



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro de Tecnologia e Ciências

Instituto de Geografia

João Victor Pequeno Rufino

**Identificação e classificação de formas de relevo tecnogênicas produzidas
pela extração de areia e sal no município de Cabo Frio (RJ)**

Rio de Janeiro

2024

João Victor Pequeno Rufino

**Identificação e classificação de formas de relevo tecnogênicas produzidas pela extração
de areia e sal no município de Cabo Frio(RJ)**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para
obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-
Graduação em Geografia, da Universidade do
Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração:
Cultura e Natureza.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Gonçalves Pereira

Rio de Janeiro

2024

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/C

R926 Rufino, João Victor Pequeno.
 Identificação e classificação de formas de relevo tecnogênicas
 produzidas pela extração de areia e sal no município de Cabo Frio (RJ) /
 João Victor Pequeno Rufino. – 2024.
 147 f.: il.

 Orientador: Thiago Gonçalves Pereira.
 Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro,
 Instituto de Geografia.

 1. Relevo – Cabo Frio (RJ) – Teses. 2. Areia – extração – Teses. 3. Sal
 – extração – Teses. 4. Região dos lagos (RJ) – Teses. I. Pereira, Thiago
 Gonçalves. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de
 Geografia. III. Título.

CDU 551.4(815.3)

Bibliotecária responsável: Ingrid Pinheiro / CRB-7: 7048

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

Assinatura

Data

João Victor Pequeno Rufino

Identificação e classificação de formas de relevo tecnogênicas produzidas pela extração de areia e sal no município de Cabo Frio (RJ)

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Cultura e Natureza.

Aprovada em 20 de fevereiro de 2024.

Orientador (a) (es): Prof. Dr. Thiago Gonçalves Pereira

Instituto de Geografia - UERJ

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Thiago Gonçalves Pereira (Orientador)

Instituto de Geografia - UERJ

Prof. Dr. Antonio Soares Silva

Instituto de Geografia - UERJ

Prof. Dra. Maria Carolina Villaça Gomes

Instituto de Geografia - UERJ

Prof. Dra. Telma Mendes da Silva

Pós-Graduação em Geografia – IGEO/UFRJ

Rio de Janeiro

2024

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, mesmo não sendo uma pessoa muito religiosa, sinto que Ele esteve comigo nos momentos de dificuldade e abriu meus caminhos. Agradeço ao meus pais, Mario Luiz Rufino e Rosemary Henrique Pequeno, por terem me dado todo o suporte possível para que eu me dedicasse a correr atrás do meu sonho e por terem compreendido e acreditado nele junto comigo. Agradeço também por sempre me incentivaram e apoiarem a estudar e melhorar cada vez mais como ser humano e na minha formação acadêmica. A minha terapeuta Fernanda Rezende por ter me acompanhado durante toda essa jornada e por ter me mostrado que o mundo fora da zona de conforto é muito difícil, mas as recompensas valem cada esforço.

O mestrado se mostrou uma jornada solitária, no qual conheci poucos dos meus colegas que entraram junto comigo, mas quero agradecer em especial a Karol e Beatriz. Aos amigos que fiz durante a graduação Beatriz Dias, Tales Gaspar, Gabriel Jorge, Andreilson Silva, Amanda Lima, Odilon Junior, Ana Miranda, Mariane do Rosário, Nathália Rodrigues, Sabrina Pires e Luana Viera, que mesmo com cada um tendo seguido rumos diferentes, sempre arrumamos uma maneira de nos encontrarmos, mesmo que seja nas viagens para fazer concursos.

Um agradecimento especial para minha orientadora da graduação, Laura Delgado Mendes, que me incentivou a fazer o mestrado. Ao meu orientador durante todo o mestrado, Thiago Gonçalves Pereira, e aos professores da banca Telma Mendes, Antonio Soares e Maria Carolina.

Por fim, um agradecimento mais que especial a minha companheira Julia Rodrigues Silva, que foi o meu porto seguro e esteve ao meu lado durante todo o mestrado. Obrigado por todas as risadas, sorrisos, companheirismo e por me escutar e compreender sempre que possível. Por todas as tardes e noites juntos escrevendo, por todas as latas de energético para vencer a preguiça e por todas as ideias e opiniões para aperfeiçoar a minha dissertação. Sem você essa jornada não seria completa. E não poderia esquecer de agradecer aos meus sete cachorros, Evaristo, Maju, Gigi, Chorão, Fofuxinho, Farofinha e Sadan, que apesar de a maior parte do tempo estarem me distraindo da escrita ao latirem, brigarem ou fugirem, foram meus companheiros e muitas vezes minha rota de fuga do estresse.

Agradeço também a CAPES por ter fomentado a realização dessa pesquisa e a UERJ que foi minha segunda casa durante esses 2 anos.

Às vezes, a ciência é mais arte do que ciência. Algumas pessoas não entendem isso

Rick Sanchez

RESUMO

RUFINO, João Victor Pequeno. *Identificação e classificação de formas de relevo tecnogênicas produzidas pela extração de areia e sal no município de Cabo Frio (RJ)*. 2024. 147 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2024.

O município de Cabo Frio, localizado na região das Baixadas Litorâneas do estado do Rio de Janeiro, tem sido amplamente afetado pelo acelerado processo de urbanização e descaracterização de seu relevo, impulsionado principalmente pela indústria do turismo e especulação imobiliária. Uma das consequências dessas intervenções humanas é a criação de cavas de extração de areia, que são feições tecnogênicas resultantes de um complexo processo histórico de ocupação dos terrenos e manejo dos recursos naturais. Outra forma de relevo possível de ser observados no município são as salinas de extração de sal, que junto das cavas se mostraram como os relevos tecnogênicos de maior expressão na paisagem. Essa pesquisa tem como objetivos principais identificar e analisar as alterações na cobertura e uso da terra em Cabo Frio, com foco nas mudanças relacionadas à atividade de extração de areia e sal, utilizando cenas de sensores remotos dos anos de 1984, 1995, 2005, 2014 e 2022. A metodologia da pesquisa foi dividida em 5 etapas durante a classificação supervisionada de cobertura e uso da terra por meio de imagens de sensores remotos Landsat 5 e 8, com processamento digital das imagens (PDI) através de ferramentas de Sistema de Informação Geográfica (SIG), sendo o Quantum GIS (QGIS) o escolhido para desenvolver a pesquisa e o complemento utilizado foi SCP (*Semi-Automatic Classification Plugin*). Após essas etapas, com o auxílio das novas discussões propostas sobre a classificação do relevo brasileiro, foi possível caracterizar as cavas de extração de areia e as feições associadas a extração de sal como sendo Tecnoformas de escavação, ou seja, cicatrizes tecnogênicas escavadas provocadas pela retirada direta de material. Os resultados obtidos revelaram diminuição dos Corpos Hídricos, além da redução das classes de Campos e Pastagens, Sedimentos não consolidados e Salinas relacionado ao aumento expressivo da urbanização no município que se expandiu sobre essas classes. A Vegetação densa também apresentou crescimento, principalmente nos últimos 10 anos e a Extração de areia teve seu maior aumento entre 1995 e 2005, com o cenário atual de lento crescimento.

Palavras-chave: Região dos Lagos; antropoceno; tecnoformas; salinas; antropoceno em ambiente costeiro.

ABSTRACT

RUFINO, João Victor Pequeno. *Identification and classification of technogenic landforms resulting from sand and salt extraction in Cabo Frio (RJ)*. 2024. 147 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2024.

The municipality of Cabo Frio, nestled in Rio de Janeiro's Coastal Lowlands, has undergone profound changes due to rapid urbanization and landscape transformation, largely driven by tourism and real estate development. This has led to the emergence of sand extraction pits and salt extraction ponds as prominent features resulting from historical land use and resource exploitation. This study aims to comprehensively assess changes in land cover and land use within Cabo Frio, with a particular focus on the impacts of sand and salt extraction activities. Remote sensing data spanning from 1984 to 2022 were utilized for this analysis. The methodology involved a five-stage process, employing Landsat 5 and 8 remote sensing imagery alongside digital image processing through Geographic Information System (GIS) tools. Quantum GIS (QGIS) served as the primary analytical tool, supplemented by the Semi-Automatic Classification Plugin (SCP). Through this approach, sand extraction pits and salt extraction ponds were classified as excavation technofacies, representing human-induced alterations to the landscape. The findings of this research reveal a decrease in water bodies and a reduction in fields, pastures, unconsolidated sediments, and saline areas, primarily attributed to the rapid expansion of urban areas encroaching upon these natural features. Conversely, dense vegetation cover has shown significant growth, particularly over the past decade. Notably, sand extraction witnessed a substantial increase between 1995 and 2005, with current trends indicating a slower rate of expansion. This study provides valuable insights into the dynamic interplay between human activities and natural landscapes in Cabo Frio, highlighting the urgent need for sustainable land management practices to mitigate further environmental degradation and preserve the region's ecological integrity.

Keywords: Lakes Region; anthropocene; technoforms; salt ponds; anthropocene in coastal environment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Mapa de localização do município de Cabo Frio.....	24
Figura 2 –	Mapa da litografia de Cabo Frio.....	27
Figura 3 –	Mapa de localização do Distrito de Tamoios.....	32
Figura 4 –	Mapa de localização das Unidades de Conservação de Cabo Frio.....	36
Figura 5 –	Mapa de localização dos trechos das Bacias Hidrográficas que se inserem em Cabo Frio.....	38
Figura 6 –	Formas de relevo tecnogênicas organizadas segundo aspectos morfográficos (1º nível taxonômico) e morfogenéticos (2º nível taxonômico), com aspectos de sua expressão no terreno e morfogênese....	51
Figura 7 –	Fluxograma das etapas da pesquisa.....	62
Figura 8 –	Interface do QGIS 3.22.14.....	65
Figura 9 –	Interface do SCP 7.10.10.....	66
Figura 10 –	Fluxograma da identificação dos relevos tecnogênicos.....	73
Figura 11 –	Áreas de interesse A e B com marcação das áreas de extração de areia....	75
Figura 12 –	Trecho da área de estudos com ocorrência dos areais utilizados na classificação do relevo tecnogênico para anos distintos da área A.....	76
Figura 13 –	Trecho da área de estudos com ocorrência dos areais utilizados na classificação do relevo tecnogênico para anos distintos da área B.....	77
Figura 14 –	Área de interesse C com marcação das áreas de exploração de sal.....	78
Figura 15 –	Trecho da área de estudos com ocorrência de salinas utilizados na classificação do relevo tecnogênico para anos distintos da área C.....	79
Figura 16 –	Resposta espectral das classes de Corpos Hídricos, Salinas e Área de extração.....	80
Figura 17 –	Comparação da resposta espectral das classes de Corpos Hídricos, Salinas e Área de extração.....	82
Figura 18 –	Mapa de cobertura e uso da terra do município de Cabo Frio (RJ) no ano de 1984.....	86
Figura 19 –	Mapa de cobertura e uso da terra do município de Cabo Frio (RJ) no ano de 1995.....	87
Figura 20 –	Mapa de cobertura e uso da terra do município de Cabo Frio (RJ) no ano de 2005.....	88

Figura 21 –	Mapa de cobertura e uso da terra do município de Cabo Frio (RJ) no ano de 2014.....	89
Figura 22 –	Mapa de cobertura e uso da terra do município de Cabo Frio (RJ) no ano de 2022.....	90
Figura 23 –	Imagens fotográficas de pilhas ou elevações tecnogênicas temporárias, tecnoformas de acumulação, Município de Seropédica (RMRJ).....	99
Figura 24 –	Imagens fotográficas de pilhas ou elevações tecnogênicas integradas a paisagem, tecnoformas de acumulação, Município de Seropédica (RMRJ).....	100
Figura 25 –	Imagens fotográficas de áreas das antigas cavas de extração de areia (Tecnoformas de escavação) tomadas pela vegetação e a urbanização nos arredores da área de interesse A.....	101
Figura 26 –	Imagens fotográficas dos arredores das antigas cavas de extração de areia (Tecnoformas de escavação) tomadas por edificação na área de interesse A.....	102
Figura 27 –	Mapa de evolução das cavas de extração de areia na área interesse A.....	103
Figura 28 –	Mapa evolução das cavas de extração de areia na área interesse B.....	104
Figura 29 –	Mapa evolução das salinas na área de interesse C.....	107
Figura 30 –	Produção de cimento no estado do Rio de Janeiro de 1980 a 2022.....	114
Figura 31 –	Mapa de localização dos municípios da Baixada Litorânea e Macaé.....	121
Figura 32 –	Projeto de construção de ilhas artificiais nas áreas da antiga Companhia Salinas de Perynas.....	125
Figura 33 –	Mapa de localização das áreas de interesse para exploração de areia em Cabo Frio.....	127
Figura 34 –	Mapa dos Processos de Licenciamento da extração de areia em Cabo Frio.....	129
Figura 35 –	Processos de extração de areia entre 1991 e 2022.....	130
Figura 36 –	Mapa ilustrando o ano de início de cada processo de Licenciamento de extração de areia em Cabo Frio.....	131
Figura 37 –	Foto ilustrativa do processo de preenchimento de cavas de extração de areia com sedimentos sem origem determinada.....	135

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Informações sobre os sensores <i>Landsat</i> utilizados na pesquisa.....	67
Tabela 2 –	Escala de valor de Kappa.....	72
Tabela 3 –	Índice Kappa dos mapas de cobertura e uso da terra.....	84
Tabela 4 –	Dados da classe Corpos hídricos e sua variação ao longo de 1984 a 2022..	92
Tabela 5 –	Dados da classe Vegetação Densa e sua variação ao longo de 1984 a 2022	93
Tabela 6 –	Dados da classe Campos e Pastagens e sua variação ao longo de 1984 a 2022.....	94
Tabela 7 –	Dados da classe Sedimentos não consolidados e sua variação ao longo de 1984 a 2022.....	95
Tabela 8 –	Dados da classe Área de extração de areia e sua variação ao longo de 1984 a 2022.....	96
Tabela 9 –	Dados da classe Salinas e sua variação ao longo de 1984 a 2022.....	105
Tabela 10 –	Dados da classe Rocha Exposta e sua variação ao longo de 1984 a 2022....	108
Tabela 11 –	Dados da classe Áreas Urbanas e sua variação ao longo de 1984 a 2022....	109
Tabela 12 –	Dados nacionais, em 1000t, sobre a produção de areia, cimento, agregados para construção civil e areia para construção civil de 1994 a 2019.....	112
Tabela 13 –	Produção em 1000t do cimento no Rio de Janeiro e Brasil entre 1980 e 2022.....	117
Tabela 14 –	Produção de areia comparada com a produção de cimento, entre 2010 e 2022.....	119
Tabela 15 –	População dos municípios da Baixada Litorânea de 1970 a 2022.....	120
Tabela 16 –	População do município de Macaé 1970 a 2022.....	121
Tabela 17 –	População do município de Cabo Frio e sua variação a cada 10 anos.....	123

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AA	Área de extração
ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
AIA	Avaliação de impacto ambiental
ANA	Agência Nacional de Águas
ANM	Agência Nacional de Mineração
APA	Área de proteção ambiental
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria de Construção
CEN/SBCR	Comitê Executivo Nacional do Sistema Brasileiro de Classificação do Relevo
CH	Corpos hídricos
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DN	<i>Digital Numbers</i>
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
DOS1	<i>Dark Object Subtraction 1</i>
DRM – RJ	Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
FOA	<i>Food and Agriculture Organization of the United Nation</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
IAT	Instituto Água e Terra
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LANDSAT	<i>Land Remote Sensing Satellite</i>
MME	Ministério de Minas e Energia
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
NECOST	Núcleo de Estudos Costeiros
OLI	<i>Operational Terra Imager</i>
PDI	Processamento digital de Imagens de sensores remotos
PERHI	Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro
PMNA	Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica
PRAD	Plano de Recuperação de Área Degradada
QGIS	<i>Quantum GIS</i>
RAL	Relatórios Anual de Lavras

RH	Região hidrográfica
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
ROI	Regiões de Interesse
RPPN	Reserva Particular do Patrimônio Natural
S	Salinas
SCP	<i>Semi-Automatic Classification Plugin</i>
SIG	Sistemas de informações geográficas
SIGMINE	Sistema de informações Geográficas da mineração
SNIC	Sindicato Nacional da Indústria de Cimento
TIRS	<i>Thermal Infrared Sensor</i>
TM	<i>Thematic Mapper</i>
TOA	<i>Top of Atmosphere reflectance</i>
UC	Unidade de Conservação
UERJ	Universidade do Estado do Rio de Janeiro
USGS	<i>United States Geological Survey</i>

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	17
1	OBJETIVO GERAL	21
1.1	Objetivo específico	21
2	JUSTIFICATIVA	22
3	ÁREA DE ESTUDOS.....	24
3.1	Geologia.....	24
3.2	Unidades Geomorfológicas e Aspectos Geoambientais	29
3.3	Características do Distrito de Tamoios.....	31
3.4	Aspectos climáticos e do solo	34
3.5	Unidades de Conservação e Bacias Hidrográficas	35
4	REFERENCIAL TEÓRICO	40
4.1	Geotecnologias e análise ambiental.....	40
4.2	Antropoceno e a nova classificação de relevo brasileiro.....	42
4.3	Extração, Impactos e Legislação da mineração de areia.....	54
5	METODOLOGIA.....	61
5.1	Levantamento de informações e bases cartográficas.....	62
5.2	Programas e bases de dados utilizado.....	63
5.2.1	<u>Quantum GIS.....</u>	64
5.2.2	<u>Extensão para Classificação Supervisionada Semiautomática (SCP).....</u>	65
5.2.3	<u>Sensores Landsat.....</u>	66
5.2.4	<u>Google Earth Pro e outros programas utilizados.....</u>	68
5.3	Análise da cobertura e uso da terra.....	68
5.4	Classificação supervisionada como ferramenta de análise.....	70
5.5	Metodologia de identificação e classificação dos relevos tecnogênicos.....	72
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	84
6.1	Análise temporal da cobertura e uso da terra no município de Cabo Frio....	84
6.2	Consumo e produção de areia no estado do Rio de Janeiro x Crescimento populacional da Baixada Litorânea.....	109
6.3	As questões ambientais da exploração de areia em Cabo Frio.....	126
6.4	Como o mundo trata a questão da exploração da areia e alternativas para	

a recuperação de cavas.....	133
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	136
REFERÊNCIAS	138

INTRODUÇÃO

O processo de urbanização da zona costeira brasileira é algo que se iniciou no período da colonização europeia e estendeu-se até os dias atuais resultando em um processo altamente conflituoso do ponto de vista ambiental e paisagístico. As zonas costeiras apresentam-se como complexos sistemas de ambientes de alta instabilidade e fragilidade, sendo a heterogeneidade ambiental e paisagística a sua maior qualidade (CORRÊA, 2013).

As principais atividades da cidade de Cabo Frio até o século XIX eram a extração e benefício de sal e a pesca, sendo tais atividades responsáveis pelo desenvolvimento, ainda que lento, da cidade. A implementação de maior infraestrutura no município, como a construção da rodovia Amaral Peixoto na década de 1940, possibilitou o início das atividades turísticas, fato que alterou o ritmo e a forma da expansão urbana. Entretanto, é a partir de 1973, com a construção da ponte Rio-Niterói, que as atividades turísticas se firmariam definitivamente como a dominante, isso atrelado concomitantemente ao declínio da indústria salina da Região dos Lagos (MELO, 2011).

Ao se manifestar espacialmente de maneira distribuída no território do município, o processo de urbanização foi acompanhado da intensificação do uso e ocupação do solo e de inúmeros conflitos territoriais e ambientais em Cabo Frio. A orla marítima de Cabo Frio passa por um intenso processo de artificialização, consequência imediata da urbanização, a paisagem é alterada significativamente, pela substituição de elementos e formas naturais por formas humanas (CORRÊA, 2013).

A ação humana sobre a natureza através da atividade produtiva vem causando efeitos geológico-geomorfológicos que se acumulam em quantidade a ponto de ser proposta uma nova designação de período geológico para caracterizar tal época, assim sendo denominado o Quinário ou Tecnógeno. As cavas de extração de areia presentes no município de Cabo Frio são produtos do Tecnógeno. Essas feições são geradas diretamente ou influenciadas pela atividade humana (PELOGGIA, 1997). Essas novas formas ou feições têm sido incorporadas nos estudos geográficos por apresentar uma gênese e morfologia diretamente ligadas a formas de apropriação e ocupação do relevo (MIYAZAKI, 2014).

Essas novas feições apresentam características específicas, que demonstram a sua gênese diferenciada dos processos ditos puramente naturais. Essas formações ocorrem quando há a intervenção humana na dinâmica dos processos naturais e provocam uma quebra do equilíbrio dinâmico. Com isso, a atualidade é marcada pela forma como a sociedade consome

os recursos naturais e produz o espaço, deixando registrada na paisagem uma série de formas oriundas de processos de ocupação, ou seja, feições tecnogênicas (MIYAZAKI, 2014).

As ações humanas são capazes de alterar a paisagem em um curto período, ou seja, um tempo histórico das irregularidades, dos ritmos e das variabilidades e, em contrapartida, o tempo geológico é pautado nos processos de transformações da paisagem que levam de milhões até bilhões de anos para ocorrerem (SUERTEGARAY e NUNES, 2001).

Na perspectiva do momento presente muitos geógrafos têm privilegiado os estudos de processos e impactos que ocorrem na escala local em detrimento da escala regional e global, pelo fator de que os problemas socioambientais são mais expressivos, visíveis e crônicos em locais pontuais, o que não impede de esses possuírem relações com outras escalas regionais e/ou locais (MIYAZAKI, 2014).

Em resumo, o tempo histórico permite aos pesquisadores identificar a gênese da evolução das feições tecnogênicas, além de conhecer, através dos registros impregnados na paisagem, as fases históricas da transformação local e na escala de tempo geológica não seria possível trabalhar as feições tecnogênicas, já que as transformações ocorrem de forma pontual e em espaços de tempos curtos, no máximo 100 anos, devido a ação humana de transformar, induzir e construir novas estruturas e formas (MIYAZAKI, 2014) .

Com isso, a capacidade de intervenção nas formas e na dinâmica da superfície terrestre, em especial associadas à técnica, tornou o ser humano um novo agente geológico-geomorfológico que supera seus equivalentes naturais pela intensidade e velocidade de transformação (PELOGGIA e OLIVEIRA, 2005). Na perspectiva social, traz prejuízos econômicos e perda da qualidade de vida (SILVA *et al.*, 2015). Muitas ações antrópicas resultam em significativas alterações que, em sua maioria, são inconvertíveis ao meio ambiente.

Assim, no contexto do Antropoceno/Tecnógeno, a identificação e caracterização de relevos tecnogênicos (PELOGGIA e OLIVEIRA, 2005) possibilita a investigação dessa intervenção humana sobre a natureza e suas dinâmicas, constituindo-se em marcos estratigráficos (PELOGGIA, 1996), inclusive tendo sido recentemente incorporado no Sistema Brasileiro de Classificação do Relevo, em fase de sistematização (CEN/SBCR, 2022), sendo o relevo tecnogênico caracterizado por “morfologias resultantes da agência humana, a qual constitui o elemento fundamental para sua identificação, diferenciação e caracterização” (CEN/SBCR, 2022, p.222). A grandeza e intensidade das alterações dão escopo à ideia de que a sociedade é um agente ativo em relação aos processos superficiais. Logo, pode-se afirmar “que os processos geológicos e geomorfológicos estão sujeitos ao

condicionante tecnogênico, justificando a adoção de uma nova abordagem a respeito da dinâmica dos processos superficiais” (SILVA *et al.*, 2014).

A produção de areia fluminense ocorre em terrenos quaternários devido à ocorrência de depósitos arenosos relacionados ao intenso retrabalhamento do relevo nesse período geológico, entretanto, essas áreas, mesmo que em uma considerável disponibilidade, coincidem com áreas de ocupação urbana. Tendo em vista que as baixadas, terrenos associados a depósitos arenosos, com suas formas planas e suaves, facilitam a ocupação e a construção, surge a problemática de que o recurso mineral na superfície terrestre é abundante, porém esses locais já apresentam outros usos que impedem sua exploração (SILVA, 2010).

Em Cabo Frio, mais especificamente no seu segundo distrito denominado Tamoios, a mineração impôs o fim da restinga local, da mata ciliar e das árvores remanescentes da Mata Atlântica, a forma da extração da areia ocorreu através de uma sucessão de amplas cavas. A formação dessas cavas não é algo recente e resultam de um processo de extração que levou várias décadas, essas feições originam-se da extração de areia que vigorou na área do distrito entre as décadas de 1980 e 1990 (LIMA *et al.*, 2011).

Os recursos naturais e o meio ambiente estão em mudanças contínuas em resposta à evolução natural e às atividades humanas, ao mesmo tempo em que as tendências verificadas na sociedade atual, por meio de seus avanços tecnológicos e políticos de desenvolvimento, é crescente a evolução dos processos de transformação da paisagem naturais modificando ciclos de matéria, fluxos de energia e biodiversidade (SAUSEN, 2010; BATISTELLA e MORAN, 2008).

Para melhor compreender os fenômenos que causam essas mudanças, é necessária uma observação em escalas de tempo e espaço adequadas e, portanto, a observação da Terra por meio de satélites se apresenta de maneira mais efetiva para monitorar tais fenômenos e isso é aprimorado através das geotecnologias. Nos últimos anos, as geotecnologias adquiriram caráter fundamental para pesquisas e monitoramento ambiental, uma vez que possibilitam, com eficiência, a obtenção e tratamento de elevadas quantidades de dados e informações sobre recursos naturais. Logo, o monitoramento ambiental das alterações ocorridas no ambiente evoluiu consideravelmente tanto em questão de agilidade como em questão de qualidade por dispor de imagens provenientes de satélites que podem ser trabalhadas em diferentes escalas, desde continental a local, além da resolução temporal que permite a comparação de diferentes épocas do ano e anos distintos facilitando o estudo dinâmico da região. Além disso, as geotecnologias geram inúmeras possibilidades de desenvolvimento de

sistemas de gestão e de monitoramento territorial, capazes de fornecer subsídios as demandas de sustentabilidade socioambiental (SAUSEN, 2010; BATISTELLA e MORAN, 2008).

1 OBJETIVO GERAL

Identificar as alterações de cobertura e uso da terra ocorridas no período de 1984 a 2022 no município de Cabo Frio (RJ), principalmente as relacionadas a extração de areia e exploração de sal, e classificar as novas formas de relevo observadas utilizando-se a classificação dos relevos tecnogênicos proposta pelo Sistema Brasileiro de Classificação do Relevo (SBCR, 2022).

1.1 Objetivos específicos

- Identificar e mapear as áreas onde ocorrem ou ocorreram a extração de areia e sal no município de Cabo Frio através do uso de geotecnologias;

- Classificar as formas de relevo associadas a extração de areia e exploração de sal seguindo a proposta de classificação do relevo do SBCR (2022);

- Avaliar a relação entre as áreas construídas e as áreas de extração observadas, além de analisar outras mudanças na cobertura e uso da terra ocorridas no período de 1984 a 2022;

- Relacionar, analisar e discutir os resultados obtidos com os dados dos mapeamentos posicionando-os no contexto histórico e socioeconômicos da área.

