *Dark Object Subtraction (DOS)*, de acordo com as pesquisas de Melo *et al.* (2019) e de Machado (2020). O SCP é um *plugin* de código aberto, desenvolvido em *Python* para o *software* QGIS, que possui a finalidade de facilitar o monitoramento da cobertura da terra e sua análise. O *plugin* apresenta ferramentas e interface amigável. Além disso, permite o *download* de imagens de satélite e facilita o pré-processamento, o processamento e o pós-processamento destas imagens (CONGEDO, 2021).

A correção dos efeitos atmosféricos foi realizada após a importação das imagens nas bandas do vermelho e do infravermelho próximo (bandas 3 e 4 nas imagens do *Landsat 5* e bandas 4 e 5 nas imagens do *Landsat 8*, respectivamente), no *software* QGIS, ao selecionar a opção ‘*Apply DOS1 atmospheric correction*’ do *plugin* SCP. Conforme Santos (2020), a correção atmosférica é uma etapa essencial de pré-processamento de imagens, que aprimora distorções e ruídos presentes nas imagens de satélite. A autora destaca que tal procedimento é imprescindível em trabalhos que aplicam índices para conferir maior acurácia e precisão na verificação dos objetos alvos.

Após a correção atmosférica, ainda como etapas do pré-processamento, realizou-se: a reprojeção das camadas para o sistema projetado de coordenadas SIRGAS 2000 UTM 23S (EPSG 31983); e o recorte espacial, considerando a área do bairro de Ilha da Madeira, localizado no município de Itaguaí - RJ, de acordo com as delimitações territoriais dos bairros de Itaguaí, estabelecidas na Lei Ordinária nº 3.204/2013, de 23 de dezembro de 2013 (alterada através da Lei nº 3.307/2015 e nº Lei 3.351/2015) (ITAGUAÍ, 2013c; 2015b; 2015c).

Além dessas etapas, mosaicos com as imagens dos satélites *Landsat 5* e *8*, a serem utilizados posteriormente no processo de classificação supervisionada, foram criados através das combinações das bandas do vermelho, infravermelho próximo e infravermelho médio. Nas imagens *Landsat 5*, a composição falsa-cor foi realizada utilizando-se especificamente as bandas 5-4-3; nas imagens *Landsat 8*, foram usadas as bandas 6-5-4. Por fim, realizou-se o georreferenciamento de imagens de satélite históricas obtidas no Google Earth (sistema projetado de coordenadas SIRGAS 2000 UTM 23S - EPSG 31983). Estas últimas foram empregadas na etapa de pós-processamento (análise de acurácia) como verdade terrestre.

3.2.4 Processamento

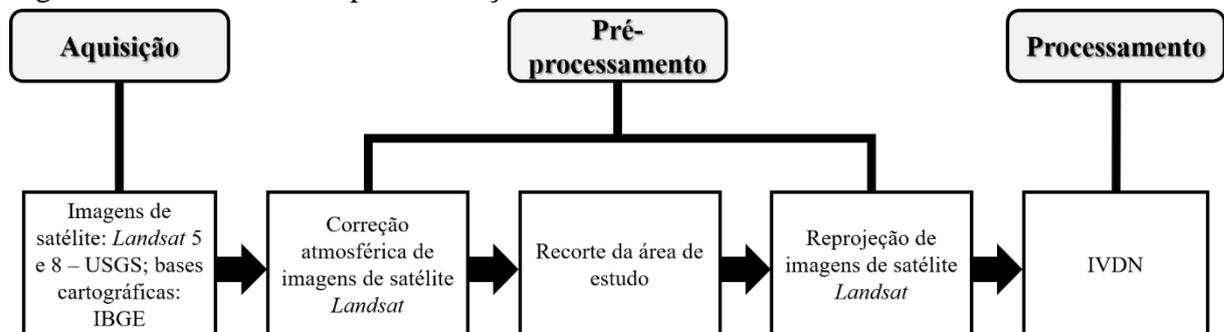
3.2.4.1 Índice de Vegetação por Diferença Normalizada – IVDN

Após o pré-processamento das imagens, realizou-se a aplicação do IVDN, com o objetivo de analisar o comportamento espectral dos objetos alvos. Conforme apresentado, em primeiro lugar, procedeu-se à aquisição das imagens de satélite no site da USGS. Para o cálculo do índice utilizou-se as bandas que equivalem respectivamente à reflectância no intervalo

espectral do vermelho e à reflectância do infravermelho próximo. O cálculo do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN) foi realizado através da ferramenta ‘Calculadora Raster’, presente no *software* QGIS. As imagens escolhidas para a realização desse procedimento foram trabalhadas através da Fórmula 1 descrita no capítulo Revisão Bibliográfica.

Os valores do IVDN são representados de -1 a +1. Resultados positivos, aproximados à +1, equivalem a superfícies com vegetação mais densa. Valores negativos e próximos à -1, podem estar associados ao solo exposto e à formações rochosas, presença de nuvens e corpos hídricos. O fluxograma dos processos realizados para a determinação do IVDN, encontra-se representado na Figura 7.

Figura 7 – Procedimentos para definição do IVDN



Fonte: Autoria própria.

3.2.4.2 Classificação supervisionada

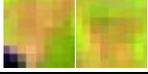
Posteriormente à aquisição, ao pré-processamento e à determinação do IVDN, realizou-se a classificação supervisionada das imagens. A classificação supervisionada é utilizada frequentemente na verificação quantitativa de dados obtidos de imagens de satélite. Neste procedimento, os pixels de uma imagem são nomeados e reconhecidos, através de algoritmos, com o objetivo de representar padrões existentes na superfície terrestre (LILLESAND; KIEFER, 1994).

Conforme Abreu e Coutinho (2014), na classificação supervisionada nomeia-se como “área de treinamento” a parte da imagem relacionada ao alvo e “conjunto de treinamento” os pixels selecionados. Através desses componentes, adotam-se modelos determinísticos ou de probabilidade (estatísticos) para verificação de pixels semelhantes. Os autores destacam que nessa classificação é fundamental o conhecimento prévio de alguma feição da área de estudo.

Crósta (1992) determina esse conhecimento como *ground truth* ou verdade terrestre, que será essencial para a comparação e a definição das classes e dos pixels desconhecidos da imagem.

As classes de uso e cobertura da terra foram definidas por meio do conhecimento prévio da área de estudo, da interpretação visual da imagem, das análises do EIA/RIMA do Porto Sudeste, bem como de dados de uso e cobertura da terra estabelecidos pelo projeto MapBiomias (PROJETO MAPBIOMAS, 2023). Sendo assim, definiram-se como classes de uso e cobertura da terra: floresta, mangue, campo alagado, corpo d'água, solo e área não vegetada. As classes estabelecidas são apresentadas no Quadro 3, assim como suas respectivas descrições, exemplos de amostras e legenda referente aos mapas temáticos gerados.

Quadro 3 – Classes de uso e cobertura da terra

Classes	Descrição	Amostras	Legenda
<i>Área não vegetada</i>	Classe representada por áreas edificadas, estradas, composta também pela área portuária e demais complexos industriais.		
<i>Campo alagado</i>	Classe em que a cobertura vegetal sofre influência de rios ou lagos.		
<i>Corpo d'água</i>	Classe associada a presença de água, em suas formas continentais, oceânicas e/ou artificiais.		
<i>Floresta</i>	Classe representada por vegetações associadas ao Bioma Mata Atlântica, destacando-se a presença de Florestas Ombrófilas Densa, Aberta e Mista, bem como de formações florestais como as Restingas Arborizadas.		
<i>Mangue</i>	Classe relacionada a formações florestais em que há forte influência da salinidade e das variações das marés; associada ao ecossistema Manguezal.		
<i>Solo</i>	Classe em que se predomina áreas de solo exposto e possíveis focos de desmatamento.		

Fonte: Autoria própria.

A classificação supervisionada foi realizada pelo *Semi-Automatic Classification Plugin* (SCP), através do método de classificação *Maximum Likelihood* ou Máxima Verossimilhança utilizando-se mosaicos de composição falsa-cor, descritos na etapa de pré-processamento, referentes a cada ano estudado. Esse método baseia-se em um algoritmo que avalia a ponderação das distâncias médias dos níveis digitais (NDs) através de parâmetros estatísticos de ordenamento dos pixels em classes. Para utilização desse método é necessário que haja conhecimento prévio sobre a área a ser mapeada, uma vez que a seleção das classes deve ser realizada por meio da coleta de um número superior a 100 pixels, para cada classe, objetivando a representatividade destas na produção cartográfica (CRÓSTA, 1992).

3.2.5 Pós-processamento

A etapa de pós-processamento corresponde à análise e interpretação dos dados tratados com o intuito de confeccionar produtos finais fidedignos e respectivas análises. Para tanto, as estatísticas descritivas dos IVDNs, a pós-classificação e a análise da acurácia das classificações supervisionadas geradas foram realizadas. Através da ferramenta ‘Estatísticas da camada *raster*’, algoritmo do *software* QGIS que retorna estatísticas básicas a partir dos valores em uma determinada faixa da camada *raster*, foram obtidas as estatísticas descritivas dos IVDNs, de forma automática, a saber: o valor mínimo, o valor máximo, o valor médio, o desvio padrão, entre outros dados. Com base nestes valores, calculou-se coeficiente de variação.

Posteriormente, as ferramentas ‘*Classification sieve*’ e ‘*Edit raster*’ do *plugin* SCP foram utilizadas como forma de refinamento das classificações geradas, no intuito de remover pequenas manchas de pixels isolados. No segundo momento da pós-classificação, utilizou-se a ferramenta ‘*Classification report*’, que permite de emitir um relatório, em arquivo .csv, sobre a classificação do uso e da cobertura da terra, obtendo estatísticas como o número de pixels, a porcentagem e a área das classes mapeadas.

A análise de acurácia das classificações foi conduzida por meio do *plugin* AcATaMa (*Accuracy Assessment of Thematic Maps*). O *plugin* permite a verificação da acurácia/precisão de mapeamentos temáticos, assim como a estimativa das áreas das respectivas classes do mapa. Essa ferramenta se baseia em metodologias recomendadas por Olofsson *et al.* (2014) e Stehman (2014), dentre outros importantes referenciais teóricos.

Por meio de amostragem aleatória estratificada (*stratified random sampling*), método que determina quantidade específica de elementos da amostra para cada estrato (FINEGOLD *et al.*, 2016), o *plugin* realiza distribuição aleatória dos pontos necessários para cada classe da imagem, criando assim um conjunto amostral de referência. Nesse estudo, a amostragem foi performada mediante a definição de valores de amostragem por proporção com base na área de estudo, considerando erro padrão geral de 0,005 ou 0,5%.

Em seguida, a validação das amostras dos mapas temáticos foi conduzida mediante a comparação com dados de referência (imagens de satélite históricas georreferenciadas do Google Earth, bem como mapas de uso e cobertura da terra oriundos do MapBiomias), por meio de análise visual associada ao conhecimento da área de estudo. Ao final, obteve-se a acurácia das classificações, bem como a matriz de confusão e a exatidão global. Com base nesses dados,

calculou-se o índice *Kappa* para cada mapa temático gerado, através da aplicação de sua fórmula no *software Microsoft Office 365 Excel*.

Conforme Bragion (2017, p. 12), a matriz de erros ou de confusão “é uma forma de expressar os resultados de observações lançadas sobre um conjunto de dados por diferentes observadores”. Os dados são apresentados em uma matriz composta por: linhas - que representam as classes de uso e cobertura da terra que foram classificadas; e colunas - que simbolizam as classes de uso e cobertura da terra de referência. A diagonal principal representa o valor de concordância entre as classes conforme as amostras avaliadas, enquanto as demais células indicam valores referentes aos erros de classificação (BRAGION, 2017).

A acurácia é definida como “uma medida de precisão que indica a probabilidade de um pixel de referência ser classificado corretamente por meio da análise de erros de omissão e comissão presentes na classificação” (MACHADO, 2020). A exatidão global pode ser calculada como a razão entre o número de amostras corretamente classificadas (a soma da diagonal maior) e o número total de unidades amostrais (CONGALTON; GREEN, 2019) O cálculo da exatidão global se dá pela Fórmula 2:

$$g = \frac{\sum_{i=1}^c x_{ii}}{n} \quad (2)$$

Em que:

g = Exatidão global;

c = Número total de classes;

x_{ii} = Número de amostras na linha i e coluna i;

n = Número total de amostras.

O índice *Kappa* pode ser conceituado como um parâmetro associativo utilizado na descrição, no teste e na avaliação da conformidade, confiabilidade e precisão do mapeamento, considerando a verdade terrestre (PERROCA; GAIDZINSKI, 2003). Em sua aplicação, a estatística *Kappa* utiliza os elementos da matriz de confusão; tal coeficiente foi proposto por Cohen (1960) e pode ser representado pela Fórmula 3. Portanto, os valores resultantes são representados de 0 a 1; em que, resultados aproximados ou igual a 0 equivalem a uma classificação não satisfatória, indicando classificação aleatória dos pixels, enquanto resultados aproximados ou igual a 1 refletem uma classificação satisfatória, evidenciando que tal processo foi eficiente (MOREIRA, 2001).

$$\kappa = \frac{n \sum_{i=1}^c x_{ii} - \sum_{i=1}^c (x_{i+} * x_{+i})}{n^2 - \sum_{i=1}^c (x_{i+} * x_{+i})} \quad (3)$$

Em que:

κ = Coeficiente *Kappa*;

c = Número total de classes;

x_{ii} = Número de amostras na linha i e coluna i;

x_{i+} e x_{+i} = Totais marginais da linha i e coluna i, respectivamente

n = Número total de amostras.

De acordo com Landis e Koch (1977), os resultados obtidos do índice *Kappa* são classificados segundo os intervalos apresentados na Tabela 8:

Tabela 8 – Classes e desempenho do índice *Kappa*

Classes do índice <i>Kappa</i> (κ)	Desempenho
< 0	Péssimo
0 – 0,20	Ruim
0,20 – 0,40	Razoável
0,40 – 0,60	Bom
0,60 – 0,80	Muito bom
0,80 – 1,00	Excelente

Fonte: Adaptado de Landis e Koch (1977).

As mudanças no uso e cobertura da terra foram analisadas com o *plugin* SCP através da ferramenta ‘*Land cover change*’, que permite a comparação entre duas classificações temáticas. Nesse estudo, foram avaliadas as mudanças de uso e cobertura da terra entre o ano de 2008 e o ano de 2022. Com o intuito de categorizar as mudanças de uso e cobertura da terra qualificou-se seis classes conforme os usos da terra (antrópico, corpos hídricos, inalterado, reflorestamento, desflorestamento e natural), descritas no Quadro 4. Dessa forma, foram obtidos arquivos *raster* (.tif), onde cada pixel representa uma categoria de comparação/combinção entre as duas classificações, e .csv referentes às estatísticas de mudança no uso e cobertura da terra nos períodos avaliados. Os dados foram estruturados no *Microsoft Office 365 Excel*, com o intuito de facilitar a análise das informações geradas.

Destaca-se que a confecção dos produtos cartográficos finais também foi realizada no *software* QGIS. Sendo assim, gerou-se os mapas de IVDN para os períodos escolhidos, bem como mapas de uso e cobertura da terra para os mesmos períodos, mapa de mudanças no uso e

cobertura da terra, indicando usos de acordo Quadro 4: inalterado, antrópico, de desflorestamento, de reflorestamento, corpos hídricos e natural.

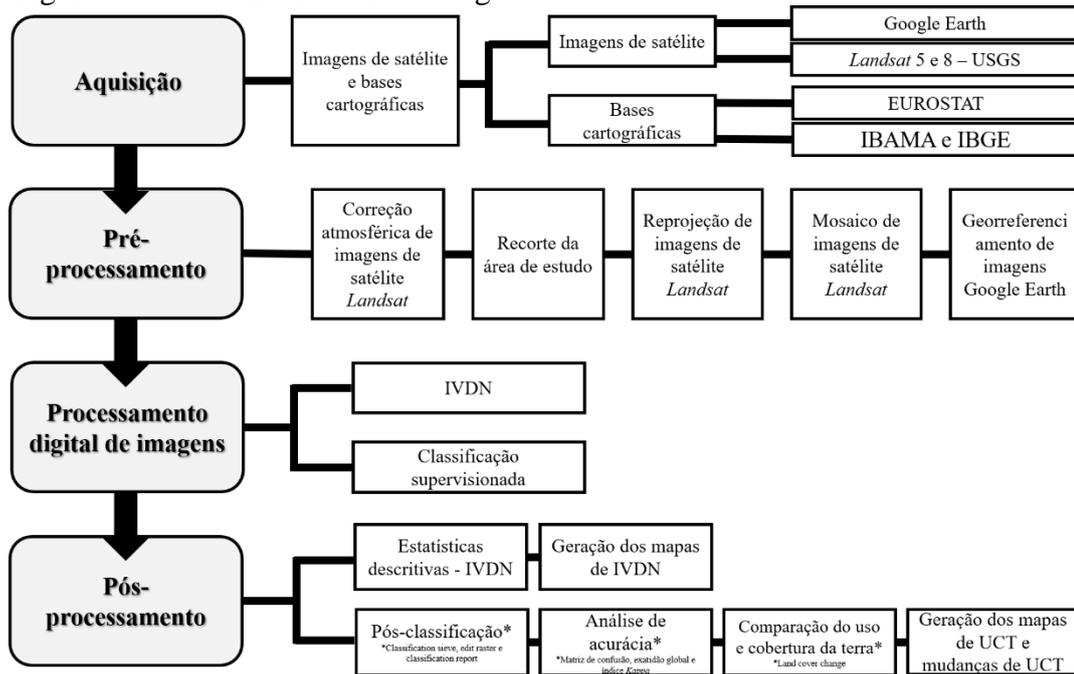
Para fins de síntese didática, a Figura 8 apresenta todos os procedimentos metodológicos realizados neste trabalho.

Quadro 4 – Classes de mudanças no uso e cobertura da terra

Classe	Descrição	Legenda
Antrópico	Alteração da cobertura da terra das classes ‘Área não vegetada’, ‘Corpo d’água’ e/ou ‘Solo’ para ‘Área não vegetada’ e/ou ‘Solo’	
Corpos Hídricos	Alteração da cobertura da terra do uso de ‘Área não vegetada’ e/ou ‘Solo’ para ‘Corpos d’água’	
Inalterado	Resultado referente à cobertura da terra onde seu uso foi mantido	
Reflorestamento	Alteração da cobertura da terra do uso de ‘Área não vegetada’, ‘Corpo d’água’ e/ou ‘Solo’ para as classes de vegetação ‘Campo alagado’, ‘Floresta’ e/ou ‘Mangue’	
Desflorestamento	Alteração da cobertura da terra das classes de vegetação para ‘Área não vegetada’, ‘Corpo d’água’ e/ou ‘Solo’	
Natural	Alteração da cobertura da terra entre as classes de vegetação ‘Campo alagado’, ‘Floresta’ e/ou ‘Mangue’	

Fonte: Autoria própria.

Figura 8 – Procedimentos metodológicos



Legenda: UCT: Uso e Cobertura da Terra.

Fonte: Autoria própria.

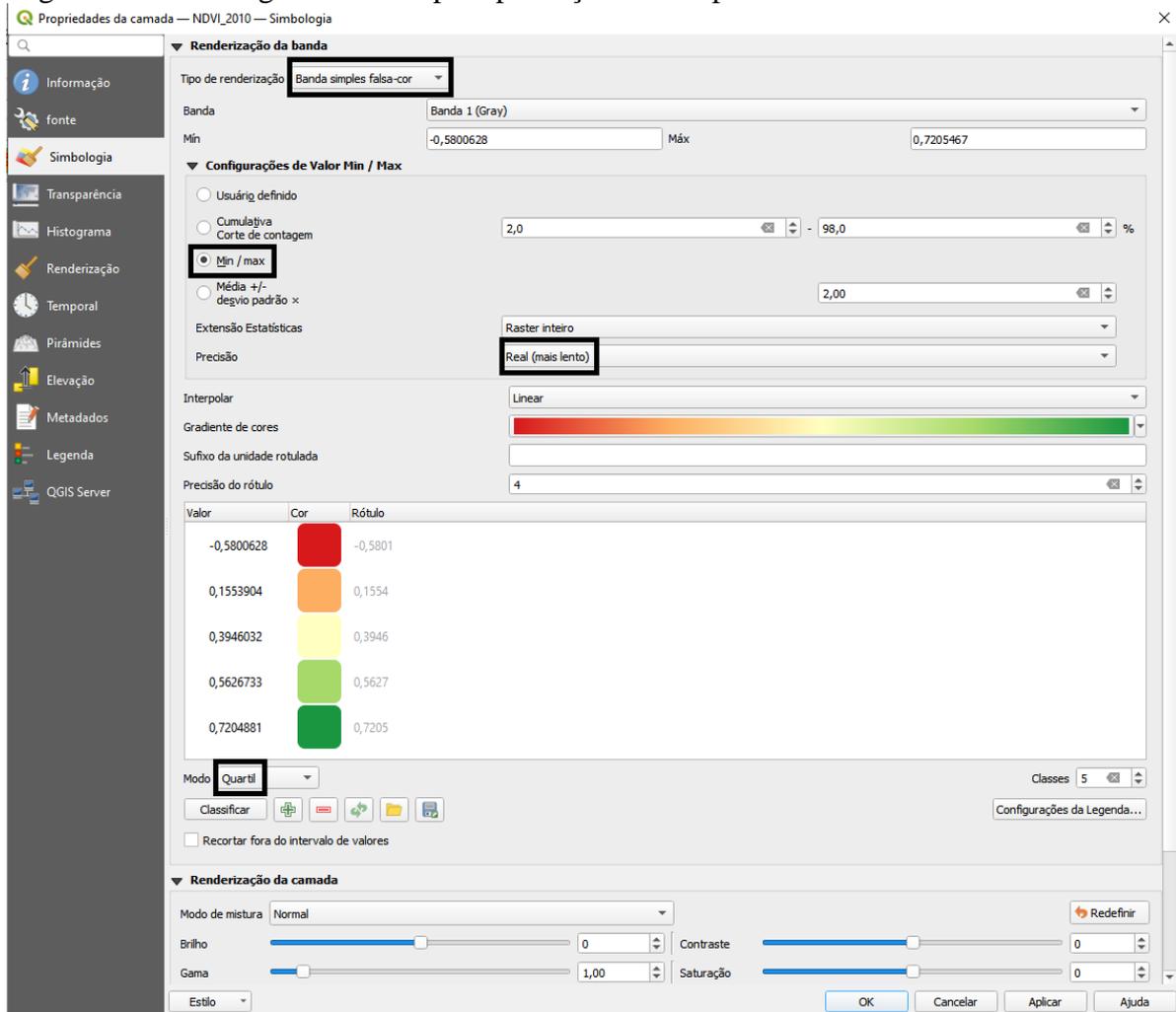
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quanto aos resultados obtidos, para o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada, produziu-se mapas para períodos avaliados, visando identificar a presença ou a ausência de vegetação e sua variação de densidade na área estudada. Conforme a Figura 9, pode-se observar a simbologia empregada para auxiliar nessa identificação; optou-se pela renderização em falsacolor, priorizando a definição dos valores mínimo e máximo das imagens. A precisão selecionada foi a ‘real (mais lento)’ e o modo ‘quartil’ (em que cada classe contém número igual de elementos, considerando um valor limite).