2 JUSTIFICATIVAS

A escolha do município de Cabo Frio como área de estudos ocorreu pela sua complexidade e pelos inúmeros conflitos ambientais que podem ser objetos de estudos da geografia. Por estar localizada em uma planície costeira, o seu conjunto de ambientes sofreu fortes impactos nos últimos 30 anos ligados a expansão imobiliária produzida pelo turismo de veraneio (CPRM, 2000a).

Não é difícil de se encontrar guias e páginas turísticas que destaquem as cidades de Cabo Frio, Armação de Búzios e Arraial do Cabo como principais polos de turismo do estado do Rio de Janeiro, e do Brasil. A expansão acelerada aliada com os loteamentos indiscriminados, todos assentados sobre as planícies costeiras, acarretaram consideráveis danos ambientais, pois promoveram a destruição da vegetação nativa e a contaminação das lagunas costeiras e do lençol freático, em um ambiente onde ocorre a escassez da disponibilidade de água superficial e subterrânea (CPRM, 2000a).

O Núcleo de Estudos Costeiros (NECost) pertencente ao Departamento de Geografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) e coordenado pelo professor Thiago Pereira reúne uma rede de colaboradores como professores, pesquisadores, alunos de pós-graduação e graduação, além de uma sólida experiência em atividades acadêmicas, pesquisa científica e projetos no que tange aspectos relacionados à geomorfologia costeira, dinâmica físico-ambiental e impactos socioambientais das áreas costeiras e marinhas do Estado do Rio de Janeiro.

O município de Cabo Frio é um dos laboratórios de estudos mais utilizados pelo grupo de pesquisa para a realização de suas pesquisas, focadas principalmente em três linhas de atuação. Sendo elas: Morfodinâmica e Arquitetura Depositional interna entre Praias e Dunas frontais no litoral do estado do Rio de Janeiro; Interação geomorfologia e geofísica rasa na determinação de processos costeiros entre praia e dunas no litoral do estado Fluminense; e Dinâmica atual e evolução deposicional e ambiental do litoral Fluminense no quaternário tardio.

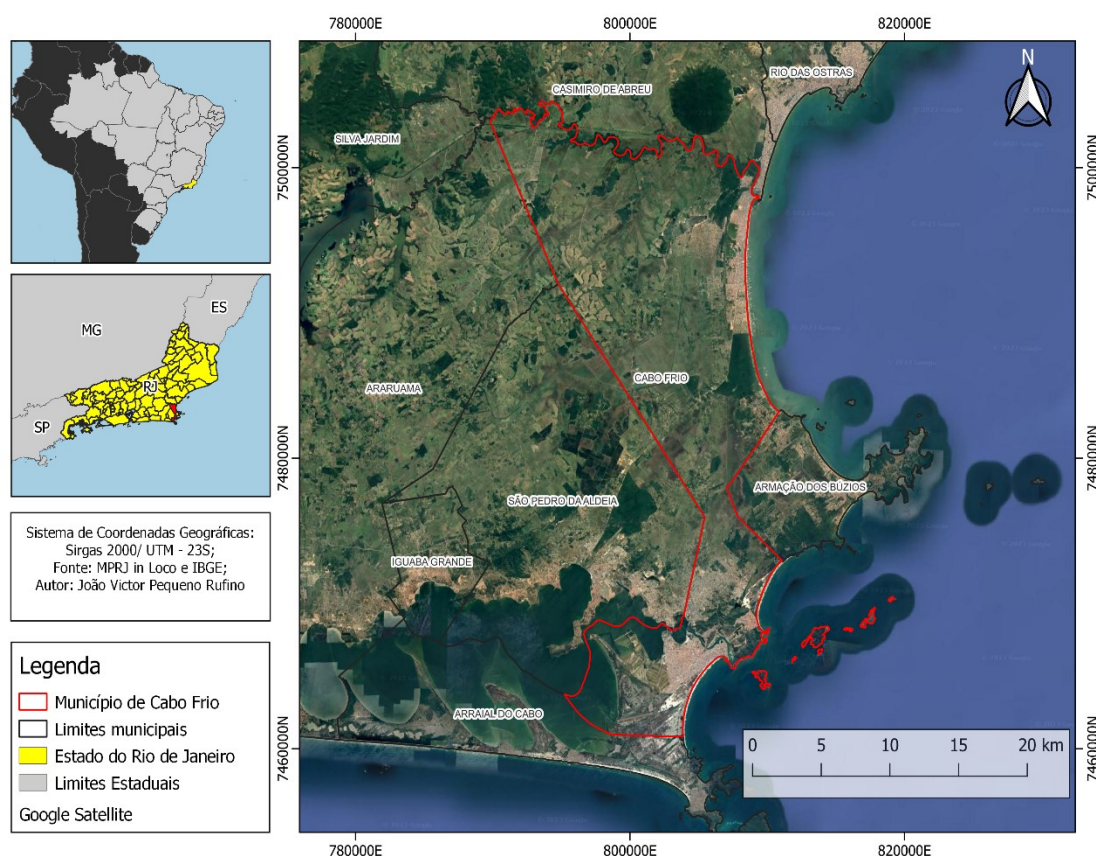
Entretanto a vigente pesquisa busca se aprofundar em outros assuntos pertinente a Geografia em ambientes costeiros, se diferenciando das pesquisas já realizadas em Cabo Frio ao se concentrar no debate sobre os impactos e as alterações que as atividades da extração de areia e exploração do sal trouxeram para a paisagem do município. Assim buscando uma nova abordagem onde se integram os estudos costeiros e antropogênicos na tentativa de relacionar a

humanidade como um possível novo agente geomorfológico e dentro dessa tese apresentar a proposta para a classificação das formas de relevo antropogênicas.

3 ÁREA DE ESTUDOS

O município de Cabo Frio, localizado no estado do Rio de Janeiro, é o 14º em população com uma estimativa de 234 077 habitantes no ano de 2021 (IBGE, 2023). Está localizado entre os municípios de Armação de Búzios, o qual se emancipou de Cabo Frio em 1995; Arraial do Cabo, outro município emancipado de Cabo Frio, entretanto no ano de 1985; Araruama; São Pedro da Aldeia; Casemiro de Abreu e Silva Jardim. Segundo o site do município (CABO FRIO, 2023). Cabo Frio é o sétimo município mais antigo do Brasil e o principal da Região dos Lagos, além de ser conhecido por suas atrações turísticas.

Figura 1: Mapa de localização do município de Cabo Frio



3.1 Geologia

Cabo Frio encontra-se localizado no Domínio denominado de Região dos Lagos que constitui-se por ortognaisses paleoproterozoicos e por rochas supracrustais (Complexo

Búzios) interpretadas como remanescentes de um *back arc* (uma bacia de retroarco, sedimentar associada a zonas de subducção) metamorfizadas na fácies anfibolito superior, em evento colisional com cavalgamento para NW, sobre o Domínio Serra do Mar, durante os estágios terminais da colagem brasileira, no Cambriano (CPRM, 2001 e SCHMITT *et al.* 1999).

Inicialmente esse domínio foi descrito como sendo Unidade Região dos Lagos (REIS *et al.*, 1980; GOMES *et al.*, 1981 e FERRARI *et al.*, 1981), sendo formado por ortognaisses bandados/dobrados, cinzentos, de composição tonalítica a granítica, com abundantes paleodiques anfibolíticos deformados (CPRM, 2001).

Entretanto, o termo Unidade Região dos Lagos foi cunhado por Reis *et al.* (1980) no Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro (1:50.000), embora a identificação de rochas ortoderivadas remontem a Rosier (1957). Posteriormente, Heilbron *et al.* (1982), com base no mapeamento geológico detalhado entre o Cabo dos Búzios e Cabo Frio, descreveram este conjunto como integrante do embasamento das rochas metassedimentares do Grupo Búzios, com protólitos ígneos, caracterizando sua composição e estruturação (CPRM, 2016).

O trabalho de Schmitt *et al.* (1999), foi referência para a área da Geologia, pois apresentou um detalhamento estrutural como suporte para estudos geocronológicos, demonstrando uma evolução comum, tanto para a sequência supracrustal, como para os ortognaisses, caracterizando assim como um evento tangencial precoce com transporte tectônico para NW, possivelmente de idade cambriana. Entretanto, a autora Fonseca *et al.* (1994) trouxe outra abordagem, onde sugeriu que a região do Complexo Búzios corresponderia a um bloco cratônico, designado como Cráton de Cabo Frio, correlacionável com, segundo a autora, à extremidade ocidental do Cráton do Congo, na África (CPRM, 2001).

- a) **Litologia de Cabo Frio:** O mapa seguinte (Figura 2) adaptado de Heilbron *et al.* (2016) simboliza a litografia de Cabo Frio onde as categorias representam as seguintes características:

Nb: Grupo Barreiras, predomínio de camadas horizontais de arenito conglomerático com matriz caolínica, com lentes e lençóis de conglomerado e brecha, ricos em seixos e grânulos de quartzo e/ou feldspato, e intercalações de argilito caolínico silto-arenoso e arenito caolínico. Um ou mais horizontes de canga geralmente ocorrem próximos à superfície do terreno.

NP3bp: Grupo Búzios – Palmital, cianita-sillimanita-granada-biotita gnaisses com intercalações de rochas calcissilicáticas bandadas, granada anfibolitos, complexo-granada anfibolitos e granada quartzitos.

PP3rl: Complexo Região dos Lagos, biotita metagranitoides com magnetita, granulação média a fina textura equigranular e veios aplíticos.

PP3rlar: Complexo Região dos Lagos, Unidade Araruama - hornblenda metagranito com megacristais de feldspato potássico.

Q1pr: Depósitos praias antigos, sedimentos arenosos.

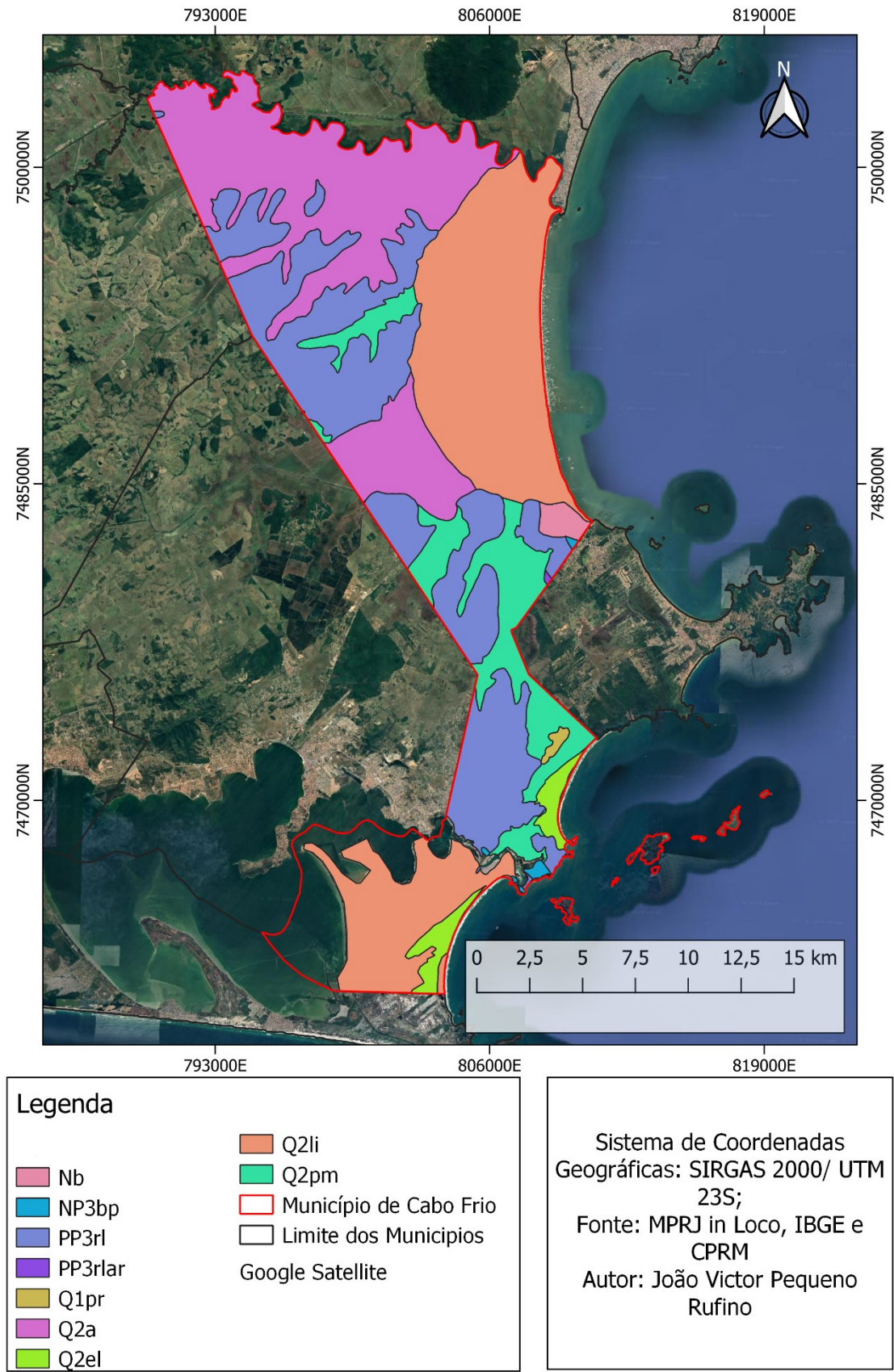
Q2a, Depósitos aluviais, barras arenosas, planície de inundação e preenchimento de canal.

Q2el: Depósitos eólicos litorâneos, areia quartzosa.

Q2li: Depósitos litorâneos, areia com conchas marinhas; argila e silte ricos em matéria orgânica; dunas de areia fina bem selecionada; ocorrências locais de beachrocks (rochas sedimentares formadas pela cimentação de sedimentos praias por carbonatos de cálcio em zona de intermaré).

Q2pm: Depósitos de pântanos e mangues, argila, turfa, silte, sedimento siliciclástico, lama.

Figura 2: Mapa da litologia de Cabo Frio



Fonte: HEILBRON ET AL., 2016. Adaptado pelo autor, 2024.

O trabalho de CPRM (2016) se trata de um texto explicativo de cada uma das categorias apresentadas no mapeamento de Heilbron *et al.* (2016), com isso temos a seguir as categorias que representam Depósitos Quaternários e sua explicação, sendo elas:

b) Depósitos praias antigos (Q1pr): são depósitos de praias marinhos e/ou lagunares, de idade pleistocênica associados ao último evento transgressivo marinho ocorrido no Pleistoceno, por volta de 123.000 anos atrás, constituídos principalmente por sedimentos arenosos associados à sedimentação praial/lagunar.

c) Depósitos aluvionares recentes (Q2a)

Constituem depósitos nas margens, fundos de canal, barras arenosas e planícies de inundação de rios, além de areias, cascalheiras, siltes e argilas resultantes dos processos de erosão/transporte e deposição a partir de áreas fontes diversas.

d) Depósitos eólicos litorâneos (Q2el)

Representam depósitos associados a campos de dunas costeiras, constituídos por areias quartzosas resultantes do retrabalhamento pelo vento dos depósitos praias. A maioria desses depósitos é composta por dunas vegetadas, sendo raras as dunas ativas, entretanto em Cabo Frio se encontram as dunas do Perú que apresentam características de duna ativa.

e) Depósitos litorâneos (Q2li)

Esses depósitos são associados a areias marinhas holocênicas, a feições fisiográficas como a laguna de Araruama e a extensas planícies formadas por cordões arenosos.

f) Depósitos de pântanos e mangues (Q2pm)

São depósitos geralmente associados a sistemas lagunares ou estuários, sendo possível se observar nesses ambientes as planícies de marés que interagem com as porções da desembocadura dos baixos cursos dos canais fluviais.

3.2 Unidades Geomorfológicas e Aspectos Geoambientais

Para auxiliar o desenvolvimento de planejamentos voltados à gestão do território fluminense, a CPRM desenvolveu dois trabalhos intitulados de: Geomorfologia do Estado do Rio de Janeiro (CPRM, 2000b) e Diagnóstico Geoambiental do Estado do Rio de Janeiro (CPRM, 2000a). Com isso foi possível separar e caracterizar as unidades geomorfológicas e os domínios geoambientais do estado, sendo abordadas a seguir as delimitações das quais o município de Cabo Frio faz parte.

a) Unidade Geomorfológica Baixadas da Região dos Lagos

Essa unidade caracteriza uma sequência de baixadas fluviomarinhas alinhadas num trecho retilíneo do litoral, de direção W-E, entre as cidades de Niterói e Cabo Frio. Essas baixadas foram originadas a partir da formação de um duplo sistema de ilhas-barreiras, a partir do último máximo transgressivo no Holoceno. Esse sistema duplo de cordões arenosos ancorados por pontões rochosos mantém uma direção retilínea W-E até atingir as elevações isoladas de Arraial do Cabo e a ilha do Cabo Frio. A partir desse trecho, os cordões arenosos infletem na direção SW-NE, ancorando-se no cabo de Búzios. Essa porção leste das planícies costeiras é mais extensa e desenvolvida, e, associada a um clima mais seco e de ventos frequentes de direção NE, propiciou a formação de campos de dunas, como as dunas do Però, entre as cidades de Cabo Frio e Búzios (CPRM, 2000b).

A unidade da Baixada da Região dos Lagos caracteriza-se pela acelerada expansão imobiliária verificada nos últimos anos em função da construção de casas de veraneio e do incremento do turismo. Os corpos lagunares também se encontram seriamente comprometidos, devido ao lançamento de esgoto e detritos, e de sucessivos aterros. As planícies arenosas apresentam, localmente, problemas de erosão costeira e sofrem risco de contaminação dos lençóis freáticos por implantação inadequada de fossas sanitárias (CPRM, 2000b).

b) Unidade Geomorfológica Baixada do Rio São João

A segunda unidade presente no município de Cabo Frio compreende os extensos fundos de vales dos rios São João, Una e das Ostras, preenchidos por sedimentos de origem fluvial e fluviolagunar. A baixada foi originada a partir do empilhamento de uma sequência de

cristas de cordões arenosos, a partir do último máximo transgressivo no embaçamento compreendido entre o cabo de Búzios e o promontório de Rio das Ostras. A sedimentação marinha isolou, à sua retaguarda, corpos lagunares, que ocuparam os fundos de vales dos rios citados. Posteriormente, essas lagunas foram ressecadas e parcialmente recobertas por sedimentos aluviais até os dias atuais, caracterizando as planícies fluviolagunares dos baixos cursos dos rios São João, Una e das Ostras (CPRM, 2000b).

Ocorreram obras de retificação dos rios Una e São João e a construção da barragem de Juturnaíba, para abastecimento de água para a Região dos Lagos, com isso houve o rebaixamento do nível do lençol freático, tornando grandes extensões das baixadas aptas ao desenvolvimento de atividades agropecuárias. Entretanto, essas intervenções acarretaram uma série de impactos, tais como sedimentação fluvial a montante da barragem e erosão a jusante, e o incremento da descarga de sedimentos fluviais na foz do rio São João (CUNHA, 1995 e CPRM, 2000a).

c) Domínio da Faixa Litorânea

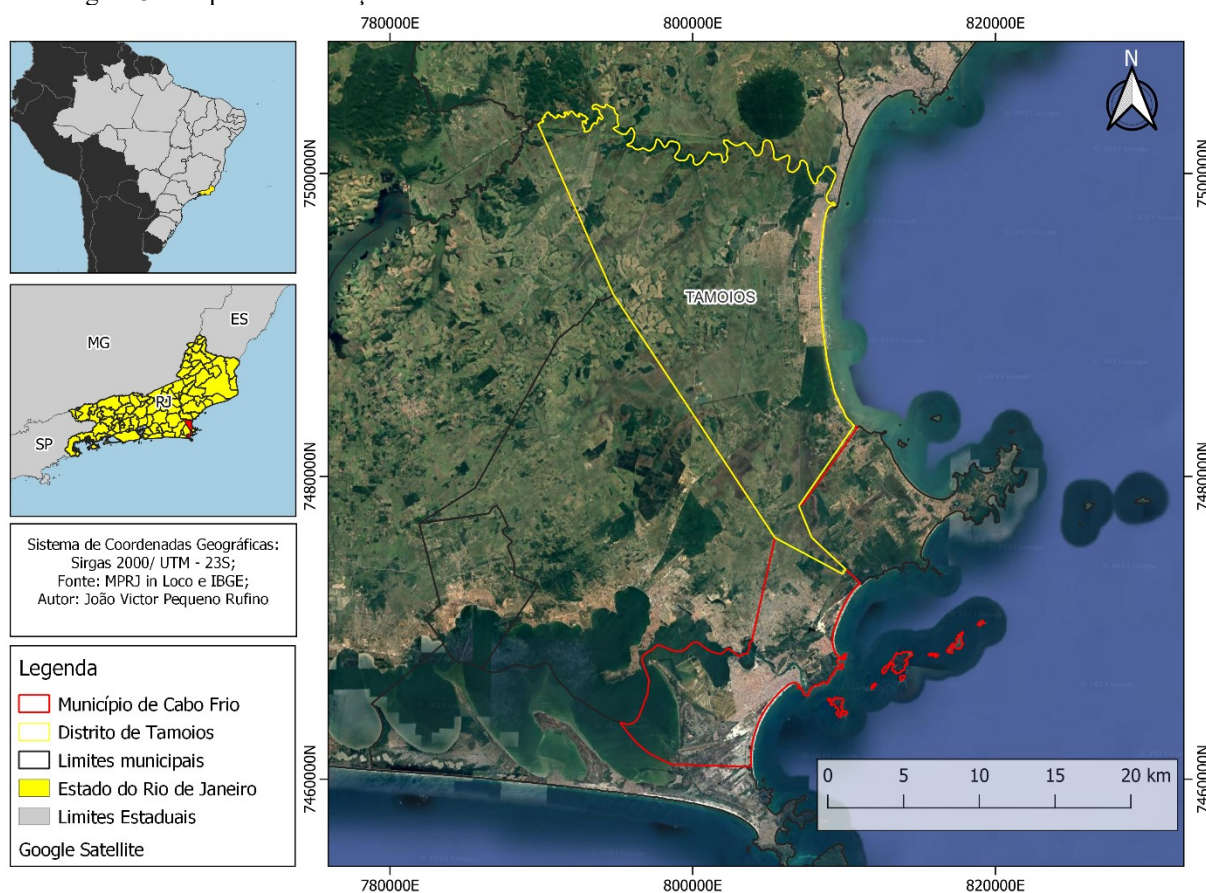
Agora sobre os aspectos Geoambientais de Cabo Frio, o município se encontra em um domínio que corresponde ao mais extenso do estado do Rio de Janeiro, estendendo-se ao longo da linha de costa, desde a Baixada de Sepetiba até a divisa com o Estado do Espírito Santo. Representando também, o domínio mais heterogêneo, abrangendo desde áreas inundáveis, tais como mangues, brejos e baixadas, até alinhamentos serranos isolados e maciços montanhosos que podem atingir cotas de até 1.000m de altitude, sendo assim foi preciso subdividir o Domínio da Faixa Litorânea em três subdomínios, sendo eles: Região Metropolitana, Região dos Lagos/Litoral Leste Fluminense e Região Norte Fluminense (CPRM, 2000b).

O município se encontra na Região dos Lagos, sendo caracterizada com extenso relevo colinoso localizado entre a linha da costa e o sopé da Serra do Mar, que se prolonga de Niterói até a Baixada Campista, a Região dos Lagos consiste numa sequência de planícies costeiras que se estendem de Maricá até o Parque Nacional de Jurubatiba, localizado entre Macaé e Barra do Furado. Trata-se de extensos cordões arenosos de origem marinha, intercalados por depressões inter-cordões e recobertos por vegetação de restinga. Em alguns casos, esses cordões litorâneos foram retrabalhados por ação eólica, formando campos de dunas, tais como os observados sobre a planície costeira de Cabo Frio (CPRM, 2000b).

3.3 Características do Distrito de Tamoios

Dentro da área de estudo, o município de Cabo Frio, está inserido o Distrito de Tamoios (Figura 3) limitando-se ao sul pelo município de Armação de Búzios, ao norte pelo Distrito de Barra de São João pertencente ao município de Casimiro de Abreu, a oeste pelos municípios de São Pedro da Aldeia e Araruama.

Figura 3: Mapa de localização do Distrito de Tamoios.



O Distrito de Tamoios se destaca por ser onde estão localizadas todas as cavas de extração de areia presentes no município de Cabo Frio. O distrito compreende o terreno sedimentar costeiro formado prioritariamente por depósitos marinhos que correspondem a paleocristas praias, indicando antigas posições da linha de costa ao longo do quaternário na sua última fase regressiva do nível do mar e consequente progradação da planície costeira, no holoceno (LOBATO *et al.*, 2010).

Se tratando de uma região costeira com um extenso arco praiar e com a presença de lagoas no seu reverso, o distrito de Tamoios é marcada por uma sucessão de cordões arenosos holocênicos que constituem aquíferos sedimentares, esses terraços marinhos constituem

verdadeiros mananciais de água subterrânea que ocorrem na região (LOBATO *et al.*, 2010 e LIMA *et al.*, 2020).

As planícies costeiras sofreram expansão da malha urbano-industrial de forma acelerada. Apesar desses tipos de terrenos serem mais apropriados a essa ocupação, os problemas ambientais também se sucedem, destacando-se a contaminação de rios, do lençol freático geralmente pouco profundo, das lagunas costeiras e das baías (CPRM, 2000a).

Os processos de extração de areia variam de acordo com a natureza do depósito, o principal método utilizado no município de Cabo Frio é o método de cava submersa. O processo de extração de areia em cavas se dá através de um ciclo fechado e progressivo em área e profundidade, utilizando-se da água subterrânea como veículo do processo, sendo iniciado mecanicamente até atingir o lençol freático, momento em que passa a ser controlado pela água subterrânea. Existe, também, um segundo processo, denominado de extração em cava submersa onde ocorre a retirada de antigos depósitos aluvionares correspondentes às planícies marginais de inundação localizadas próximas aos rios. Tal processo se inicia com a abertura de uma cava por meio da retirada da camada de solo superficial até que se atinja o lençol freático. A partir daí, areia e sedimentos passam a ser bombeados por uma draga que utiliza água subterrânea para formar a polpa. A areia bombeada fica depositada na draga enquanto a água é devolvida à cava para ser novamente utilizada no bombeamento, formando um circuito fechado. Esse processo continua até que se atinja o substrato rochoso (THOMAS e GOMES, 2005).

A extração de areia para construção civil e outros usos em escala comercial é uma atividade que normalmente resulta em altos impactos ambientais, sendo que a mitigação de seus danos é difícil e onerosa, de modo que alguns impactos são praticamente permanentes no espaço e no tempo (ANA, 2004).

Esse tipo de exploração geralmente é realizado através da ação conjunta de vários pontos de areia concentrados, resultando em dezenas de lagoas próximas entre si que, como consequência, produzem vários impactos tais como desmatamento, perda de solo superficial, alterações no regime hídrico local e erosão. Além disso, as lagoas formadas podem ser utilizadas como aterro clandestino e ou receptores de efluentes. Portanto, além dos impactos diretos gerados pela mineração, deve-se considerar que outros podem ser associados como desdobramento dos primeiros (FIGUEIREDO *et al.*, 2008).

A área mais densamente povoada encontra-se próximas à linha da costa, onde se localizam diversas cavas, o crescimento urbano do distrito ocorreu a partir da área costeira em direção as partes mais ao interior. Nessas áreas interioranas, ocorrem pequenos núcleos

populacionais atrelados à pecuária e atividades agrícolas, a maior parte da vegetação natural local foi desmatada e os rios foram canalizados para dar lugar a terras de pastagem e atividades agrícolas (LIMA *et al.*, 2020).

Atualmente, as cavas de extração de areia abandonadas recebem esgoto *in natura* da população residente local, as águas dessas cavas possuem grande potencial de interação com a água subterrânea, o que pode afetar diretamente a qualidade do manancial subterrâneo e, consequentemente, a saúde de seus consumidores (LIMA *et al.*, 2020).

Por esse e outros fatores que Lima *et al.* (2011; 2020) e Lobato *et al.* (2010) defendem a preservação dos remanescentes da Mata Atlântica na região com o objetivo de não só assegurar a fauna e flora existente, mas também os mananciais hídricos superficiais e subterrâneos a fim de garantir a sustentabilidade da região.

De acordo com Lima *et al.* (2020), estudos preliminares apontam que a população do distrito carece de água potável e saneamento básico, dependendo prioritariamente da água de poços rasos do aquífero sedimentar local, fazendo com que a região seja palco de intensos conflitos de uso do solo, tanto pela criação de cavas oriundas da extração de areia, pela expansão urbana acelerada, quanto pela necessidade de se preservar os remanescentes da Mata Atlântica para garantir o abastecimento de água da região (LOBATO *et al.*, 2010).

3.4 Aspectos climáticos e do solo

O clima no estado do Rio de Janeiro, em geral, apresenta-se como um clima de Tropical Atlântico, com uma média temperatura, que se eleva à medida que se aproxima da faixa costeira, apresenta também uma precipitação mal distribuída, com as chuvas sendo concentradas durante o verão e períodos secos no inverno, com a exceção de algumas regiões que apresentam maiores índices de pluviosidade potencializados pela barreira da Serra do Mar (NAPOLEÃO e BASTOS, 2011).

Agora sobre o município de Cabo Frio, o clima da região caracteriza pela influência dos processos costeiros, a temperatura média anual varia entre 23° C e 25° C, apresentando temperaturas elevadas no verão e mais baixas no inverno, porém não tão reduzidas (NAPOLEÃO e BASTOS, 2011).

Entretanto, Lima *et al.* (2020) e Coe *et al.* (2007) também fazem a sua caracterização do clima de Cabo Frio. Segundo eles, o clima na região é classificado como semiárido com

pluviosidade anual em cerca de 854 mm e temperatura variando entre 20 e 26°C, com a região sendo marcada por invernos secos e verões chuvoso.

Sobre a precipitação, CPRM (2000b) alerta para o fato de que comparado com as outras regiões do estado fluminense, a região onde se encontra Cabo Frio é a que menos chove, mesmo durante a época do verão onde a precipitação aumenta em todo o Estado, sendo a Região Hidrográfica Lagos São João a que tem a menor taxa de pluviosidade dentre todas as RHs do Rio de Janeiro e as áreas onde se localizam os municípios de Cabo Frio, Búzios e Arraial do Cabo, a sudeste da região, se destacando como as áreas com menor pluviosidade da RH.

Além da menor precipitação, esses municípios anteriormente citados, também apresentam a menor ocorrência de evapotranspiração, com as taxas sendo altas no verão e baixas no inverno, caracterizando um clima natural de áreas de baixada. Entretanto o total anual da evapotranspiração ser considerado de um nível alto por causa da presença de diversas lagoas e lagunas, com a Lagoa de Araruama e o reservatório de Juturnaíba (CPRM, 2000b),

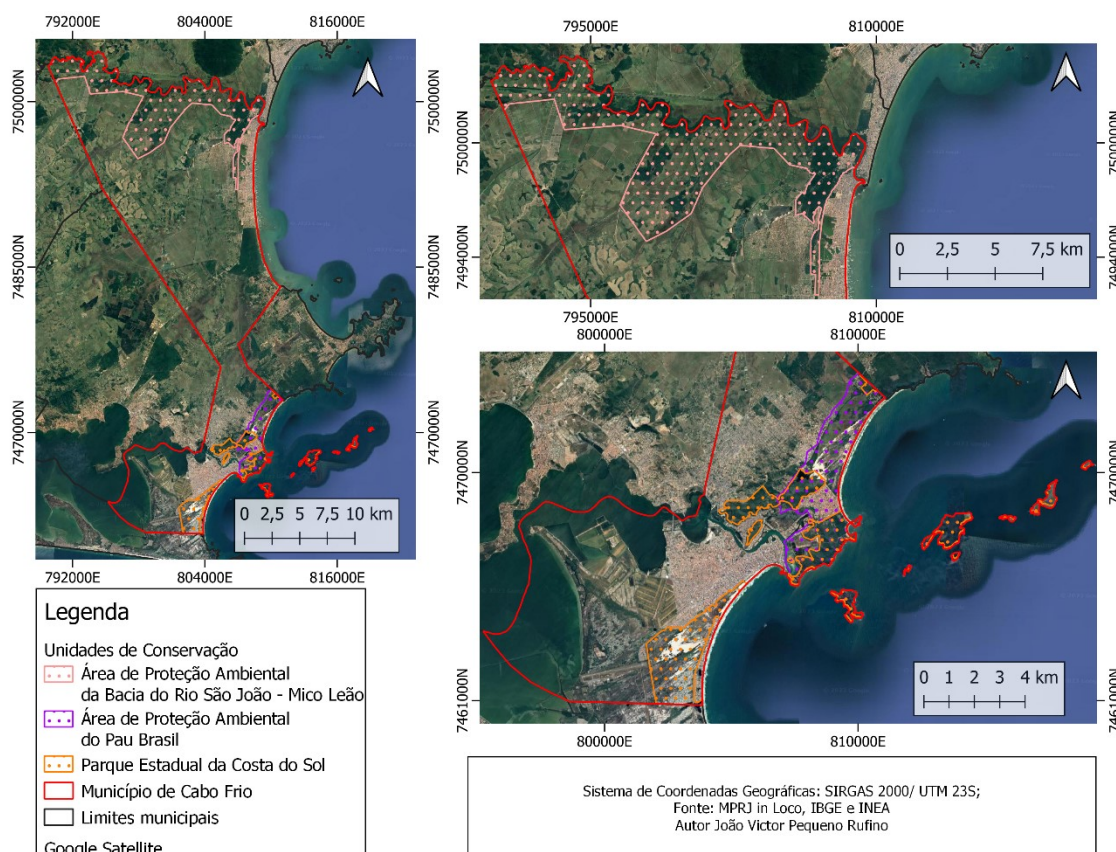
Relativo a questões dos solos, CPRM (2000a) relatou que na planície costeira de Cabo Frio, em decorrência do clima seco e das precipitações inferiores a 800mm/ano, existem solos menos espessos e pouco intemperizados (Podzólicos Vermelho-Escuros), associados a elevados déficits hídricos anuais ou com excessivos teores de sódio, pouco adequados para utilização agrícola (Planossolos Solódicos), o que acarreta limitações para o uso e ocupação dessas localidades. Outros trabalhos como Lima *et al.* (2020) e Carvalho Filho (2000), observam que o solo dessa região é formado principalmente por Espodossolo Hidromórfico Distrófico no litoral e no interior por Gleissolo pouco húmico salino e Argissolo Amarelo.

3.5 Unidades de Conservação e Bacias Hidrográficas

A Figura 4 representa o mapa de localização das Unidades de Conservação do município de Cabo Frio, nota-se que nem todas estão representadas nessa imagem. Em Tamoios, encontra-se o Parque da Preguiça em vias de legalização pelo governo do Estado, para se tornar uma Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN), entretanto, dentro dos limites de Cabo Frio existem importantes remanescentes da Mata Atlântica, como o Parque Municipal do Mico Leão Dourado, pertencente a Área de Proteção Permanente do Rio São

João. Em Tamoios também se encontra a Reserva da Marinha, abrangendo principalmente a bacia hidrológica do Rio Una (LOBATO *et al.*, 2010).

Figura 4: Mapa de localização das Unidades de Conservação de Cabo Frio.



Na área existe três importantes Unidades de Conservação, sendo elas: Área de Proteção Ambiental do Pau-Brasil, criada pelo decreto estadual nº 31.346, de 6 de maio de 2002, com o objetivo de proteger os ambientes remanescentes de Mata Atlântica, manguezais, restingas, ilhas, dunas e aspectos geológicos; a Área de Proteção Ambiental da Bacia do Rio São João/Mico-Leão-Dourado, criada pelo decreto s/nº de 27 de junho 2002, com os objetivos básicos de e finalidade de proteger e conservar os mananciais, regular o uso dos recursos hídricos e parcelamento do solo, garantindo o uso racional dos recursos naturais e protegendo remanescentes da Mata Atlântica; e o Parque Estadual da Costa do Sol, decreto estadual nº 42.929 de 18 de abril de 2011, seus objetivos são assegurar a preservação dos remanescentes de Mata Atlântica e outros ecossistemas da região como as restingas, mangues, lagoas, brejos, lagunas, possibilitando a recuperação das áreas degradadas, além de servir de refúgios para animais e plantas nativas e desenvolver o turismo e atividades sustentáveis no entrono do parque.

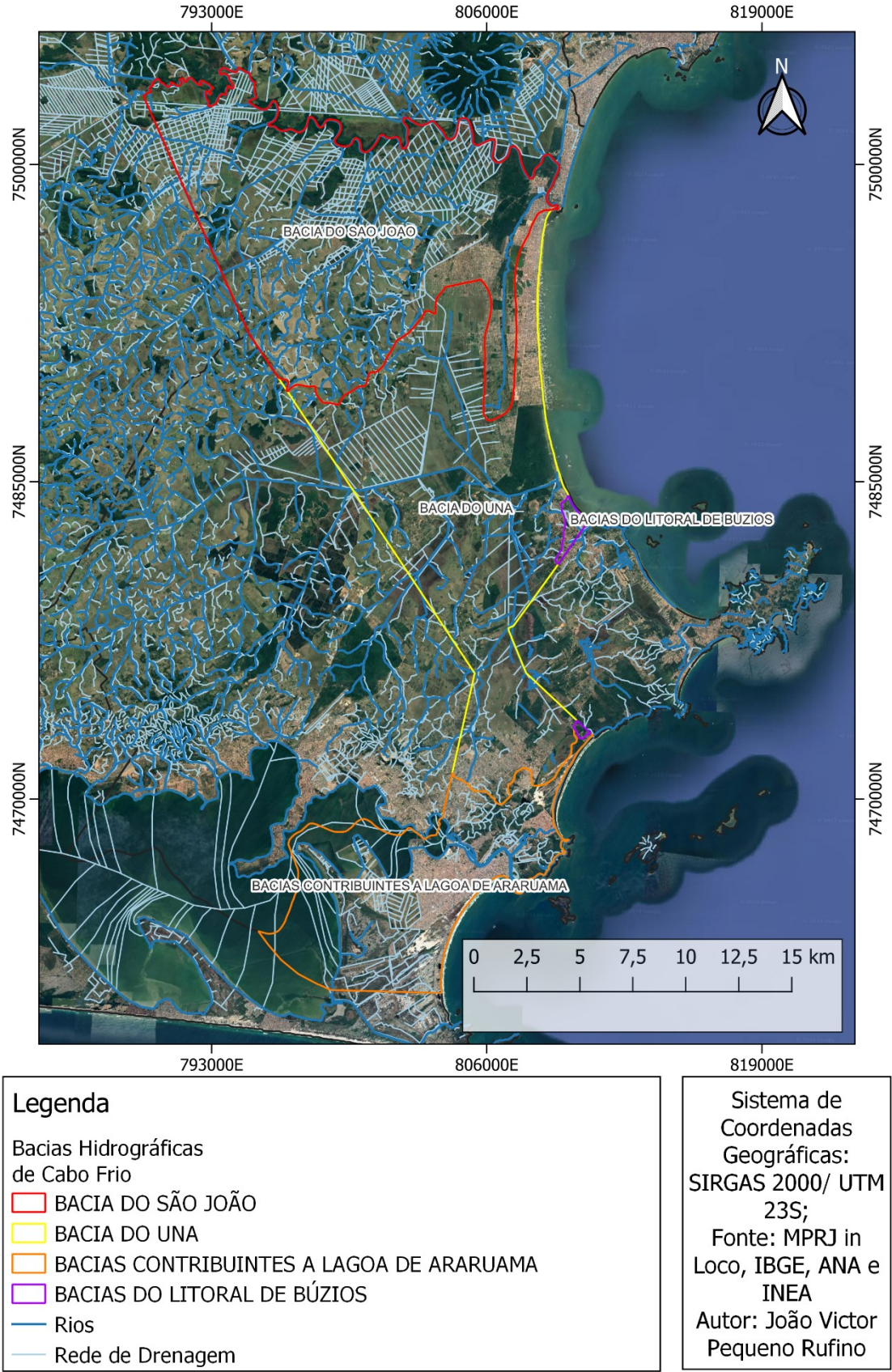
Em Cabo Frio, a cobertura vegetal predominante refere-se a tipologias de florestas, sendo a maior parte coberta por florestas de terras baixas, tanto decidual quanto semidecidual, as mais ameaçadas de todas as florestas. De forma complementar, CPRM (2000b) define que o município apresenta uma vegetação (disjunção) de restinga com expressão máxima de fisionomias, além de apresentar a vegetação peculiar chamada “mata seca”. Na área de Cabo Frio existem os seguintes domínios: floresta estacional semidecidual de terras baixas, floresta ombrófila densa submontana a montana (maciços costeiros) e floresta estacional decidual (planícies costeiras) (NAPOLEÃO e BASTOS, 2011).

A APA do Rio São João – Mico Leão, se faz responsável pela proteção dos remanescentes desses tipos de vegetação, bem como das nascentes do rio de mesmo nome e a APA Pau-Brasil, protege áreas úmidas e de restinga que sofrem influência direta das águas marinhas. Por apresentar uma condição climática específica e contar com a ação do fenômeno da ressurgência de correntes frias, essa porção do território apresenta características peculiares, com a presença de vegetação do tipo xerófita, como observado no município de Cabo Frio (NAPOLEÃO e BASTOS, 2011).

A Figura 5 representa as quatro Bacias Hidrográficas presentes no município de Cabo Frio, sendo as principais a Bacia do Rio São João e a Bacia do Rio Una.

A Bacia do São João drena uma área de aproximadamente 2160 km², com o rio tendo 120 km de extensão, nasce na Serra do Sambê em Cachoeira de Macacu e deságua em Barra de São João no município de Casemiro de Abreu. Nessa bacia se encontra a Represa de Juturnaíba que se configura como a principal fonte de água para o abastecimento humano da Região dos Lagos, abastecendo todos os seus municípios (NUNES *et al.*, 2011).

Figura 5: Mapa de localização dos trechos das Bacias Hidrográficas que se inserem em Cabo Frio.



Acerca da bacia do Rio Una, nas áreas mais baixas de suas bacias contribuintes, as matas foram quase que integralmente suprimidas sendo substituídas por pastagens. O Rio Una em si apresenta 30 km de extensão, com a maior parte de seu percurso em trechos retificados. Além disso, em Cabo Frio dominam planícies de mais de 200 km² e seus rios hoje se encontram prejudicados por loteamentos e pela mineração de areia (NUNES *et al.*, 2011).

O sistema da Lagoa de Araruama se destaca por ser a maior lagoa hipersalina do Brasil, sua evaporação média é de 1400 mm/ano, entretanto as chuvas na região são de apenas 900mm/ano por conta do clima semiárido, as pequenas bacias contribuintes a esse sistema têm aproximadamente 440 km² de extensão e todos os rios são intermitentes. A salinidade dessa lagoa vem sendo continuamente reduzida, aparentemente pelo despejo do restante da água doce (após o abastecimento) da adutora de Juturnaíba, outro fator importante a se destacar é a poluição desse sistema por detritos sólidos e líquidos vindos dos municípios no seu entorno, sendo Cabo Frio um deles (NUNES *et al.*, 2011).

4 REFERENCIAL TEÓRICO

A fundamentação teórica desse trabalho foi dividida em três eixos de abordagem, um relacionado às Geotecnologias e análise ambiental; outro sobre antropoceno e a proposta de um sistema de classificação do relevo; e, por fim, sobre impactos ambientais da extração mineral de areia.

4.1 Geotecnologias e análise ambiental

Para compreender o complexo inter-relacionamento dos fenômenos que causam mudanças no meio ambiente é necessário fazer observações com uma grande gama de escalas temporais e espaciais. Em seu trabalho, Sausen (2010) discute as aplicações do sensoriamento remoto na análise ambiental e como essa tecnologia é vantajosa além de facilitar o desenvolvimento de trabalhos que precisem observar uma grande área de estudos por um longo período de tempo.

Jensen (2000) define o sensoriamento remoto como uma ferramenta ou técnica similar à matemática, em que, através do uso de sofisticados sensores, é possível medir a quantidade de energia eletromagnética que emana de um objeto ou área geográfica à distância. O sensor remoto funciona em harmonia com outras ciências de informação geográfica, frequentemente chamadas de SIG's (Sistema de Informações Geográficas).

Novo (2010) já enumerava as muitas aplicações do sensoriamento remoto na avaliação dos recursos naturais. Em recursos hídricos, o autor destacava a análise qualitativa de imagens e fotografias aéreas, permitindo a identificação de alterações locais da superfície líquida, padrão de drenagem, migração de canais fluviais, avaliação do impacto regional de enchentes, qualidade de água, monitoramento de reservatórios, cadastro de áreas irrigadas e inventário de fontes de sedimentos. Outra exemplificação é o monitoramento do uso da terra, com informações obtidas sobre a cobertura do solo, sua dinâmica, a área recoberta por vegetação nativa, por florestas, por culturas agrícolas e demais usos. Destaca, ainda, como grande aplicação do sensoriamento remoto, o monitoramento da vegetação, a previsão de safras e a avaliação de pastagens degradadas. A capacidade de obtenção de dados através do sensoriamento remoto e do GPS, aliado ao processamento desses dados nos SIG's, permite

que várias alternativas sejam avaliadas de forma eficaz e relativamente rápida. Essas possibilidades levaram a uma mudança qualitativa na forma como muitas análises podem ser realizadas. Planos de monitoramento ambiental podem ser progressivamente reavaliados e refinados visando à otimização das soluções, procedimentos que seriam inviáveis tecnicamente e financeiramente pelo uso das técnicas tradicionais (BOLFE, 2006).

A sociedade atual está cada vez mais transformando as paisagens naturais em ambientes artificializados, influenciando significativamente os ciclos de matéria, fluxos de energia e biodiversidade por meio de avanços tecnológicos e políticas de desenvolvimento. Essas transformações têm ocasionado diversos prejuízos para os recursos naturais, com o destaque para o desmatamento, a degradação do solo, assoreamento e contaminação dos recursos hídricos (BATISTELLA e MORAN, 2008). Por esses e outros fatores, existe a necessidade de melhor compreender as dinâmicas que afetam os recursos naturais atualmente, que estão dominados pelas atividades antrópicas e tem sido objeto de estudo de diversas áreas do conhecimento científico. Como observam Batistella e Moran (2008),

conhecer a distribuição geográfica desses recursos, das intervenções humanas e da dinâmica de uso e cobertura da terra é elemento imprescindível para subsidiar o planejamento, o monitoramento e a gestão ambiental. Nos últimos anos, essas questões têm sido alvo de inúmeras políticas públicas. Entretanto, devido à grande extensão territorial [...] e a estrutura muitas vezes deficiente dos governos, os estudos dessa natureza não são realizados com frequência e amplitude necessária para permitir a caracterização e monitoramento do meio físico, biológico, dificultando a execuções de ações voltadas a proteção e a recuperação ambiental. (BATISTELLA e MORAN, 2008, p.10).

Ainda nessa linha, Batistella e Moran (2008) defendem a utilização das geotecnologias no desenvolvimento de trabalhos e pesquisas voltadas ao monitoramento ambiental justamente por essa tecnologia possibilitar com eficiência a obtenção e o tratamento de elevadas quantidades de dados e informações sobre recursos naturais. Através do sensoriamento remoto é possível gerar inúmeras possibilidades de desenvolver sistemas voltados à gestão e o monitoramento ambiental.

A fim de uma melhor definição acerca do que é um SIG, Menezes e Fernandez (2013) discorrem sobre essa ferramenta pertencer ao grupo de geotecnologias de geoprocessamento capaz de trabalhar com grandes volumes e complexidade de dados requeridos em estudos integrativos, além de possibilitar a manipulação das informações geográficas nele armazenado, dando condições para atualizá-las. Sendo assim, os SIGs possibilitam a realização de planejamento e gestão de áreas de interesse.

Para melhor indicar a relação das imagens de satélite com a produção de conhecimento científico, Castilho (2009) trabalha as diversas acepções, formas e significados que uma imagem pode assumir, expressar ou vincular propondo o caráter de suporte a construção de informações precisas e racionais, mediante a utilização de instrumentos tecnológicos altamente sofisticados, na produção dos conhecimentos científicos não somente na área da Geografia como também, na Biologia, Geologia, entre outras. Como Castilho (2009) observa,

como tudo na Geografia é uma combinação de técnica e política, é dessa forma que propomos discutir as implicações da imagem de satélite como insumo para a produção do conhecimento geográfico, procurando apontar limites e possibilidades do uso dessa tecnologia no campo teórico e como fundamento para a ação. (CASTILHO, 2009, p.62).

4.2 Antropoceno e a nova classificação de relevo brasileiro

Durante o Holoceno as atividades da humanidade, impulsionadas no período industrial, se tornaram uma crescente força geológica e morfológica. O termo "Antropoceno" foi introduzido para a época geológica atual, enfatizando o papel central da humanidade na geologia e ecologia. O impacto das atividades humanas atuais é projetado para durar por períodos muito longos. Por exemplo, devido às emissões antropogênicas passadas e futuras de CO₂, o clima pode se afastar significativamente do comportamento natural nos próximos 50.000 anos (STEFFEN *et al.*, 2007).

A atividade humana tem sido uma influência geológica recente, porém profunda, no ambiente global. A magnitude, variedade e longevidade das mudanças induzidas pelo ser humano, incluindo a transformação da superfície terrestre e a alteração da composição da atmosfera, levaram à sugestão de que devemos nos referir ao presente não como parte do Holoceno (como é atualmente denominado), mas sim como parte do Antropoceno, um debate que ainda ocorre vigorosamente na Geologia em busca do marco estratigráfico (LEWIS e MASLIN, 2015).

O termo Antropoceno sugere que se somou, a época geológica natural, os processos desencadeados pela agência humana intensificando os mecanismos evolutivos naturais na Terra. Pois as atividades humanas tornaram tão ubíquas, ou seja, universais e profundas que

rivalizam com as grandes forças da Natureza e estão empurrando a Terra para uma incógnita planetária. O “nosso planeta está rapidamente se movendo em direção a um estado com menor variedade biológica, menos florestado, muito mais quente” (STEFFEN *et al.*, 2007, p.614).

A atividade humana é agora global, nossas atividades se demonstraram ser a causa dominante da maioria das mudanças ambientais contemporâneas. Os impactos da atividade humana provavelmente serão observáveis no registro estratigráfico geológico por milhões de anos no futuro, o que sugere que uma nova época começou (LEWIS e MASLIN, 2015).

Steffen *et al.* (2007) divide o Antropoceno em três estágios distintos, sendo eles abordados a seguir.

a) Estágio 1 do Antropoceno - A Era Industrial (aproximadamente de 1800 a 1945)

Esse estágio representa uma das três ou quatro transições mais decisivas na história, foi o início da industrialização, seguindo os passos do Iluminismo, tendo começado no século XVIII na Inglaterra e nos Países Baixos. O que tornou a industrialização central para o Sistema Terrestre foi a enorme expansão do uso de combustíveis fósseis, primeiro carvão e depois petróleo e gás, também. Até então, a humanidade dependia de energia capturada a partir de fluxos contínuos na forma de vento, água, plantas e animais. O uso de combustíveis fósseis ofereceu acesso ao carbono armazenado de milhões de anos de fotossíntese: um enorme subsídio de energia vindo do passado profundo para a sociedade moderna, da qual uma grande parte de nossa riqueza moderna depende. Sem essa transição, de uma sociedade agrária para uma sociedade de alta energia, é inconcebível que a população global seria possível aumentar de cerca de um bilhão por volta de 1820 para mais de seis bilhões hoje.

b) Estágio 2 do Antropoceno - A Grande Aceleração (1945 - aproximadamente 2015)

O segundo estágio acelerou após o fim da Segunda Guerra Mundial. A população dobrou em apenas 50 anos, ultrapassando 6 bilhões no final do século 20, a economia global aumentou em mais de 15 vezes e o número de veículos motorizados aumentou dramaticamente, passando de cerca de 40 milhões no final da guerra para quase 700 milhões até 1996. O sistema econômico capitalista, isto é, voltado à acumulação do capital e exploração sem precedentes dos recursos naturais, colocou uma enorme pressão sobre o ambiente global. Nos últimos 50 anos, os seres humanos alteraram os ecossistemas do mundo

de forma mais rápida e extensa do que em qualquer outro período comparável da história humana. A Terra está enfrentando seu sexto grande evento de extinção, com taxas de perda de espécies aumentando rapidamente tanto para os ecossistemas terrestres quanto marinhos. As concentrações atmosféricas de vários gases de efeito estufa importantes aumentaram substancialmente, e a Terra está aquecendo rapidamente. Mais nitrogênio agora é convertido da atmosfera em formas reativas pela produção de fertilizantes e pela queima de combustíveis fósseis do que por todos os processos naturais nos ecossistemas terrestres combinados.

c) Estágio 3 do Antropoceno - Guardiões do Sistema Terrestre? (aproximadamente de 2015 em diante)

Após um grande período do uso exacerbado dos recursos naturais, surgiram grupos de pesquisadores e intelectuais, além de movimentos sociais que notaram o impacto humano no meio ambiente. No entanto, essa grande preocupação da sociedade data dos anos 1960, com o surgimento do ambientalismo moderno, através da observação da elevação dos níveis de concentração de CO₂ na atmosfera. Na década de 1980, medições de temperatura mostraram que o aquecimento global era uma realidade, um fato que enfrentou oposição política devido às suas implicações, mas em menos de 20 anos já não estava mais em séria dúvida. Observações científicas mostrando a erosão da camada de ozônio estratosférica da Terra levaram a acordos internacionais para reduzir a produção e o uso de CFCs (clorofluorocarbonetos). Em muitas questões ecológicas, foram elaboradas políticas ambientais locais, nacionais e internacionais, e o meio ambiente se tornou rotineiramente uma consideração, embora raramente dominante, nos cálculos políticos e econômicos.

d) Estamos no Antropoceno?

Atualmente, não há um acordo formal sobre quando o Antropoceno começou, com datas propostas variando desde antes do fim da última glaciação até a década de 1960. Esses significados diferentes podem levar a mal-entendidos e confusões em várias disciplinas. Além disso, ao contrário de outras designações de unidades de tempo geológico, as definições provavelmente terão efeitos além da geologia. Por exemplo, definir uma data de início precoce pode, em termos políticos, "normalizar" a mudança ambiental global. Enquanto isso, concordar com uma data de início posterior relacionada à Revolução Industrial pode, por

exemplo, ser usada para atribuir responsabilidade histórica por emissões de dióxido de carbono a países ou regiões específicos durante a era industrial (LEWIS e MASLIN, 2015).