O gradiente de cores escolhido varia de acordo com: valores próximos a -1 são representados em vermelho, valores próximos a 0 relacionam-se ao laranja, valores intermediários associam-se ao amarelo, valores próximos a 1 estão graduados em tons de verde claro e escuro. Conforme Martinho *et al.* (2012), Castro e Silva (2020) e Amancio *et al.* (2021), valores negativos estão associados à presença de corpos d’água; de 0,1 a 0,2, aproximadamente, indica-se o predomínio do solo exposto e áreas não vegetadas; de 0,2 até 0,5, aproximadamente, representa-se a vegetação esparsa, que neste trabalho está associada às áreas de campo alagado, espaços com ausência significativa de vegetação arbustiva ou herbácea; por fim, valores acima de 0,5 associam-se à uma vegetação densa, representada nesta área de estudo pelas vegetações associadas ao Bioma Mata Atlântica (presença de Florestas Ombrófilas Densa, Aberta e Mista), bem como pelas formações florestais como as Restingas Arborizadas e pelas formações florestais costeiras (ecossistema Manguezal).

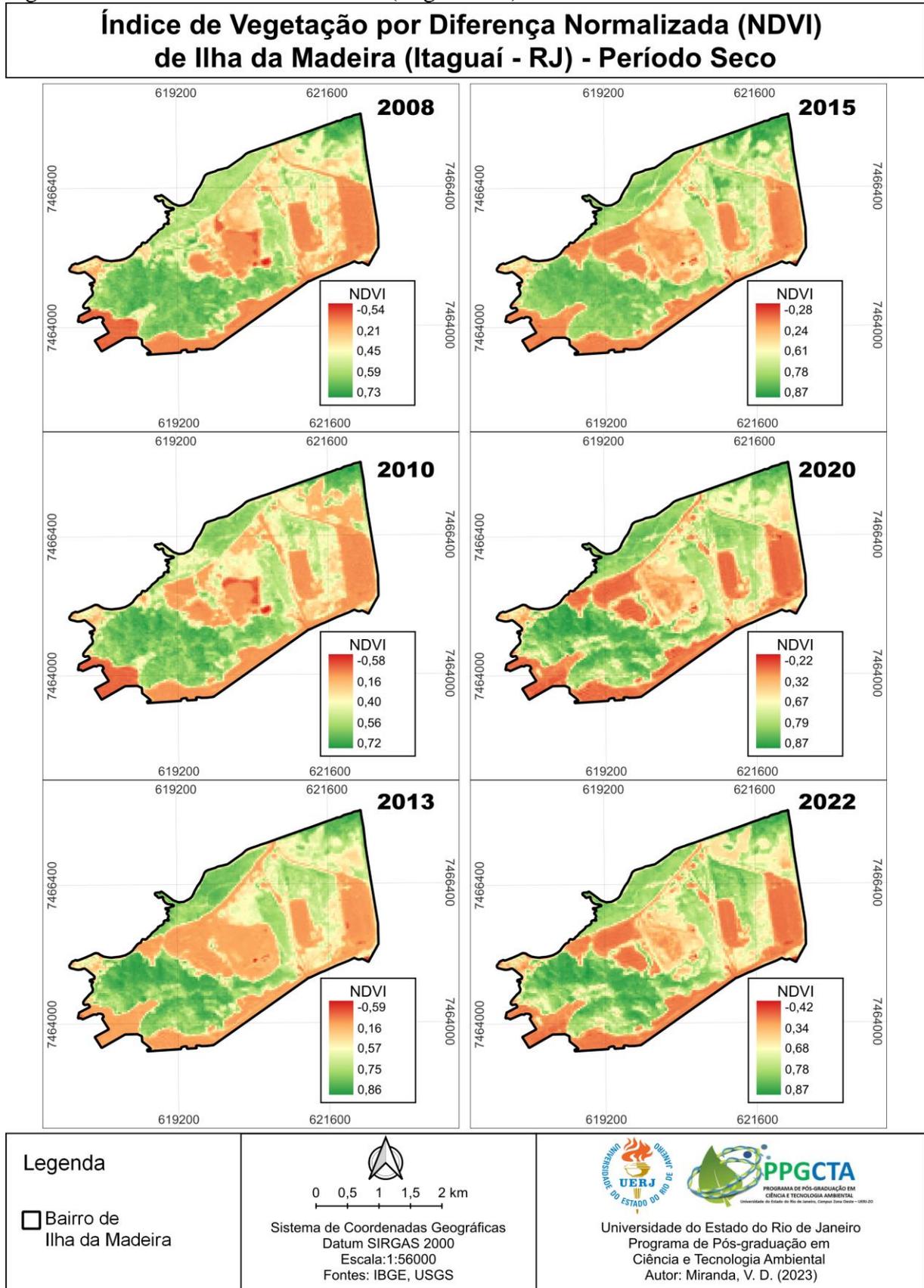
As Figuras 9 e 10 exibem os produtos cartográficos obtidos para os períodos seco e chuvoso, respectivamente. Além disso, com o objetivo de sumarizar e caracterizar os dados obtidos, realizou-se a estatística descritiva (valor mínimo, valor máximo, valor médio, desvio padrão e coeficiente de variação) para cada IVDN, indicada na Tabela 9.

Figura 9 – Simbologia escolhida para produção dos mapas finais de IVDN



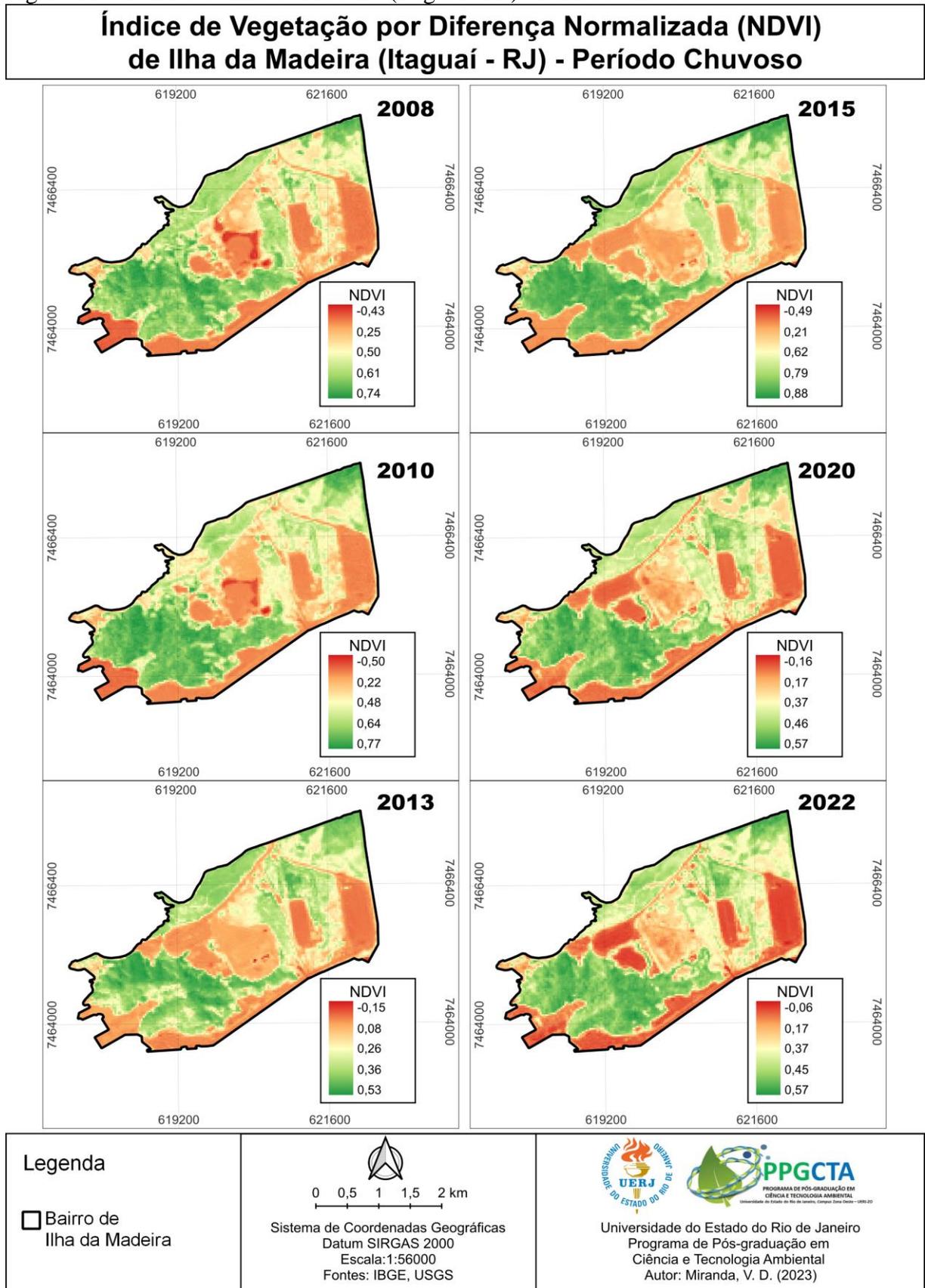
Fonte: Autoria própria.

Figura 10 – IVDNs de Ilha da Madeira (Itaguaí - RJ) - Período seco



Fonte: Autoria própria.

Figura 11 – IVDNs de Ilha da Madeira (Itaguaí - RJ) - Período chuvoso



Fonte: Autoria própria.

Tabela 9 – Estatísticas descritivas dos IVDNs por período seco e chuvoso

Período seco					
Ano	Valor mínimo	Valor máximo	Valor médio	Desvio padrão	Coefficiente de variação
2008	-0,54	0,73	0,39	0,23	0,59
2010	-0,58	0,72	0,35	0,23	0,66
2013	-0,59	0,86	0,48	0,28	0,58
2015	-0,28	0,87	0,53	0,27	0,51
2020	-0,22	0,87	0,56	0,27	0,48
2022	-0,42	0,87	0,56	0,27	0,48
Período chuvoso					
Ano	Valor mínimo	Valor máximo	Valor médio	Desvio padrão	Coefficiente de variação
2008	-0,43	0,74	0,42	0,24	0,58
2010	-0,50	0,77	0,42	0,25	0,59
2013	-0,15	0,53	0,23	0,15	0,64
2015	-0,49	0,88	0,52	0,28	0,54
2020	-0,16	0,57	0,31	0,17	0,54
2022	-0,06	0,57	0,31	0,17	0,53

Fonte: Autoria própria.

Para o ano de 2008, no período seco, os resultados do IVDN demonstraram amplitude significativa, obtendo-se valor mínimo de -0,54 e valor máximo de 0,73. Conforme a Figura 9, valores mais baixos, próximos a -0,54 (tom de vermelho), representam a presença de corpos d'água (artificiais e naturais). Resultados próximos a 0,21 (tom de laranja) estão associados à presença de áreas urbanizadas e de solo exposto, enquanto valores semelhantes a 0,45 (tom de amarelo) relacionam-se à existência de vegetação esparsa. Indicou-se o predomínio de vegetação densa a partir da faixa de 0,59 (tom de verde claro) até o valor de 0,73 (tom de verde escuro). No período chuvoso, o IVDN variou no intervalo de -0,43 (valor mínimo) a 0,74 (valor máximo), conforme a Tabela 9 e a Figura 10. Com base nesta figura, valores negativos próximo à -0,43 indicam corpos d'água. A vegetação esparsa está associada à valores próximos a 0,50, enquanto a vegetação densa está inserida na faixa de 0,61 a 0,74. No período indicado, as obras de construção do empreendimento portuário ainda não haviam sido iniciadas.

Quanto ao período de 2010, no período seco, observou-se valor mínimo de -0,58 e valor máximo de 0,72. Nessa fase da série temporal, o valor mínimo indica a presença de corpos hídricos. Em contrapartida, o valor máximo indica alta reflectância, estando associado à prevalência de vegetação mais densa, conforme Castro e Silva (2020) e Amancio *et al.* (2021). Mediante análise da Figura 9, o solo exposto e as áreas urbanas são representados em torno de valores próximos a 0,16; a vegetação esparsa está identificada na faixa de 0,40 e a vegetação densa compreende o intervalo de 0,56 até 0,72. No período chuvoso para o mesmo ano, observa-

se que o IVDN se estabeleceu entre -0,50 (valor mínimo) a 0,77 (valor máximo), de acordo a Figura 10. O período em análise retrata o início das obras de construção do porto.

No período seco do ano de 2013, os valores mínimo e máximo se estabeleceram em -0,59 e 0,86, nessa ordem. A presença de corpos d'água na imagem referente ao período analisado está associada ao valor mínimo; evidencia-se a redução das áreas indicadas mediante a análise visual do mapa gerado. A vegetação densa se apresenta através do valor máximo, sendo visível também a contração da sua respectiva área. Essas modificações estão, sobretudo, vinculadas ao aumento das manchas urbanas, bem como do desenvolvimento portuário e industrial na região, representadas por tons de laranja no mapa, indicando maior atividade de degradação, de acordo com a série temporal analisada. No período chuvoso, o IVDN variou de -0,15 a 0,53. De modo semelhante ao período seco, observou-se o aumento da área urbana em detrimento das áreas de vegetação no período chuvoso.

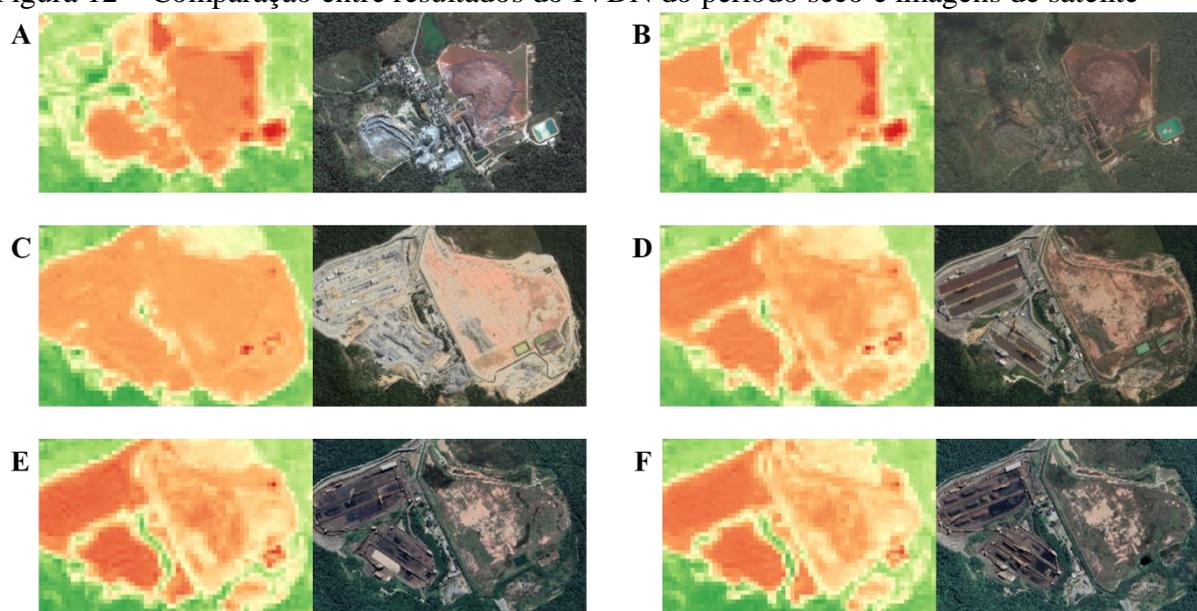
Nos anos de 2015, de 2020 e de 2022, no período seco, o valor máximo atingiu a 0,87, indicando alta reflectância, mediante a Tabela 9. Com base na análise da Figura 9, a vegetação densa nesses anos variou nos seguintes intervalos: de 0,78 a 0,87, em 2015, de 0,79 a 0,87 em 2020, de 0,78 a 0,87, em 2022. Destaca-se, ainda, que a vegetação esparsa apresentou aumento entre os três anos, variando nos resultados de 0,61 em 2015, de 0,67 em 2020 e de 0,68 em 2022. Áreas urbanizadas e de solo exposto apresentaram-se nos valores de 0,24 em 2015, de 0,32 em 2020 e 0,34 em 2022. Nesses anos, os valores mínimos obtidos foram de -0,28, de -0,22 e de -0,42, na devida ordem, correspondendo a reservatórios artificiais ou naturais e/ou trechos de rios. No período chuvoso, conforme Tabela 9, o IVDN variou de -0,49 a 0,88 em 2015, de -0,16 a 0,57 em 2020 e de -0,06 a 0,57 em 2022.

De acordo com Pimentel-Gomes e Garcia (2002), o coeficiente de variação é caracterizado como baixo (quando inferior a 10%), médio (na faixa de 10% a 20%), alto (na faixa de 20% a 30%) e muito alto (quando superior a 30%). Nesse contexto, o maior coeficiente de variação ocorreu no período seco de 2010, com o valor de 66%, categorizado como muito alto. Os menores coeficientes de variação ocorreram nos anos de 2020 e 2022, no período seco, correspondendo ao valor de 48%. Apesar disso, ainda são classificados como muito altos, indicando alta dispersão dos dados.

A Figura 12 apresenta uma comparação entre amostras do resultado gráfico do IVDN do período seco, aqui escolhido como exemplo, e imagens de satélite georreferenciadas do Google Earth, de acordo com os anos de estudo. No ano de 2008 (A), observa-se a predominância da cobertura vegetal na imagem de satélite; em suas bordas observa-se a presença de fragmentos de vegetação. Destaca-se a existência de uma mancha urbana

tipicamente residencial e notam-se alguns reservatórios de água naturais e artificiais. Além disso, pode ser identificado o passivo ambiental (depósito de rejeitos químicos) da Companhia Mercantil e Industrial Ingá. Em 2010 (B), verifica-se a influência da sombra de nuvens na imagem de referência. No período de 2013 (C), foi observada grande alteração na área urbana decorrente da substituição da área residencial pela implantação de parte do sistema portuário (construção dos pátios de estocagem), bem como constata-se ampliação da degradação no entorno do empreendimento, identificada pela presença do solo exposto. Nos demais anos, observou-se que área apresentou possível recuperação da vegetação.

Figura 12 – Comparação entre resultados do IVDN do período seco e imagens de satélite



Legenda: A - 2008; B - 2010; C - 2013; D - 2015; E - 2020; F - 2022.

Fonte: Autoria própria.

Em relação às análises de uso e cobertura da terra, foram elaborados mapas com o objetivo de caracterizar as formas de utilização e a dinâmica do território na localidade de estudo. A Figura 13 exibe os seis mapas temáticos obtidos, desenvolvidos em projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), Datum SIRGAS 2000, referentes aos anos de análise; apresentando seis classes de uso e cobertura (floresta, mangue, campo alagado, corpo d'água, solo e área não vegetada) e uma área total mapeada correspondente a uma média de 10,81 km², aproximadamente.