Zalasiewicz *et al.* (2010) alertam para o fato de que todas as eras, períodos e épocas geológicas anteriores foram definidos em termos geológicos, comparando um conjunto de estratos rochosos com outro. Os cientistas modernos se tornaram cada vez mais sofisticados na interpretação dos estratos em termos da história que representam. Estamos (formal ou informalmente) vivendo dentro dele e somos capazes de observar a paisagem, avaliar a biodiversidade, medir a composição atmosférica e a temperatura do mar, avaliar a espessura do gelo e a altura do nível do mar.

Vários estudos tiveram como objetivo examinar se o Antropoceno é geologicamente justificável, se sua formalização é útil e como pode ser caracterizado e definido. Existem alguns termos estratigráficos de tempo amplamente utilizados, mas não oficiais (por exemplo, Pré-cambriano) dos quais, no entanto, as durações são fixas e consistentemente utilizadas, evitando ambiguidades na comunicação. Existe também a questão do nível hierárquico do Antropoceno: isto é, se deve ser considerado (ou potencialmente formalizado) no nível da Época (ZALASIEWICZ *et al.*, 2015).

Há outra grande diferença entre o Antropoceno e as eras geológicas anteriores. As outras todas terminaram: conhecemos toda a sua história. O Antropoceno está em andamento. Por quase qualquer medida, os efeitos da perturbação humana continuarão por séculos e milênios; alguns (como a mudança biótica causada) terão efeitos permanentes. A extensão de longo prazo dessa mudança "incorporada" no futuro é atualmente desconhecida, pois depende em grande parte da interação de efeitos de retroalimentação que amplificarão ou diminuirão os efeitos da mudança antropogênica (ZALASIEWICZ *et al.*, 2010).

Atualmente, o Segundo Estágio do Antropoceno de Steffen *et al.* (2007) representaria o limiar pronunciado e relativamente acentuado na modificação humana do ambiente global. Porém autores como Ruddiman (2003) e Ellis *et al.* (2013) argumentam que a transição do Holoceno para o Antropoceno não ocorreu no final do século XVIII com a Revolução Industrial, mas sim entre 5.000 e 8.000 anos atrás, com o início do desmatamento e da agricultura, o que levou a níveis elevados de CO₂ e CH₄ na atmosfera. Para esses autores, os seres humanos têm sido uma força planetária desde o surgimento da civilização, então o industrialismo e a queima extensiva de combustíveis fósseis não representam nada fundamentalmente novo no projeto humano. Se os seres humanos têm transformado a Terra por muitos milhares de anos, então está em nossa natureza fazê-lo. O Antropoceno é, portanto, um evento natural e não refletiria de uma falha humana, apesar das graves

consequências das atividades humanas no ambiente. O desmatamento e a agricultura desempenhariam o papel central na criação do Antropoceno, entretanto, ainda segundo esses autores, os seres humanos não são uma força destrutiva, mas sempre foram “zeladores sustentados e permanentes da biosfera” (HAMILTON, 2016).

Outros autores que sugeriram uma datação alternativa para o Antropoceno são Lewis e Maslin (2015) que apontam o Pico Orbis como a transição do Holoceno para o Antropoceno. Essa datação seria pela significativa diminuição observada no CO₂ atmosférico entre 1570 e 1620 decorrente da queda populacional dos seres humanos que vivam nas Américas. Estima-se que havia cerca de 54 milhões de pessoas vivendo nas Américas quando os primeiros europeus chegaram em 1492 e houve uma redução para apenas 6 milhões de indivíduos em 1650. Essa redução ocorreu graças à exposição a doenças trazidas pelos europeus, além de guerras, escravidão e fome. A diminuição quase total da agricultura e a redução no uso de fogo resultaram na regeneração de mais de 50 milhões de hectares de florestas, savanas lenhosas e pastagens, com uma absorção de carbono pela vegetação e solos.

Ainda segundo os autores, a principal vantagem do Pico Orbis seria a sua importância geológica e histórica do evento. Em comum com outras fronteiras de época, essa fronteira documentaria mudanças no clima, na química e nos sinais paleontológicos. De forma crítica, o movimento transoceânico de espécies é uma mudança permanentemente clara no sistema Terra e tal fronteira marcaria o último período frio globalmente síncrono da Terra antes do calor global de longo prazo do Episódio do Antropoceno. Historicamente, a Revolução Industrial muitas vezes foi considerada o evento mais importante em relação ao início do Antropoceno. No entanto, na opinião de muitos historiadores, a industrialização e o amplo uso de combustíveis fósseis só foram possíveis devido à anexação das Américas (LEWIS e MASLIN, 2015).

Entretanto, Crutzen e Stormer (2000) defenderam a afirmação de que o Antropoceno começou no final do século XVIII, mostrando que o impacto humano no Sistema Terrestre entre 5.000 e 8.000 anos atrás não é discernível, e certamente não foi grande o suficiente para perturbar a estabilidade do Holoceno da Terra. Além de Zalasiewicz *et al.* (2015) e (Hamilton, 2015) alertarem para o fato de que a hipótese Orbis não conseguir provar de forma numérica que a diminuição de CO₂ alterou o funcionamento do Sistema Terrestre e nem se essa diminuição realmente foi causada por atividades humanas. Outro fator que contesta essa hipótese é que diversos cientistas apontam que no Holoceno pré-industrial houve diversas diminuições comparáveis ao Orbis na concentração atmosférica de CO₂, todas elas dentro da normalidade do Holoceno.

Todavia, houve também a sugestão de Wolff (2014) de que as maiores mudanças decorrentes da perturbação antropogênica ainda estão à nossa frente - e que precisamos de uma perspectiva muito mais ampla para avaliar isso: ou seja, devemos simplesmente esperar até que as alterações de origem antrópica estejam consideravelmente mais avançadas para tentar fazer um julgamento formal. Existe a possibilidade de mudanças maiores acontecerem e que o caráter estratigráfico do Antropoceno provavelmente aparecerá diferente de uma perspectiva de um futuro distante. O Antropoceno já tem uma base geológica robusta, é amplamente difundida e está se tornando um conceito integrador central na consideração das mudanças globais (ZALASIEWICZ *et al.*, 2015).

As alterações antrópicas fazem parte de nosso ambiente circundante (vivemos e dirigimos em construções rochosas do Antropoceno que chamamos de casas e estradas, por exemplo). Além disso, o Holoceno é essencialmente uma fase interglacial, embora talvez prolongada por emissões modestas de gases de efeito estufa pré-industriais associadas à agricultura inicial. O Antropoceno, por outro lado, é geologicamente único e, de muitas maneiras, novo: nenhuma migração anterior de organismos, por exemplo, rivalizou com as introduções de espécies exóticas e/ou invasoras causadas pelo homem (ZALASIEWICZ *et al.*, 2010).

Além disso, a formalização pode representar o reconhecimento "oficial" de que o mundo mudou substancial e irreversivelmente por meio da atividade humana. Portanto, o conceito do Antropoceno pode se tornar explorado para várias finalidades. Algumas delas podem ser benéficas, outras nem tanto. O Antropoceno pode ser usado como incentivo para reduzir as emissões de carbono e a perda de biodiversidade. Ele tem a capacidade de se tornar a unidade mais politizada, de longe, da Escala de Tempo Geológico (ZALASIEWICZ *et al.*, 2010).

Apesar de haver diversas interpretações de em que momento o Antropoceno começou e o que ele representa para a relação ser humano x natureza, para a realização da pesquisa, utilizou-se o conceito de Grande Aceleração de Steffen *et al.* (2007), onde o aumento populacional e crescimento econômico após a Segunda Guerra Mundial seriam o marco do início do Antropoceno. Definindo esse como um período de intensificação das alterações humanas que serão sentidas por gerações ou até de forma permanente. Estamos vivendo essas alterações em um tempo histórico, o que quer dizer que, a cada década, mais e mais alterações na paisagem, no clima, na fauna e na flora são e serão realizadas, em discordância com a capacidade de renovação dos elementos naturais.

Entretanto, atualmente se faz várias tentativas de se quebrar esse paradigma no qual a natureza deve servir ao ser humano e, de acordo com terceiro estágio de Antropoceno de Steffen *et al.* (2007), estamos caminhando, mesmo que a passos muito lentos, para uma nova visão de qual é o papel do ser humano como um agente geológico ativo que, ao mesmo tempo, é o principal responsável pela alteração da paisagem, ele também é o principal responsável pela sua manutenção. Logo, o Antropoceno pode ser caracterizado como uma época geológica em que os seres humanos irão alterar de forma profunda e irreversível o ciclo de vida e geológico, mas também é o responsável por deter essas alterações. Dessa forma, nesta pesquisa, o Antropoceno seria a combinação entre o segundo estágio e o terceiro estágio definidos por Steffen *et al.* (2007), onde os cientistas desenvolvem pesquisas para a conscientização do público geral e a criação de políticas públicas com o intuito de alertar, prevenir e educar sobre os impactos que as atividades antropogênicas estão causando na paisagem e na biosfera.

e) Antropoceno no Brasil

Dois dos autores com mais trabalhos relacionados sobre o Antropoceno no Brasil são Antônio Manoel Santos Oliveira e Alex Peloggia, segundo eles, as discussões sobre o Antropoceno alcançaram ampla relevância internacional, especialmente após a proposição, por Crutzen e Stoermer (2000) e Crutzen (2002), do conceito de Antropoceno.

Oliveira e Peloggia destacam que a pesquisa brasileira tem muito a contribuir, uma vez que o conhecimento sobre a categoria de materiais geológicos vem sendo acumulado desde a década de 1990 (OLIVEIRA *et al.*, 2005 e PELOGGIA, 1997).

De acordo com Oliveira e Peloggia (2014):

Os seres humanos modernos, de fato, apareceram durante o Quaternário (Pleistoceno), e sua influência nos processos geológicos, é claro, deve ser considerada como uma possibilidade progressiva de alterar os processos quaternários e transformar as paisagens quaternárias. Se levarmos isso em conta, será possível entender que, se a ação geológica da humanidade for considerada - como realmente deveria ser - existe uma situação nova e diferenciada na história da Terra (OLIVEIRA e PELOGGIA, 2014, p.104).

Para esses autores o Tecnógeno/Antropoceno deve ser reconhecido como um "período revolucionário" (catastrófico, devido à intensificação dos processos) e como um "salto" (em função da criação de novos processos) na história da Terra, mas também como uma continuidade progressiva. Os seres humanos devem ser considerados como geológicos

durante o Quaternário e que alteraram o sistema/período, mas ainda são conhecidos como "Homem do Quaternário", pelo fator que a superfície da Terra herdada pela humanidade consistia em paisagens quaternárias formadas por solo quaternário (OLIVEIRA e PELOGGIA, 2014).

Entretanto, para Oliveira e Peloggia (2014) os seres humanos transformaram extensivamente as paisagens anteriores e criaram vários tipos de solo novos, produzindo depósitos tecnogênicos (artificiais) que configuram novas formas de terreno tecnogênico. Portanto, a relação entre os processos geológicos do Quaternário, especificamente do Holoceno, depósitos e paisagens, e os novos processos tecnogênicos, deve ser claramente compreendida como base para entender o significado dos resultados da agência geológica do Homem e as consequências geocronológicas e estratigráficas.

No Brasil, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) desempenha a função de órgão responsável pelos mapeamentos sistemáticos dos recursos naturais do país e assim propôs a criação de um Sistema Brasileiro de Classificação de Relevo, defendendo a importância e urgência do sistema e reconhecendo a necessidade da participação da sociedade científica especializada nesse processo (SOUZA *et al.*, 2022). A partir desse ponto desenvolveu-se o Sistema Brasileiro de Classificação de Relevo (SBCR), reunindo geomorfólogos e especialistas da área, a fim de debater e definir as diretrizes para construção desse Sistema (IBGE, 2020).

Assim desenvolveu-se delimitações das estruturas que compõe o relevo brasileiro e utilizando-se da metodologia de Ross (1992) se definiu o primeiro e segundo táxon. Segundo o CEN/SBCR (2022), os táxons inferiores ainda não foram definidos, nem em número, nem em atributos qualificadores do relevo. Entretanto, foram apresentadas outras propostas de classificação para os denominados (Sub)Sistemas, sendo um deles o de Relevo Tecnogênico que será abordado mais à frente.

f) (Sub)Sistema Relevo Tecnogênico

Segundo CEN/SBCR (2022), o relevo tecnogênico abrange uma grande variedade de morfologias resultantes da agência humana, a qual constitui o elemento fundamental para sua identificação, diferenciação e caracterização, com isso, a classificação do relevo tecnogênico se dá, inicialmente, com a distinção e individualização de formas que foram (ou são) alteradas ou criadas pela agência humana (denominadas morfologias tecnogênicas) e as que não sofreram alteração pela agência humana. Com o intuito de criar princípios e critérios para a

diferenciação das formas de relevo tecnogênicas CEN/SBCR (2022) fundamentam-se nos estudos desenvolvidos no Brasil para o mapeamento geomorfológico de feições e processos antropogênicos, na cartografia geotécnica e na identificação e caracterização dos terrenos e depósitos sedimentares tecnogênico. Esses estudos vêm sendo conduzidos, desde a década de 1990, por grupos científicos de várias instituições brasileiras, cujos pesquisadores têm produzido importante arcabouço conceitual e metodológico acerca das feições de relevo e coberturas superficiais tecnogênicas.

Para a classificação do relevo tecnogênico desenvolveu-se uma abordagem morfoestratigráfica, essencialmente genética, levando em conta as formas, os processos e os materiais constituintes do terreno (CEN/SBCR, 2022).

Com isso, chegou-se a três tipos de contextos geomorfológicos em que as formas tecnogênicas se desenvolvem, sendo eles, de acordo com CEN/SBCR (2022):

- a) aqueles em que ocorre uma dinâmica morfológica aditiva, ou seja, que resulta em acumulação de material transportado e depositado, de forma direta ou indireta, formando Elevações ou Superposições Tecnogênicas;
- b) os dominados por dinâmicas subtrativas, que resultam em perda e exportação de material, configurando Cicatrizes ou Depressões Tecnogênicas; e
- c) os contextos de dinâmica conservativa, nos quais não há aporte ou exportação de material na superfície, produzindo as Corrugações Tecnogênicas e as Equiformas Tecnogênicas.

Além disso, CEN/SBCR (2022) desenvolveu um quadro, representado pela Figura 6, separando e classificando as Tecnoformas (formas criadas diretamente pela agência humana) e as Geotecnoformas (induzidas pela agência humana):

- a) Elevações ou Superposições Tecnogênicas, que resultam do acréscimo de materiais no terreno, podem se dar em função da ação humana direta, constituindo, assim, Tecnoformas de Acumulação; ou podem resultar da ação humana indireta, constituindo as Geotecnoformas de Acumulação.
- b) Cicatrizes ou Depressões Tecnogênicas, que resultam, inversamente, da retirada de materiais do terreno, também podem se dar em função da ação humana direta, constituindo Tecnoformas de Escavação; ou da ação indireta, constituindo Geotecnoformas de Denudação.
- c) Corrugações Tecnogênicas correspondem a morfologias associadas a terrenos revolvidos pela movimentação direta de materiais *in situ*, configurando as Tecnoformas de Turbação.

d) Equiformas Tecnogênicas ocorrem em situações em que há modificação direta ou indireta na composição ou estrutura física do terreno, ainda que a forma original do relevo seja conservada. Esta modificação pode se dar por alterações das coberturas pedológicas, constituindo as Equiformas Tecnogênicas de Modificação em Superfície, ou dos materiais em profundidade, como é o caso dos maciços tecnoturbados, constituindo as Equiformas Tecnogênicas de Modificação em Profundidade.

Figura 6: Formas de relevo tecnogênicas organizadas segundo aspectos morfográficos (1º nível taxonômico) e morfogenéticos (2º nível taxonômico), com aspectos de sua expressão no terreno e morfogênese.

FORMAS DE RELEVO TECNOGÊNICAS			
MORFOLOGIA		EXPRESSÃO NO TERRENO	MORFOGÊNESE
Categorias (1º Nível)	Tipos (2º Nível)		
ELEVAÇÕES E SUPERPOSIÇÕES TECNOGÊNICAS	Tecnoformas de Acumulação	Formas associadas a depósitos tecnogênicos construídos	Acréscimo direto de material
	Geotecnofomas de Acumulação	Formas associadas a depósitos tecnogênicos induzidos	Acréscimo induzido de material
CICATRIZES E DEPRESSÕES TECNOGÊNICAS	Tecnoformas de Escavação	Cicatrizes tecnogênicas escavadas	Retirada direta de material
	Geotecnofomas de Denudação	Cicatrizes ou depressões tecnogênicas induzidas	Movimentação ou erosão induzida de material
CORRUGAÇÕES TECNOGÊNICAS	Tecnoformas de Turbação	Formas associadas a terreno revolvido	Movimentação direta de material dentro do próprio sítio
EQUIFORMAS TECNOGÊNICAS	Equiformas Tecnogênicas de Modificação em Superfície	Formas associadas a solos tecnogênicos	Modificação direta ou indireta na composição ou estrutura física do terreno em superfície
	Equiformas Tecnogênicas de Modificação em Profundidade	Maciço tecnoturbado	Modificação direta na composição ou estrutura física do terreno em profundidade

Fonte: CEN/SBCR, 2022. Adaptado pelo autor, 2024.

Assim temos que as formas de relevo tecnogênicas podem apresentar variada gama de combinações e abrangência espacial, o que lhes permite transitar entre níveis taxonômicos do mapeamento geomorfológico. Tanto as formas de relevo tecnogênicas como suas associações ocorrem em contextos de relevo preexistente, natural ou já transformado em algum grau e extensão. Considerando-se esta dimensão temporal inerente à agência humana, a cartografia retrospectiva constitui recurso fundamental no mapeamento do relevo tecnogênico (CEN/SBCR, 2022).

As formas antropogênicas estudadas nessa pesquisa são definidas como pertencentes ao sexto táxon, sendo utilizado o quadro apresentado anteriormente para se fazer a classificação quanto a sua morfologia, expressão no terreno e morfogênese.

Entretanto, é importante citar o artigo de Moura *et al.* (2023) que apresenta diretrizes para o mapeamento das formas de relevo tecnogênicas segundo a classificação do SBCR.

O arcabouço teórico-metodológico para os mapeamentos dos relevos tecnogênicos deve ser fundamentado na concepção que essas feições se expressam de diversas formas através dos seus materiais e dos processos atuantes na superfície da terra em função da agência humana, abrangendo os significados morfogenéticos e morfodinâmicos refletidos nas formas de relevo. Os contextos socio-histórico-cultural também são importantes para a caracterização do relevo contemporâneo, o conhecimento sobre os modos de apropriação e modificação da morfologia original torna-se necessário para a compreensão dos fatores que definem novos processos morfodinâmicos e a formação de depósitos e formas de relevo tecnogênicas (MOURA *et al.*, 2023).

Com isso, os autores elaboraram uma denominada Tríade Geomorfológica (formas, materiais e processos) para fundamentar e subsidiar a proposta do sistema de classificação do relevo tecnogênico.

- Formas:

Fenômenos perceptíveis, concretos, com variações de dimensões, contornos, configuração e volumes. São formas do relevo que expressam a diversidade de feições, materiais e processos atuantes na superfície terrestre. Podem ter influências endógenas, exógenas e antropogênicas, além de significados morfogenéticos e morfodinâmicos.

- Materiais:

Resultado dos processos atuantes na dinâmica da paisagem e nas formas e materiais já existentes. Podendo ser a (re)mobilização e transformação das rochas, mantos de intemperismo, solo, coberturas sedimentares, depósitos tecnogênicos, reconfigurando as formas de relevo. A identificação de registro das ações dos processos sobre os materiais e as formas busca responder diversos efeitos da e na dinâmica evolutiva do relevo, a fim de melhor compreender a estruturação das distintas paisagens morfológicas ao longo do tempo.

- Processos:

Os modos de apropriação e modificação da morfologia original que auxiliam na compreensão dos fatores geradores dos novos processos morfodinâmicos e registros morfoestratigráficos (terrenos/relevos tecnogênicos). A agência geológico-geomorfológica humanas, em sua interação social e sob múltiplas determinações, colocar em prática a sua capacidade de contornar e transformar a paisagem.

Outra abordagem complementar para esse arcabouço teórico-metodológico, é a consideração das abrangências históricas e dimensionais do estudo, bem como a

complexidade da realidade que se pretende analisar. Se tratando de formas de relevo as escalas de espaço-tempo estarão intrinsecamente correlacionadas e serão diretamente proporcionais na qual o objeto de análise se enquadra. Assim sendo, a análise geomorfológica será o estudo dos agentes e processos que leva a uma reconstituição da evolução do relevo em distintas escalas espaciais e temporais, estando de acordo com os objetivos da pesquisa (MOURA *et al.*, 2023).

A escala de abordagem para formas de relevo e processos macro/meso é definida por uma escala espacial maior, com maior influência dos processos endógenos e uma escala temporal ampliada (tempo geológico/tempo longo). Por outro lado as formas e processos meso/mirco, muitas vezes relacionadas a superfície emersa, aos sistemas fluviais e as vertentes, têm uma temporalidade diferente das observadas em grandes recortes temporais, pois quanto maior a escala espacial, maior e mais decisiva é a influência dos processos exógenos e da agência humana, portanto, maior é a necessidade da utilização da escala de tempo histórica (tempo curto) para a análise geomorfológica. A produção do espaço geográfico pela agência humana está presente no tempo histórico e essa escala incorpora as transformações produzidas e suas consequências nas formas, processos e materiais (MOURA *et al.*, 2023).

Além disso, os autores definem três conjuntos de intervenções da agência humana. O primeiro conjunto seria os processos de retirada da cobertura vegetal em função das alterações do uso da terra; o segundo como sendo as intervenções que ocorrem por meio da criação de novas feições morfológicas, que podem estar associadas as atividades de mineração e agropecuárias como também ao assentamento ou crescimento urbano-industrial, dentre outros tipos de uso; e o terceiro conjunto como sendo a criação de depósitos tecnogênicos e a modificação antropogênica dos solos e materiais de cobertura, pelos processos que expressam a agência humana, dando origem a novas morfologias ou a novos tipos de coberturas superficiais e podendo produzir alterações nos próprios materiais tecnogênicos, (re)direcionando as modificações nos processos morfodinâmicos.

O estudo da evolução da cobertura vegetal e uso da terra permite avaliar as transformações ocorridas no espaço urbano ou rural, a partir de uma análise do modo como as sociedades têm se articulado com a natureza, por isso são fundamentais na observação das formas de relevo tecnogênicas. Registros históricos das mudanças da cobertura vegetal e uso da terra, como os mapas de cobertura e uso, são expressões das relações socioeconômicas nos territórios e revelam formas de apropriação e modificação da natureza pela sociedade, podendo indicar um retrato das condições e da qualidade ambiental

de uma determinada área mapeada em um determinado momento do tempo (MOURA e MORAN, 2017; MOURA *et al.*, 2023).

4.3 Extração, Impacto e Legislação da mineração de areia

ABDI (2012) define o termo “agregados para a construção civil”, empregado no Brasil, para identificar um segmento do setor mineral que produz matéria-prima mineral bruta ou beneficiada, granular, sem forma e volume definidos, de dimensões e propriedades de uso imediato na indústria da construção civil. Os agregados, mais precisamente, areia e brita, prestam-se para atender demandas significativas da sociedade moderna, especialmente: construção de casas, de indústrias, no saneamento, na construção de rodovias, de ferrovias de portos, de aeroportos, na pavimentação etc.

O DNPM (2015) define o termo “areia” como sendo usado para identificar um tipo de recurso natural, designando um material granular, com tamanho em um intervalo definido (2 a 0,06 mm), de composição silicática, em geral com predominância do mineral quartzo. Entretanto, Quaresma (2009) define o termo “areia” como sedimentos clásticos gerados por processos de fragmentação de rocha, constituídos basicamente por partículas de quartzo, podendo conter minerais secundários. Os processos de desagregação e transporte podem ocorrer em meio aquoso ou eólico. As características físicas dos grãos, tais como as dimensões, grau de arredondamento e de esfericidade estão relacionadas com a distância de transporte e o meio no qual as partículas foram transportadas.

Nessa pesquisa, a definição utilizada para definir areia será de Quaresma (2009) onde areia é um termo genérico abrangendo um amplo conjunto de materiais granulares, constituídos principalmente de quartzo, e com diferentes especificações e usos, sendo a construção civil um dos principais. Além disso a areia pode se apresentar na forma de sedimentos inconsolidados nos leitos dos rios atuais, nas planícies e terraços aluviais e em dunas litorâneas.

No Brasil, as reservas de areia são relativamente abundantes em quase todas as regiões do país, apesar disso, seu aproveitamento fica, muitas vezes, condicionado às restrições ambientais, sociais e políticas, especialmente em áreas urbanas, onde a mineração disputa espaço, sempre em desvantagem, com grandes empreendimentos imobiliários (ABDI, 2012).

Por se tratar de extração de recursos naturais não renováveis da crosta terrestre, a mineração geralmente é vista como uma atividade altamente impactante e não sustentável. Entretanto, a mineração é a base da indústria moderna, fornecendo matéria-prima para todos os demais setores da economia, portanto, essencial para o desenvolvimento de qualquer sociedade (RAMADON, 2016).

Notavelmente, quase todas as atividades humanas na superfície terrestre causam algum tipo de modificação, sendo a mineração talvez uma das que mais alteram o relevo e a paisagem. Esses autores também alertam para o fato de que areia, cascalho e pedras para construção civil sejam talvez os materiais mais importantes que são extraídos da superfície terrestre, devido à utilização na construção civil (GUERRA e MARÇAL, 2006).

A extração mineral é considerada estratégica no Brasil, como na maioria dos países, principalmente pelo fator de que os depósitos minerais são bens públicos, extraídos por concessão do estado. Os efeitos ambientais e socioeconômicos do aproveitamento desses depósitos dependem, principalmente, da forma na qual a atividade de extração será planejada e, principalmente, de como será desenvolvida (RAMADON, 2016).

Conforme consta no documento “Diretrizes Ambientais para o Setor Mineral” do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 1997), em uma definição mais técnica, a atividade de extração mineral consiste em “mineração” propriamente dita e engloba as atividades de pesquisa, lavra e beneficiamento de minerais, e caracteriza-se pela existência de um plano de aproveitamento econômico de um corpo mineral conhecido. A atividade, assim definida, compreende três etapas que correspondem à implementação, operação e desativação. Nesse sentido, a mineração configura-se como uma forma de “uso temporário do solo” (RAMADON, 2016).

De acordo com Nogueira (2016) e Lelles (2004), os procedimentos desde a fase inicial da cava até a sua fase de recuperação e os impactos decorrentes da extração de areia podem ser descritos a seguir:

a) Fase de Instalação

Na abertura de redes viárias para o acesso ao local onde as cavas de extração de areia serão exploradas, utiliza-se diversos maquinários em diferentes etapas (retirada da vegetação, retirada das camadas superficiais do solo por maquinário pesado e abertura das cavas de extração). Na etapa de supressão da vegetação nativa e a retirada do solo, normalmente são utilizadas motosserras e tratores com correntes amarradas para a derrubada das árvores e

retroescavadeiras e caminhões para a retirada do solo acima dos depósitos de areia a serem explorados. Na etapa de instalação dos silos, balsas e outras estruturas necessárias para a atividade de extração de areia, utiliza-se grande quantidade de maquinários pesados e mão de obra.

Os impactos decorrentes dessa primeira fase de instalação são: geração de poeira e material particulado; emissão de gases provenientes de combustão de motores dos maquinários; movimentos de terra e aporte de sedimentos para os cursos d'água; compactação do solo, geração de ruído; supressão da vegetação existente; risco de vazamentos de óleos, graxas e/ou combustíveis dos maquinários utilizados; alteração da paisagem; e consumo de combustíveis fósseis.

b) Fase de Operação

A seguinte fase representa a retirada do material mineral, extração de areia em cava submersa, como descrito anteriormente. A etapa de estocagem consiste no armazenamento da areia em caixas de areia ou então em silo. Os locais de estocagem podem ser temporários, quando a areia ainda irá passar por processo de peneiramento e somente depois será estocada em locais permanentes, onde ocorre o carregamento para seu transporte. Após a areia ser conduzida ao seu local de estocagem ela passa pelo processo de drenagem natural, sendo que as águas e as partículas finas dissolvidas voltam direto para as cavas ou são escoadas pelo terreno adjacente onde ocorre a extração. Na etapa de carregamento e transporte ocorre o carregamento dos caminhões responsáveis pelo transporte da areia até a sua fonte de consumo, normalmente são utilizadas retroescavadeiras para essa atividade, porém também podendo ser feita por esteiras ou direto dos silos.

Os impactos são: compactação do solo; alteração da paisagem; geração de ruídos; geração de efluentes e rejeitos; aporte de sedimentos nos cursos d'água; geração de poeira e material particulado; emissão de gases provenientes da combustão de motores dos maquinários utilizados; e consumo de combustíveis fósseis.

c) Fase de Desativação e Recuperação da área

Nessa fase ocorre a retirada das estruturas utilizadas na extração de areia através de tratores e caminhões, visto o peso e dimensão das estruturas. O processo de recuperação é longo e dinâmico, além de extremamente complexo. Devem ser utilizadas técnicas de recuperação das características do solo, envolvendo, quase sempre, práticas de reflorestamento e recomposição paisagística, propondo o retorno da área as suas características mais próximas as iniciais, antes da extração, além de ser feitos planos de usos alternativos quando não houver a possibilidade da recomposição.

Os impactos da desativação são: geração de poeira e material particulado; emissão de gases provenientes de combustão dos motores das máquinas utilizadas; compactação do solo pelos equipamentos pesados que retiram as estruturas; alteração da paisagem pela retirada das estruturas; redução da oferta do produto na região com a desativação do empreendimento; geração de ruídos devido aos caminhões e tratores; e consumo de combustíveis fósseis.

Os impactos da recuperação são: recomposição da cobertura vegetal e recomposição da topografia do terreno com o controle de erosão.

d) Legislação Minerária Brasileira

No Brasil existe uma série de instrumentos legais, começando pela Constituição Federal que regulamentam as atividades mineradoras. O artigo 20 da Constituição Federal em seu inciso IX, estabelece que são bens da União “os recursos minerais, inclusive os do subsolo”, no artigo 22 inciso XII, estabelece que compete a União legislar privativamente sobre as “jazidas, minas, outros recursos minerais e metalurgia” e o artigo 23 inciso XI, estabelece a competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos municípios em “registrar, acompanhar e fiscalizar as concessões de direito de pesquisa e exploração de recursos hídricos e minerais em seus territórios” (NOGUEIRA, 2016).

A extração de areia obedece à legislação mineral brasileira que é regida pelo Código de Mineração, decreto-lei nº 227/1967, alterado pela lei nº 9314/96, e regulamentado pelo Decreto nº 62.934/68. A aplicação e fiscalização eram de responsabilidade do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) que atualmente se tornou uma Superintendência de Fiscalização na Agência Nacional de Mineração (ANM), no estado do Rio de Janeiro essa competência também cabe ao Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro (DRM).

De acordo com a lei nº 9314/96 existem cinco formas de regime de aproveitamento de substâncias minerais, entretanto na atividade de extração de areia apenas três são utilizados sendo: Regime de Autorização de Pesquisa, Regime de Concessão de Lavra e Regime de Licenciamento.

A mineração é classificada como uma atividade potencialmente modificadora do meio ambiente, por esse motivo está sujeita aos processos de licenciamento ambiental e a recuperação de áreas degradadas (OBATA e SINTONI, 2003).

O licenciamento ambiental é um instrumento presente na Lei nº 6.938/81, que estabeleceu a Política Nacional de Meio Ambiente. Alguns dos instrumentos instituídos por essa lei, destacam-se o zoneamento ambiental, a avaliação de impacto ambiental (AIA) e o licenciamento ambiental. Todos esses instrumentos são necessários para a implementação de qualquer atividade de potencial poluidor ou modificador do meio ambiente (NOGUEIRA, 2016).

O Decreto 99.274/90 regulamentou a Lei nº 6.938/81 vinculando a elaboração do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), para atividades que utilizam recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou capazes, sob qualquer forma, de provocar degradação ambiental, quando houver: construção, instalação, ampliação, funcionamento e desativação (NOGUEIRA, 2016).

As atividades de mineração que modifiquem o meio ambiente, através da resolução CONAMA Nº1, de 1º de janeiro de 1986, precisam da aprovação do EIA/RIMA para o seu licenciamento, entretanto na resolução CONAMA 010/90 criou-se uma exceção para que empreendimentos de extração de substâncias minerais “in natura” de emprego imediato na construção civil, ou seja, as atividades de extração de areia e outros agregados, fossem dispensados da apresentação do EIA/RIMA, ficando a critério do órgão ambiental competente em função da natureza, localização, porte e demais peculiaridades do empreendimento (NOGUEIRA, 2016).

A ausência da necessidade de elaboração EIA/RIMA para o licenciamento da extração de areia é um dos fatores que auxilia na facilidade em instalar esses empreendimentos, na dificuldade de conter e mensurar seus impactos e na recuperação das áreas onde as atividades foram encerradas.

Outro aspecto a ser abordado é que o processo de licenciamento ocorre em três momentos distintos, Regime de autorização de pesquisa, Regime de concessão de lavra e Regime de Licenciamento.

De acordo com Nogueira (2016) e Obata e Sintoni (2003) cada regime vai ter as seguintes características:

Regime de Autorização de Pesquisa – caracterizado pela expedição, através do Diretor Geral do DNPM, atualmente acredita-se que deve ser uma função do Diretor Geral da ANM, do Alvará de Autorização de Pesquisa. Esse documento permite a realização de pesquisas e trabalhos técnicos para a definição da substância de interesse econômico dentro dos limites da área previamente solicitada e aprovada, com o prazo máximo de três anos. Entretanto esse documento garante apenas a pesquisa e não a lavra, cuja concessão somente é solicitado após o cumprimento técnico e administrativo das condições contidas neste regime. Estão enquadrados nesse regime os processos de Requerimento de pesquisa e Autorização de pesquisa.

Regime de Concessão de Lavra – caracterizado pela expedição, através do Ministério de Minas e Energia, da Portaria de Lavra. A partir desse documento fica habilitada a prática de trabalhos de extração mineral. É um título concedido a partir do cumprimento de todas as disposições legais, técnicas e administrativas anteriores, relativas ao regime de autorização. Somente após a apresentação do licenciamento ambiental através do órgão competente é que ocorre a concessão da lavra, entretanto, como dito anteriormente, no caso da atividade de extração de areia, o licenciamento ambiental através do EIA/RIMA não é obrigatório. Os processos dentro desse regime são de Direito de Requerer Lavra e Requerimento de Lavra.

Regime de licenciamento – o Licenciamento Mineral obedecia ao Decreto-Lei nº 227/67, art. 2º que era o consentimento da União a particulares para a instalação de lavra minerais e a sua utilização imediata na construção civil. Porém o licenciamento dependia da obtenção da parte interessada de licença específica expedida pela autoridade administrativa local, no município que se situa a jazida e da efetivação do registro junto ao DNPM. Entretanto, a Lei 9314/96 revogou o art. 2º do Decreto 227/67, fazendo com que as substâncias minerais de uso imediata na construção civil possam ser requeridas, para seu aproveitamento econômico, pelo Regime de Autorização de Pesquisa e Concessão de Lavra, caracterizando assim o regime para as substâncias em questão. Nesse regime estão os processos de Licenciamento, Concessão de Lavra e Disponibilidade.

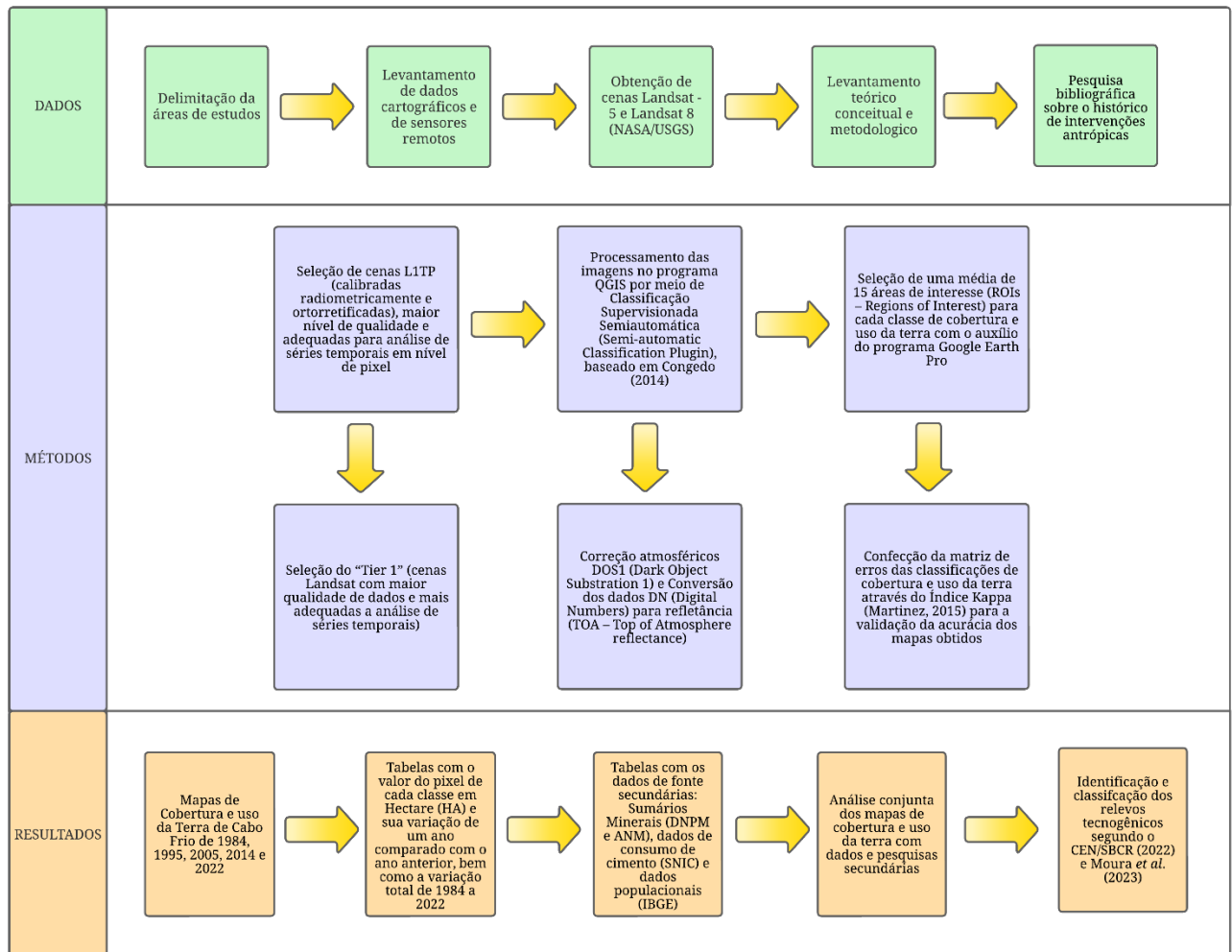
5 METODOLOGIA

A metodologia da pesquisa foi desenvolvida visando que os mapas de cobertura e uso da terra são apenas um produto e para que se chegasse a um resultado satisfatório sobre as alterações antrópicas que ocorrem bem como a criação de novas formas de relevos, seria necessário analisar os contextos socioeconômicos local (Cabo Frio), regional (Rio de Janeiro) e global (Brasil), pois no período estudado de 1984 a 2022, não só o estado fluminense como o país foram palco de diversos eventos que impactaram diretamente a configuração da paisagem de Cabo Frio.

Assim, foram utilizados dados primários – desenvolvidos através do processamento de imagens de sensores remotos; e dados secundários – provenientes de instituições públicas e de outras pesquisas que de alguma forma possam colaborar para o embasamento das discussões que serão apresentadas nos resultados.

O fluxograma que é apresentado na Figura 7 visa auxiliar a melhor compreensão dos passos metodológicos adotados no desenvolvimento da pesquisa voltados aos mapas de cobertura e uso da terra e as discussões sobre as alterações socioeconômicas e da paisagem que ocorreram no município de Cabo Frio, esses mapas serão de grande utilidade para a identificação e classificação dos relevos tecnogênicos. No subcapítulo 5.5 será apresentado outro fluxograma contendo a metodologia desenvolvida para a identificação e classificação dessas novas formas de relevo.

Figura 7: Fluxograma das etapas da pesquisa.



Fonte: O autor, 2024.

5.1 Levantamento de informações e bases cartográficas

O primeiro passo para a realização da pesquisa foi a delimitação da área de estudos como sendo o município de Cabo Frio (RJ), inicialmente a área estudada seria toda a Baixada Litorânea, entretanto prezou-se por uma área de estudos menor para que assim a discussão e os resultados fossem melhor trabalhados, além do fato de haver apenas dois municípios onde ocorrem a extração de areia nessa região, sendo Cabo Frio o principal e com maior destaque.

No site do Ministério Público do Rio de Janeiro (<http://apps.mprj.mp.br/sistema/cadg/>) é possível se encontrar e baixar arquivos *shapefile* de diversas parte do Estado e com inúmeras utilidades, para a realização dessa pesquisa os arquivos utilizados foram a

delimitação dos limites municipais do estado fluminense e os limites dos bairros de todos os municípios do Estado.

Dentro do programa QGIS versão 3.22.14, foram criadas camadas *shapefile* próprias para o município de Cabo Frio, pela seleção do seu polígono e salvando-o como uma nova camada, além da construção do *shapefile* do Distrito de Tamoios, que consistiu na seleção dos bairros que compõem esse distrito e depois se dissolvendo os seus limites dando assim origem a uma nova camada.

Como exposto anteriormente, o desenvolvimento da pesquisa busca não somente se basear em dados próprios como relacioná-los com dados de outras pesquisas, para isso foram levantados dados que pudessem aprofundar e incorporar as discussões, levando em conta múltiplos fatores e agentes.

Os dados de cobertura e uso da terra foram incorporados com processos de transformação antrópica da paisagem de Cabo Frio, a configuração geomorfológica da região, a disponibilidade de recursos naturais e áreas protegidas, dados de crescimento populacional e produção mineral de areia e os contextos socioeconômicos na quais o município, o estado e o país estavam envolvidos, para assim formular graus de interações entre os elementos e agentes presentes na região.

Foram pesquisados todos os dados disponíveis sobre produção e consumo de areia disponíveis em órgãos públicos como os Sumários Minerais do Brasil e Boletim Mineral (DNPM, ANM e MME), dados populacionais do município de Cabo Frio e de todos os municípios da Baixada Litorânea (IBGE), dados sobre o consumo de cimento no Brasil e no estado do Rio de Janeiro (SNIC e CBIC), informações sobre as lavras de extração de areia nos limites do município de Cabo Frio (SIGMINE), além de pesquisas que relatam as alterações que ocorreram na paisagem de Cabo Frio. Sendo todos esses dados relacionados de alguma forma com os resultados obtidos dos mapas de cobertura e uso da terra, produzidos através do Processamento Digital de Imagens de sensores remotos (PDI) dentro do programa de código aberto *Quantum GIS* (QGIS) e a sua classificação no complemento (Plug-in) para Classificação Semiautomática SCP (*Semi-Automatic Classification Plugin*) desenvolvido por Congedo (2017).

5.2 Programas e bases de dados utilizado

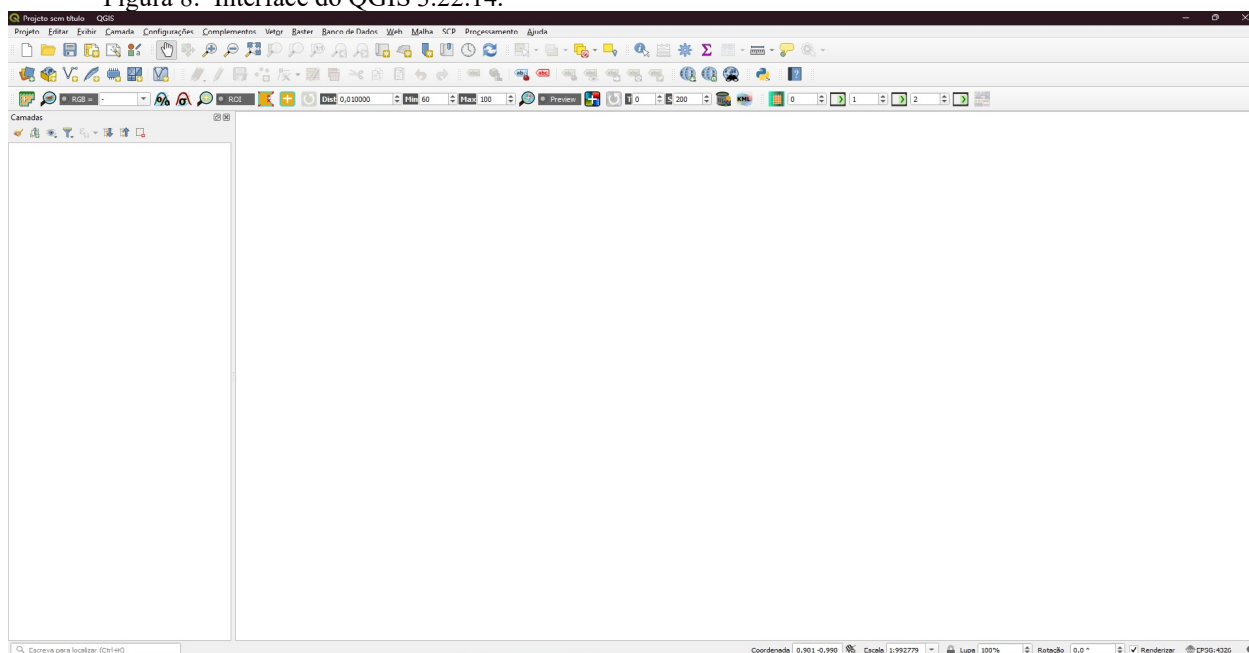
5.2.1 Quantum GIS

A vigente pesquisa foi desenvolvida utilizando-se de técnicas de PDI, para isso o programa escolhido foi o QGIS, uma multiplataforma de SIG de código aberto (free and open source) que possibilita ao usuário visualizar, gerir, editar, analisar dados georreferenciados, criar mapas para impressão e publicar informações geoespaciais. Desenvolvido pelo programador Gary Sherman em 2002, licenciado segundo a Licença Pública Geral GNU, o QGIS é um projeto oficial da Open Source Geospatial Foundation (OSGeo) desde 2007. Funciona em Linux, Unix, Mac OSX, Windows e Android e suporta inúmeros formatos de vetores, rasters e bases de dados e funcionalidades. O programa é impulsionado por voluntários que regulamente auxiliam de diversas maneiras, como: desenvolver códigos, corrigir e relatar bugs, contribuir com documentação, promoção e apoio a outros usuários nos fóruns de discussão. O QGIS disponibiliza um número de funcionalidades em constante crescimento, principalmente devido ao fator de ser constantemente atualizado pelos desenvolvedores e voluntários, através das funções nativas e de complementos (plugins), além de estar disponível em mais de 48 idiomas (MENEZES, 2018 e QGIS, 2023).

Igual a outros *softwares* SIG, o QGIS é capaz de oferecer aos usuários uma gama completa de possibilidades para se trabalhar na produção e confecção de dados georreferenciados, utilizando-se de diversas opções de projeções cartográficas. Os mapas podem ser feitos a partir de camadas raster e ou/vetoriais, com as possibilidades de armazenar dados em forma de pontos, linhas ou polígonos, e em forma de tabelas de atributos para uma espacialização dos objetos estudados (MENEZES, 2018).

Nesta pesquisa a versão utilizada do QGIS será a 3.22.14 (Figura 8), disponibilizado de forma gratuita através do site: https://www.qgis.org/pt_BR/site/index.html

Figura 8: Interface do QGIS 3.22.14.



Fonte: O autor, 2024.

5.2.2 Extensão para Classificação Supervisionada Semiautomática (SCP)

Dentro do QGIS, através da aba Complementos é possível serem adquiridos diversos *plug-in* ou então extensões desenvolvidas pelos próprios usuários, a escolhida para o desenvolvimento dessa pesquisa foi a extensão *Semi-Automatic Classification Plugin* (SCP). Segundo Congedo (2017):

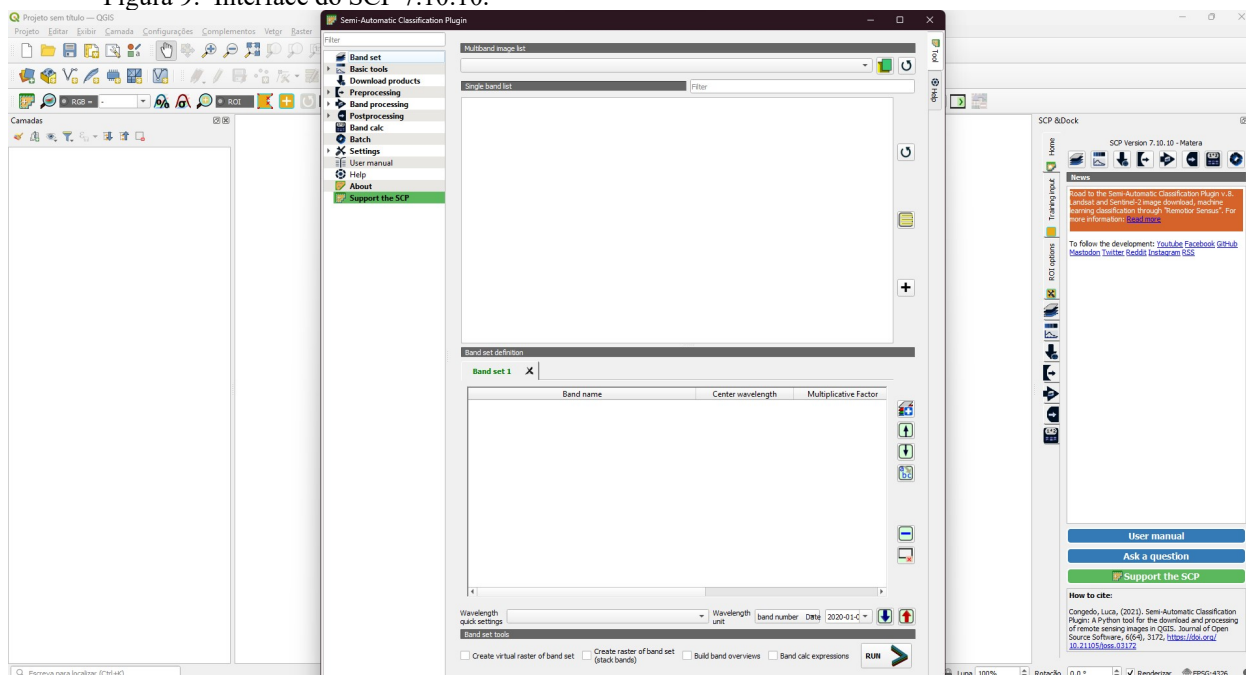
O objetivo geral do SCP é fornecer um conjunto de ferramentas entrelaçadas para processamento raster, a fim de fazer um fluxo de trabalho automático que facilite a classificação da cobertura do solo, que também pode ser realizada por pessoas cujas principais áreas de atuação não sejam o sensoriamento remoto. A primeira versão do SCP foi desenvolvida por Luca Congedo em 2012 para o “ACC Dar Project”, a fim de criar uma ferramenta para a classificação da cobertura do solo de forma acessível e automática. (CONGEDO, 2017, p.1).

Assim como o QGIS a extensão SCP também é de código aberto, sua finalidade é permitir uma classificação semiautomática (também conhecida como classificação supervisionada) de sensoriamento remoto de imagens. O plug-in ainda oferece ferramentas para fazer o download de imagens de satélite gratuitas, o pré-processamento, pós-processamento e cálculo raster.

O foco principal do SCP é a classificação da cobertura da terra através de imagens de sensores remotos por meio da classificação supervisionada. Possibilitando a produção de varreduras da cobertura do solo usando algoritmos de classificação *Minimum Distance* (distância mínima), *Maximum Likelihood* (máxima verossimilhança) e *Spectral Angle Mapping* (mapeamento de ângulo espectral), disponíveis no SCP. Esses algoritmos necessitam de assinaturas espectrais ou a criação de Regiões de Interesse (ROIs) como a entrada que define as classes de cobertura do solo a serem identificadas na imagem.

O *plug-in* SCP consegue trabalhar com imagens multiespectrais adquiridas por satélites, aviões ou drones, permitindo também a pesquisa e aquisição das cenas de forma gratuitas dos sensores *Landsat* e *Sentinel*, de forma direta pela extensão. As ferramentas disponíveis de pós-processamento incluem: precisão de avaliação, a mudança de cobertura e uso da terra, relatório de classificação, índice Kappa, classificação para vetor e reclassificação dos valores de *raster*. A versão utilizada na presente pesquisa foi a 7.10.10.

Figura 9: Interface do SCP 7.10.10.



Fonte: O autor, 2024.

5.2.3 Sensores *Landsat*

A família de sensores remotos do Programa LANDSAT (*Land Remote Sensing Satellite*) iniciado no final da década de 1960, desenvolvidos e lançados pela *National*

Aeronautics and Space Administration (NASA) em parceria com a *United States Geological Survey* (USGS), tem como o objetivo a observação dos recursos naturais. O primeiro satélite foi lançado em 23 de julho de 1972 e recebeu o nome de *Landsat 1* e, desde então, foram lançados mais oito satélites da mesma família com o último sendo lançado no ano de 2021 e denominado de *Landsat 9* (BATISTELLA e MORAN, 2008; USGS, 2016).

A partir do lançamento dos primeiros satélites de recursos naturais iniciou-se efetivamente uma nova fase em gestão ambiental. Essa fase foi caracterizada pelo uso de imagens de orbitais como fonte primária de dados, possibilitando a geração periódica de informações sobre as superfícies. As imagens *Landsat* ainda são muito utilizadas em aplicações ambientais, também por conta do imenso arquivo histórico de mais de trinta anos, e subsidiam a elaboração de projetos de acompanhamento do uso e cobertura das terras, apoio ao monitoramento de áreas de preservação, cartografia temática, atualização cartográfica, entre outros (BATISTELLA e MORAN, 2008).