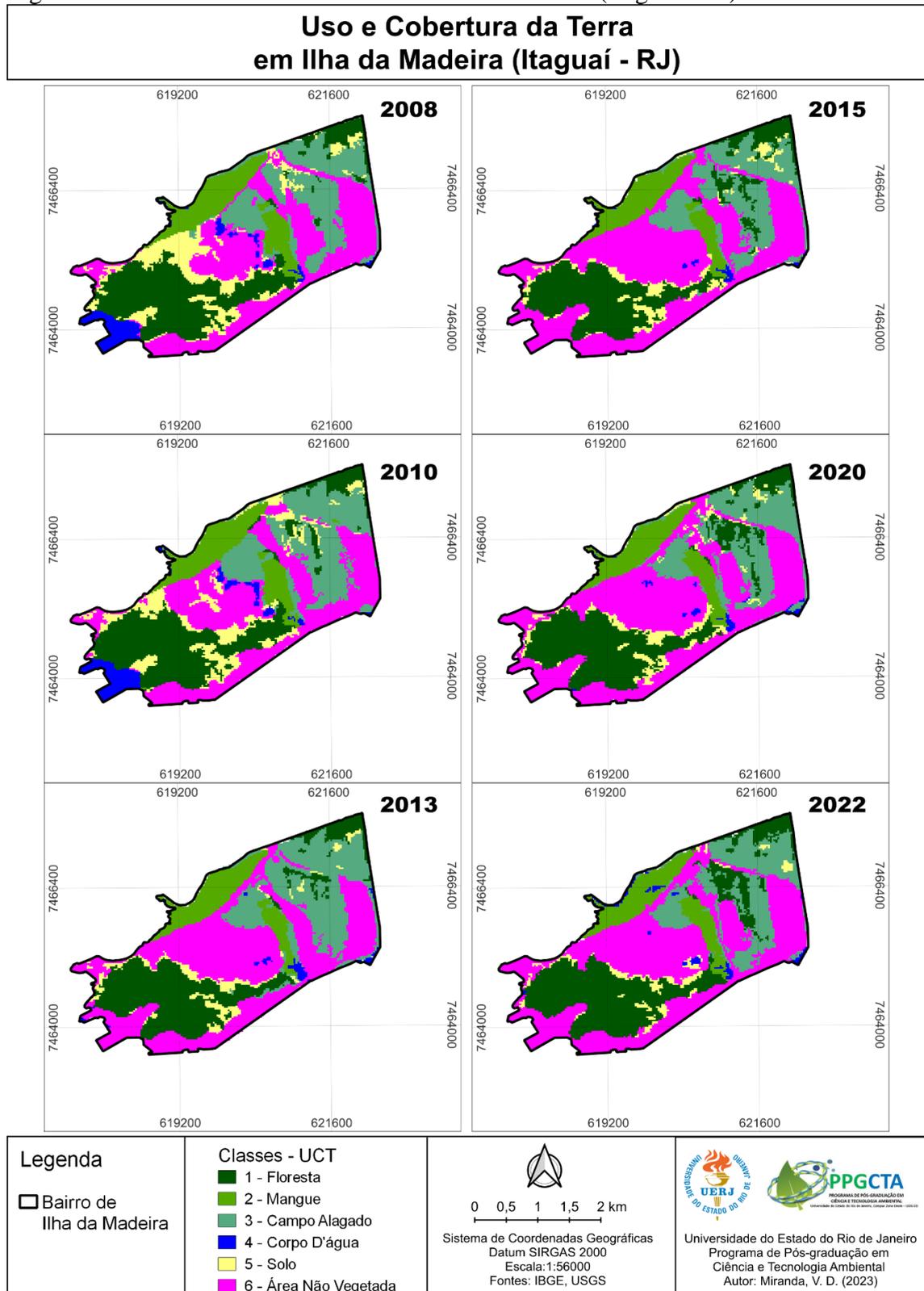
De acordo com o relatório das classificações realizadas, indicado na Tabela 10, a classe 'floresta' apresentou diminuição de sua área de 2,56 km², em 2008, para 2,39 km², em 2013. Entre 2013 a 2022, observou-se aumento da sua extensão de 2,39 km² para 2,84 km², respectivamente. Em relação a classe 'mangue': entre 2008 a 2022, verificou-se redução de sua

área total de 1,13 km² para 1 km². Quanto a classe ‘campo alagado’, identificou-se aumento de sua área entre 2010 a 2013, de 2,25 km² para 2,43 km², já no período de 2013 a 2022, suas dimensões foram reduzidas em de 2,43 km² para 1,86 km².

Os dados indicam a progressiva redução da classe ‘corpo d’água’ de 0,46 km² em 2008 para 0,17 km² em 2022. A classe ‘solo’ também sofreu decréscimo no período de 2008 e 2022, de 1,30 km² para 0,37 km², nessa ordem. Referente a classe ‘área não vegetada’, entre 2008 e 2022, observou-se a ampliação de sua área total, de 3,28 km² para 4,59 km².

De maneira geral, os produtos da classificação supervisionada apontam para uma considerável alteração na paisagem no ano de 2013, especificamente, conforme pode ser observado na Figura 14. Nesse ano, há o predomínio das classes área não vegetada e campo alagado em detrimento das demais classes, por conta dos processos de urbanização e de construção do Porto Sudeste. Destaca-se, ainda, tendência de recuperação da vegetação de floresta a partir do ano de 2015, que pode ser explicada pela conclusão da construção do empreendimento na localidade de estudo, bem como pelo restabelecimento da cobertura vegetal em áreas isoladas.

Figura 13 – Uso e cobertura da terra em Ilha da Madeira (Itaguaí - RJ)



Legenda: Floresta - Classe representada por remanescentes de Florestas Ombrófilas Densa, Aberta e/ou Mista e pelas Restingas Arborizadas; Mangue - Classe de formação florestal associada ao ecossistema Manguezal; Campo Alagado - Classe em que a vegetação sofre influência de rios ou lagos; Corpo D'água - Classe associada a corpos hídricos continentais, oceânicos e/ou artificiais; Solo - Classe com predominância de áreas de solo exposto; Área não vegetada - Classe representada pela área urbana e estradas, associada à área portuária e demais complexos industriais.

Fonte: Autoria própria.

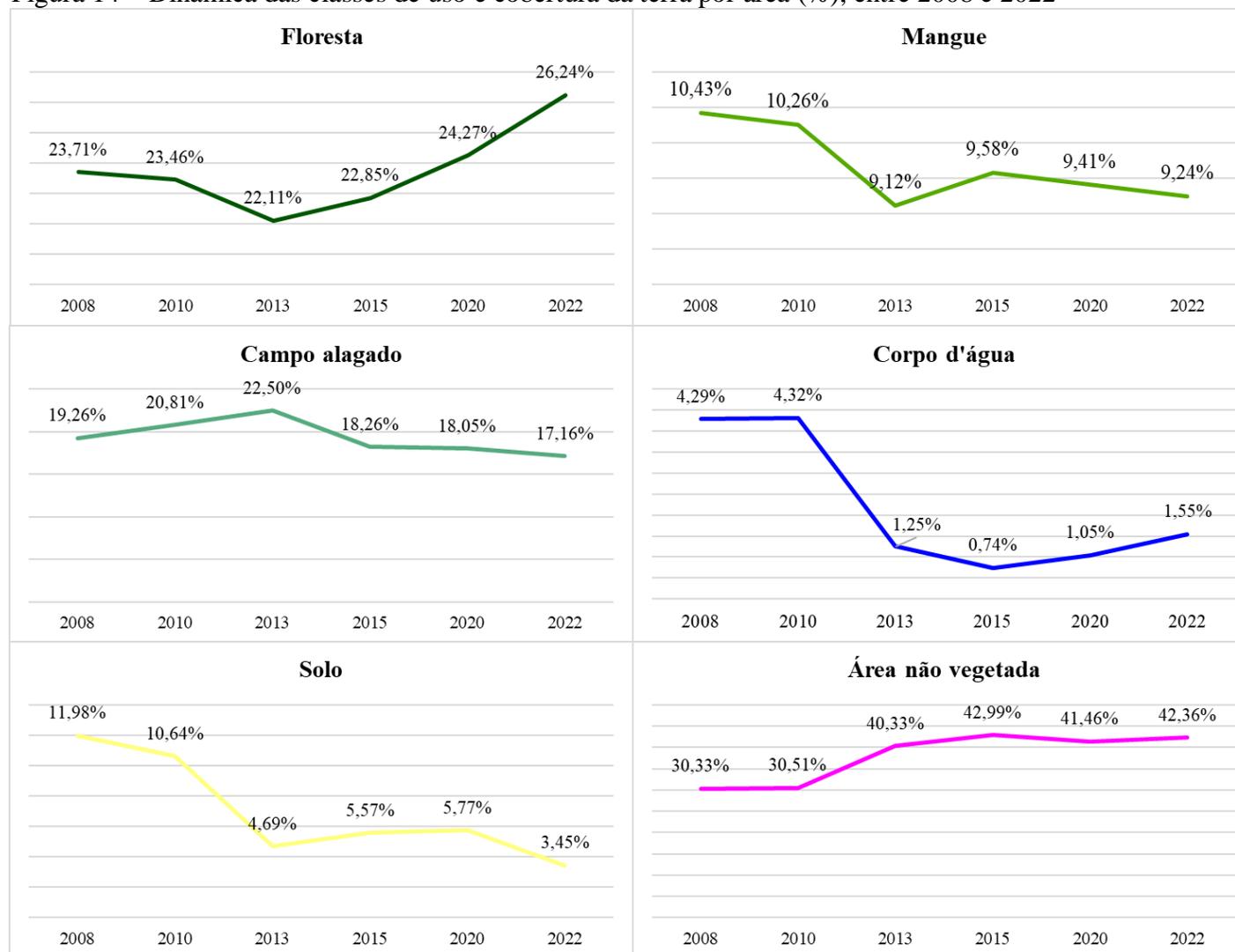
Tabela 10 – Relatório das classificações supervisionadas

Classe	Nome	Ano	Soma dos pixels	Percentual (%)	Área (m²)	Área (km²)
1	Floresta	2008	2847	23,71	2562300	2,56
		2010	2820	23,46	2538000	2,54
		2013	2654	22,11	2388600	2,39
		2015	2740	22,85	2466000	2,47
		2020	2920	24,27	2628000	2,63
		2022	3157	26,24	2841300	2,84
2	Mangue	2008	1252	10,43	1126800	1,13
		2010	1233	10,26	1109700	1,11
		2013	1094	9,12	984600	0,98
		2015	1149	9,58	1034100	1,03
		2020	1132	9,41	1018800	1,02
		2022	1112	9,24	1000800	1,00
3	Campo alagado	2008	2312	19,26	2080800	2,08
		2010	2502	20,81	2251800	2,25
		2013	2701	22,50	2430900	2,43
		2015	2189	18,26	1970100	1,97
		2020	2172	18,05	1954800	1,95
		2022	2065	17,16	1858500	1,86
4	Corpo d'água	2008	515	4,29	463500	0,46
		2010	519	4,32	467100	0,47
		2013	150	1,25	135000	0,14
		2015	89	0,74	80100	0,08
		2020	126	1,05	113400	0,11
		2022	186	1,55	167400	0,17
5	Solo	2008	1439	11,98	1295100	1,30
		2010	1279	10,64	1151100	1,15
		2013	563	4,69	506700	0,51
		2015	668	5,57	601200	0,60
		2020	694	5,77	624600	0,62
		2022	415	3,45	373500	0,37
6	Área não vegetada	2008	3642	30,33	3277800	3,28
		2010	3668	30,51	3301200	3,30
		2013	4840	40,33	4356000	4,36
		2015	5154	42,99	4638600	4,64
		2020	4989	41,46	4490100	4,49
		2022	5097	42,36	4587300	4,59

Legenda: Floresta - Classe que indica existência de remanescentes de Florestas Ombrófilas Densa, Aberta e/ou Mista e de Restingas Arborizadas; Mangue - Classe com cobertura vegetal associada ao ecossistema Manguezal; Campo Alagado - Classe na qual a vegetação é influenciada por rios ou lagos; Corpo D'água - Classe representada por corpos hídricos continentais, oceânicos e/ou artificiais; Solo - Classe em que há existência de áreas de solo exposto; Área não vegetada - Classe associada as áreas urbana e portuária, composta por complexos industriais e estradas.

Fonte: Autoria própria.

Figura 14 – Dinâmica das classes de uso e cobertura da terra por área (%), entre 2008 e 2022



Fonte: Autoria própria.

No que tange à verificação da performance das classificações executadas, realizou-se a avaliação de acurácia através do *plugin* AcATaMa, por meio da comparação com dados de referência do projeto MapBiomias, bem como de imagens georreferenciadas retiradas do Google Earth. Nesse contexto, foram validados pontos aleatórios gerados pelo próprio *plugin*, em cada classificação produzida: em 2008, foram 395 pontos gerados aleatoriamente; em 2010, 396 pontos; em 2013, 397 pontos; em 2015, 396 pontos; em 2020, 395 pontos e em 2022, 397 pontos. Por meio dessa ferramenta, foram obtidas as matrizes de confusão e a acurácia global dos mapas produzidos.

A Tabela 11 indica a matriz de confusão referente ao ano de 2008, exibindo as classes e a distribuição das amostras de validação. Nesta matriz, pode-se observar na diagonal destacada os pixels classificados corretamente. De acordo com o resultado da análise de acurácia para esse ano obteve-se uma exatidão global de 0,97, evidenciando que tanto o método de classificação escolhido quanto as amostras de treinamento realizadas garantiram um resultado satisfatório. O cálculo do índice *Kappa* para o ano de 2008 resultou em um coeficiente de 0,96, indicando um desempenho excelente conforme Landis e Koch (1977).

Tabela 11 – Matriz de confusão - 2008

	1 Floresta	2 Mangue	3 Campo alagado	4 Corpo d'água	5 Solo	6 Área não vegetada	Total
1	92	0	1	0	0	1	94
2	0	40	0	0	0	1	41
3	0	1	75	0	0	0	76
4	0	0	0	17	0	0	17
5	3	0	0	0	43	1	47
6	0	0	3	0	0	117	120
Total	95	41	79	17	43	120	395

Fonte: Autoria própria.

Quanto aos demais anos, a avaliação de acurácia também demonstrou que as classificações produzidas obtiveram resultados adequados. As matrizes de confusão para os anos de 2010, 2013, 2015, 2020 e 2022 estão apresentadas nas Tabelas 12 a 16, respectivamente. Apesar do bom resultado geral na identificação das classes pelo método de classificação escolhido, verifica-se a ocorrência de confusão entre as classes campo alagado e solo. Essa indefinição pode ser associada à própria resolução das imagens empregadas nesse estudo, uma vez que as imagens *Landsat 5* e *8* apresentam resolução espacial de 30 m, considerada baixa em comparação a outros produtos de sensoriamento remoto mais recentes.

Tabela 12 – Matriz de confusão - 2010

	1 Floresta	2 Mangue	3 Campo alagado	4 Corpo d'água	5 Solo	6 Área não vegetada	Total
1	93	0	0	0	0	0	93
2	0	41	0	0	0	0	41
3	3	3	74	0	0	2	82
4	0	0	0	16	0	1	17
5	4	0	1	0	36	1	42
6	0	1	3	1	3	113	121
Total	100	45	78	17	39	117	396

Fonte: Autoria própria.

Tabela 13 – Matriz de confusão - 2013

	1 Floresta	2 Mangue	3 Campo alagado	4 Corpo d'água	5 Solo	6 Área não vegetada	Total
1	85	0	2	0	1	0	88
2	0	35	1	0	0	0	36
3	1	0	77	0	1	10	89
4	0	0	0	4	0	1	5
5	4	0	1	0	12	2	19
6	1	1	0	0	2	156	160
Total	91	36	81	4	16	169	397

Fonte: Autoria própria.

Tabela 14 – Matriz de confusão - 2015

	1 Floresta	2 Mangue	3 Campo alagado	4 Corpo d'água	5 Solo	6 Área não vegetada	Total
1	89	0	2	0	0	0	91
2	1	36	1	0	0	0	38
3	1	2	65	0	1	3	72
4	0	0	0	3	0	0	3
5	8	0	2	0	9	3	22
6	2	3	2	1	0	162	170
Total	101	41	72	4	10	168	396

Fonte: Autoria própria.

Tabela 15 – Matriz de confusão - 2020

	1 Floresta	2 Mangue	3 Campo alagado	4 Corpo d'água	5 Solo	6 Área não vegetada	Total
1	94	0	1	0	1	0	96
2	1	35	0	1	0	0	37
3	1	4	63	1	0	2	71
4	0	2	0	2	0	0	4
5	7	0	2	0	11	3	23
6	2	3	5	1	2	151	164
Total	105	44	71	5	14	156	395

Fonte: Autoria própria.

Tabela 16 – Matriz de confusão - 2022

	1 Floresta	2 Mangue	3 Campo alagado	4 Corpo d'água	5 Solo	6 Área não vegetada	Total
1	102	0	1	0	1	0	104
2	0	37	0	0	0	0	37
3	2	2	62	0	1	1	68
4	0	0	0	6	0	0	6
5	3	0	0	0	11	0	14
6	1	0	1	0	0	166	168
Total	108	39	64	6	13	167	397

Fonte: Autoria própria.

Com o propósito de sintetizar os dados dessa análise, a Tabela 17 reúne os respectivos resultados de exatidão global e do índice *Kappa*, para cada ano avaliado. Consta-se que todas as classificações geradas obtiveram desempenho excelente conforme Landis e Koch (1977).

Tabela 17 – Resultados da avaliação de acurácia

Ano	Acurácia global	Índice <i>Kappa</i>	Desempenho - Landis e Koch (1977)
2008	0,97	0,96	Excelente
2010	0,94	0,93	Excelente
2013	0,93	0,90	Excelente
2015	0,92	0,89	Excelente
2020	0,90	0,86	Excelente
2022	0,97	0,95	Excelente

Fonte: Autoria própria.

Ao final, foi realizada análise comparativa das mudanças ocorridas na paisagem entre 2008 e 2022. Por meio da ferramenta ‘*Land cover change*’ do *plugin SCP* foi possível avaliar alterações de uso e cobertura da terra, através dos dados gerados em relatório .csv. Conforme relatório emitido, exibido na Tabela 18, foram observadas as respectivas áreas de cada classe identificada, de uma área total de aproximadamente 10,78 km². Sendo assim, foi possível verificar que a classe onde o uso da terra permaneceu mantido representa a maior parte da área de estudo, correspondendo a 7,87 km²; em seguida das classes onde prevalecem as alterações de natureza antrópica, possuindo uma área de 1,11 km² e da classe de ‘Desflorestamento’ representada por uma extensão de 0,72 km². Destacaram-se as mudanças nas categorias de ‘Reflorestamento’, de ‘Natural’ e de ‘Corpos hídricos’ apresentando superfícies de 0,64 km², 0,44 km² e 0,1 km², respectivamente.

Tabela 18 – Área das classes de mudanças no uso e cobertura da terra

Classe	Área (m ²)	Área (km ²)
Antrópico	1112400	1,11
Corpos Hídricos	6300	0,01
Inalterado	7867800	7,87
Reflorestamento	641700	0,64
Desflorestamento	716400	0,72
Natural	440100	0,44
Total	10784700	10,78

Fonte: Autoria própria.

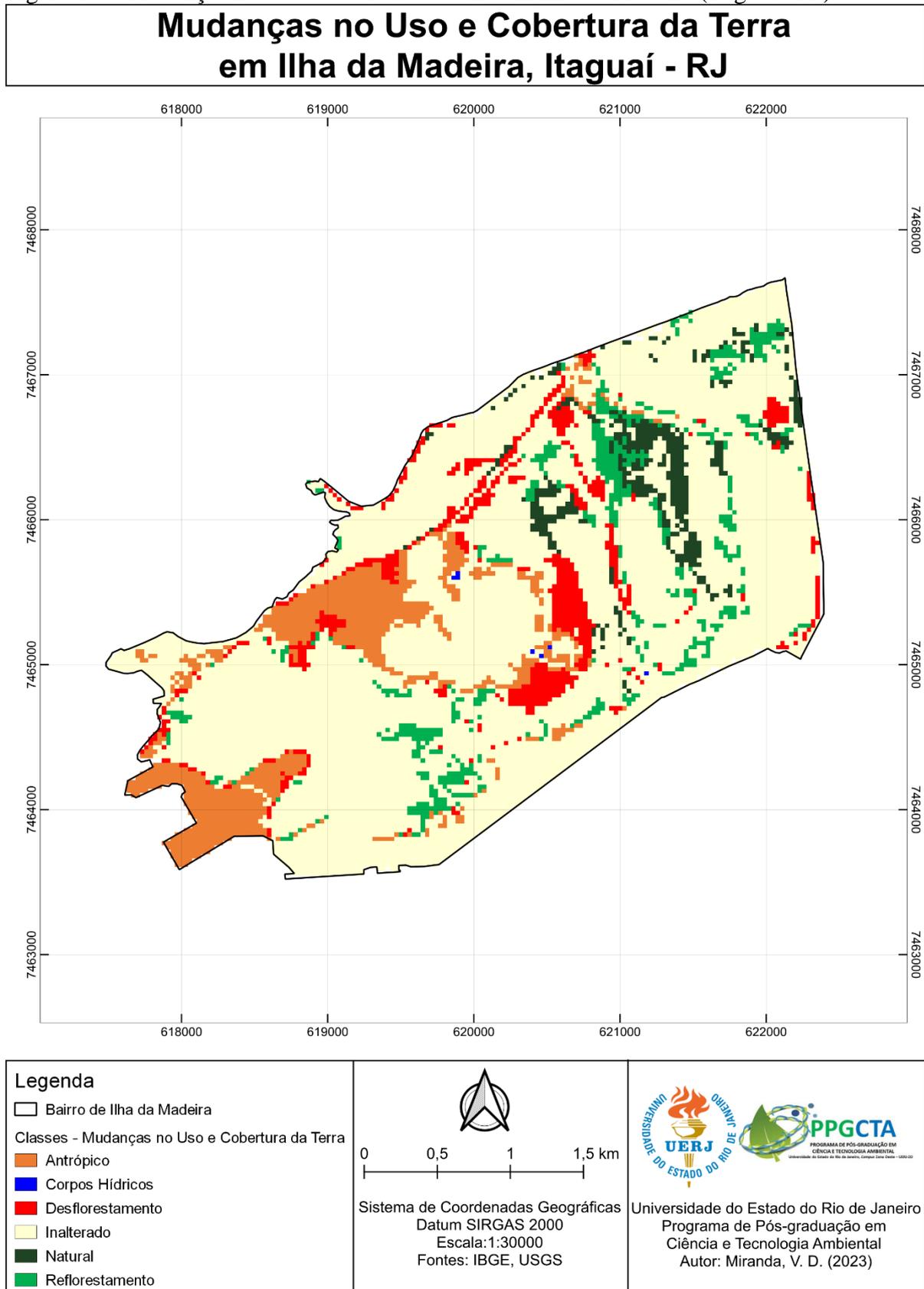
Como produto final foi confeccionado o mapa de mudanças no uso e cobertura da terra exibido na Figura 15. Através deste verificou-se especialmente as alterações ocorridas no bairro de Ilha da Madeira, no período comparativo de 2008 a 2022. Em conformidade com a Tabela 18, observa-se a manutenção do uso do solo em 72,95% da região de estudo. As alterações de ordem antrópica refletem 10,31% da área modificada nos anos de análise e indicam transformações ocorridas das classes ‘Área não vegetada’, ‘Corpo d’água’ e/ou ‘Solo’, em 2008, para ‘Área não vegetada’ e/ou ‘Solo’, em 2022.