Os sensores remotos escolhidos para a realização da presente pesquisa foram: *Landsat-5* e *Landsat-8*, a Tabela 1 representa as suas respectivas informações. Todas as cenas obtidas são de autoria da NASA/USGS e disponibilizadas de forma gratuita na página *Earth Explorer* (USGS) (<http://earthexplorer.usgs.gov>). As imagens de ambos os satélites correspondem à órbita-ponto 216/076 onde abrange grande parte da Baixada Litorânea e o município de Cabo Frio em sua integralidade. As cenas foram capturadas, sempre no período do dia (matutino), dos seguintes dias: 12 de setembro de 1984, 7 de julho de 1995 e 5 de agosto de 2005, do *Landsat-5*; 27 de junho de 2014 e 3 de julho de 2022, do *Landsat-8*.

Tabela 1: Informações sobre os sensores *Landsat* utilizados na pesquisa.

Satélite	LANDSAT 5	LANDSAT 8
Data da passagem do sensor na área	12/09/1984, 7/07/1995 e 5/08/2005	27/06/2014 e 3/07/2022
Nº de Bandas	6 bandas multiespectrais; 1 banda termal.	1 banda Pancromática; 8 bandas multiespectrais; 2 bandas termal.
Resolução espacial	30 metros (Bandas multiespectrais); 120 metros (Band termal)	30 metros (Bandas multiespectrais); 100 metros (Band termal); 15 metros (Banda Pancromática)
Área de abrangência no solo	185 x 185 km	185 x 185 km
Período de revisita	16 dias	16 dias
Instrumentos sensores	MSS e TM	TIRS e OLI

Fonte: BATISTELLA e MORAN, 2008. Adaptado pelo autor, 2024.

5.2.4 Google Earth Pro e outros programas utilizados

O *Google Earth* é um *software* cuja função é apresentar um modelo tridimensional do globo terrestre, construído a partir de um mosaico de imagens de satélite e aéreas obtidas de diversas fontes. A sua versão Pro apresenta algumas funcionalidades mais adequadas para projetos e pesquisas, com imagens de satélite em uma melhor resolução, mapas detalhados, terrenos e modelos 3D, além de outras funcionalidades essenciais para um trabalho acadêmico. No início de 2015 foi liberado o acesso gratuito à versão Pro do *Google Earth*, com funcionalidades adicionais em relação à versão básica. Nessa pesquisa, o *Google Earth Pro* foi utilizado com o intuito de auxiliar na identificação e coleta dos ROIs (*Regions of Interest*) empregados nos mapas de cobertura e uso da terra. Inicialmente foram coletados em média 15 para cada classe, a partir de uma rápida análise das imagens do município de Cabo Frio e foi criado um *shapefile*, contendo os pontos, em seguida foi exportado para o programa QGIS. Assim, esse arquivo *shape* contendo os pontos foi sobreposto as cenas de 1984, 1995, 2005, 2014 e 2022 para verificar se de fato os pontos continuavam pertencendo a uma mesma classe ou se, ao longo do tempo, alteravam a sua natureza. Com essa comparação foram criados ROIs, de acordo com a necessidade de cada um dos mapas com o objetivo de ter pelo menos 15 ROIs para cada classe. Além disso, a coleta desses pontos no *Google Earth Pro* auxiliou na análise das alterações que ocorrem ao longo dos anos em Cabo Frio, pois foi possível detectar que alguns dos pontos passavam de uma classe para outra.

Outros programas utilizados para o auxílio no desenvolvimento desta pesquisa foram programas de edição de texto como Word, planilhas eletrônicas como o Excel, ambos do pacote de ferramentas fornecidos pela empresa Microsoft, navegador Opera GX e Google Chrome, além do Adobe Acrobat Reader.

5.3 Análise da cobertura e uso da terra

As informações disponibilizadas pelos satélites de recursos naturais são ferramentas importantes para a análise do território brasileiro, particularmente, na gestão de ambiental, mapeamento da cobertura e uso da terra, zoneamento ecológicos-econômicos, avaliação de impactos ambientais, modelagem de processos ambientais, entre outras áreas (BATISTELLA e MORAN, 2008).

Em um âmbito nacional, o IBGE está alinhado ao entendimento e recomendações dos conceitos básicos consagrados pela *Food and Agriculture Organization of the United Nation* – FAO onde, no mapeamento dos atributos da terra é preciso que sejam compreendidos e definidos os termos “terra”, “uso da terra” e “cobertura da terra” (FAO, 1976).

Sendo assim, a utilização da nomenclatura de cobertura e uso da terra visa unificar os conceitos e assegurar a compatibilidade dos resultados, inclusive com os outros países que promovem pesquisas semelhantes (IBGE, 2006). Entretanto, existem diferentes perspectivas no processo de classificação da cobertura e uso da terra, pelo fato que o processo tende a ser subjetivo, mesmo quando utilizada abordagens numéricas objetivas, pois os modelos de cobertura e uso da terra se modificam, na medida da demanda, pelos recursos naturais. Cada classificação é feita de forma a atender as necessidades de cada pesquisa, e poucos pesquisadores se darão por satisfeitos com um inventário que não atenda a maioria das suas necessidades. Por isso, ao se desenvolver um sistema de classificação para ser utilizado com técnicas de sensoriamento remoto, é fundamental que a estrutura usada seja capaz de satisfazer a maioria das demandas da pesquisa e, dever ser, prioritariamente, baseadas em certas linhas mestras de critérios de avaliação (ANDERSON *et al.*, 1979).

Considerando o conceito do IBGE (2006), o uso da nomenclatura cobertura e uso da terra visa, como objetivo principal, unificar os conceitos e assegurar a compatibilidade dos resultados, inclusive com os outros países que promovem pesquisas semelhantes.

A “cobertura da terra” diz respeito àquelas áreas onde predominam as características naturais ou construídas podendo ser determinada por observação direta (campo ou através de sensores remotos). Enquanto a definição de “uso da terra”, o IBGE leva em consideração as áreas sob utilização econômica, realizadas pelo homem (na superfície terrestre) que tem como objetivo obter algum produto ou benefício, entendidas assim, como uma representação sintética de um conjunto de atividades econômicas com expressão espacial que, de alguma forma, interagem nesse espaço, devendo refletir a maior significância espacial de um determinado tipo de uso (IBGE, 2006).

Os instrumentos de análise espacial fazem ligações entre o meio físico e socioeconômico, sendo indispensáveis em estudos ambientais, na tomada de decisões em ordenamento e planejamento do território, e na definição de políticas de gestão de recursos naturais (MONTEIRO, 2008). Logo, a utilização de sensores remotos, em especial para o mapeamento de cobertura e uso da terra, tem um caráter fundamental para o desenvolvimento de pesquisas e monitoramento ambientais, por possibilitar uma eficiência na obtenção e tratamento de elevada quantidade de dados e informações sobre os recursos naturais. Sendo assim, a utilização dessas técnicas e tecnologias permite inúmeras possibilidades de desenvolvimento de sistemas de gestão e de monitoramento territorial, além de representar um avanço que permite uma melhor visão sinóptica e multitemporal, de conjuntos e dinâmicas sobre a ocupação do espaço geográfico (BATISTELLA e MORAN, 2008).

5.4 Classificação supervisionada como ferramenta de análise

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) possibilitam a realização de diversas pesquisas no âmbito da análise espacial, no monitoramento da superfície terrestre e dos recursos naturais. Uma dessas muitas possibilidades é obter informações através das imagens capturadas por sensores remotos para a análise quantitativa delas, onde se atribui a cada pixel da imagem um significado em função de suas propriedades numéricas, chegando assim ao que é denominado como classificação. As técnicas de classificação visam atribuir a cada pixel um rotulo em função de suas propriedades espectrais e/ou espaciais (NOVO, 2010).

Para o desenvolvimento dessa pesquisa, utilizou-se o método de classificação supervisionada que, de acordo com Novo (2010), corresponde a:

um conhecimento prévio do analista sobre a localização espacial de algumas amostras de classes de interesse. Independentemente da técnica adotada, a classificação supervisionada se baseia no pressuposto de que cada classe espectral pode ser descrita a partir de amostras fornecidas pelo analista (NOVO, 2010, p. 316).

A classificação supervisionada de cobertura e uso da terra utilizada foi baseada em Congedo (2014) com o pré e pós-processamento das imagens. No caso dos dados dos sensores *Thematic Mapper* (TM) do Landsat-5 e *Thermal Infrared Sensor* (TIRS) e *Operational Terra Imager* (OLI) ambos a bordo do satélite Landsat-8, os mesmos foram

georreferenciados no software QGIS 3.22.14. As cenas capturadas por esses dois satélites foram processadas no complemento para classificação supervisionada semi-automática (*Semi-Automatic Classification Plugin*), desenvolvida por Congedo (2014), na versão 7.10.10, incorporada no programa Quantum GIS (QGIS), versão 3.22.14. Os anos selecionados para a obtenção das imagens foram: 1984, 1995, 2005, 2014, e 2022. Para uma melhor análise, foram adotados procedimentos metodológicos iguais para todas as imagens a fim de seguir uma determinada paridade entre eles.

O pré-processamento desses dados consistiu, inicialmente, na conversão dos dados de DN (*Digital Numbers*) para reflectância (TOA – *Top of Atmosphere reflectance*), além de ter sido utilizado o do método de correção atmosférica DOS1 (*Dark Object Subtraction 1*).

Após os passos de pré-processamento das imagens, criou-se um raster virtual de composição RGB – cores verdadeiras – com as bandas 3, 2 e 1 para os satélites Landsat-5 e uma composição com as bandas 4, 3 e 2 para o satélite Landsat-8.

Com a intenção de aperfeiçoar os processos e melhor destacar a área a ser estudada foi feito um recorte em todos os arquivos de imagem de forma a selecionar apenas a área de interesse. Para tal procedimento, foi utilizado um polígono envolvente como máscara, referente aos limites de Cabo Frio (RJ).

A próxima etapa foi o processamento de classificação que consistiu em definir categorias de interesse por meio de seleção de pontos amostrais. Com o auxílio do programa *Google Earth Pro* foram selecionadas áreas representativas para as classes, designadas como ROIs, para a determinação de padrões de comportamento dos pixels para cada classe, possibilitando que o sistema realizasse a busca destes padrões em toda a imagem.

Utilizando o Manual Técnico de Uso da Terra do IBGE (2006) foram definidas as seguintes classes de cobertura e uso da terra:

- 1 - Corpos hídricos (água costeira e água continental)
- 2 - Vegetação densa (área florestada e unidades de conservação)
- 3 - Campos e pastagens (pastagens, áreas de plantio e áreas campestres)
- 4 - Sedimentos não consolidados (areia proveniente de extração, dunas, areia de praia e área degradadas com presença de solo exposto)
- 5 - Área de extração de areia (água proveniente do afloramento do lençol freático provocado pela extração de areia)
- 6 - Salina (áreas onde ocorriam a produção de sal)
- 7 - Rocha exposta (afloramentos rochosos)
- 8 - Áreas urbanizadas (cidade, vilas, indústrias etc.)

Por fim, procedeu-se ao processamento final dos dados, resultando nos cálculos das áreas em hectares e das porcentagens de cada classe. Esses dados foram posteriormente transferidos para uma planilha Excel, onde foram utilizados para calcular a variação percentual entre os anos analisados.

Depois de finalizada a etapa de processamento de classificação, as imagens resultantes foram verificadas com base nas suas respectivas amostras de treinamento de acordo com os índices de precisão Kappa (K) presentes na Tabela 2. O coeficiente Kappa quantifica a concordância entre a escolha de amostras realizadas pelo observados e a escolha feita de forma aleatória, incluindo neste cálculo um fator que subtrai a interferência do acaso (MARTINEZ, 2015).

Tabela 2: Escala de valor de Kappa.

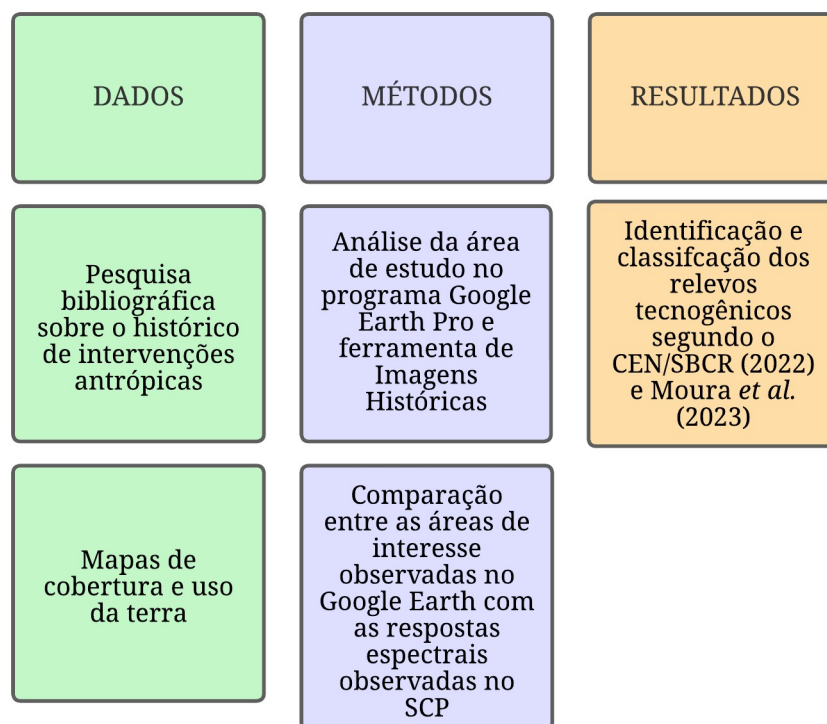
Escala do valor de Kappa	
Coeficiente Kappa	Força da concordância
Menor que zero	<i>Poor</i> (insatisfatória)
0 a 0,2	<i>Slight</i> (desprezível)
0,21 a 0,4	<i>Fair</i> (suave)
0,41 a 0,6	<i>Moderate</i> (moderada)
0,61 a 0,8	<i>Substantial</i> (substancial, grande)
0,81 a 1	<i>Almost perfect</i> (quase perfeita)

Fonte: O autor, 2024.

5.5 Metodologia de identificação e classificação dos relevos tecnogênicos

Os mapas de cobertura e uso da terra, assim como o *plugin* SCP foram de grande importância para a identificação dos relevos tecnogênicos. Esses mapas foram um meio que se encontrou para conseguir quantificar as alterações que esses novos relevos acarretaram a paisagem de Cabo Frio. Entretanto, não foram os únicos métodos utilizados, na Figura 10, um fluxograma exemplifica os caminhos metodológicos que se encontrou para identificar e classificar essas feições.

Figura 10: Fluxograma da identificação dos relevos tecnogênicos.



Fonte: O autor, 2024.

Inicialmente buscou-se pesquisas que fornecessem informações sobre o município de Cabo Frio e sobre a bacia hidrográfica do São João. O município por pesquisas anteriores, como Rufino (2021), terem constatado que a cidade era um dos maiores produtores de areia do Rio de Janeiro e a bacia por ser onde está concentrado a maior parte da atividade de extração mineral da região. O foco nas cavas de extração de areia se deu por ser a forma de relevo tecnogênico mais latente da região, podendo ser observada por imagens de satélite com o *Google Maps* e no *Google Earth*, além de as cavas de extração de areia abandonadas estarem atualmente rodeadas de casas de veraneio, fazendo com que esse novo relevo tenha sido incorporado à paisagem, sendo, às vezes, até de desconhecimento da população local a sua origem.

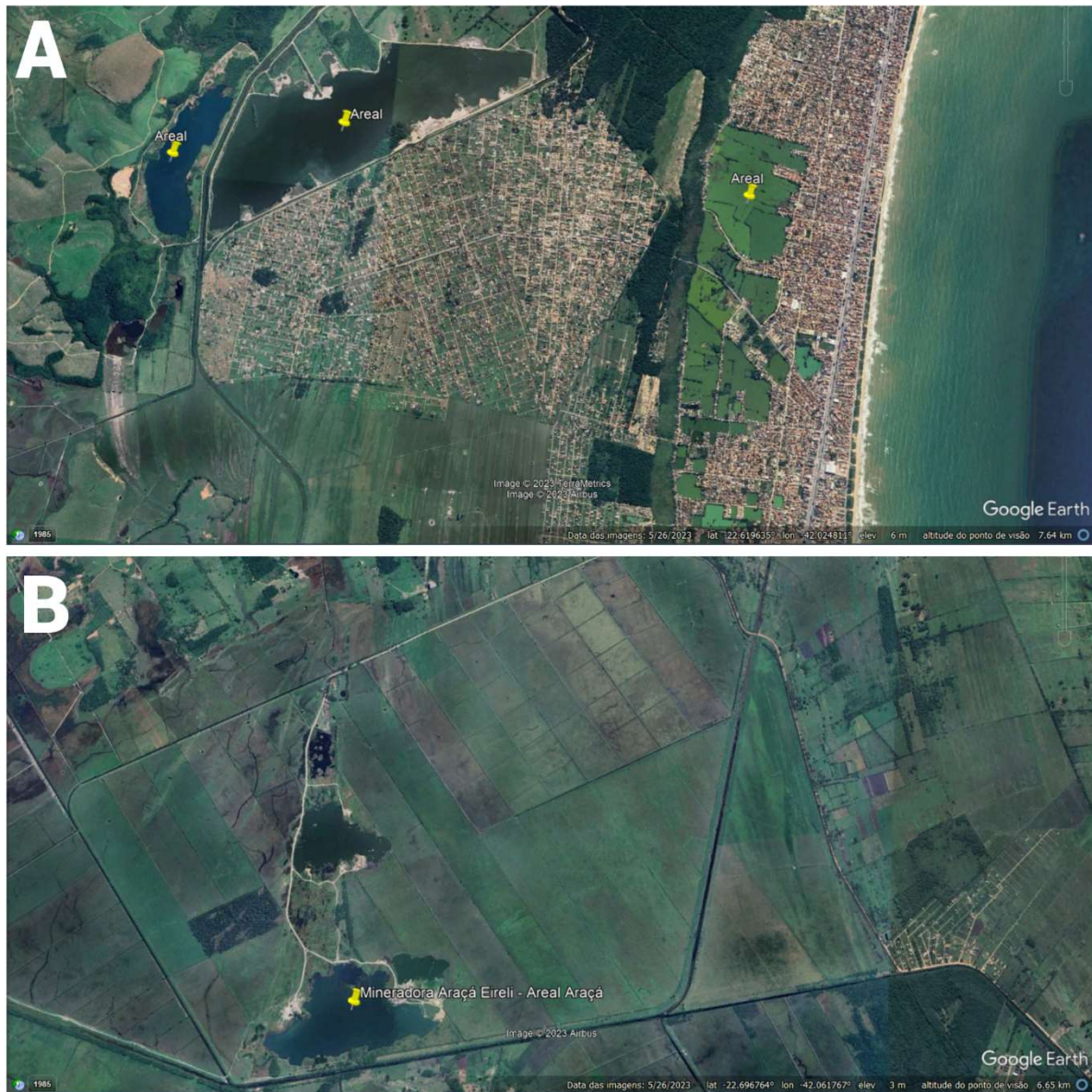
Para separar as áreas de extração de areia em Regiões de Interesse (ROI), foi utilizado no *Google Earth* a ferramenta de “criar pontos”. Baseando-se na metodologia proposta por

Dias (2022), a identificação das cavas se deu por critérios qualitativos como coloração da água e discordância com relevos contíguos, além da utilização da ferramenta de “Imagens históricas” para verificar o processo de formação dessas feições ao longo dos anos de 1984, 2004, 2014 e 2022.

Essa ferramenta é importante para avaliação da evolução das feições tecnogênicas, na escala espaço-temporal, pois permite uma melhor visualização do processo formador dos relevos identificados, mostrando muitas vezes que a área modificada pela intervenção humana é maior do que a que se demonstra presente na configuração da paisagem atual. Um exemplo disso é a área ao redor das cavas de extração de areia abandonadas no bairro de Unamar, que atualmente encontram-se quase que completamente edificadas e no processo de extração da areia os sedimentos não aproveitados viram rejeitos, que são acumulados ao redor das cavas e formam um outro tipo de relevo tecnogênico, que atualmente é de difícil identificação justamente pela expansão urbana em cima dessas áreas (DIAS, 2022).

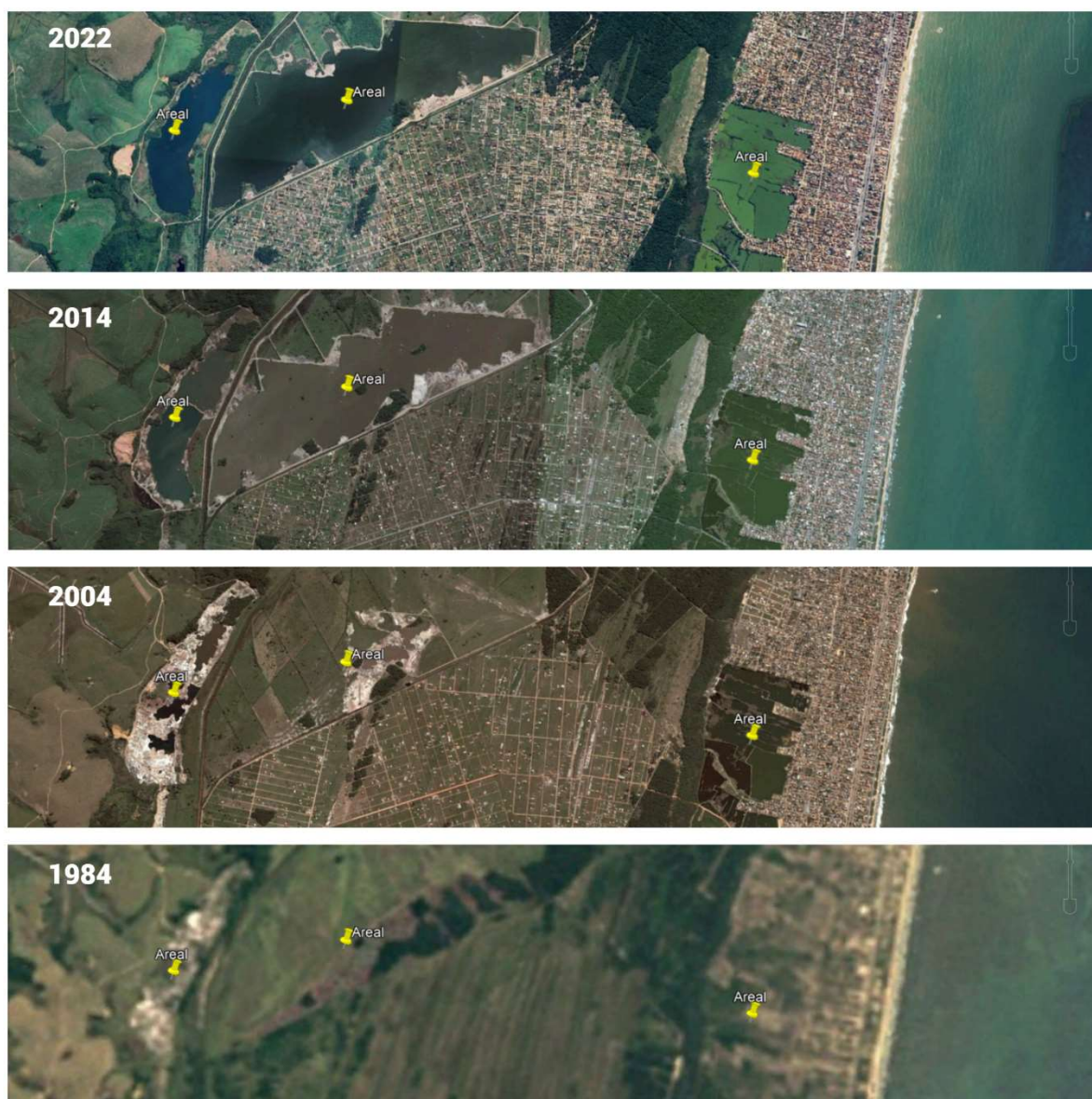
Posteriormente esses ROIs foram exportados em base *shapefile* para o QGIS e utilizados como apoio para a realização dos mapas de cobertura e uso da terra. A Figura 11 apresenta as áreas de interesse que foram separadas em A e B. As Figuras 12 e 13 mostram a evolução observada das cavas de extração de areia, dos ROIs A e B, através da ferramenta de Imagens históricas, com os anos selecionados de 2022, 2014, 2004 e 1984.

Figura 11: Áreas de interesse A e B com marcação das áreas de extração de areia.



Fonte: Google Earth, 2024.

Figura 12: Trecho da área de estudo com ocorrência dos areais utilizados na classificação do relevo tecnogênico para anos distintos da área A.



Fonte: Google Earth, 2024.

Figura 13: Trecho da área de estudo com ocorrência dos areais utilizados na classificação do relevo tecnogênico para anos distintos da área B.



Fonte: Google Earth, 2024.

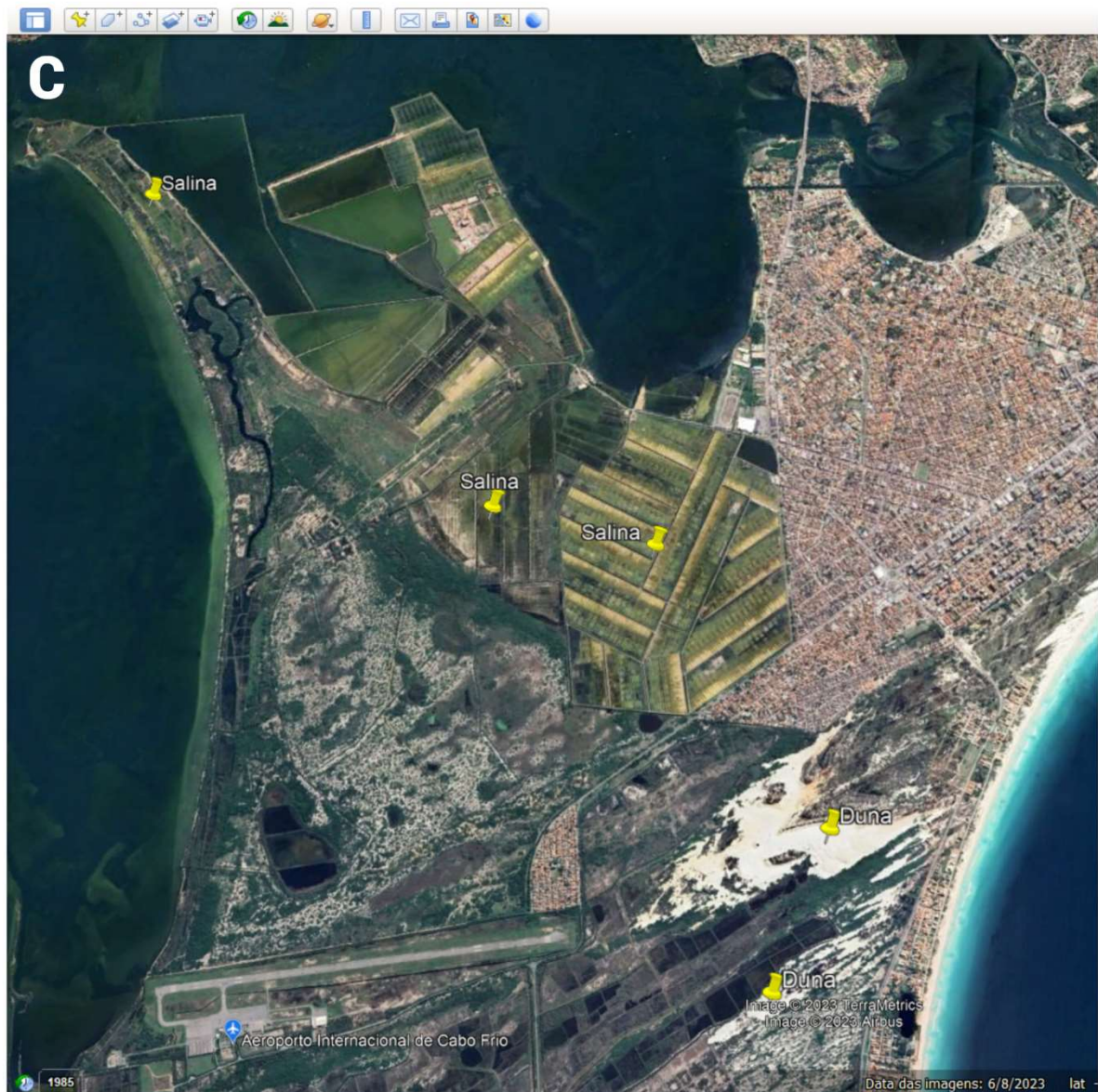
Durante o processo de mapeamento de cobertura e uso da terra observou-se que a água proveniente das cavas de extração de areia possuía uma resposta espectral diferente da água “natural” dos rios e do mar. Por isso, criou-se a classe denominada de Área de extração de areia, com o intuito de quantificar o crescimento dessa nova forma de relevo.