O desflorestamento, seguidamente, é a terceira classe que retrata maior extensão, correspondendo a 6,64% das mudanças na área de estudo; e indica a supressão da cobertura vegetal de floresta, de mangue e de campo alagado. Em contrapartida, o reflorestamento ocupou 5,95% das modificações entre 2008 e 2022. Sendo assim, apesar da ocorrência de regeneração

da cobertura vegetal, de forma isolada, o desflorestamento ocorrido entre os anos estudados extrapola em 74.700 m² (ou 0,69 km²) na área analisada.

Entre as classes de vegetação (Campo alagado-Floresta, Campo alagado-Mangue, Floresta-Mangue, Floresta-Campo alagado, Mangue-Floresta e Mangue-Campo alagado) também foram observadas alterações na cobertura em 4,08% do bairro de Ilha da Madeira. Por fim, indica-se ainda a mudança da cobertura do uso de áreas urbanizadas e/ou solo exposto para corpos hídricos em 0,06% da extensão territorial analisada.

Figura 15 – Mudanças no uso e cobertura da terra em Ilha da Madeira (Itaguaí - RJ)



Fonte: Autoria própria.

Nessa perspectiva, conforme apresentado em Lima (2011), Lopes (2014) e Paz (2018), constata-se que a implantação do sistema portuário em questão configurou em uma série de impactos, bem como na alteração da paisagem local, tal como apresentado nos resultados dessa pesquisa. A Figura 16 reúne fotografias retiradas por Lopes (2014), que corroboram os impactos diretos em áreas de mangue (A e B) quando da construção da estrada de acesso ao bairro de Ilha da Madeira (C e D).

Figura 16 – Supressão de manguezais decorrente da instalação do sistema portuário no período de 2011 a 2013



Legenda: A - Área de manguezal no bairro de Ilha da Madeira (setembro/2011). B - Construção da estrada de acesso (abril/2012). C e D - Construção da estrada de acesso (fevereiro/2013).

Fonte: Adaptado de Lopes (2014).

Tais impactos de supressão da cobertura vegetal ampliam tanto o efeito de borda em virtude da alteração da estrutura dos fragmentos florestais, bem como influem em toda composição biótica, aumentando a vulnerabilidade e a fragilidade dos ecossistemas de forma a intensificar a suscetibilidade à riscos ambientais. Para além dos impactos decorrentes da fase de implantação do Porto Sudeste, é essencial considerar também impactos relativos à sua fase de operação; ou seja, é fundamental realizar o monitoramento dos principais impactos nos meios físico, biótico e socioeconômico previstos no EIA/RIMA do Porto Sudeste (ERM, 2011).

Ademais, as mudanças no uso e cobertura da terra evidenciadas nos IVDNs e nas classificações supervisionadas realizadas, além de indicarem modificações relativas à cobertura vegetal, expressam especialmente questões socioeconômicas e territoriais expostas por Lopes (2014) e Paz (2018), relacionadas ao avanço da modernização e das pressões industriais em detrimento das remoções das populações e da reestruturação local promovidas pela construção do empreendimento.

CONCLUSÃO

Este trabalho buscou analisar os impactos ambientais à cobertura vegetal decorrentes da instalação do Porto Sudeste, bem como as alterações do uso e cobertura da terra no bairro de Ilha da Madeira - Itaguaí, RJ, em virtude da implantação desse empreendimento. Através da análise espaço-temporal dos anos de 2008, de 2010, de 2013, de 2015, de 2020 e de 2022, essas modificações foram observadas por meio da aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN) e da realização de classificação supervisionada pelo método de máxima verossimilhança, utilizando-se de imagens dos satélites *Landsat 5* e 8.

A pesquisa revelou a eficácia da aplicação do índice espectral e do método de classificação supervisionada escolhidos na identificação do vigor vegetativo e das mudanças nos padrões de uso e cobertura da terra, por meio de estatística descritiva, de análise de acurácia (matriz de confusão e índice *Kappa*) e de comparação do uso e cobertura da terra entre os anos de 2008 e 2022. Além disso, constatou a utilidade dos Sistemas de Informação Geográfica, através do uso de *software* livre, na análise e no monitoramento ambiental.

Quanto às imagens de satélite utilizadas, destaca-se a importância da disponibilidade das imagens *Landsat* na condução de estudos ambientais. Apesar de possuírem resolução espacial considerada baixa, tais produtos de Sensoriamento Remoto possibilitam aplicações diversas em variadas áreas científicas, de forma gratuita. Acerca do monitoramento da vegetação, enfatiza-se a prevalência de desflorestamento da região em detrimento do reflorestamento, no período analisado (2008-2022).

Com destaque para o ano de 2013, tanto IVDN como classificação supervisionada, destacaram maior degradação à cobertura da terra no bairro de Ilha da Madeira, que se encontra inserido no bioma Mata Atlântica e apresenta consideráveis remanescentes de floresta ombrófila densa e de vegetação arbórea de planícies fluvio marinhas (mangue). Modificações territoriais decorrentes da implantação do Porto Sudeste, com visíveis consequências socioeconômicas à região também foram apontadas nesse trabalho.

O estudo possibilitou a geração de tabelas e de mapas que poderão contribuir para trabalhos futuros e subsidiar o monitoramento ambiental da região por meio do planejamento ambiental e estratégico do Porto e da Ilha da Madeira, no que tange à preservação e à conservação da vegetação, bem como à análise de riscos e impactos socioambientais associados ao empreendimento portuário. Recomenda-se a condução de análises em campo em estudos futuros, não realizadas neste trabalho em virtude da pandemia de SARS-CoV-2 (Covid-19) e

de suas medidas de isolamento social e sanitário, com objetivo de aferir os pontos aleatórios gerados de forma a comprovar a veracidade das amostras de validação e otimizar mapeamentos de uso e cobertura da terra e estudos de classificação da vegetação. Destaca-se ainda que imagens de satélites com maior resolução espacial podem ser associadas a este estudo visando aprimorar os resultados obtidos.

REFERÊNCIAS

- ABREU, K. M. P.; COUTINHO, L. M. Sensoriamento remoto aplicado ao estudo da vegetação com ênfase em índice de vegetação e métricas da paisagem. **Vértices**. Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, v. 16, n. 1, p. 173-198, 2014.
- AB’SABER, A. N. Espaços ocupados pela expansão dos climas secos na América do Sul, por ocasião dos períodos glaciais quaternários. **Paleoclimas**. v. 3, n. 3. São Paulo, SP: 1977. p. 01-19.
- ALBUQUERQUE, A. M.; SILVA, S. B.; SALES, M. C. L. Aplicação de Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) para análise da degradação ambiental da área de influência direta do açude Castanhão. **Revista CC&T – Centro de Ciências e Tecnologia da UECE**, Fortaleza/CE, v. 1, nºespecial, p. 170-183, jan/jul. 2019. Disponível em: <<https://www.revistas.uece.br/index.php/CCiT/article/view/818>>. Acesso em: 22/08/2022.
- ALMEIDA, B. Z. S. **Principais Características e Problemas dos Portos do Brasil**. TCC (Graduação em Construção Naval). UEZO, Rio de Janeiro, RJ: 2011, 86p. Disponível em: <<http://www.uezo.rj.gov.br/tccs/capi/BrunoAlmeida.pdf>>. Acesso em: 10/05/2022.
- AMANCIO, B. M.; VETORAZZI, G. A.; SAKAI, G. V.; FERREIRA, S. S. **Técnicas de monitoramento agrícola por meio de índices de vegetação**. São Caetano do Sul: CEUN-IMT, 48p., 2021.
- ANDRADE, D. C.; ROMEIRO, A. R. 2009. **Capital natural, serviços ecossistêmicos e sistema econômico: rumo a uma “Economia dos Ecossistemas”**. Texto para Discussão. IE/UNICAMP, n. 159.
- ANTAQ. **Impactos Ambientais dos Portos**. 2012. Disponível em: <http://www.antaq.gov.br/Portal/MeioAmbiente_ImpactosAmbientais.asp>. Acesso em: 13/07/2022.
- _____. **Painel de Monitoramento de Instalações Privadas**. Ministério da Infraestrutura, MI. Brasília, DF:2023a. Disponível em: <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoizWNkYzM4MzAtMjJlNC00OTg0LTlkMDUyYmVjNDI1ODAwNDgzIiwidCI6IjhlNTdmNzI3LTBINWUtNDEzMC04ZTI0LTJkNWY3YzhjMzhmNiJ9&pageName=ReportSection>>.
- _____. **Painel de Administração Portuária**. Ministério da Infraestrutura, MI. Brasília, DF: 2023b. Disponível em: <<https://aquarela.antaq.gov.br/single/?appid=91264dbe-c2da-4b58-b0c2-45719e31a891&sheet=c946db22-d97b-49e2-8324-935fb0aedfbc&opt=currsel%2Cctxmenu>>. Acesso em: 25/08/2023.
- _____. **Estatístico Aquaviário**. Ministério da Infraestrutura, MI. Brasília, DF:2023c. Disponível em: <<https://web3.antaq.gov.br/ea/sense/index.html>>. Acesso em: 25/08/2023.

ARAÚJO, A. M.; MINEIRO, A. L. B.; CANTALICE, J. R. B. Estimativa do potencial de sedimentação e erosão: caso Manguezal do Pina, Recife (PE). **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v.16, n.2, abr./jun. 2011. p. 133-140.

ARRUDA, D. B.; CUNHA, B. P.; MILIOLI, G. Crise ambiental e sociedade de risco: o paradigma das alterações climáticas diante do direito ambiental e da sustentabilidade. **Pesquisa e Ensino em Ciências Exatas e da Natureza**, 4: e146, 18p., 2020.

ASMUS, M; KITZMANN, D. Gestão ambiental portuária: desafios e possibilidades. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 40, n. 6, p. 1041-1060, 2006.

BARRA, O. O. L. Portos e ambientes costeiros: análise dos impactos ambientais decorrentes da implantação do terminal marítimo de passageiros do porto de Fortaleza/Ce, Brasil. **Revista GeoUECE** - Programa de Pós-Graduação em Geografia da UECE Fortaleza/CE, v.4, nº6, p.236-237, jan./jun. 2015. Disponível em: <<http://seer.uece.br/?journal=geoece&page=article&op=view&path%5B%5D=1256&path%5B%5D=1131>>. Acesso em: 15/05/2022.

BARROS, A. S.; FARIAS, L. M.; MARINHO, J. L. A. Aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) na Caracterização da Cobertura Vegetativa de Juazeiro Do Norte – CE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 6, p. 2885-2895, 2020.

BRAGION, G. R. **Melhorias na acurácia do mapeamento por NDVI**. TCC (Graduação em Engenharia Ambiental). UFTPR, Campo Mourão, PR: 2017, 57p. Disponível em: <<https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/7015/1/melhoriasacuraciamapeamentondvi.pdf>>. Acesso em: 12/07/2022.

BRASIL. **Decreto Federal nº 4.105, de 22 de fevereiro de 1868**. Regula a concessão dos terrenos de marinha, dos reservados nas margens dos rios e dos accrescidos natural ou artificialmente. 1868. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1851-1899/D4105-1868.htm#:~:text=D4105%2D1868&text=Regula%20a%20concess%C3%A3o%20dos%20terrenos,dos%20accrescidos%20natural%20ou%20artificialmente>. Acesso em: 02/11/2021.

_____. **Decreto Federal nº 14.596, de 31 de dezembro de 1920**. Regula a arrendamento de o terrenos de mangue do propriedade da União. 1920. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1920-1929/decreto-14596-31-dezembro-1920-776368-publicacaooriginal-140272-pe.html>>. Acesso em: 02/11/2021.

_____. **Decreto Federal nº 23.793, de 23 de janeiro de 1934**. Approva o codigo florestal que com este baixa. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF: 1934a. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1930-1939/decreto-23793-23-janeiro-1934-498279-publicacaooriginal-78167-pe.html>>. Acesso em: 02/11/2021.

_____. **Decreto Federal nº 24.643, de 10 de julho de 1934**. Decreta o Código de Águas. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF: 1934b. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d24643compilado.htm>. Acesso em: 02/11/2021.

_____. **Decreto-Lei nº 9.760, de 5 de setembro de 1946.** Dispõe sobre os bens imóveis da União e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF: 1946. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/de19760.htm>. Acesso em: 02/11/2021.

_____. **Lei Federal nº 4.771, de 15 de setembro de 1965.** Institui o novo Código Florestal. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF: 1965. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4771.htm>. Acesso em: 02/11/2021.

_____. **Lei Federal nº 5.197, de 3 de janeiro de 1967.** Dispõe sobre a proteção à fauna e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF: 1967. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l5197.htm>. Acesso em: 02/11/2021.

_____. **Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981.** Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF: 1981. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6938.htm>. Acesso em: 12/10/2020.

_____. **Resolução CONAMA nº 4, de 15 de setembro de 1985.** 1985. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/licenciamento/documentos/1985_Res_CONAMA_4.pdf>. Acesso em: 02/11/2021.

_____. **Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986.** Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental – RIMA. Ministério do Meio Ambiente. Brasília, DF: 1986. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>. Acesso em: 12/10/2020.

_____. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988.** Brasília, DF: Presidência da República, [2016]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm. Acesso em: 13/07/2022.

_____. **Lei Federal nº 7.661, de 16 de maio de 1988.** Institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF: 1988b. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7661.htm>. Acesso em: 02/11/2021.

_____. **Lei Federal nº 8.630, de 25 de fevereiro de 1993.** Dispõe sobre o regime jurídico da exploração dos portos organizados e das instalações portuárias e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF: 1993a. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L8630.htm> Acesso em: 02/11/2021.

_____. **Decreto Federal nº 750, de 10 de fevereiro de 1993.** Dispõe sobre o corte, a exploração e a supressão de vegetação primária ou nos estágios avançado e médio de regeneração da Mata Atlântica, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF: 1993b. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1990-1994/d750.htm#:~:text=DECRETO%20No%20750%2C%20DE%2010%20DE%20FEVEREIRO%20DE%201993.&text=Disp%C3%B5e%20sobre%20o%20corte%2C%20a,Atl%C3%A

Antica%2C%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAsncias.>. Acesso em: 02/11/2021.

_____. **Resolução CONAMA nº 10, de 1º de outubro de 1993.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF: 1993c. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/1993/res_conama_10_1993_estagiossucessaomataatlantica.pdf>. Acesso em: 02/11/2021.

_____. **Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997.** Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental. Ministério do Meio Ambiente. Brasília, DF: 1997. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=237>>. Acesso em: 26/10/2021.

_____. **Lei Federal nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998.** Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF: 1998. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9605.htm>. Acesso em: 02/11/2021.

_____. **Lei Federal nº 9.985, de 18 de julho de 2000.** Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF: 2000a. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm>. Acesso em: 02/11/2021.

_____. **Lei Federal nº 10.165, de 27 de dezembro de 2000.** Altera a Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF: 2000b. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l10165.htm>. Acesso em: 01/06/2022.

_____. **Lei Federal nº 10.233, de 5 de junho de 2001.** Dispõe sobre a reestruturação dos transportes aquaviário e terrestre, cria o Conselho Nacional de Integração de Políticas de Transporte, a Agência Nacional de Transportes Terrestres, a Agência Nacional de Transportes Aquaviários e o Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF: 2001a. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10233.htm> Acesso em: 02/11/2021.

_____. **Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001.** Altera os arts. 1o, 4o, 14, 16 e 44, e acresce dispositivos à Lei no 4.771, de 15 de setembro de 1965, que institui o Código Florestal, bem como altera o art. 10 da Lei no 9.393, de 19 de dezembro de 1996, que dispõe sobre o Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural - ITR, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF: 2001b. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/mpv/2166-67.htm#:~:text=O%20propriet%C3%A1rio%20rural%20poder%C3%A1%20instituir,com%20vegeta%C3%A7%C3%A3o%20de%20preserva%C3%A7%C3%A3o%20permanente.>>. Acesso em: 02/11/2021.

_____. **Resolução CONAMA nº 303, de 20 de março de 2002.** Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF: 2002a. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=274>>. Acesso em: 02/11/2021.

_____. **Resolução CONAMA nº 312, de 10 de outubro de 2002.** Dispõe sobre o procedimento de licenciamento ambiental dos empreendimentos de carcinicultura em zona costeira. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF: 2002b.

_____. **Resolução CONAMA nº 341, de 25 de setembro de 2003.** Dispõe sobre critérios para a caracterização de atividades ou empreendimentos turísticos sustentáveis como de interesse social para fins de ocupação de dunas originalmente desprovidas de vegetação, na Zona Costeira. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF: 2003. Disponível em: <http://portal.pmf.sc.gov.br/arquivos/arquivos/pdf/17_01_2011_17.40.38.48ae479b8713603d144b402f9896f2c6.pdf>. Acesso em: 02/11/2021.

_____. **Lei Federal nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006.** Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF: 2006. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/111428.htm>. Acesso em: 02/11/2021.

_____. **Instrução Normativa MMA nº 03, de 16 de abril de 2008.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF: 2008. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Instrucao_normativa/2008/in_ma_ma_03_2008_ficamsuspensasatividadescarcinicultura.pdf>. Acesso em: 02/11/2021.

_____. **O porto verde: modelo ambiental portuário.** Agência Nacional de Transportes Aquaviários. Brasília: ANTAQ, 2011. 110p.

_____. **Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº 6.038, de 31 de agosto de 1981; nº 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e nº 11.428 de dezembro de 2006; revoga as Leis nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e nº 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília, DF: 2012 Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm>. Acesso em: 12/03/2021.

_____. **Lei Federal nº 12.727, de 17 de outubro de 2012.** Altera a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº s 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; e revoga as Leis nº s 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, o item 22 do inciso II do art. 167 da Lei nº 6.015, de 31 de dezembro de 1973, e o § 2º do art. 4º da Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF: 2012b. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112727.htm>. Acesso em: 02/11/2021.

_____. **Lei Federal nº 12.815, de 05 de junho de 2013.** Dispõe sobre a exploração direta e indireta pela União de portos e instalações portuárias e sobre as atividades desempenhadas pelos operadores portuários; altera as Leis nºs 5.025, de 10 de junho de 1966, 10.233, de 5 de junho de 2001, 10.683, de 28 de maio de 2003, 9.719, de 27 de novembro de 1998, e 8.213, de 24 de julho de 1991; revoga as Leis nºs 8.630, de 25 de fevereiro de 1993, e 11.610, de 12 de dezembro de 2007, e dispositivos das Leis nºs 11.314, de 3 de julho de 2006, e 11.518, de 5 de setembro de 2007; e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF: 2013a. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2013/Lei/L12815.htm> Acesso em: 02/11/2021.

_____. **Decreto Federal nº 8.033, de 27 de junho de 2013.** Regulamenta o disposto na Lei nº 12.815, de 5 de junho de 2013, e as demais disposições legais que regulam a exploração de portos organizados e de instalações portuárias. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF: 2013b. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2013/decreto/d8033.htm>. Acesso em: 02/11/2021.

_____. **Decreto Federal nº 9.048, de 10 de maio de 2017.** Altera o Decreto nº 8.033, de 27 de junho de 2013, que regulamenta o disposto na Lei nº 12.815, de 5 de junho de 2013, e as demais disposições legais que regulam a exploração de portos organizados e de instalações portuárias. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF: 2017. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/decreto/d9048.htm>. Acesso em: 02/11/2021.

_____. **Anuário Estatístico Aquaviário - 2019: Apresentação.** Ministério da Infraestrutura, MI: 2019. Disponível em: <<http://sophia.antaq.gov.br/terminal/acervo/detalhe/27575?guid=1636491081007&returnUrl=%2fterminal%2fresultado%2flistar%3fguid%3d1636491081007%26quantidadePaginas%3d1%26codigoRegistro%3d27575%2327575&i=6>>. Acesso em: 09/11/2021.

_____. **Lei Federal nº 14.047, de 24 de agosto de 2020.** Dispõe sobre medidas temporárias para enfrentamento da pandemia da Covid-19 no âmbito do setor portuário, sobre a cessão de pátios da administração pública e sobre o custeio das despesas com serviços de estacionamento para a permanência de aeronaves de empresas nacionais de transporte aéreo regular de passageiros em pátios da Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária (Infraero); e altera as Leis nºs 9.719, de 27 de novembro de 1998, 7.783, de 28 de junho de 1989, 12.815, de 5 de junho de 2013, 7.565, de 19 de dezembro de 1986, e 10.233, de 5 de junho de 2001. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF: 2020. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/114047.htm> Acesso em: 02/09/2023.

_____. **Base Jurídica: História.** Ministério da Infraestrutura, MI: 2021a. Disponível em: <<https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/aceso-a-informacao/base-juridica/historia>>. Acesso em: 01/11/2021.

_____. **Projeto de Lei Nº 3209, de 2021.** Altera a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, para dispor sobre as áreas de preservação permanente situadas em restingas. Brasília, DF: 2021b. 9p. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=2075404&filena me=PL+3209/2021>. Acesso em: 18/05/2022.

CAMPOS, L. M. S; MELO, D. A. Indicadores de desempenho dos sistemas de gestão ambiental (SGA): uma pesquisa teórica. **Produção**, v. 18, n. 3, p. 540-555, 2008.

CASTRO, B. L. G. e; SILVA, J. S. Análise de índices de vegetação para classificação de áreas potenciais de ocorrência de *Attalea speciosa* Mart. ex Spreng. **Revista Georaguaia**, [S. l.], v. 10, n. 2, p. 86–101, 2020. Disponível em: <<https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/geo/article/view/4904>>. Acesso em: 19/09/2023.

CASTRO, C. M.; LEMOS, C. C. de. **Planejamento Ambiental**. Volume Único. Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ - Consórcio CEDERJ, 328p. 2016.

CCRS Tutorial. **Fundamentals of Remote Sensing**. Canada Centre for Remote Sensing (CCRS). On-line. Disponível em: <<http://www.nrcan.gc.ca/earth-sciences/geomatics/satellite-imagery-air-photos/satellite-imagery-products/educational-resources/9309>>. Acesso em: 22/05/2022.

CHAGAS, G. M. Porto de Itaguaí: Indutor de um polo logístico-produtivo. Espaço e Economia [Online]. *Revista Brasileira de Geografia Econômica*, n. 19, 2020.

CHAVES, F. O.; GOMES, J. R.; SOARES, M. L. G., DUQUE-ESTRADA, G. C.; ALMEIDA, P. M. M.; OLIVEIRA, V. F. Contribuição ao conhecimento e à conservação da planície costeira de Guaratiba-Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, Itajaí, v. 8, 2010.

CHAVEZ R. O.; CLEVERS J. G. P. W.; DECUYPER M.; DE BRUIN S.; HEROLD M. 50 years of water extraction in the Pampa del Tamarugal basin: Can *Prosopis tamarugo* trees survive in the hyper-arid Atacama Desert (Northern Chile)? **Journal of Arid Environments**, 124, 2016, p.292–303.

CHIROL, A. D. COSTA, N. **Biogeografia**. Volume único. Rio de Janeiro: Fundação Cecierj, 2018. 328 p.

CHRISTOPHERSON, R. W. **Geossistemas: uma introdução à Geografia Física**. 7 ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

COELHO-JR., C. Gradiente de inundação pelas marés e a drenagem terrestre sobre o comportamento da salinidade intersticial de bosque de mangue de Cananeia, São Paulo, Brasil. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, Itajaí, v. 8, 2010.

COIMBRA, J. de A. A. **O outro lado do meio ambiente: uma incursão humanística na questão ambiental**. Campinas, SP: Millennium, 2002. 560p.

COHEN, Jacob. A coefficient of agreement for nominal scales. **Educational and psychological measurement**, v. 20, n. 1, p. 37-46, 1960.

CONCEIÇÃO, R. S.; COSTA, V. C. **Cartografia e geoprocessamento**. v.1. Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ, 2011. 240p.

CONGALTON, R.; GREEN, K. **Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data Principles and Practices**. Boca Raton, FL: Taylor & Francis Group. 2019.

CONGEDO, L. **Semi-Automatic Classification Plugin Documentation**. Release 7.9.7.1. 2021. 231p. Disponível em:

<<https://readthedocs.org/projects/semiautomaticclassificationmanual-pt-br/downloads/pdf/latest/>>. Acesso em: 02/06/2022.

CONSÓRCIO FATOR-CONCREMAT-VG&P. **Apêndice - Itaguaí**. In: Planejamento Regionalizado Metropolitano do Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário - Municípios da Região Metropolitana do Rio de Janeiro Atualmente Atendidos pela Cedae. Rio de Janeiro: 2021. p. 1-77. Disponível em:

<https://www.concessaosaneamentorj2021.rj.gov.br/sites/concessaosaneamento2021/files/arquivos_paginas/Ap%C3%AAndice%20-%20Itagua%C3%AD.pdf>. Acesso em: 30/05/2022.

COPQUE, A.C.S.M.; CUNHA, R.D.A.; SOUZA, F. A. **Caracterização ambiental do ecossistema manguezal na costa leste de salinas da margarida - Bahia**. VI Congresso Baiano de Engenharia Sanitária e Ambiental - VI COBESA. Bahia, 2016.

COSTA, I. C. M. **A fauna sinantrópica nociva nos portos brasileiros**. TCC (Especialização). UFSC, Departamento de Engenharia Civil, Curso de Especialização em Engenharia e Gestão Portuária, Florianópolis, SC: 2013, 41f. Disponível em:

<<https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/centrais-de-conteudo/isabella-cunha-pdf>>. Acesso em: 15/05/2022.

COSTA, I. J. L. da. **Atividade portuária em Barcarena (Pará): Caracterização e análise ambiental de seus efeitos no desenvolvimento local da Vila de Itupanema**. Dissertação (Mestrado). UFPA, Núcleo do Meio Ambiente, Programa de Pós-Graduação em Gestão de Recursos Naturais e Desenvolvimento Local na Amazônia, Belém, PA: 2021, 117f.

Disponível em:

<http://repositorio.ufpa.br/jspui/bitstream/2011/13474/1/Dissertacao_AtividadePortuariaBarcarena.pdf>. Acesso em: 15/05/2022.

COSTA, P.; COSTA, H. G. da; PINTO, M. L. R. Logística portuária: Vetor de desenvolvimento econômico: Estudo de caso porto do Açu - São João da Barra - RJ. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIAS EM GESTÃO, 11., Rio de Janeiro, 2013. **Anais...**, Rio de Janeiro: CONEG, 2013. p. 1-22.

COSTA, S. P. C.; PEGADO, E. A. C. Análise da degradação nos manguezais Norte-Rio-Grandenses: O caso de Canguaretama. In: VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2016, Campina Grande/PB. **Anais...** VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Campina Grande: Editora do Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2016. v. 1. p. 1-10.

CRÓSTA, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas: IG/UNICAMP, 1992, 170p.

CUNHA-LIGNON, M., MENGHINI, R. P., SANTOS, L. C. M., NIEMEYER-DINÓLA, C., SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Estudos de Caso nos Manguezais do Estado de São Paulo (Brasil): Aplicação de Ferramentas com Diferentes Escalas Espaço-Temporais. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, v.9, n.1, p. 79-91, nov. 2009.

DOMINGUES, J. A. G.; COELHO, A. E. G.; SILVA, E. J. Impactos ambientais ocasionados pelo modal marítimo. **Revista Processando o Saber**. v. 13, p. 138-153, 2021.

DUARTE, T. L. S.; REZENDE, V. A. Degradação dos manguezais em Aracaju/SE (Brasil): impactos socioeconômicos na atividade de catador do caranguejo-uçá (*Ucides cordatus*). **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v.7, n.1. 086-097, 2019. Disponível em: <file:///C:/Users/Vitoria/Downloads/189-1176-1-PB.pdf>. Acesso em: 13/07/2022.

DUTRIEUX L. P.; VERBESSELT J.; KOOISTRA L.; HEROLD M. Monitoring forest cover loss using multiple data streams, a case study of a tropical dry forest in Bolivia. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing** 107, 2015, p. 112–125.

EIPHANIO, J. C. N.; GLERIANI, J. M.; FORMAGGIO, A. R.; RUDORFF, B. F. T. Índices de Vegetação no Sensoriamento Remoto da Cultura do Feijão. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 31, n. 6, p. 445-454, jun. 1996.

EPSJV. **Commodities – Definição**. EPSJV, Fiocruz. Disponível em: <<https://www.epsjv.fiocruz.br/commodities-definicao>>. Acesso em: 12/07/2022.

ERM. **Relatório de Impacto Ambiental: Ampliação do Porto Sudeste para Movimentação de Granéis Sólidos para 100 Mtpa**. Rio de Janeiro: INEA, 2011.

FARINACCIO, A.; TESSLER, M. G. Avaliação de Impactos Ambientais no Meio Físico decorrentes de Obras de Engenharia Costeira - Uma Proposta Metodológica. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, v. 10, n. 4, p. 419-434, 2010.

FERNANDES, A. **Fitogeografia brasileira - Províncias florísticas**. 3a ed. Fortaleza: Realce. 2006.

FERREIRA, M. B. P. **Cobertura da terra como indicador de qualidade ambiental urbana: estudo aplicado ao município de Curitiba-PR**. Dissertação (Mestrado). UFPR, Setor de Ciências da Terra, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Curitiba, PR: 2015, 80f. Disponível em: <<https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/38333/R%20-%20D%20-%20MANOELLA%20BARROS%20PEDREIRA%20FERREIRA.pdf?sequence=3&isAllowed=y>>. Acesso em: 22/08/2022.

FILHO, M. G. **Estimativas de variáveis biofísicas de vegetação campestre sob manejo pastoril por meio de Sensoriamento Remoto**. Dissertação (Mestrado). UFRGS, Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, Porto Alegre, RS: 2018, 64p. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/185286/001072730.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 30/05/2022.

FINEGOLD, Y.; ORTMANN, A.; LINDQUIST, E.; D'ANNUNZIO, R.; SANDKER, M. **Map accuracy assessment and area estimation: a practical guide**. Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, Italy, 2016.

FOLHES, M. T. **Modelagem da evapotranspiração para a gestão hídrica de perímetros irrigados com base em sensores remotos**. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto). INPE, São José dos Campos, SP: 2007, 189f.

FRANCISCO, D. N.; NASCIMENTO, C. A. S. do, VILLELA, L. E. **Gestão social e política pública em um território marcado pelo capital: o caso do município de Itaguaí (RJ) e região da Baía de Sepetiba**. VII Jornada Internacional Políticas Públicas - 2015, 12p.

Disponível em: <<http://www.joinpp.ufma.br/jornadas/joinpp2015/pdfs/eixo8/gestao-social-e-politica-publica-em-um-territorio-marcado-pelo-capital.pdf>>. Acesso em: 30/05/2022.

GARCIA, D. S. S. A atividade portuária como garantidora do Princípio da Sustentabilidade.

Revista de Direito Econômico e Socioambiental, v. 3, n. 2., p. 375-399, 2012. Disponível em: <<https://periodicos.pucpr.br/index.php/direitoeconomico/article/view/6041>>. Acesso em: 01/11/2021.

GOTO, M.M.; COSTA, V.O.; COLOGNA, F.S.; ARAÚJO, F.E.S. A qualidade do ar e materiais particulados nos Portos do Itaqui e Ponta da Madeira – São Luís (MA). **Revista de Ciência & Tecnologia**, V. 21, Nº 41, p. 103-116, 2017. Disponível em:

<<https://www.metodista.br/revistas/revistas-unimep/index.php/cienciatecnologia/article/download/4064/2232>>. Acesso em: 15/05/2022.

GURGATZ, B. M. **Avaliação de material particulado fino, fuligem e poluentes gasosos na região portuária de Paranaguá**. Dissertação (Mestrado). UFPR, Pós-Graduação em Desenvolvimento Territorial Sustentável, Setor Litoral, Matinhos, PR: 2018, 102p. Disponível em: <<https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/55756/R%20-%20D%20-%20BRUNO%20MARTINS%20GURGATZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 15/05/2022.

HUANG, S.; TANG, L.; HUPY, J. P.; WANG, Y.; SHAO, G. (2020). A commentary review on the use of normalized difference vegetation index (NDVI) in the era of popular remote sensing. **Journal of Forestry Research**, 32, 6p. 2020.

IBGE. **Sinopse Estatística do Município de Itaguaí – Estado do Rio de Janeiro**. 1948.

Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20-%20RJ/sinopse1948/RJ_Itaguai.pdf> Acesso em: 30/05/2022.

_____. **Cidades e Estados: Rio de Janeiro - Itaguaí**. 2022. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rj/itaguai.html>>. Acesso em: 30/05/2022.

_____. **Cidades. Itaguaí - Histórico**. 2015. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/itaguai/historico>>. Acesso em: 30/05/2022.

ICMBIO. **Atlas dos Manguezais do Brasil**. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2018. 176 p.

_____. Reservas Particulares do Patrimônio Natural - RPPN. **RPPN Sítio Poranga**. 2022a. Disponível em: <<https://sistemas.icmbio.gov.br/simrppn/publico/detalhe/742/>>. Acesso: 30/05/2022.

_____. Reservas Particulares do Patrimônio Natural - RPPN. **RPPN Sítio Angaba**. 2022b. Disponível em: <<https://sistemas.icmbio.gov.br/simrppn/publico/detalhe/526/>>. Acesso: 30/05/2022.

_____. Reservas Particulares do Patrimônio Natural - RPPN. **RPPN Reserva Porangaba**. 2022c. Disponível em: <<https://sistemas.icmbio.gov.br/simrppn/publico/detalhe/335/>>. Acesso: 30/05/2022.

INEA. **Biodiversidade e território. Área de Preservação Permanente (APP)**. 2022. Disponível em: <<http://www.inea.rj.gov.br/biodiversidade-territorio/area-da-preservacao-permanente-app/#>>. Acesso em: 30/05/2022.

ITAGUAÍ. **Lei nº 3.158, de 20 de agosto de 2013**. Modifica os limites da Área de Proteção Ambiental, cria pela Lei Nº 3.058, de 13 de dezembro de 2012, que cria a Área de Proteção Ambiental - APA - Itaguaí. Itaguaí: Câmara Municipal. 2013a. Disponível em: <<http://cpdoc.camaraitaguai.rj.gov.br/images/leis/2013/L3158-2013.pdf>>. Acesso: 30/05/2022.

_____. **Lei nº 3.159, de 20 de agosto de 2013**. Delimita a Área de Proteção Ambiental do Saco de Coroa Grande, no município de Itaguaí, conforme o artigo 313 da Lei orgânica municipal, e adota outras providências. Itaguaí: Câmara Municipal. 2013b. Disponível em: <<http://cpdoc.camaraitaguai.rj.gov.br/images/leis/2013/L3159-2013.pdf>>. Acesso: 30/05/2022.

_____. **Lei nº 3.204, de 23 de dezembro de 2013**. Estabelece o abairramento do município de Itaguaí (alterado através da Lei 3307/2015 e Lei 3351/15). Itaguaí: Câmara Municipal. 2013c. Disponível em: <https://sapl.itaguai.rj.leg.br/media/sapl/public/normajuridica/2013/446/lei_3204_de_2013.pdf>. Acesso: 30/06/2023.

_____. **Plano Municipal de Educação de Itaguaí 2015 - 2025**. Educar para a mudança Participação, responsabilidade e ação. 2015a, 119p. Disponível em: <https://www.mprj.mp.br/documents/20184/203908/Itaguai_Lei_3.324_15_Plano_Municipal_de_Educacao.pdf>. Acesso em: 30/05/2022.

_____. **Lei nº 3.307, de 5 de maio de 2015**. Altera o art. 1º da Lei nº 3204/2013 e os itens 2 e 20 do anexo I da referida Lei (abairramento). Itaguaí: Câmara Municipal. 2015b. Disponível em: <https://sapl.itaguai.rj.leg.br/media/sapl/public/normajuridica/2015/1082/lei_3307_de_2015.pdf>. Acesso: 30/06/2023.

_____. **Lei nº 3.351, de 5 de setembro de 2015**. Dá nova redação ao item 4, anexo I, da Lei 3204/2013, e dá outras providências. (abairramento). Itaguaí: Câmara Municipal. 2015c. Disponível em: <https://sapl.itaguai.rj.leg.br/media/sapl/public/normajuridica/2015/1126/lei_3351_de_2015.pdf>. Acesso: 30/06/2023.

_____. **História - Linha do tempo de Itaguaí**. 2020 Disponível em: <<https://www.itaguai.rj.gov.br/historia/>>. Acesso em: 10/09/2023.

JATOBÁ, S. U. S. Urbanização, meio ambiente e vulnerabilidade social. **Boletim Regional, Urbano e Ambiental** (IPEA), v. 5, p. 141-148. 2011.

KOENING, M. L.; ESKINAZI-LEÇA, E.; NEUMANN-LEITÃO, S.; MACÊDO, S. J. Impactos da construção do Porto de Suape sobre a comunidade fitoplanctônica no estuário do Rio Ipojuca (Pernambuco-Brasil). *Acta bot. bras.* 16(4): 407-420, 2002. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/abb/a/cqqcNCSxs4QSBYDsdq9YYfR/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 15/05/2022.

KRUG, L. A.; LEÃO, C.; AMARAL, S. (2007). Dinâmica espaço-temporal de manguezais no Complexo Estuarino de Paranaguá e relação entre decréscimo de áreas de manguezal e dados sócio-econômicos da região urbana do município de Paranaguá – Paraná. *In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Anais... XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Florianópolis, Brasil, 21-26, INPE. pp. 2753-2760.

LÄMMLER, L.; BULHOES, E.M.R. Impactos das obras costeiras na morfologia da linha de costa: o caso do Porto do Açú, São João da Barra, RJ. *In: XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, I Congresso Nacional de Geografia Física, 2017, Campinas/SP. Anais... XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, I Congresso Nacional de Geografia Física. Os desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento*. Instituto de Geociências, UNICAMP. Campinas: SP, 2017. p.2782-2794. Disponível em: <<https://ocs.ige.unicamp.br/ojs/sbgfa/article/view/1986/1742>>. Acesso em: 15/05/2022.

LANDIS, J. R.; KOCH, Gary G. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, v. 33, n. 1, p. 159-174, 1977.

LEMOS, R.M. (org). **Manguezais: Conhecer para Preservar**. Uma revisão bibliográfica. Brasília: Ícone Editora e Gráfica, 2011.

LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W. **Remote sensing and image interpretation**. New York: John Wiley e Sons Inc., 1994, 708p.

LIMA, A. P. M. **Supressão de vegetação e compensação ambiental em quatro empreendimentos no município de Itaguaí – RJ**. TCC (Graduação em Engenharia Florestal). UFRRJ, Instituto de Florestas, Seropédica, RJ: 2011, 44f. Disponível em: <<http://repositorio.im.ufrj.br:8080/jspui/bitstream/1235813/5387/1/Ana%20Motta.pdf>>. Acesso: 31/05/2022.

LOPES, E. F. **O Porto Sudeste e a Vulnerabilidade Socioambiental na Ilha da Madeira, Itaguaí (RJ)**. Dissertação (Mestrado). FIOCRUZ/ENSP, Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública, Rio de Janeiro, RJ: 2014, 95p. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/icict/24365/1/ve_Erika_Ferreira_ENSP_2014>. Acesso em: 30/05/2022.

MACEDO, S. B. M. G.; SILVA, J. B. S.; OLIVEIRA, I. R. F.; LACERDA, E. B. V. **Impactos ambientais relacionados à poluição por esgoto na atividade portuária**. *In: ALVES, C. N.; LAMEIRA, J.; SILVA, J. R. A.; BRASIL, D. S.; SIQUEIRA, G. W.; MENESES, C. C.; MELO, J. D. G.; REIS, R. H. S. Educação Ambiental e Sustentabilidade na Amazônia*. v.2. Universidade Federal do Pará. Belém: PA, 2018. p. 248-269. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Fabio-Aprile/publication/324521485_Impactos_ambientais_relacionados_a_poluicao_por_esgoto_na_atividade_portuaria/links/5ad247f9a6fdcc29357e2b90/Impactos-ambientais-relacionados-a-poluicao-por-esgoto-na-atividade-portuaria.pdf>. Acesso em: 15/05/2022.

MACHADO, A. M. B. Comparação de imagens OLI/Landsat-8 e MSI/Sentinel-2 no mapeamento de uso e cobertura da terra na Ilha do Maranhão. **Revista Equador** (UFPI), v. 9, n. 3. 2020. p.209 - 232. Disponível em: <<https://revistas.ufpi.br/index.php/equador/article/view/10451/6342>>. Acesso em: 02/06/2022.

MARÇAL, M. da P. V. **Educação ambiental e representações sociais de meio ambiente: uma análise da prática pedagógica no ensino fundamental em Patos de Minas – MG (2003- 2004)**. Dissertação (Mestrado). UFF, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Uberlândia, MG: 2005, 237p.

MARQUES, A. G. B. **Caracterização e Gênese de Solos de Mangue, Apicum e Tabuleiro da Região Costeira de Acaraú – CE**. Dissertação (Mestrado). UFCE, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Fortaleza, CE: 2010, 123 p.

MARQUES ALBUQUERQUE, A. G. B.; FREITAS, E. M. N; MOURA-FÉ, M. M; BARBOSA, W. R. A Proteção do Ecossistema Manguezal pela Legislação Ambiental Brasileira. **GEOgraphia** - v. 17. n. 33. 2015. p. 126-153.