Entretanto, as salinas presentes no município de Cabo Frio, encontradas principalmente ao redor da Lagoa de Araruama, também apresentaram uma resposta espectral diferente. Em outros mapeamentos de cobertura e uso da terra, como o utilizado no MapBiomas, tanto as salinas como as cavas de extração de areia são classificados como sendo corpos hídricos, como se fossem iguais a água dos rios e mar. Esse foi um dos fatores

fundamentais para que fosse realizado um mapeamento direcionado a quantificação tanto das cavas de extração de areia como das salinas.

Além da classe já citada de extração de areia, criou-se a classe de Salinas e observou-se a evolução dessas feições através do método de Imagens históricas, criando assim a área de interesse C representada na Figura 14 e a evolução da sua paisagem na Figura 15.

Figura 14: Áreas de interesse C com marcação das áreas de exploração de sal.



Fonte: Google Earth, 2024.

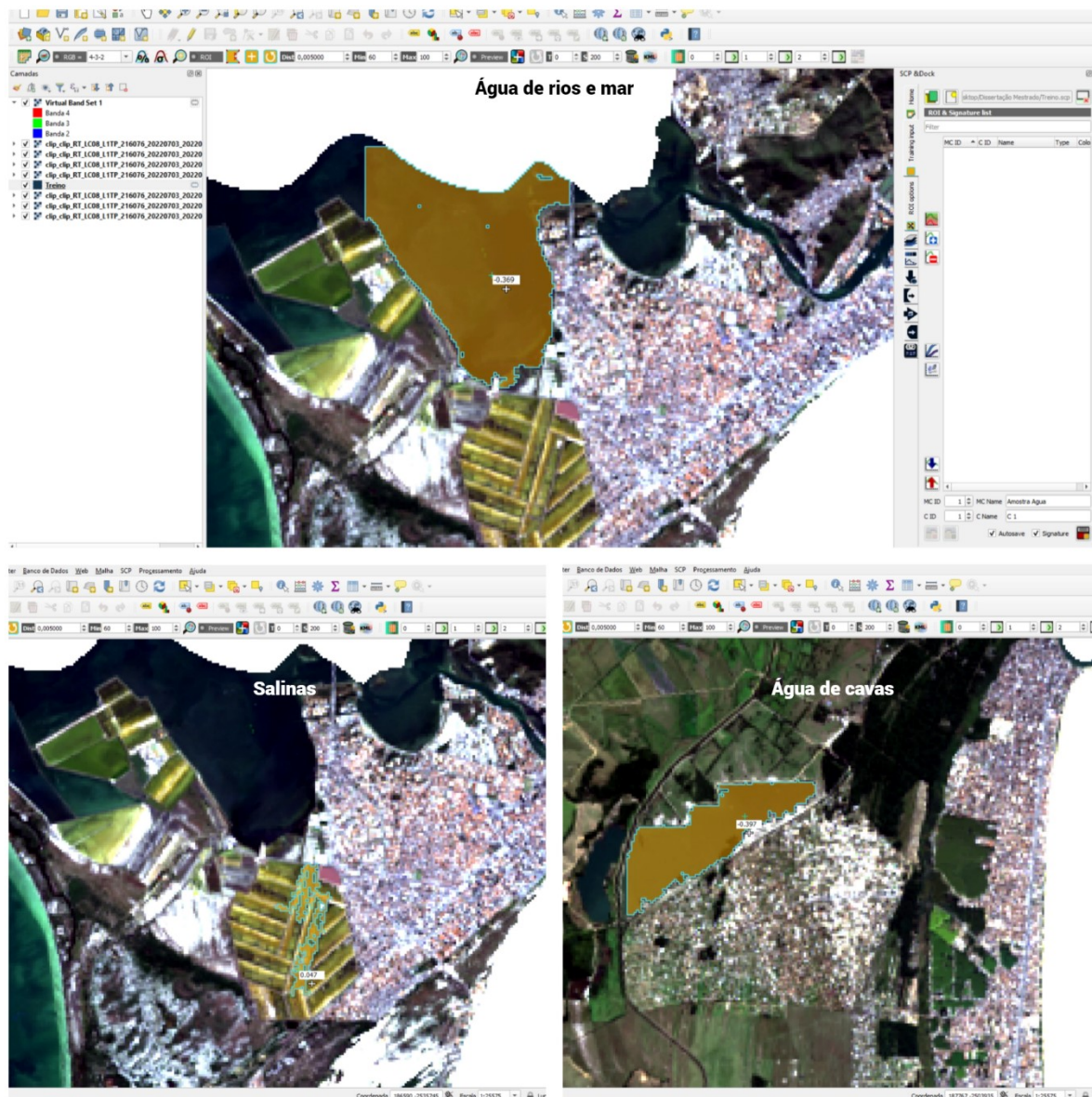
Figura 15: Trecho da área de estudo com ocorrência de salinas utilizadas na classificação do relevo tecnogênico para anos distintos da área C.



Fonte: Google Earth, 2024.

Na Figura 16 estão representadas as respostas espectrais das classes de Corpos Hídricos (água de rios e mar), das Salinas e das Áreas de extração de areia (cavas), capturadas através das imagens de satélite *Landsat 8* do ano de 2022 e processadas no *plugin SCP*. Em todos os anos analisados (2022, 2014, 2005, 1995 e 1984) essas três classes tiveram resposta diferentes e por isso foi possível se fazer a sua diferenciação.

Figura 16: Resposta espectral das classes de Corpos Hídricos, Salinas e Área de extração



Fonte: O autor, 2024.

A Figura 17 representa a assinatura espectral de cada uma dessas classes de forma mais detalhada dentro do plugin SCP. As linhas pontilhadas de forma vertical representam cada uma das bandas do sensor *Landsat*, como a imagem é do *Landsat 8* usa-se sete bandas. Na comparação entre Corpos Hídricos e Salinas (CH – S) observa-se que a amostra de água é representada pela cor azul e a salina pela cor amarela, nas linhas horizontais. Ambas começam na banda 1, seta azul, de forma bem próxima, mas já apresentam uma grande distância na banda 5, seta preta, e mantem certa distância no final ao chegar na banda 7, seta vermelha.

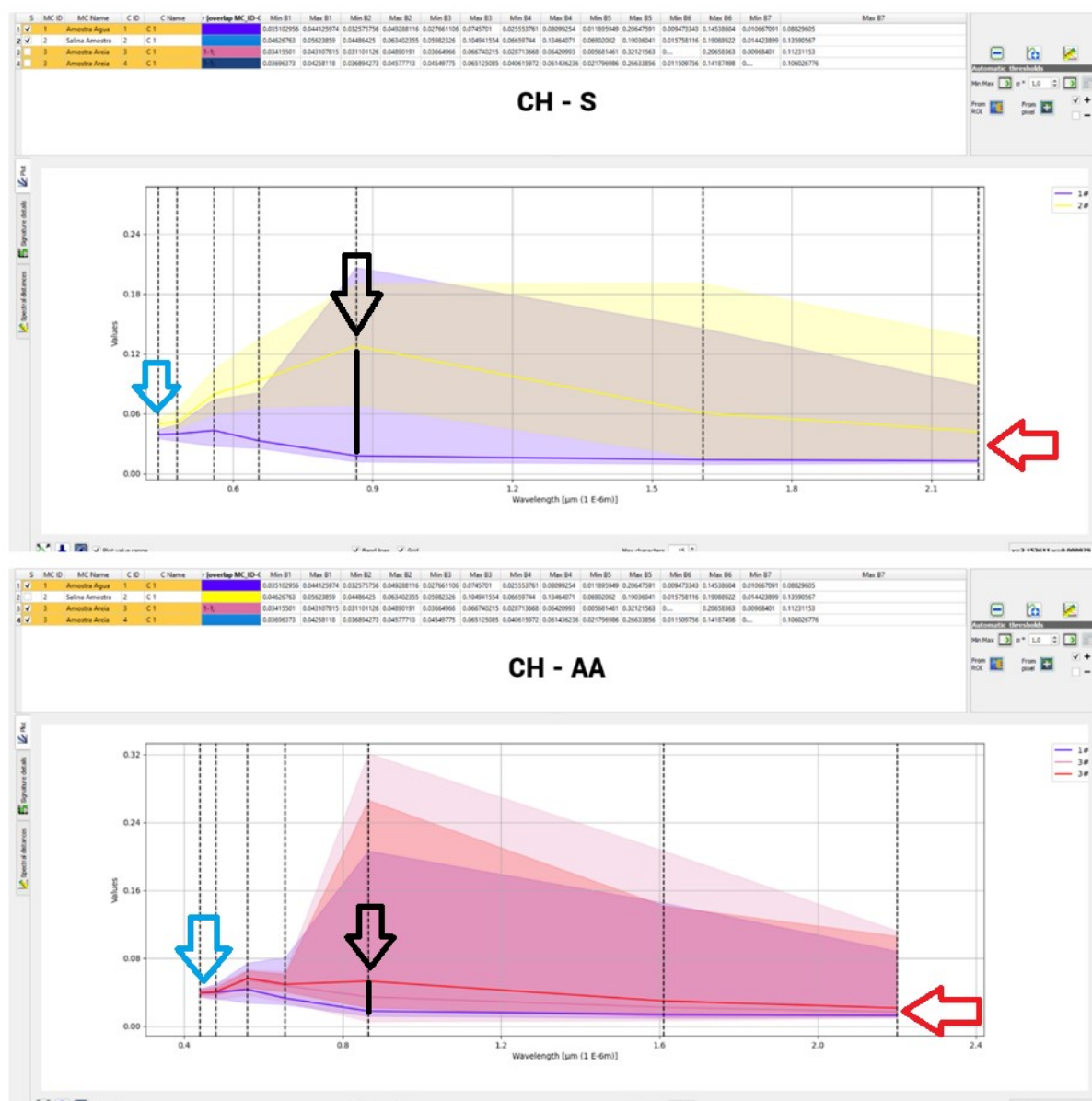
Quando as assinaturas são muito próximas ou então quando ocorre algum tipo de semelhança entre elas, o programa SCP destaca as amostras que estão com essa problemática.

O que foi o caso das amostras de Corpos Hídricos e Área de extração (CH – AA), nota-se que a seta azul demonstra a resposta espectral quase idêntica das classes na banda 1, na banda 5, seta preta, existe uma pequena diferença, mas na seta vermelha que representa a banda 7, essas classes estão bem próximas.

A classe de Corpos Hídricos continua sendo representada pela cor azul, mas dessa a sua comparação é com a água das cavas que está representada por duas amostras, uma de coloração rosa e outra vermelha. Ambas as classes têm uma assinatura espectral bem parecida no início e no final com a sua diferenciação, assim como ocorre na classe de Salinas, sendo possível através da banda 5.

Mesmo que haja esse erro de as amostras serem consideradas parecidas, o *plugin* na hora de gerar a classificação vai utilizar-se de um algoritmo de classificação, nessa pesquisa optou-se pelo algoritmo que privilegia a resposta espectral dos alvos justamente para que haja a diferenciação das classes de Corpos Hídricos, Salinas e Área de extração. Assim, a classificação corrige *pixels* que poderiam representar duas classes ao mesmo tempo, como foi o caso das amostras CH – AA, e leva em consideração os pixels em volta para que haja a sua classificação correta, logo mesmo que essas duas classes sejam parecidas o *plugin* consegue fazer a sua classificação correta utilizando-se dos *pixels* em volta e das respostas espectrais semelhantes ao seu redor.

Figura 17: Comparação da resposta espectral das classes de Corpos Hídricos, Salinas e Área de extração



Fonte: O autor, 2024.

Seguindo esses passos metodológicos, foi possível fazer a identificação dos relevos tecnogênicos presentes no município de Cabo Frio relacionados à extração de areia e exploração de sal. Entretanto outros relevos de origem antrópica foram possíveis de serem observados tanto através do levantamento bibliográfico, tendo como exemplo a construção de ilhas artificiais e aterramentos, como por mapeamento, no caso das salinas.

Porém, o levantamento de dados em trabalho de campo também é importante para a identificação dessas novas formas de relevo. Na pesquisa de Dias (2022), foi possível se encontrar outras formas de relevo relacionadas à extração de areia, além da forma das cavas. Em algumas localidades, as áreas adjacentes as cavas são utilizadas como depósito temporário da areia extraída ou então como área de despejo de sedimentos sem valor comercial,

infelizmente no mapeamento do município de Cabo Frio, por causa da escala de detalhamento, essas feições acabaram não sendo representadas, entretanto é importante citar que elas existem e que são recorrentes nessas áreas de extração.

Após a etapa de identificação, chegou-se à classificação de cada um desses relevos tecnogênicos observados no município, utilizando-se das bases propostas por CEN/SBCR (2022). A classificação será apresentada no capítulo de discussão dos resultados, quando os dados quantitativos de cada uma das classes de cobertura e uso da terra serão apresentados e discutidos, sendo as classes de Área de extração e de Salinas as que representam essas novas formas de relevo.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Seguindo a finalidade da pesquisa em analisar e compreender os fatores que levaram às transformações da paisagem natural de Cabo Frio e a sua substituição por novas formas de relevo, principalmente as alterações provocadas pela extração de areia, foram feitas cinco classificações supervisionadas de cobertura e uso da terra, referentes aos anos de 1984, 1995, 2005, 2014, e 2022.

Para a validação da acurácia das classificações supervisionadas foi utilizado o Índice Kappa Global, com os valores organizados e possíveis de se visualizar na Tabela 3. Os valores de Kappa provenientes das classificações estão todos acima de 0,81. Sendo assim, segundo Martinez (2015), correspondem a uma força de concordância *almost perfect* (quase perfeita).

Tabela 3: Índice Kappa dos mapas de cobertura e uso da terra das áreas mapeadas

Ano	Acurácia Geral	Índice Kappa
1984	96%	0.9252
1995	95%	0.9127
2005	98%	0.9662
2014	98%	0.9692
2022	97%	0.9540

Fonte: O autor, 2024.

6.1 Análise temporal da cobertura e uso da terra no município de Cabo Frio

As Figuras 18¹ a 22 representam os mapas finais da classificação supervisionada da cobertura e uso da terra, além das Tabelas 4 a 11 representarem os dados sobre área e variação das classes.

Os anos de 1984 e 1995 representam o início da atividade de extração mineral de areia no município de Cabo Frio, que nessa época era considerada a atividade mais lucrativa da

¹ No mapa de 1984 a classe de Área de extração apresenta apenas 3 pixels, sendo possível visualizar apenas através de SIG.

região. Estima-se que, por dia, eram explorados e transportados 3500 metros cúbicos de areia (LIMA, *et al.*, 2011).

O ano de 2005 representa o início de uma nova fase da extração de areia no município. A extração ilegal no distrito de Tamoios perdurou até as décadas de 1980 e 1990, sendo possível se perceber cavas de extração de areia abandonadas perto da linha da costa e rodeadas pela expansão urbana até os dias atuais. A partir desse momento a extração passou a ocorrer através de cooperativas onde várias empresas exploraram juntas uma única cava que vai se expandindo ao longo dos anos (LOBATO *et al.*, 2010).

No ano de 2014, Cabo Frio passa a figurar entre as principais cidades produtoras de areia para construção civil do país, com 2 milhões de toneladas produzidas naquele ano (DNPM, 2015).

E o ano de 2022 representa os tempos atuais, onde o estado do Rio de Janeiro enfrenta uma queda na produção de areia para construção civil com Cabo Frio não mais figurando entre as maiores cidades produtoras do país (ANM, 2017). Após o ano de 2014 o Brasil enfrentou uma redução na produção de areia motivado por crises econômicas e políticas, além de um menor crescimento do PIB o que está relacionado com menor investimento na área da construção civil (SNIC, 2022).

Figura 18: Mapa de cobertura e uso da terra do município de Cabo Frio (RJ) no ano de 1984.

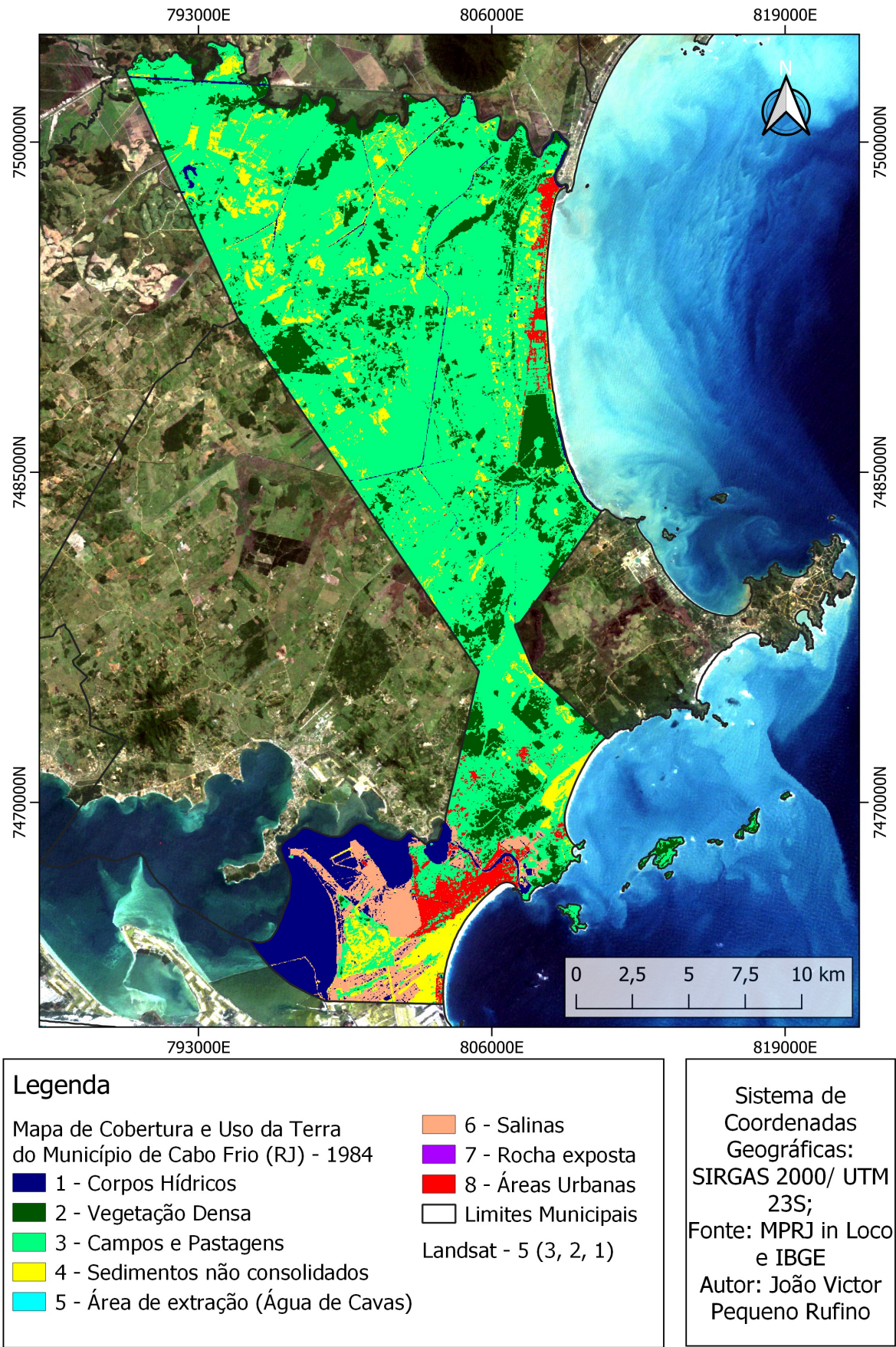


Figura 19: Mapa de cobertura e uso da terra do município de Cabo Frio (RJ) no ano de 1995.

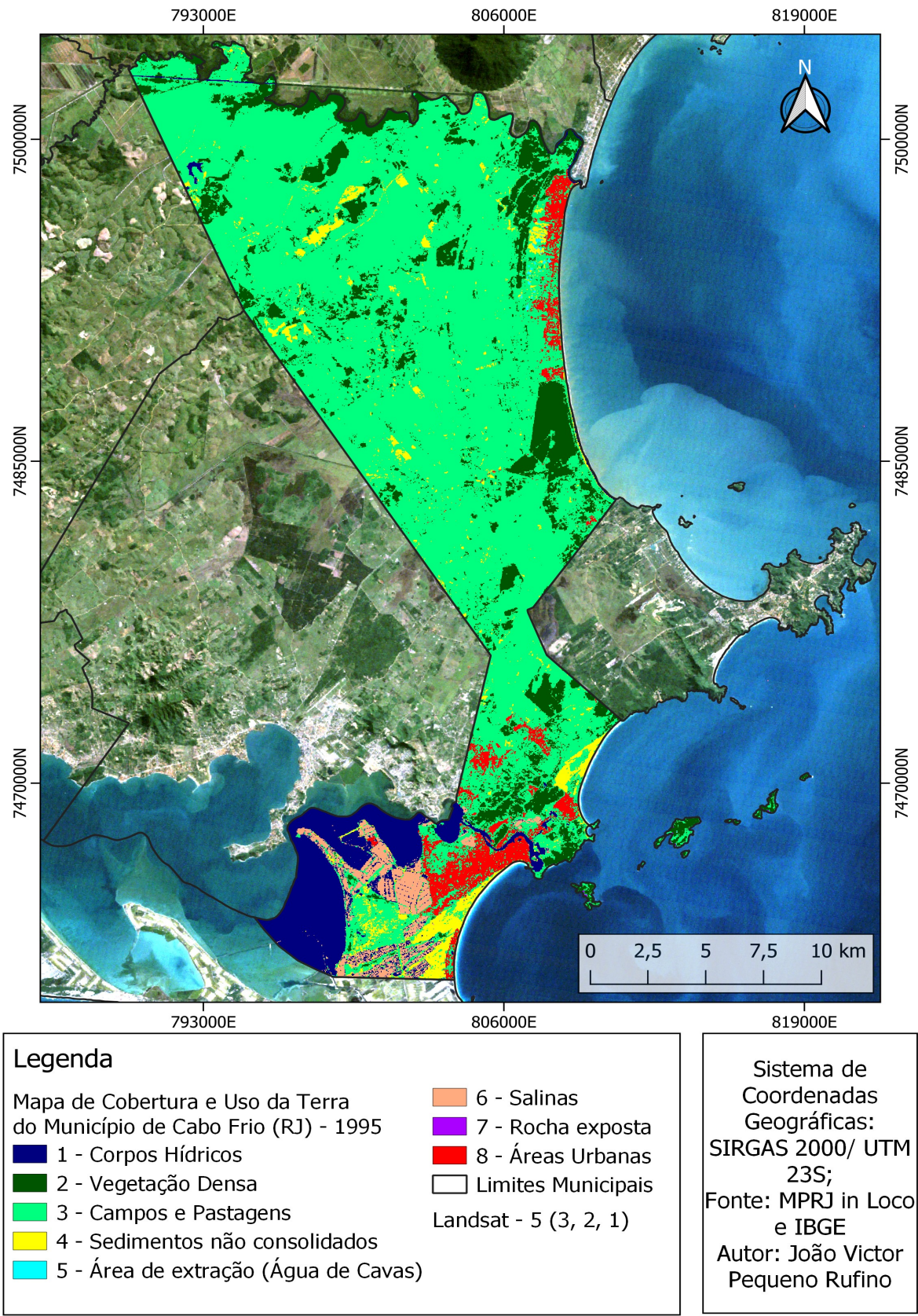


Figura 20: Mapa de cobertura e uso da terra do município de Cabo Frio (RJ) no ano de 2005.

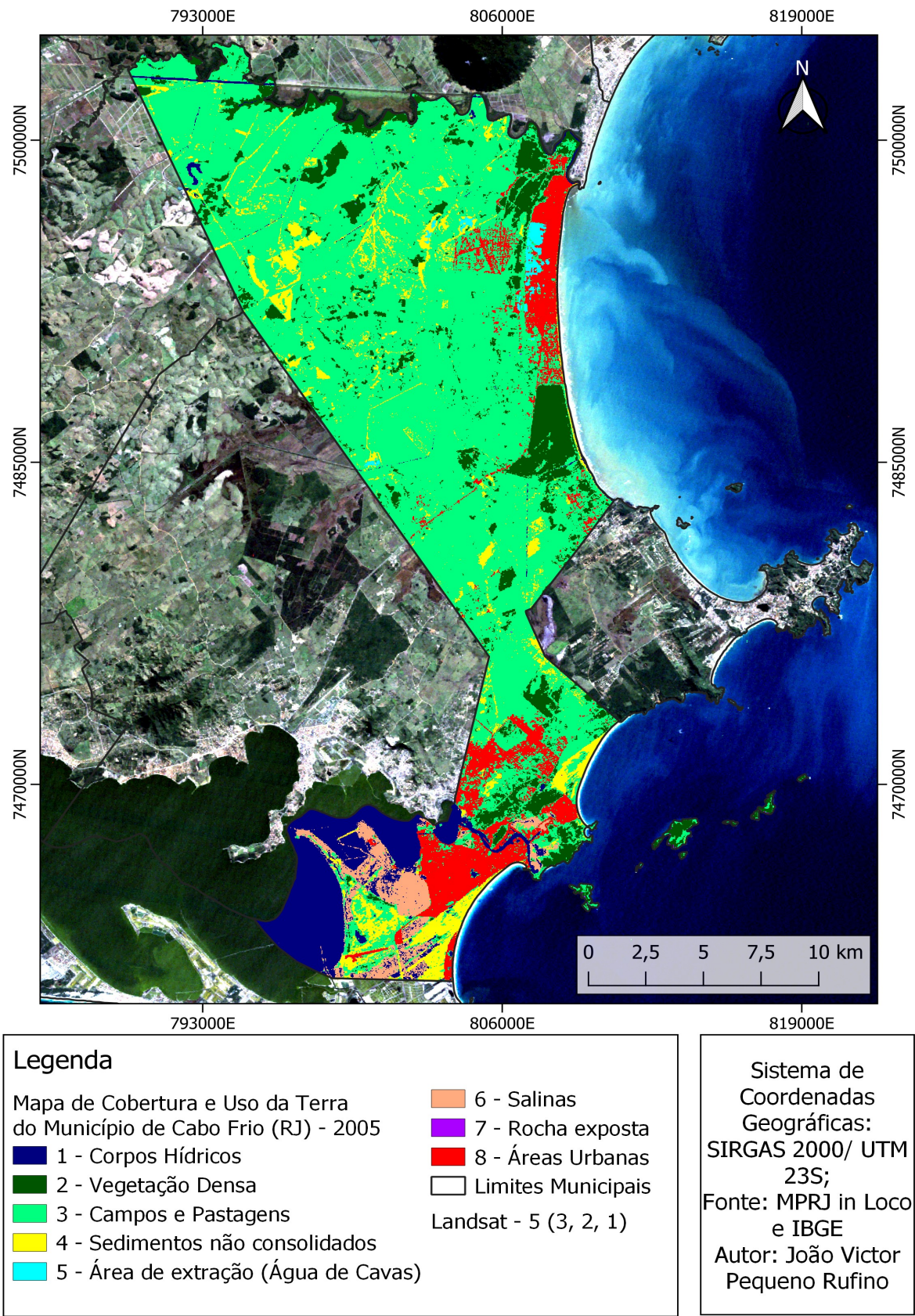


Figura 21: Mapa de cobertura e uso da terra do município de Cabo Frio (RJ) no ano de 2014.