MARTINHO, P. R. R.; HOLLER, W. A.; SANTOS, B. B. O.; SPADOTTO, C. A.; TRAJANO, S. R. S.; DALTIO, J.; FOIS, N. S. **Metodologia de Monitoramento de Cobertura Vegetal - estudo de caso: Município de Goiânia, GO**. Campinas, SP: Embrapa, 2012. 38 p.

MATSUMI, T. I.; FREITAS, V. P. de. A proteção do ecossistema manguezal no direito ambiental brasileiro. **Revista Direito e Liberdade**, Natal, v. 20, n. 3, p. 205-229, set./dez. 2018. Quadrimestral.

MATTOS, C. C. L. V. de; SILVA, M. A. R. da; NOGUEIRA, I. B.; BATITA, I. M. **Caracterização Climática da Área da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro**. Arquivos UFRRJ, Itaguaí-RJ, p.53-63, 1989.

MELO, A. T.; SORIANO-SIERRA, E. J; VEADO; R. W. A. V. Biogeografia dos Manguezais. **Geografia**. v. 36, n. 2, mai./ago. São Paulo: UNESP, 2011. p. 311-334.

MELO, B. M. D.; MIRANDA, P. R. S.; GONÇALVES, T. S.; ASSIS, A. L. DE; CABACINHA, C. D.; MARCATTI, G. E.; CASTRO, R. V. O.; ARAÚJO JÚNIOR, C. A. Análise temporal do NDVI como ferramenta para o planejamento do ecoturismo na APA do Rio Pandeiros, norte de Minas Gerais. **Caderno De Ciências Agrárias**, v. 11, 2019. p. 1-9. Disponível em: <<https://periodicos.ufmg.br/index.php/ccaufmg/article/view/13578/12929>>. Acesso em: 02/06/2022.

MELO, C. C. M. S. de. **O uso do geoprocessamento como ferramenta de avaliação de impactos da obra de duplicação da rodovia BR-101: um estudo de caso no Estado de Alagoas**. TCC (Graduação em Engenharia de Agrimensura). UFAL, Rio Largo, 2022. 48p.

MENDONÇA, L. M. de. O conceito de desenvolvimento sustentável: resignificação pela lógica de acumulação de capital e suas práticas. **Espaço e Economia** [Online], 15 | 2019.

Disponível em: <<http://journals.openedition.org/espacoeconomia/7674>>. Acesso em: 26/10/2021.

MENGHINI, R.; CUNHA-LIGNON, M.; COELHO-JR., C.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Análise temporal dos impactos antrópicos e da regeneração natural em manguezais da Ilha Barnabé (Baixada Santista, SP, Brasil) obtida através de fotografias aéreas. *In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2007 Florianópolis/SC. Anais... XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Florianópolis, SC: 2007, 8p.*

MONIÉ, F.; VIDAL, S. M. do. Cidades, portos e cidades portuárias na era da integração produtiva. [on-line] **Revista de Administração Pública** 40.6 Rio de Janeiro. RJ. 2006.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação.** São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2001. 250p.

MOSCHETTO, F. A.; RIBEIRO, R. B.; DE FREITAS, D. M. Urban expansion, regeneration and socioenvironmental vulnerability in a mangrove ecosystem at the southeast coastal of São Paulo, Brazil. **Ocean and Coastal Management**, v. 200. 9p. 2021.

NETO, A.R.X.; MORAIS, J.O.; PINHEIRO, L.S. Modificações na Geomorfologia Marinha a partir de Estruturas Portuárias: O Caso do Mucuripe, Fortaleza - Ceará. **Geociências**. v. 37, n. 4. UNESP. São Paulo: SP, 2018. p.793-805. Disponível em: <<https://ppegeo.igc.usp.br/index.php/GEOSP/article/download/12885/12478>>. Acesso em: 15/05/2022.

NUNES, L. S. E. S. **Avaliação do impacto de emissões de fontes de poluentes atmosféricos sobre a qualidade do ar: estudo de caso fontes no porto de Suape-PE.** Tese (Doutorado). UFPE, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Recife, PE: 2017, 180p. Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/29111/1/TESE%20Lidiane%20Silva%20do%20Esp%20adrito%20Santo%20Nunes.pdf>>. Acesso em: 15/05/2022.

OLIVEIRA, E. N. **Introdução ao Sensoriamento Remoto.** Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ - Consórcio CEDERJ, 2017. 21p.

OLMOS, F.; SILVA, R. S. **Guará: ambiente, flora e fauna dos manguezais de Santos Cubatão.** São Paulo: Empresa das Artes, 2003. 216p.

OLOFSSON, P.; FOODY, G. M.; HEROLD, M.; STEHMAN, S. V.; WOODCOCK, C. E.; WULDER, M. A. **Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change.** Remote Sensing of Environment, Elsevier, v. 148. 2014, p. 42–57.

ONETTI, J. V. **Servicios ecosistémicos y gobernanza de sistemas portuarios.** Tesis doctoral. Universidad de Cádiz, Departamento de Historia, Geografía y Filosofía, Grupo de Investigación Gestión Integrada de Áreas Litorales. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Geociências, Laboratório de Gestão Costeira Integrada. Cádiz, Espanha, 2017.

PEREIRA FILHO, O.; ALVES, J. R. P. **Conhecendo o manguezal.** Apostila técnica. Grupo Mundo da Lama. 4 ed. Rio de Janeiro, 1999, 10p.

PASTOR-GUZMAN J.; ATKINSON P.; DASH J.; RIOJA-NIETO R. Spatiotemporal variation in mangrove chlorophyll concentration using Landsat 8. **Remote Sensing** 7(11), 2015, p. 14530–14558.

PAZ, M. O. C. **Território, conflitos e pesca artesanal: os impactos do Porto Sudeste no cotidiano dos pescadores artesanais na Ilha da Madeira – Itaguaí (2010-2015)**. Dissertação (Mestrado). UERJ, Programa de Pós-Graduação em História Social, São Gonçalo, RJ: 2018, 108f. Disponível em: <<http://www.ppghsuerj.pro.br/wp-content/uploads/2021/04/Milaysa-de-Oliveira.pdf>>. Acesso em: 30/05/2022.

PEREIRA, N. N. **Alternativas de Tratamento da Água de Lastro em Portos Exportadores de Minério de Ferro**. Tese (Doutorado em Engenharia). USP, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Naval e Oceânica, São Paulo, SP: 2012, 349p. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3135/tde-07062012-174800/publico/NEWTONNARCISOPEREIRAVerfinalOpened.pdf>>. Acesso em: 15/05/2022.

PERROCA, M. G.; GAIDZINSKI, R. R. Avaliando a confiabilidade interavaliadores de um instrumento para classificação de pacientes-coeficiente *kappa*. **Revista da Escola de Enfermagem da USP**, v. 37, n. 1, p. 72–80, 2003.

PETROBRAS. **Projeto de Avaliação de Impactos Cumulativos - PAIC**. Região Litoral Sul Fluminense/RJ. Plano de Trabalho (Produto 1.2.1 - Fase 1). 2017, 170p.

PETTORELLI N.; VIK J. O.; MYSTERUD A.; GAILLARD J. M.; TUCKER C. J.; STENSETH N. C. Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. **Trends in Ecology & Evolution** 20(9), 2005, p. 503–510.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos** [prefácio]. Piracicaba: FEALQ, 2002.

PORTOCARRERO, H.; COSTA, V. C.; CONCEIÇÃO, R. S. **Geoprocessamento**. Volume Único. Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ - Consórcio CEDERJ, 2018, 372p.

PORTO-GONÇALVES; C. W. **Ambiente (Meio Ambiente)**. In: CALDART, R. S.; PEREIRA, I. B.; ALENTEJANO, P.; FRIGOTTO, G. (Orgs.) **Dicionário da Educação do Campo**. Rio de Janeiro, São Paulo: Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio, Expressão Popular, p. 96-105. 2012.

PORTO SUDESTE. **Somos Porto Sudeste - Quem somos**. 2022a. Disponível em: <<https://www.portosudeste.com/quem-somos/>>. Acesso em: 13/07/2022.

_____. **Porto Sudeste - Galeria - Fotos**. 2022b. Disponível em: <<https://www.portosudeste.com/galeria/fotos/>>. Acesso em: 13/07/2022.

_____. **Porto Sudeste - Galeria - Publicações – Conheça o Porto Sudeste.** 2022c. Disponível em: <<https://www.portosudeste.com/galeria/publicacoes/conheca-o-porto-sudeste/>>. Acesso em: 13/07/2022.

PROJETO MAPBIOMAS. **Coleção 7 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil.** Disponível em: <<https://brasil.mapbiomas.org/downloads/>>. Acesso em: 25/05/2023.

QGIS. Discover - About QGIS. 2022. Disponível em: <<https://www.qgis.org/en/site/about/index.html>>. Acesso em: 31/05/2022.

RANGEL, L.C. **O Complexo Logístico Industrial Portuário do Açúcar e seus Impactos no Sistema de Drenagem e na Estruturação Urbana da Região Norte-Fluminense.** Dissertação (Mestrado). IFF, Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Campos dos Goytacazes, RJ: 2013, 71p. Disponível em: <<https://portal1.iff.edu.br/pesquisa-e-inovacao/pos-graduacao-stricto-sensu/mestrado-em-engenharia-ambiental/dissertacoes-de-mestrado/2013/o-complexo-logistico-industrial-portuario-do-acucar-e-seus-impactos-no-sistema-de-drenagem-e-na-estruturacao-urbana-da-regiao-norte-fluminense/view/++widget++form.widget.dissertacao/@@download/Larissa+Carneiro+Rangel.pdf>>. Acesso em: 15/05/2022.

REIS, N. S. S.; SILVA, D. C.; RABELO, A. C. P.; NASCIMENTO, M. S.; PEREIRA, D. R. Água de lastro: Bioinvasão por siri *Charybdis hellerii*. *In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE QUALIDADE AMBIENTAL. Regulamentação Ambiental, Desenvolvimento e Inovação.* 10., 2016, Porto Alegre. **Artigo...** Porto Alegre: ABES-RS, 2016, 13p. Disponível em: <http://www.abes-rs.uni5.net/centraldeeventos/_arqTrabalhos/trab_20160912002630000000185.pdf>. Acesso em: 15/05/2022.

REIS, R. A.; GODOI, R. H. M.; HUERGO, L. F.; JOUCOSKI, E. **Poluição atmosférica relacionada às atividades portuárias em Paranaguá: Impactos nas áreas naturais protegidas da Mata Atlântica Paranaense.** Projeto de Pesquisa. Fundação Araucária, Universidade Federal do Paraná. 19p. 2019. Disponível em: <https://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files/documento/2020-12/projeto_39_2019.pdf>. Acesso em 23/05/2022.

ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento: tecnologia interdisciplinar.** Juiz de Fora: Editora do Autor, 2000.

ROLDÃO, H.; MELO, G. de; PIRES, E.; BARROS-FILHO, J. E. de.; RUFINO, C. L. Licenciamento Ambiental Portuário: Avaliação dos programas ambientais na Baía Babitonga - Santa Catarina. **Metodologias E Aprendizado**, 4, 2021. p. 18–32.

ROOS, E. C.; KLIEMANN NETO, F. J. Gestão ambiental portuária considerando aspectos econômicos e financeiros: uma revisão da literatura e de práticas nacionais e internacionais. *In: II Congresso Internacional de Desempenho Portuário*, 2015, Florianópolis/SC. **Anais...** II Congresso Internacional de Desempenho Portuário. Florianópolis, SC: 2015, 14p.

ROUSE, J.W.; HASS, R.H.; SCHELL, J.A.; DEERING, D.W. **Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS.** *In: EARTH RESOURCES TECHNOLOGY*

SATELLITE SYMPOSIUM, 3., 1973, Washington. Proceedings. Washington: NASA, 1974. p. 309-317.

RUPPENTHAL, J. E. **Gestão ambiental**. Rio Grande do Sul. Rede e-Tec Brasil, 2014.

SANTOS, A. L. G. **Manguezais da Baixada Santista - SP: Alterações e permanências (1962-2009)**. Dissertação (Mestrado). USP, Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental. São Paulo: 2009, 183p.

SANTOS, A. L. G. S.; FURLAN, S. A. Quem ganha e quem perde com a falta de proteção aos manguezais? Aspectos da Resolução Conama nº303/2002. **Revista do Departamento de Geografia**, USP, v. 41, n. 1, e184973. 16p. 2021.

SANTOS, A. S. (Org.) **Introdução ao ambiente SIG QGIS**. IBGE. Rio de Janeiro: 140p. 2018.

SANTOS, M. Z. F. **Análise da conservação ambiental das veredas do alto curso da Bacia Hidrográfica do Rio das Balsas, Estação Ecológica Serra Geral dos Tocantins – TO**. Dissertação (Mestrado). UFTO, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Porto Nacional, TO: 2020, 130f. Disponível em: <<https://repositorio.uft.edu.br/bitstream/11612/2013/1/Maria%20Z%20c3%a9lia%20Ferreira%20dos%20Santos%20-%20Disserta%20c3%a7%20c3%a3o.pdf>>. Acesso em: 05/06/2022.

SARRA, S.R.; MÜLFARTH, R.C.K. Impactos das atividades portuárias sobre a poluição atmosférica na cidade de Santos (Brasil). **Conjecturas**, V. 22, Nº 2, p. 1-14, 2022. Disponível em: <<https://conjecturas.org/index.php/edicoes/article/view/648/517>>. Acesso em: 15/05/2022.

SERENCO. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Itaguaí (RJ)**. Itaguaí: 2016, 590p. Disponível em: <<http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/downloads/SEAS/PMSB%20-%20ITAGAU%C3%8D.pdf>>. Acesso em: 30/05/2022.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Manguezal: Ecossistema entre a terra e o mar**. São Paulo: Caribbean Ecological Research, 1995. 64 p.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; ROVAI, A.S.; COELHO-JR, C.; MENGHINI, R. P.; ALMEIDA, R. A. **Alguns impactos do PL nº 30/2011 sobre os manguezais brasileiros**. In: Comitê Brasil em Defesa das Florestas e do Desenvolvimento Sustentável (Ed.). Código Florestal e a Ciência: O que nossos legisladores ainda precisam saber. Brasília: Comitê Brasil em Defesa das Florestas e do Desenvolvimento Sustentável, 2012. p. 18-27.

SCHULER, C. A. B.; ANDRADE, V. C.; SANTOS, D. S. **O manguezal: composição e estrutura**. In: Barros, H. M.; ESKINAZI-LEÇA, E.; MACEDO, S. J.; LIMA, T. (eds.). Gerenciamento Participativo de Estuários e Manguezais. Recife, Ed. Universitária da UFPE, 2000.

SEMADS. **Manguezais: educar para proteger**. Organizado por Jorge Rogério Pereira Alves. Rio de Janeiro: FEMAR: SEMADS, 2001. 96 p.

SERAFIN, I. T.; HENKES, J. A. Água de lastro: um problema ambiental. **R. gest. sust. ambient.**, Florianópolis, v. 2, n.1, abr./set. 2013, p. 92-112.

Disponível em:

<https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao_ambiental/article/download/1453/1110>. Acesso em: 15/05/2022.

SILVA, C. A. da. **Estudo de Impactos Ambientais**. Rede e-Tec Brasil. IFPR Educação a Distância. Curitiba, 124p. 2011.

SILVA, E. R. A. C.; MELO, J. G. S.; SANTANA, S. H. C.; GALVINCIO, J. D. **Mapeamento da degradação ambiental e análise dos focos de poluição do mangue do Pina, Recife - PE**. In: EL-DEIR, S. G.; BEZERRA, R. P. L.; AGUIAR, W. J. (Orgs.) Resíduos sólidos: diagnósticos e alternativas para a gestão integrada. 2. ed., v.3. EDUFRPE, Recife: PE, 2017. p. 76-85.

SILVA, E. R. A. C.; MELO, J. G. DA S.; FERREIRA, J. M. S.; GALVÍNCIO, J. D. Avaliação espaço-temporal dos impactos ambientais provenientes da instalação do Complexo Industrial e Portuário De Suape sobre sua hinterlândia. **Boletim de Geografia**, v. 36, n. 2, p. 134-150, 15 ago. 2018.

SILVA, K. A.; EL-DEIR, S. G.; JÚNIOR, J. J. M.; SANTOS, J. P. O.; SILVA, E. A. of vegetation dynamics using the normalized difference vegetation index (NDVI) at the archipelago of Fernando de Noronha, Pernambuco, Brazil. **INTERAÇÕES**, v. 21, n. 4, p. 885-901. 2020.

SILVA, L. C.; ROSA, F. S.; LUNKES, R. J. Estudo sobre desempenho ambiental de portos brasileiros. **R. gest. sust. ambient.**, Florianópolis, v. 7, n. 1, p. 4-33, jan./mar. 2018.

SILVA, O. R.; GOMES, M. B. M. Impactos das Atividades Portuárias no Sistema Estuariano de Santos. **Revista Metropolitana de Sustentabilidade**. v. 2, n. 2. São Paulo: SP, 2012. 18p. Disponível em:

<https://revistaseletronicas.fmu.br/index.php/rms/article/download/186/pdf_1#:~:text=A%20utiliza%C3%A7%C3%A3o%20de%20%C3%A1reas%20de,e%20bact%C3%A9rias%2C%20al%C3%A9m%20do%20chorume.>. Acesso em: 15/05/2022.

SILVA, R. M.; MOREIRA, E. C. P. A Água de Lastro e a necessidade de efetividade das Normas de Proteção da Biodiversidade Marinha no Contexto Amazônico. **Veredas do Direito**. v. 16, n. 35. Belo Horizonte: MG, 2019. p.123-147. Disponível em:

<<http://revista.domhelder.edu.br/index.php/veredas/article/view/1496/24787>>. Acesso em: 15/05/2022.

SILVA FILHO, L. C.R. da. **Análise da Gestão Costeira em Baías: O Caso da Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro**. Dissertação (Mestrado). UFRJ/COPPE, Programa de Pós-Graduação em Planejamento Energético, Rio de Janeiro, RJ: 2015, 130p. Disponível em: <http://www.ppe.ufrj.br/images/publica%C3%A7%C3%B5es/mestrado/Luiz_Carlos_Ramos_da_Silva_Filho.pdf>. Acesso em: 30/05/2022.

SOARES, M.; EVANGELISTA, D. K. R.; PEREIRA, A. M. L. **Boas práticas de manejo e de biossegurança na carcinicultura para convivência com enfermidades**. Brasília, DF: Embrapa, 2021, 48p. Disponível em:

<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/224146/1/doc44-2021.pdf>>. Acesso em: 12/07/2022.

SOUSA JR., J. N. C.; NOBRE JR., E. F.; PRATA, B. A.; MELLO, J. C. C. B. S. Avaliação da eficiência dos portos utilizando análise envoltória de dados: estudo de caso dos portos da região nordeste do Brasil. Ceará: **Journal of Transport Literature**, vol. 7, n. 4., p. 75-106, 2013.

SOUZA, M. **Projeto flexibiliza conceito de restinga como área de preservação permanente. Meio Ambiente e Energia**. Câmara dos Deputados. 2022. Disponível em: <<https://www.camara.leg.br/noticias/846349-projeto-flexibiliza-conceito-de-restinga-como-area-de-preservacao-permanente>>. Acesso em: 18/05/2022.

SOUZA FILHO, P. W. M. Costa de manguezais de macromaré da Amazônia: cenários morfológicos, mapeamento e quantificação de áreas usando dados de sensores remotos. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 4, n. 23. São Paulo, 2005. p. 427-435.

STEHMAN, S. V. **Estimating area and map accuracy for stratified random sampling when the strata are different from the map classes**. International Journal of Remote Sensing, 2014, p. 4923-4939.

STRAHLER, A. **Geografia Física**. 3. ed. Barcelona: Omega, 1989. 634p.

TALAMONI, A.C.B.; COSTA, W.C.P.; PINHEIRO, H.M.S.; PINHEIRO, M.A.A. **Histórico da Educação Ambiental e sua Relevância à Preservação dos Manguezais Brasileiros**. In: PINHEIRO, M.A.A.; TALAMONI, A.C.B. Educação Ambiental sobre Manguezais. São Vicente, UNESP, Instituto de Biociências, Campus do Litoral Paulista, cap. 2, p. 57-73, 2018.

TAVARES, B. G.; VERSIANI, B.M.; FREITAS, M.A.V. Gerenciamento dos Efluentes no Armazenamento e Movimentação Portuária de Minérios - Estudo de Caso Porto de Itaguaí. In: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2013 Bento Gonçalves/RS. **Anais... XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Bento Gonçalves: RS, 2013. 8p. Disponível em: <https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/155/4781738bb709c4765e932cf7b2012265_a21fc31eae48ad6a7ce2347197f542b.pdf>. Acesso em: 15/05/2022.

TAVARES, B. G. **Sistema de Informações para Subsidiar a Gestão de Efluentes Líquidos em Portos Marítimos no Brasil**. Dissertação (Mestrado). UFRJ/COPPE, Programa de Pós-Graduação em Planejamento Energético, Rio de Janeiro, RJ: 2017, 198p. Disponível em: <http://www.ppe.ufrj.br/images/publica%C3%A7%C3%B5es/mestrado/Bruna_Guerreiro_Tavares.pdf>. Acesso em: 15/05/2022.

TIAN J.; WANG L.; LI X.; GONG H.; SHI C.; ZHONG R.; LIU X. Comparison of UAV and WorldView-2 imagery for mapping leaf area index of mangrove forest. **International Journal of Applied Earth Observations and Geoinformation**, 61, 2017, p. 22–31.

USGS. **Landsat missions - Landsat 5**. 2022a. Disponível em: <<https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-5>>. Acesso em: 20/08/2022.

USGS. **Landsat missions - Landsat 8**. 2022b. Disponível em: <<https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-8>>. Acesso em: 20/08/2022.

VALDIVIEZO, C. V. L.; MARQUES, I. C. N.; SANTOS, L. M. dos. A atividade portuária brasileira. **Revista Científica Semana Acadêmica**. Fortaleza-CE. Edição 209. V.9. 26p. 2021.

VALOIS, N. A. L. **Proposição do uso de indicadores ambientais na avaliação de desempenho de portos brasileiros**. Dissertação (Mestrado). UFPE, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Recife, PE: 2009, 131p. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/5369/1/arquivo3899_1.pdf>. Acesso em: 15/05/2022.

VEIGA LIMA, F. A. **A expansão do setor portuário no Brasil e os desafios para a gestão das zonas costeiras**. Tese (Doutorado). UFSC, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em Geografia. Florianópolis, SC: 2018. 279p. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/205151/PGCN0706-T.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>>. Acesso em: 23/08/2022.

_____. **Portos marítimos e os desafios para a sustentabilidade costeira**. *In book:* SOUTO, R. D. (Org.) *Gestão ambiental e sustentabilidade em áreas costeiras e marinhas: Conceitos e práticas*. v. 1. Rio de Janeiro: Instituto Virtual para o Desenvolvimento Sustentável -- IVIDES.org. 2020, p. 198-229. Disponível em: <[http://www.vides.org/livro/Gestao_Ambiental_Sustentabilidade_RaquelDSouto_IVIDES.org2020\(comDOI\).pdf](http://www.vides.org/livro/Gestao_Ambiental_Sustentabilidade_RaquelDSouto_IVIDES.org2020(comDOI).pdf)>. Acesso em: 23/08/2022.

VICENTE-SERRANO S. M.; CAMARERO J. J.; OLANO J. M.; MARTÍN-HERNÁNDEZ N.; PEÑA-GALLARDO M.; TOMÁS-BURGUERA M.; GAZOL A.; AZORIN-MOLINA C.; BHUYAN U.; EL KENAWY A. Diverse relationships between forest growth and the normalized difference vegetation index at a global scale. **Remote Sensing of Environment**, 187, 2016, p. 14–29.

VICTÓRIO, C. P.; SANTOS, M. S.; DE MELLO, M. C; BENTO, J. P. S. P.; SOUZA, M. C.; SIMAS, N. K.; ARRUDA, R. C. O. The presence of heavy metals in *Avicennia schaueriana* Stapf & Leechman ex Moldenke leaf and epicuticular wax from different mangroves around Sepetiba Bay, Rio de Janeiro, Brazil. **Environmental Science and Pollution Research**, 27(19), 2020, p. 23714-23729.

VICTÓRIO, C. P.; SANTOS, M. S.; SIMAS, N. K. Phthalates: environmental pollutants detected in leaf epicuticular wax of *Avicennia schaueriana* and *Rhizophora mangle* from a mangrove ecosystem. **International Journal of Environmental Studies**. 2021, 10p.

VIDELA, E. S.; ARAUJO, F. V. Marine debris on the Brazilian coast: which advances in the last decade? A literature review. **Ocean and Coastal Management**, v. 199, p. 105400, 2021.

VOLPI, E. M. **Padrões para aquisição de softwares SIG por administrações públicas municipais**. Dissertação (Mestrado). UFSCAR, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, São Carlos, SP: 2006, 118f. Disponível em:

<<https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/4408/DissEMV.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 30/05/2022.

WALTER, F. **Vegetação e zonas climáticas: tratado de ecologia global**. São Paulo: EPU, 1986. 325p.

WOLFFENBÜTTEL, A. **O que é? Joint-venture**. Revista Desafios do Desenvolvimento. 25.ed. 3 Ano. IPEA. PNUD, 2006. Disponível em: <http://desafios.ipea.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=2110:catid=28&Itemid=23>. Acesso em: 12/07/2022.

WORBOYS, M.F. GIS: A Computing Perspective. London, Taylor and Francis, 1995.

ZAIDAN, R.T. Geoprocessamento Conceitos e Definições. **Revista de Geografia – PP GEO - UFJF**. Juiz de Fora, v.7, n.2, (Jul-Dez) p.195-201, 2017.

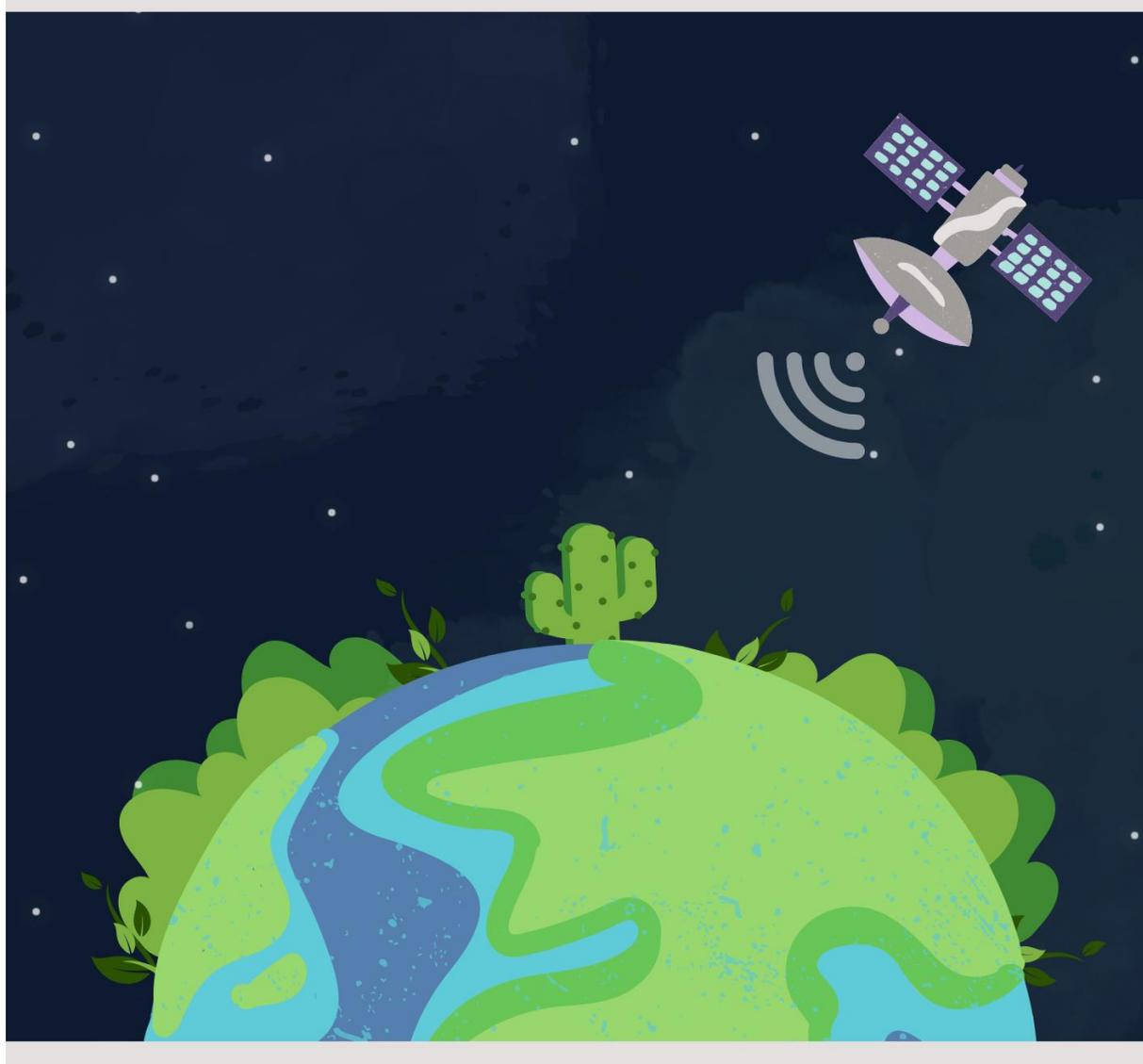
ZHU X.; LIU D. Improving forest aboveground biomass estimation using seasonal Landsat NDVI time-series. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, 102, 2015, p. 222–231.

APÊNDICE A – Cartilha “Geotecnologias e Monitoramento Ambiental”

Cartilha estruturada como produto técnico da dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, a ser divulgada na página virtual da Faculdade de Ciências Biológicas e Saúde (FCBS), da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, campus Zona Oeste.

Geotecnologias e Monitoramento Ambiental

Vitória Duarte Miranda
Cristiane Pimentel Victório
Ida Carolina Neves Direito



Elaboração

Cartilha estruturada como produto da dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Campus Zona Oeste (UERJ-ZO) como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Mestre em Ciências.

Título da Dissertação: “Análise do uso e cobertura da terra através de IVDN e de classificação supervisionada – Estudo de caso da implantação de sistema portuário privado em Ilha da Madeira, Itaguaí - RJ”

Discente: Vitória Duarte Miranda

Orientador (a): Prof^a. Dra. Cristiane Pimentel Victório

Coorientador (a): Prof^a. Dra. Ida Carolina Neves
Direito

Citação: MIRANDA, V. D.; VICTÓRIO, C. P.; DIREITO; I. C. N. Geotecnologias e Monitoramento Ambiental, 2023. 15 p.

Introdução

Essa cartilha objetiva contribuir na divulgação científica acerca da importância das geotecnologias, como os Sistemas de Informação Geográfica e o Sensoriamento Remoto, no monitoramento ambiental, em especial da vegetação.

Sendo assim, apresenta algumas geotecnologias e seus principais usos e aplicações, abordando um estudo de caso do mapeamento das mudanças no uso e cobertura da terra no bairro de Ilha da Madeira, Itaguaí - RJ.

Através desta, esperamos fomentar o uso das geotecnologias nas análises ambientais como relevantes instrumentos nos planejamentos territorial e ambiental, assim como na tomada de decisões.

Os autores

Sumário

- 4 O que são geotecnologias?
- 5 Exemplos de geotecnologias
- 6 Sensoriamento Remoto (SR)
- 9 Sistema de Informação Geográfica (SIG)
- 11 Estudo de caso: Geotecnologias no monitoramento ambiental
- 14 Considerações finais
- 15 Referências bibliográficas

O que são geotecnologias?

São tecnologias aplicadas à geração e análise de informações espaciais para os mais diversos fins¹.

Englobam diferentes **técnicas** que atuam no **tratamento** e na **manipulação** dos **dados espaciais**, por meio de **programas computacionais**. Possuem papel fundamental na:



Tomada de
decisão



Política
ambiental

Exemplos de geotecnologias

Sensoriamento Remoto



Conjunto de técnicas que viabilizam adquirir e analisar informações sobre a terra, mediante sensores inseridos em satélites, aeronaves, etc².

Sistemas de Informação Geográfica



Geotecnologia que permite o processamento de dados georreferenciados².

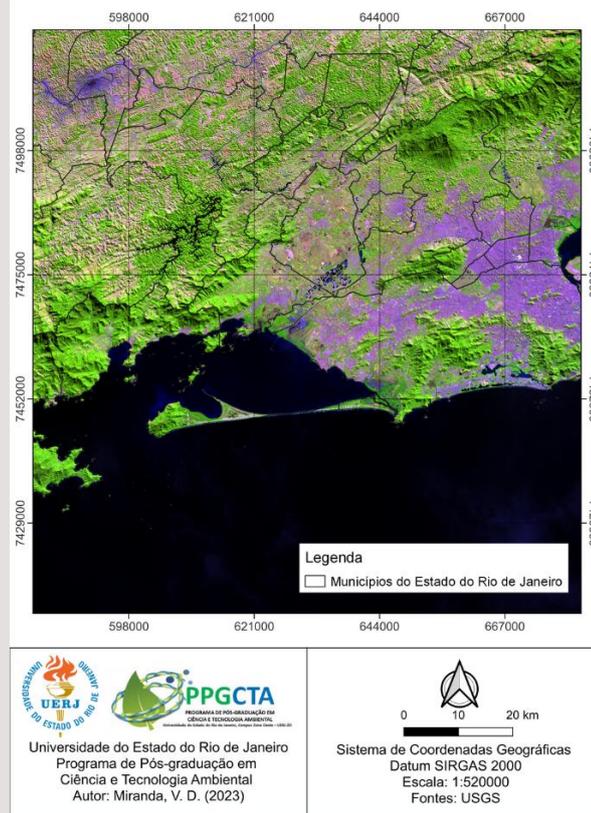
Sensoriamento Remoto (SR)

É o processo de aquisição de informações sobre algum objeto terrestre, de forma remota.

Os principais produtos do SR são as imagens de satélite. Atualmente, existem vários produtos disponíveis de forma gratuita!

O processamento e análise das imagens é realizado por sistemas computacionais que possibilitam a interpretação da superfície e dos objetos terrestres.

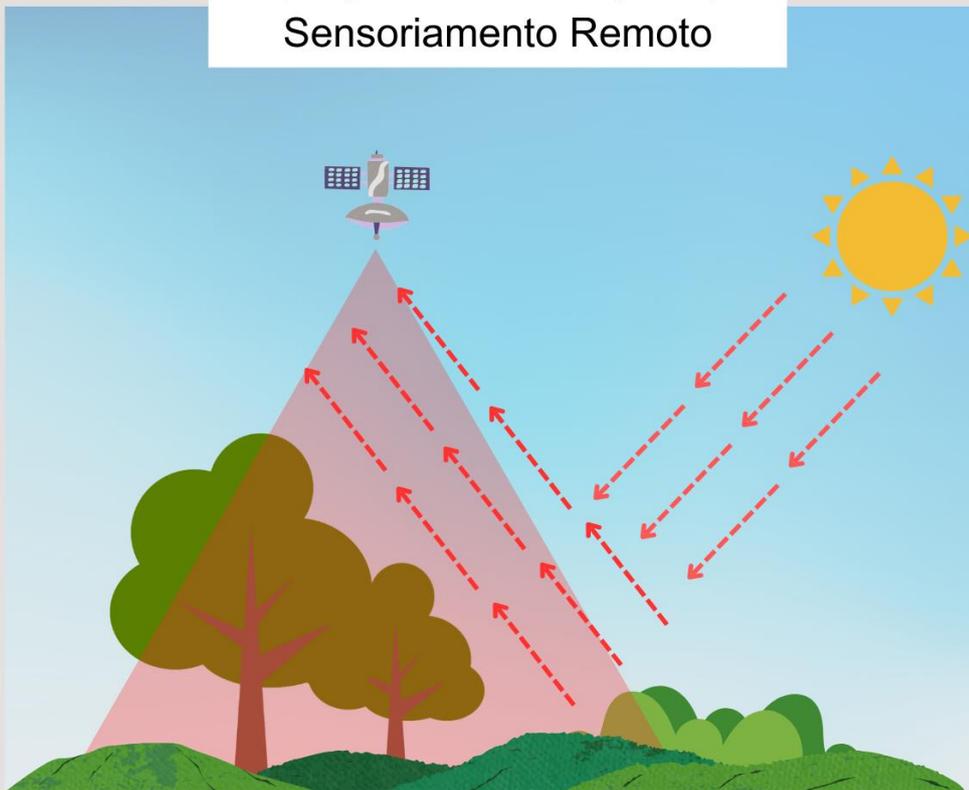
Exemplo de composição colorida (falsacor) com imagem do satélite *Landsat 8*



A composição de bandas da imagem constitui uma das formas de **pré-processamento** para analisar a **vegetação**. Na imagem, tons de verde estão associados à presença de vegetação, tons de roxo à áreas urbanas, tons de amarelo representam solo exposto e tons de azul e preto relacionam-se à corpos d'água.

A análise dos dados de SR é realizada pela verificação das interações da radiação eletromagnética entre os alvos.

Captação de informações por Sensoriamento Remoto



Sistema de Informação Geográfica (SIG)

É um sistema com capacidade para aquisição, armazenamento, tratamento, integração, processamento, recuperação, transformação, manipulação, modelagem, atualização, análise e exibição de informações digitais georreferenciadas³. É composto por⁴:



Aplicado de forma integrada à metodologia de pesquisas de diversas áreas científico-acadêmicas e nos setores público e privado em¹:

- ✓ Projetos de empreendimentos;
- ✓ Gestão de serviços e recursos;
- ✓ Monitoramento de fenômenos;
- ✓ Modelagem de processos;
- ✓ Planejamento territorial e ambiental;
- ✓ Banco de dados e cadastro urbano e rural;
- ✓ Logística;
- ✓ Avaliação de riscos e impactos ambientais.

Exemplos de funções¹:

Processamento
de imagens

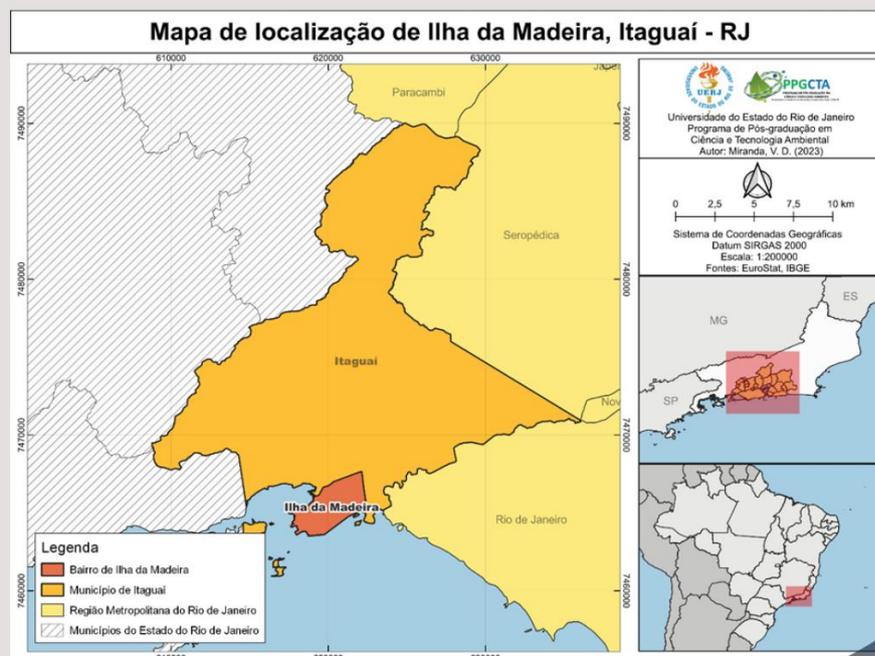
Modelagem de
superfícies

Análises espacial
e estatística

Consultas a
banco de dados

Estudo de caso: Geotecnologias no monitoramento ambiental

Desenvolvida no bairro de Ilha da Madeira, município de Itaguaí - RJ, a pesquisa dedicou-se a analisar as mudanças no uso e cobertura da terra, com foco na vegetação, frente à instalação de um empreendimento portuário na região. O bairro possui relevância econômica por situar indústrias e outros empreendimentos.



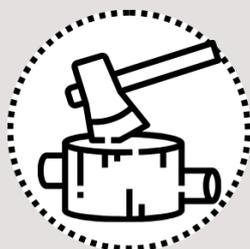
Aplicação do S.R. e de SIG

Através de imagens de satélite e das geotecnologias, buscou-se identificar os **impactos socioambientais** relacionados à essa construção, entre o período de 2008 (fase pré-instalação) a 2022 (fase de operação).

Dentre os resultados da pesquisa, gerou-se mapa de mudanças no uso e cobertura da terra (ver a seguir), em que se observou:

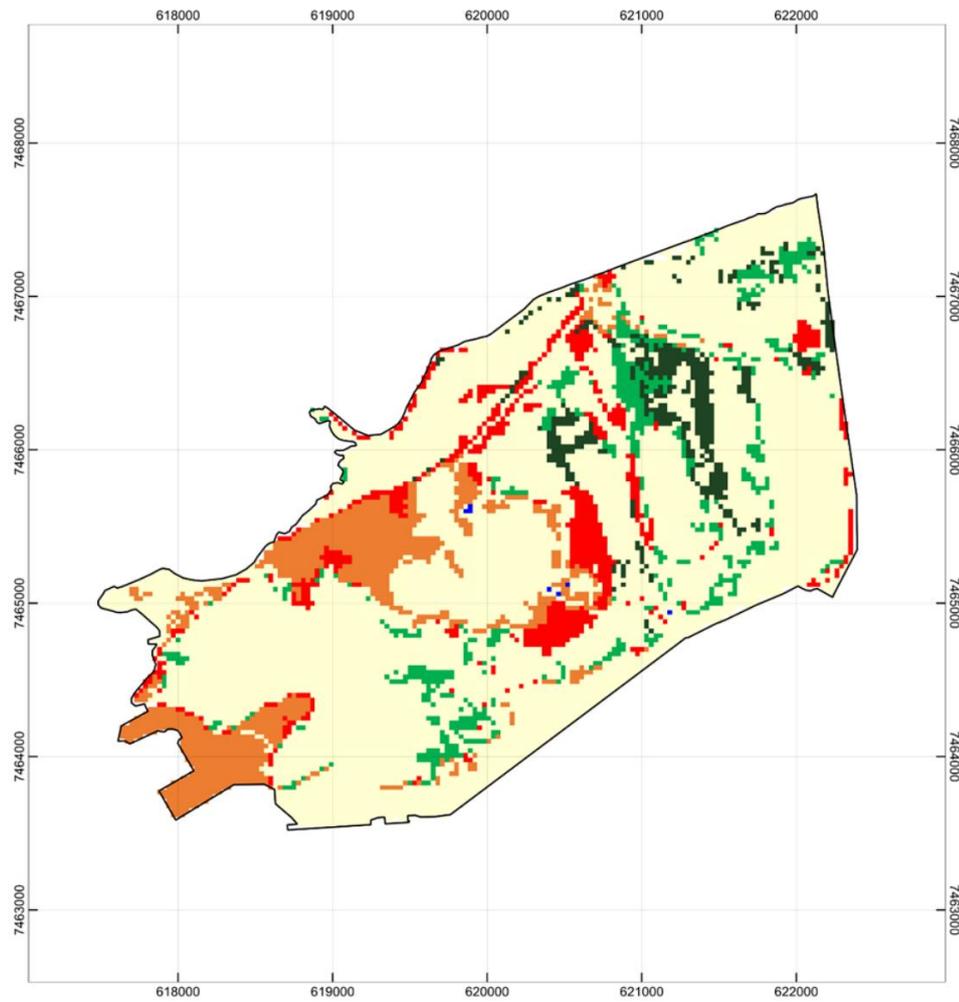


- Alterações antrópicas em 10,31% da área de estudo, entre 2008 e 2022.



- Desflorestamento em 6,64% do bairro de Ilha da Madeira; indicando a supressão da cobertura vegetal no período analisado.

Mudanças no Uso e Cobertura da Terra em Ilha da Madeira, Itaguaí - RJ



Legenda

-  Bairro de Ilha da Madeira
- Classes - Mudanças no Uso e Cobertura da Terra**
-  Antrópico
-  Corpos Hídricos
-  Desflorestamento
-  Inalterado
-  Natural
-  Reflorestamento



0 0,5 1 1,5 km

Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum SIRGAS 2000
Escala: 1:30000
Fontes: IBGE, USGS



Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Programa de Pós-graduação em
Ciência e Tecnologia Ambiental
Autor: Miranda, V. D. (2023)

Considerações finais



A associação das geotecnologias e sua aplicação em diversas áreas de estudo se constitui em uma potencialidade para geração de análises científicas integralizadas.

Na perspectiva ambiental, a utilização de ferramentas como o Sensoriamento Remoto e o Sistema de Informação Geográfica se mostra eficaz e útil. Um exemplo de aplicação se refere ao monitoramento do uso e cobertura da terra, com foco na vegetação, conforme indicado no estudo de caso aqui abordado.

Com base no exposto, espera-se contribuir na difusão dos conceitos fundamentais da temática, bem como incentivar a aplicação desses recursos, nos setores público e privado, visando subsidiar o monitoramento ambiental em prol da preservação e da conservação do meio ambiente.



Referências bibliográficas

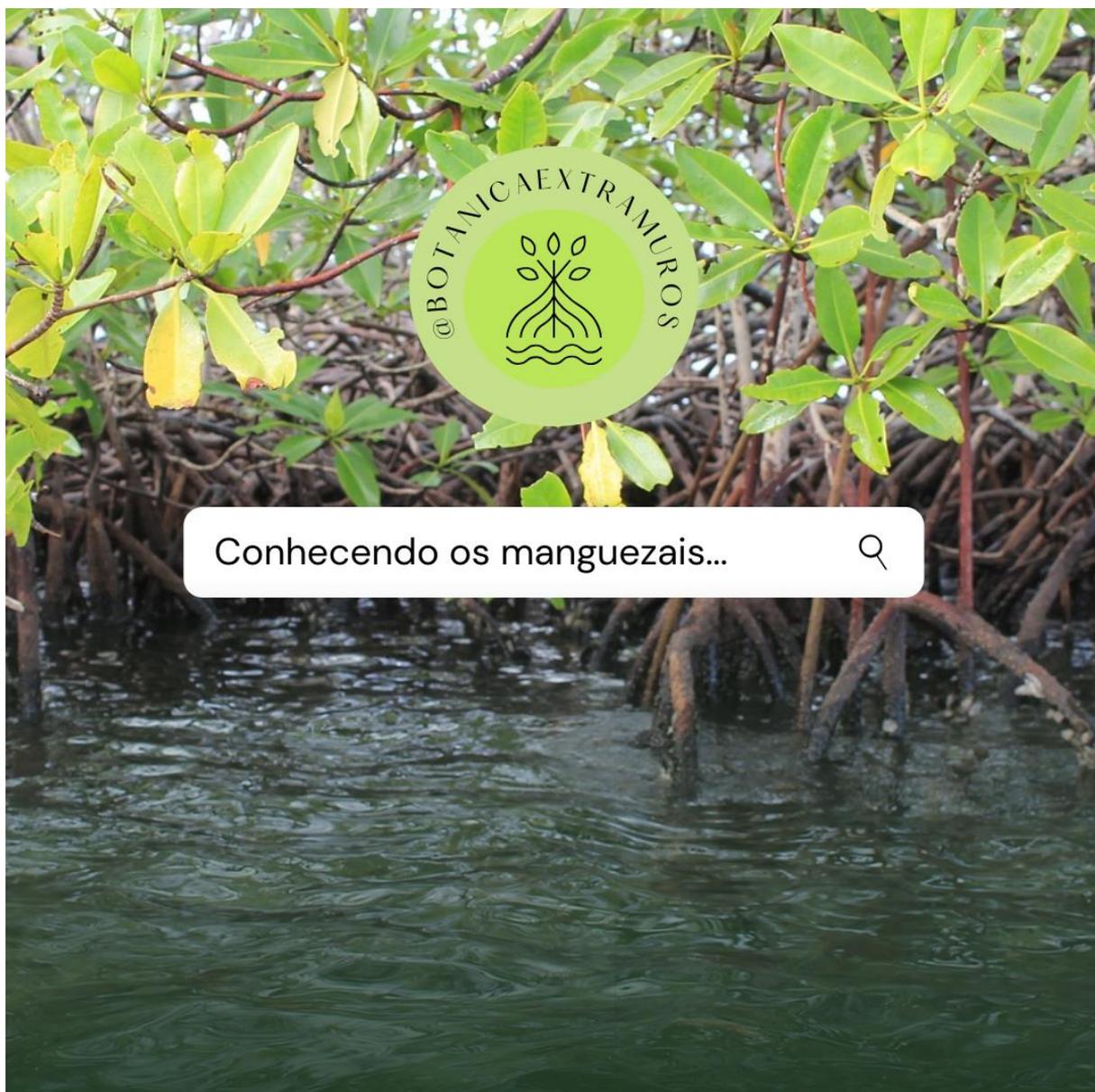
1. CONCEIÇÃO, R. S.; COSTA, V. C. Cartografia e geoprocessamento. v.1. Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ - Consórcio CEDERJ, 2011. 240p.
2. PORTOCARRERO, H.; COSTA, V. C.; CONCEIÇÃO, R. S. Geoprocessamento. Volume Único. Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ - Consórcio CEDERJ, 2018, 372p.
3. ROCHA, C. H. B. Geoprocessamento: tecnologia interdisciplinar. Juiz de Fora: Editora do Autor, 2000.
4. VOLPI, E. M. Padrões para aquisição de softwares SIG por administrações públicas municipais. Dissertação (Mestrado). UFSCAR, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, São Carlos, SP: 2006, 118f.

Arte gráfica

Produzida por/em: Freepik e Canva.

APÊNDICE B – *Post*: “Conhecendo os manguezais...”

Série de postagens “Conhecendo os manguezais...” realizadas para o Instagram do Projeto de Extensão Botânica Extramuros - UERJ-ZO (disponível em: <https://www.instagram.com/p/Cu3JIMDMXu5/>), em decorrência da realização do Estágio em Docência, como materiais didáticos formulados quando da realização do estágio, com base nos assuntos abordados na dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, campus Zona Oeste.



A importância dos manguezais

Os manguezais são ecossistemas desenvolvidos em **áreas de transição** de águas fluviais e marinhas. Apresentam relevância:



AMBIENTAL

BIOLÓGICA

ECONÔMICA

SOCIAL

Manguezal: Um grande berçário

Permite o desenvolvimento de **fauna** e **flora** específicas bem como determina o **ciclo reprodutivo**, o **crescimento** e a **sobrevivência** de variadas espécies animais e vegetais, em diferentes estágios da vida.



Fonte: Google Imagens.



Por isso é essencial sua
proteção!

Espécies da Flora

Apresentam relevantes adaptações biológicas que possibilitam seu desenvolvimento!



Avicennia schaueriana



alamy stock photo

Rhizophora mangle



dreamstime.com

Laguncularia racemosa

Fonte: Google Imagens.

Espécies da Fauna

Estão presentes nos ambientes aquático e terrestre...



Ardea alba



Cardisoma guanhumi



Sapajus xanthosternos

Fonte: Google Imagens.

Serviços Ecossistêmicos

Desempenham importantes funções ecológicas e econômicas, denominadas **serviços ecossistêmicos**. Dentre tantos, destacam-se:



Provisão

Produção de alimentos
Matéria prima

Regulação

Fixação de dunas
Estabilização da linha de costa

Cultural

Recreação
Ecoturismo

Suporte

Ciclagem de nutrientes
Manutenção da biodiversidade

Localização dos manguezais

Se estendem sobre regiões **subtropicais**, presentes em 8% da linha de costa terrestre.



Distribuição dos manguezais na linha de costa brasileira

VOCÊ SABIA?

O Brasil apresenta 2ª maior extensão global de manguezais, possuindo cerca de 13.400 km²!

Legislação dos manguezais

Visando garantir sua conservação e proteção, os manguezais são abordados em dispositivos legais brasileiros, como:



**Resolução CONAMA nº 4,
de 15 de setembro de 1985**

É o primeiro instrumento legal a tratar da conceituação desse ecossistema.



**Lei nº 12.651/2012, de 25 de
maio de 2012**

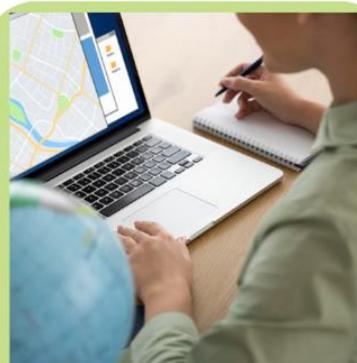
Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Nessa lei, o manguezal é tratado como Área de Preservação Permanente, em toda a sua extensão, nas zonas rurais e urbanas. As feições do ecossistema também são apresentadas.

Monitoramento ambiental

Na perspectiva da preservação e da conservação da vegetação e dos ecossistemas, as geotecnologias são ferramentas indispensáveis. Destacam-se como exemplos:



Sensoriamento
Remoto



Sistemas de Informação
Geográfica

Fonte: Freepik.

Essas tecnologias auxiliam na geração e análise de informações espaciais para os mais diversos fins, inclusive o **monitoramento ambiental!**

Gostou do post?



Curta



Comente



Compartilhe



Salve



Este projeto é resultado de Dissertação apresentada ao PPGCTA/UERJ-ZO da discente Vitória Duarte Miranda, sob orientação da Profª Drª Cristiane Pimentel Victório e coorientação da Profª Drª Ida Carolina Neves Direito.

Dissertação intitulada: "Análise do uso e cobertura da terra através de IVDN e de classificação supervisionada - Estudo de caso da implantação de sistema portuário privado em Ilha da Madeira, Itaguaí - RJ".

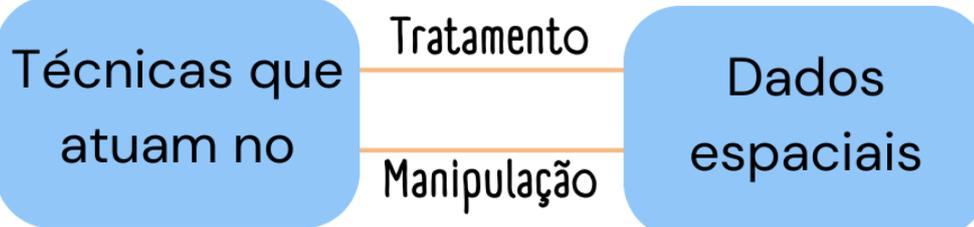
APÊNDICE C – Post: “Geotecnologias na avaliação do uso e cobertura da terra”

Série de postagens “Geotecnologias na avaliação do uso e cobertura da terra” realizadas para o Instagram do Projeto de Extensão Botânica Extramuros - UERJ-ZO (disponível em: <https://www.instagram.com/p/Cu3JIMDMXu5/>) em decorrência da realização do Estágio em Docência, como materiais didáticos formulados quando da realização do estágio, com base nos assuntos abordados na dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, campus Zona Oeste.



Geotecnologias: Definição

São tecnologias utilizadas para geração e análise de informações espaciais, aplicadas a diversos fins. Englobam, por meio de programas computacionais:



Vamos conhecer mais sobre essas
ferramentas?

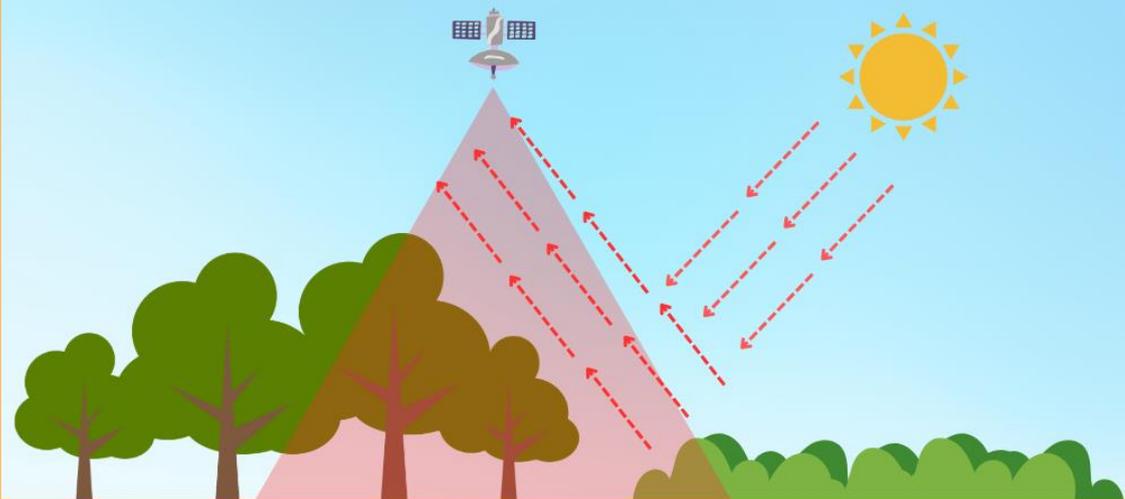


Sensoriamento Remoto (S.R.)

É a geotecnologia que abrange ao conjunto de técnicas que viabilizam a aquisição e análise de informações sobre a superfície da terra, mediante sensores inseridos em satélites, aeronaves, etc.



Captação de informações por Sensoriamento Remoto



Aplicação do Sensoriamento Remoto (S.R.)

Através das imagens de satélite, principais produtos do S.R., pode-se realizar análises diversas, como:

Avaliar a urbanização

Detectar o desmatamento

Monitorar desastres ambientais



Exemplo de imagem do satélite (Landsat 5)



Sistemas de informação Geográfica (SIG)

O SIG é um sistema composto por dados, metodologias, hardware, software e recursos humanos que possibilita a análise, manipulação, tratamento, exibição e/ou representação de informações georreferenciadas.



VOCÊ SABIA?

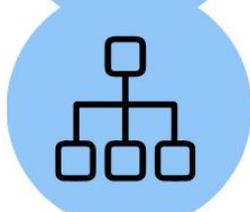
Informações georreferenciadas são aquelas que possuem referência à localização na superfície terrestre, estando associadas à coordenadas geográficas (latitude e longitude)!

Aplicação do SIG

Os SIGs são utilizados em pesquisas científico-acadêmicas e no setor público e privado. São exemplos de aplicações:



Monitoramento de fenômenos



Modelagem de processos



Avaliação de riscos e impactos ambientais

Monitoramento ambiental

Nos estudos sobre o uso e cobertura da terra, informações sobre o **solo** e a **vegetação** e outros **recursos ambientais** podem ser facilmente adquiridas através da manipulação de produtos de S.R., como as imagens de satélite, as quais podem ser analisadas e tratadas nos SIGs.



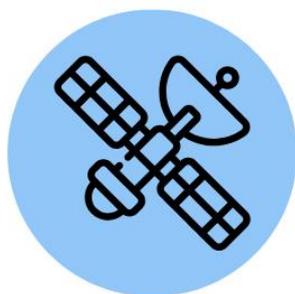
Por exemplo...

No caso da cobertura vegetal, essas ferramentas são essenciais na **detecção** de **mudanças** e de **padrões** de desflorestamento e reflorestamento!



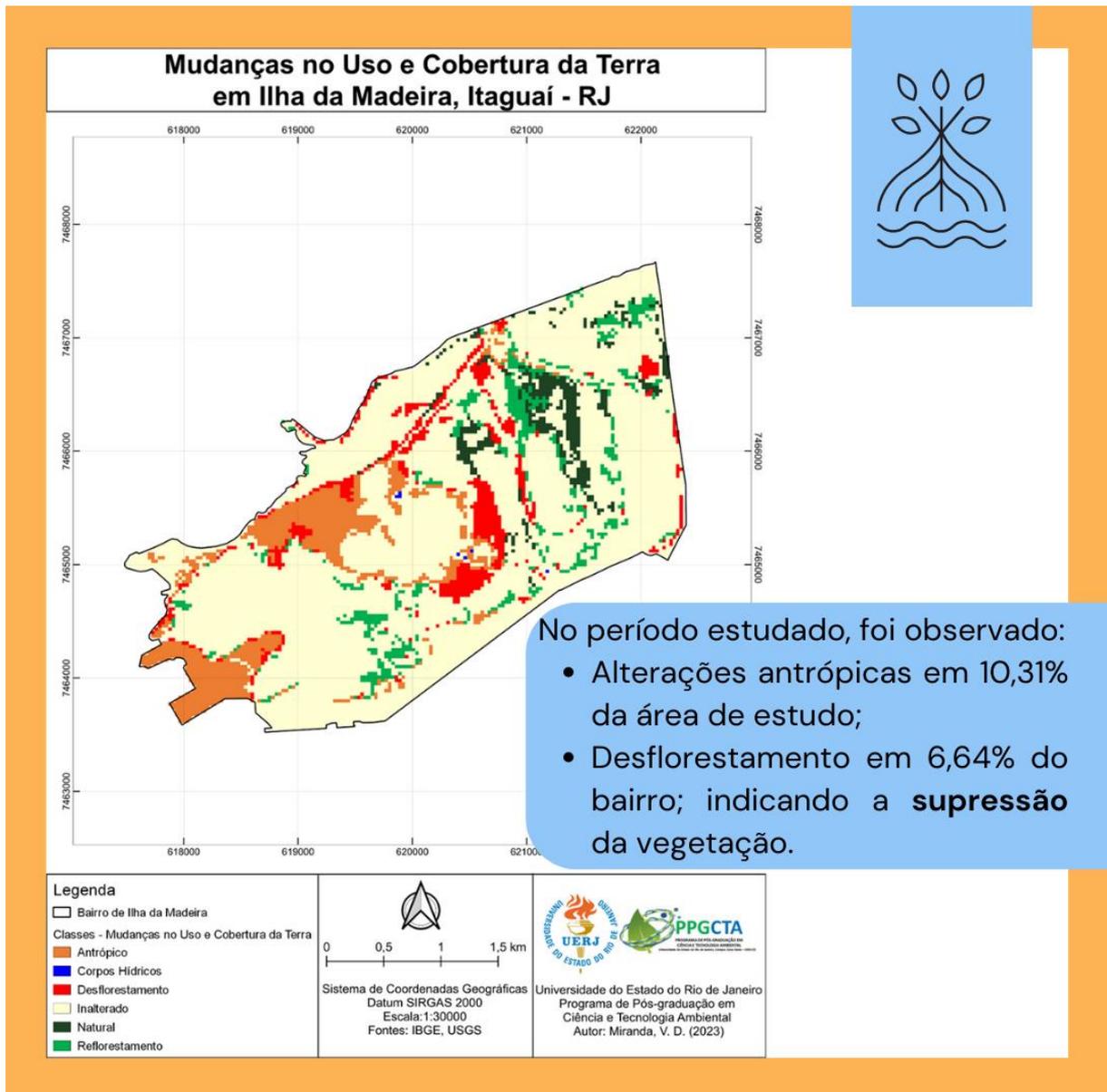
Estudo de caso

Considerando as potencialidades das geotecnologias, exemplifica-se sua aplicação em estudo de caso do mapeamento das mudanças no uso e cobertura da terra no bairro de **Ilha da Madeira**, Itaguaí - RJ.



Através de imagens de satélite e de SIG, analisou-se as transformações espaciais ocorridas entre o período de **2008** e **2022**, conforme indicado a seguir.





Gostou do post?



Curta



Comente



Compartilhe



Salve



Este projeto é resultado de Dissertação apresentada ao PPGCTA/UERJ-ZO da discente Vitória Duarte Miranda, sob orientação da Profª Drª Cristiane Pimentel Victório e coorientação da Profª Drª Ida Carolina Neves Direito.

Dissertação intitulada: "Análise do uso e cobertura da terra através de IVDN e de classificação supervisionada - Estudo de caso da implantação de sistema portuário privado em Ilha da Madeira, Itaguaí - RJ".