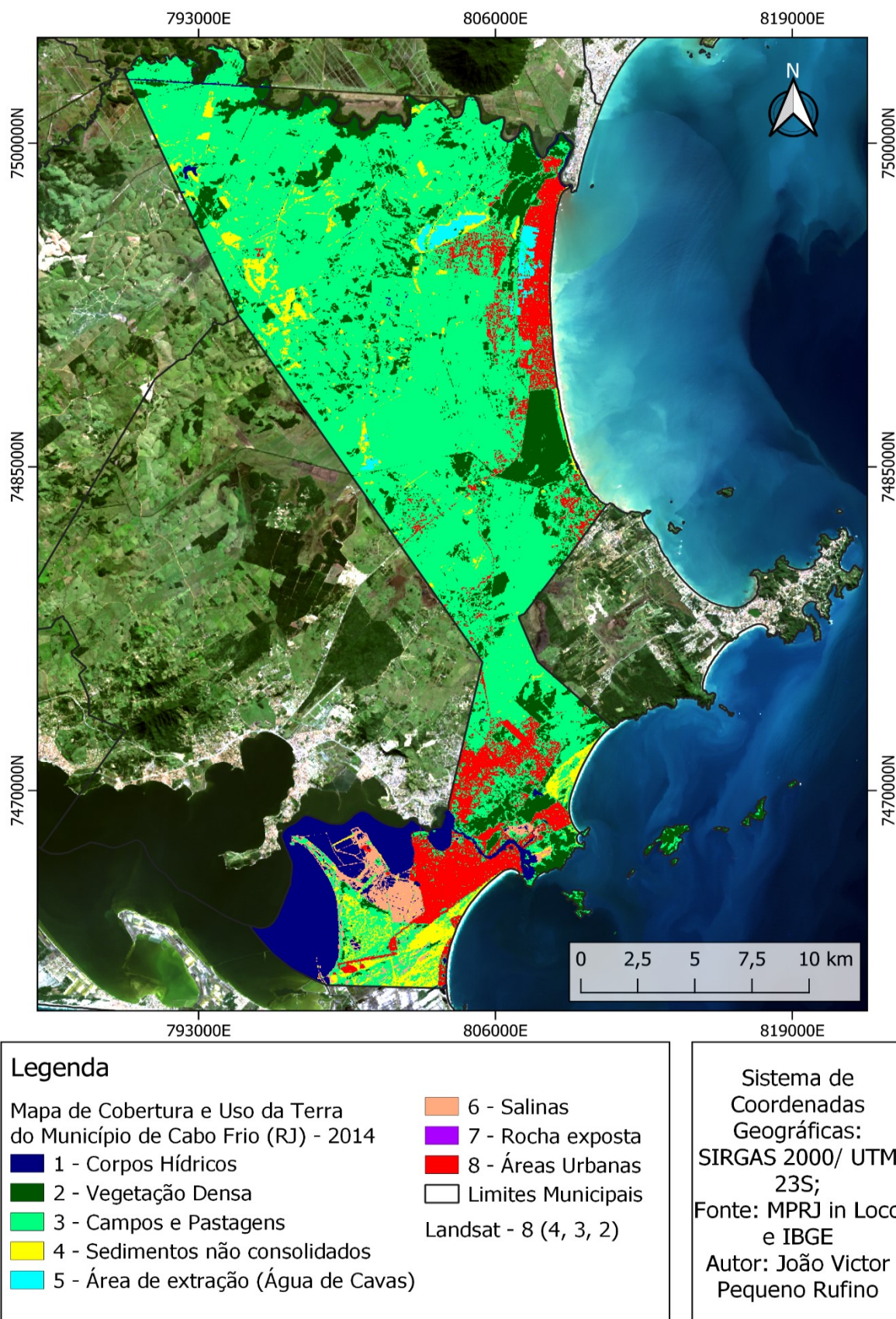
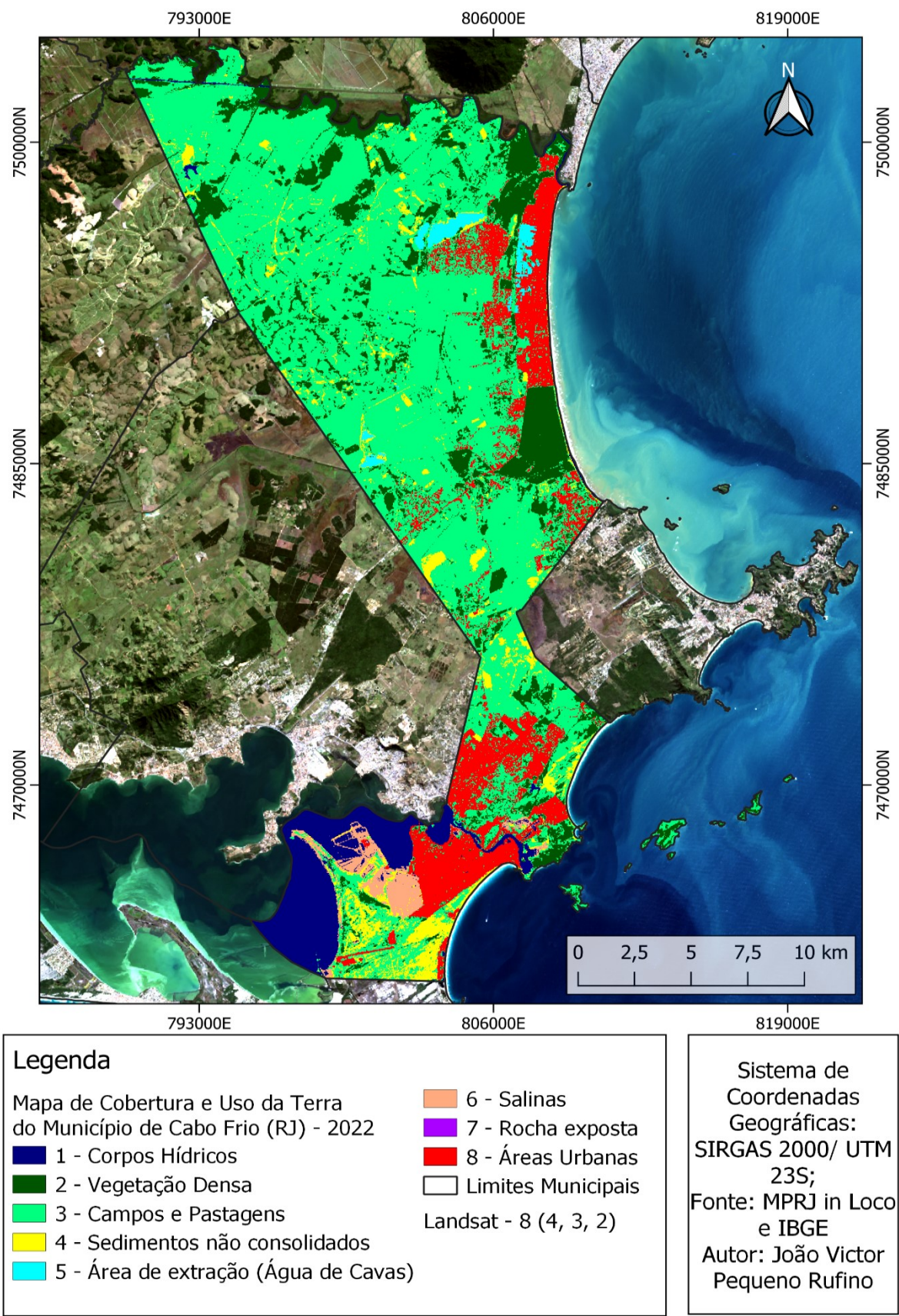


Figura 22: Mapa de cobertura e uso da terra do município de Cabo Frio (RJ) no ano de 2022.



A primeira classe a ser analisada, Corpos Hídricos, apresentou uma diminuição de 11% entre 1984 e 2022, podendo estar associado a alguns fatores. O primeiro fator seria o ciclo das chuvas na região, mesmo que se tenha adquirido as imagens em épocas do ano próximas, entre junho e agosto durante o inverno, ainda assim chuvas ou grandes períodos de secas em dias anteriores às aquisições das cenas podem ter influenciado a cheia ou a diminuição da vazão do Rio São João, o principal rio da região, e do Rio Una.

Outro fator é a presença de uma usina produtora de cana de açúcar que necessita de uma grande quantidade de água para abastecer as plantações. A redução também pode estar atrelada ao aumento da vegetação das matas ciliares em torno das seções retificadas do Rio Una e pela recuperação das áreas de manguezal do Rio São João. Esses fatores contribuem para ocultar o curso do rio nas imagens de satélite.

Há que se destacar também que Cabo Frio apresenta um clima comparável com as regiões semiáridas do nordeste do Brasil, segundo Coe *et al.* (2007). Se comparadas às estações meteorológicas de Cabo Frio com as de regiões da caatinga, o município apresenta média de precipitação de 750 mm/ano enquanto as estações da caatinga apresentam uma média anual em torno de 800 mm/ano.

O Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro (PERHI, 2014) alerta para a necessidade de ampliação do sistema de abastecimento da bacia do Rio São João, pois somente o município de Cabo Frio já representa metade da demanda de água tratada no ano de 2010 e podendo chegar a quase 80% da demanda no ano de 2030, sendo considerado uma ampliação imediata necessária para que não haja crises de abastecimento na região, o que já ocorre nos meses do verão quando a população dos municípios pode dobrar e até triplicar por ser um dos principais destinos turísticos do Rio de Janeiro.

A extração de areia no rio São João que lavrou grande parte do leito atualmente se encontra suspensa, pois acarretou grandes danos ao ecossistema local, combinado com obras de retificação dos canais que aceleraram o escoamento do rio e ocasionou o reentalhamento da calha dos canais. Os efeitos danosos dessas duas atividades juntas resultaram no afundamento do leito do rio principal e de alguns afluentes. Os córregos tributários também afundaram para se reajustar ao reentalhamento do canal, causando pouca vazão nos rios e barrancas muito elevadas (BIDEGAIN e PEREIRA, 2005).

A água é de suma importância para o abastecimento de Cabo Frio e os demais municípios de regiões costeiras, visto que nem sempre as empresas fornecedoras de água atendem à demanda local, devido ao constante crescimento da urbanização nessas regiões

estimulada pela sua vocação turística, assim como a falta de políticas públicas que atendam esse setor (LIMA *et al.*, 2011).

Com isso, outra possibilidade para a diminuição dos Corpos Hídricos é o uso desordenado dos aquíferos costeiros, o comprometimento dos mananciais hídricos subterrâneos e superficiais, outro fator agravante é a retirada da vegetação nativa, que preserva e sustenta todo o sistema ecológico, em detrimento do crescimento urbano e outras atividades econômicas associadas ao turismo, mineração e agricultura (LIMA *et al.*, 2011).

Tabela 4: Dados da classe Corpos hídricos e sua variação ao longo de 1984 a 2022.

Ano	Corpos Hídricos	Variação
1984	3108,96	0%
1995	3031,29	-2%
2005	3149,55	4%
2014	2900,25	-8%
2022	2782,44	-4%
Total	Unidade Hectare	-11%

Fonte: O autor, 2024.

A Vegetação Densa aumentou 11% na série histórica analisada, entretanto no ano de 2005 houve uma redução de 24%, o que pode estar ligado ao aumento dos Corpos Hídricos em 4%, única vez que eles aumentaram, também nesse mesmo ano. Pois como explicado anteriormente, algumas regiões de mata ciliar e do manguezal acabam por ocultar o curso dos rios, levando a crer que houve supressão da vegetação nessas áreas. Outro fator que pode explicar tal aumento é que, como revela Lobato *et al.* (2010), as diversas lutas judiciais levaram ao abandono das cavas de extração de areia abertas nas décadas de 80 e 90, por serem consideradas ilegais, o que fez com que as empresas responsáveis pela exploração da areia comesçassem a se juntar em cooperativa e explorar novas áreas que ainda não tinham sido embargadas, fazendo com que todo ciclo de destruição da cobertura vegetal fosse novamente iniciado em outro lugar. Apesar disso, nos anos que sucederam o ano de 2005, houve o aumento da classe Vegetação densa, ligado principalmente à criação de importantes Unidades de Conservação como: APA do Mico Leão, APA – Pau Brasil e Parque Estadual da Costa do Sol.

Outro fator é o interesse do poder público de Cabo Frio na conservação das áreas de Mata Atlântica e recuperação das áreas degradadas do município, com a elaboração do Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica (PMMA), sendo um instrumento para a implementação de estratégias de proteção, sustentabilidade e conservação dos fragmentos de Mata Atlântica que ocorrem no município (RIO DE JANEIRO, 2017).

O documento destaca que a prioridade no município deve ser a recuperação das áreas que estão atualmente degradadas, como é o caso de grande parte das áreas centrais do distrito de Tamoios. Os fragmentos da Mata Atlântica no município se apresentam de forma isolada um dos outros, representando um mosaico, principalmente no distrito de Tamoios e a recuperação das áreas degradadas e a criação de corredores ecológicos com a conectividade desses fragmentos se demonstra como uma das prioridades do plano de recuperação.

Um outro desafio para a recuperação ambiental do município são as áreas de restinga, pois houve a proliferação de espécies exóticas como a casuarina e amendoeira, o que causam o aumento das áreas vegetadas na região, entretanto limitam o crescimento e desenvolvimento das espécies nativas da restinga. O manejo correto desse tipo de vegetação auxilia no equilíbrio nos sistemas das dunas, na redução do transporte de sedimentos pelo vento e conserva a umidade e os nutrientes no solo (VIEIRA, 2021).

Tabela 5: Dados da classe Vegetação Densa e sua variação ao longo de 1984 a 2022.

Ano	Vegetação Densa	Variação
1984	5582,34	0%
1995	5605,38	0%
2005	4251,51	-24%
2014	5532,21	30%
2022	6206,22	12%
Total	Unidade Hectare	11%

Fonte: O autor, 2024.

A terceira classe representa Campos e Pastagens, com uma perda total de 10%, tendo apenas um aumento de 7% em 1995, mas logo em seguida apresentou redução em todos os anos analisados. Um fator que pode explicar tal redução é que as áreas construídas se expandem preferencialmente sobre porções do território onde já não haja vegetação que possa dificultar a implementação dos empreendimentos. Outra prática também é a grilagem de terras, onde áreas com vegetação nativa são desmatadas e loteadas sendo ocupadas aos poucos de forma irregular em um processo que pode durar anos e atrair cada vez mais pessoas para as áreas periféricas do município de Cabo Frio, como é o caso do bairro de Unamar. Por fim, a redução pode estar também ligada ao aumento das áreas de vegetação densa oriundas da conservação através das UCs citadas anteriormente.

As áreas mais distantes do litoral e com pouca infraestrutura para a construção de casas ou condomínios acabam sendo abandonadas e deixadas ao acaso. A falta de ruas asfaltadas e uma fácil locomoção aos destinos turísticos, que nessa região são principalmente as praias de Búzios e Cabo Frio, levam ao desinteresse de se ocupar as partes mais interiores,

e, consequentemente, a vegetação volta a tomar conta dos terrenos desmatados tanto para agricultura como para a especulação imobiliária.

Como citado na classe anterior, a parte do município com maior necessidade de recuperação ambiental são as partes centrais e a oeste do distrito de Tamoios, nessas localidades que antes eram usadas como áreas de plantio por pequenos agricultores foram abandonadas no processo de urbanização do município e hoje se encontram com pequenas áreas isoladas da Mata Atlântica, o objetivo do PMMA de Cabo Frio é a criação de corredores ecológicos que liguem esses remanescentes isolados e a recuperação dessas áreas degradadas.

Entretanto, é importante ressaltar que a diminuição desta classe, embora pareça ser um sinal positivo de recuperação ambiental de áreas degradadas, pode estar ligado também à ocupação dessas antigas áreas por condomínios e casas de veraneio principalmente nas porções do litoral de Tamoios, uma área com bastante interesse do capital imobiliário.

Tabela 6: Dados da classe Campos e Pastagens e sua variação ao longo de 1984 a 2022.

Ano	Campos e Pastagens	Variação
1984	26750,07	0%
1995	28576,89	7%
2005	26480,16	-7%
2014	25817,31	-3%
2022	24124,5	-7%
Total	Unidade Hectare	-10%

Fonte: O autor, 2024.

A classe de Sedimentos não consolidados apresentaram queda de 52% no ano de 1995 e logo tiveram uma alta de 86% em 2005, essa aumento pode estar ligado a expansão das empresas de extração de areia que, após a proibição de continuarem explorando as áreas mais próximas ao litoral, tiveram que criar novas cavas de areia em outras localidades, além de parte desse aumento estar relacionado também às áreas onde ocorre o plantio de cana de açúcar, pois após a colheita o solo fica totalmente exposto e acaba por ser classificado como uma área degradada pelo classificador.

O ano de 2005 pode ser considerado um marco temporal, pois houve a formação de uma nova dinâmica na criação das feições tecnogênicas em Cabo Frio. Após esse ano houve a redução das áreas da classe dos sedimentos não consolidados em 28%, essa diminuição está associada justamente ao crescimento dessas novas cavas de extração de areia.

Outro fator que é importante citar são os pequenos morros que são usados para o plantio da cana de açúcar e em seu ciclo de produção acaba por deixar em certas épocas do ano o solo exposto após a colheita, o que pode ser a explicação do crescimento de 7% dos sedimentos em 2022, entretanto, de modo geral essa classe diminuiu em 31%, ligado principalmente a expansão da extração de areia.

Também é importante citar que o litoral de Cabo Frio passa por um processo de redução das suas dunas, no trabalho de Pereira e Pereira (2023) constatou-se a redução e o deslocamento da duna parabólica conhecida como Dama Branca. Essa megaforma está sendo afetada pela erosão costeira na planície de Cabo Frio, a descaracterização do campo de dunas barcanas que eram a principal fonte sedimentar para a duna Dama Branca, aliado com a perda da geodiversidade e a pressão antrópica sobre essas feições fazem com que a classe de sedimentos não consolidados apresente uma redução. Entretanto como os mapas de cobertura e uso da terra englobam a totalidade do município de Cabo Frio outros fatores como a extração de areia e áreas de plantio acabam por influenciar os números. Assim outros estudos que façam o recorte apenas da área das dunas podem levar a constatação da redução dos sedimentos nessas áreas no litoral do município.

Tabela 7: Dados da classe Sedimentos não consolidados e sua variação ao longo de 1984 a 2022.

Ano	Sedimentos não consolidados	Variação
1984	3226,95	0%
1995	1560,42	-52%
2005	2900,88	86%
2014	2099,25	-28%
2022	2242,71	7%
Total	Unidade Hectare	-31%

Fonte: O autor, 2024.

A quinta classe representa as Áreas de extração de areia, como sendo o foco principal dessa pesquisa a sua análise será detalhada em subitens seguintes, onde serão apresentados dados de consumo e produção de areia para construção civil no Brasil e no estado do Rio de Janeiro, para relacionar Cabo Frio as mudanças que ocorrem nos sistemas regionais e globais que podem ter afetado no aumento ou então na retração da exploração.

Entretanto o que já pode ser analisado e entendido dos dados de cobertura e uso da terra é que o ano de 1984 representa o marco zero para a extração de areia e consequentemente as cavas, as tecnoformas resultantes dessa exploração. Pois nesse ano se

tinha a classe sendo representada por apenas três pixels na classificação, o que representa 0,009 Ha, porém no ano seguinte analisado esse número salta para quase 40 Ha.

De 1995 a 2005 temos um novo grande aumento, passando de 39 Ha para 211 Ha, e neste período estão tanto as cavas de extração consideradas ilegais como as novas cavas que foram abertas a partir da proibição das áreas mais próximas ao litoral, com isso temos uma “desaceleração” no crescimento da exploração de areia que pode estar ligado a inúmeros fatores, por isso evita-se fazer uma elaboração precipitada.

O que se pode supor é que a partir de 2005 com uma área mais restrita de onde a extração de areia pode atuar focou-se mais no aprofundamento das cavas que foram criadas, principalmente a partir do ano de 2014, pois a variação mais recente nos revela “apenas” 15% de crescimento, o que pode estar ligado a esse movimento de aprofundar as cavas ao invés de se expandir elas lateralmente ou então criar novas em outras localidades.

Tabela 8: Dados da classe Área de extração de areia e sua variação ao longo de 1984 a 2022.

Ano	Área de extração (Água de Cavas)	Variação
1984	0,009	0%
1995	39,15	434900%
2005	211,14	439%
2014	373,95	77%
2022	431,37	15%
Total	Unidade Hectare	4792900%

Fonte: O autor, 2024.

Os elementos de representação cartográfica da morfologia tecnogênica podem apresentar expressão espacial de dimensão areolar e linear, desde que representativos na escala cartográfica definida. As cavas de extração de areia representam um elemento areolar definido como cicatriz de mineração e para a sua melhor observação e classificação foi feito o recorte; das regiões de interesse A e B (Figura 11) descritas durante a metodologia de identificação dos relevos tecnogênicos (MOURA *et al.*, 2023).

Seguindo com a classificação, usualmente o termo mais utilizado para se referir a essas cicatrizes é como cava de extração de areia, podendo ser chamado também de lagoa ou então, quando não há a presença de água no interior da cava, e com uma grande largura e profundidade, o termo cratera.

Se utilizando da classificação proposta por CEN/SBCR (2022), ilustrado na Figura 6, chegou-se à classificação das cavas de extração de areia quanto a sua morfologia, expressão no terreno e morfogênese. No primeiro nível de morfologia, essas feições foram classificadas

como Cicatrizes Tecnogênicas, no segundo nível como Tecnoformas de Escavação, a expressão no terreno se deu através de Cicatrizes tecnogênicas escavadas e sua morfogênese foi constituída através da retirada direta de material do terreno em função da ação humana.

Outra forma de classificação que pode ser atribuída as cavas de extração de areia é quanto a sua forma. Foi possível se observar que, no município de Cabo Frio, geralmente as cavas começam como formas únicas ou individuais e com o passar do tempo e aumento da extração acaba ocorrendo o processo de aglutinação, onde duas ou mais cavas se transformam em uma maior que as que lhe deram origem. Esse processo foi possível ser percebido na região de interesse A, na origem da extração de areia em 1984 e 1995 criaram-se cavas individuais, distantes uma das outras. Entretanto já no ano de 2005 houve o processo de aglutinação em várias dessas cavas, além da abertura de duas novas cavas que com o passar do tempo, 2014 e 2022, sofreram o processo de aglutinação dando origem a duas grandes cavas.

Com isso temos cavas de extração de areia individuais ou únicas, próximas ao litoral da região de interesse A e as presentes na região B, e temos as aglutinadas presentes na região A, mais a oeste das cavas de extração abertas na década de 1990. Como a extração na região B começou por volta dos anos de 2005, as cavas presentes ali ainda estão passando pelo processo de aglutinação e muito provavelmente em 10 ou 20 anos já poderão terem se tornado apenas uma grande cava.

Entretanto, além das cavas de extração de areia, existe outra forma de relevo característica desse tipo de atividade, possível de ser observadas nas Figuras 23 e 24. Infelizmente não foi possível ir a campo no município de Cabo Frio, por uma série de fatores, como o difícil acesso a área onde esse tipo de extração ocorre atualmente como também por essas áreas serem dominadas pelo chamado “poder paralelo”. Uma das áreas de fácil acesso onde esse tipo de relevo poderia ser observado seria o das cavas abandonadas após a proibição na década de 1990, representadas nas Figuras 25 e 26. Porém essas áreas foram completamente tomadas pela expansão imobiliária e pela vegetação não restando resquícios desse outro relevo.

Sendo assim, as fotos utilizadas para ilustrar essas feições são do município de Seropédica, um dos maiores polos produtores de areia no Brasil. Nelas é possível de se observar pilhas tecnogênicas provenientes da acumulação de material em um contexto de área de disposição de resíduos de mineração. No mapeamento de cobertura e uso da terra, essas áreas são representadas pelos sedimentos não consolidados ao redor das cavas.

Quando a classificação do CEN/SBCR (2022), essas pilhas de matéria tecnogênica seriam classificadas como Elevações Tecnogênicas, no primeiro nível; Tecnoformas de Acumulação, no segundo nível; formas associadas a depósitos tecnogênicos construídos; na expressão do relevo; e provenientes da atividade humana direta do acréscimo de material, como sua morfogênese.

Essas formas de relevo são algumas vezes temporárias como outras acabam sendo integradas a paisagem, no exemplo da Figura 23, podemos ver uma pilha de sedimentos que está armazenada nas proximidades da cava esperando o momento para serem transportadas. Na Figura 24, por outro lado, as pilhas trata-se de sedimentos que não possuem valor comercial e por isso são depositados nas áreas mais distantes das cavas, às vezes até nas estradas que dão acesso as áreas de extração.

Figura 23: Imagens fotográficas de pilhas ou elevações tecnogênicas temporárias, tecnoformas de acumulação, Município de Seropédica (RMRJ).



Fonte: O autor, 2018.

Figura 24: Imagens fotográficas de pilhas ou elevações tecnogênicas integradas a paisagem, tecnoformas de acumulação, Município de Seropédica (RMRJ).



Fonte: O autor, 2018.

Figura 25: Imagens fotográficas de áreas das antigas cavas de extração de areia (Tecnoformas de escavação) tomadas pela vegetação e a urbanização nos arredores da área de interesse A.



Fonte: O autor, 2024.

Figura 26: Imagens fotográficas dos arredores das antigas cavas de extração de areia (Tecnoformas de acumulação) tomadas por edificações na área de interesse A.



Fonte: O autor, 2024.

Figura 27: Mapa da evolução das cavas de extração de areia na área de interesse A.

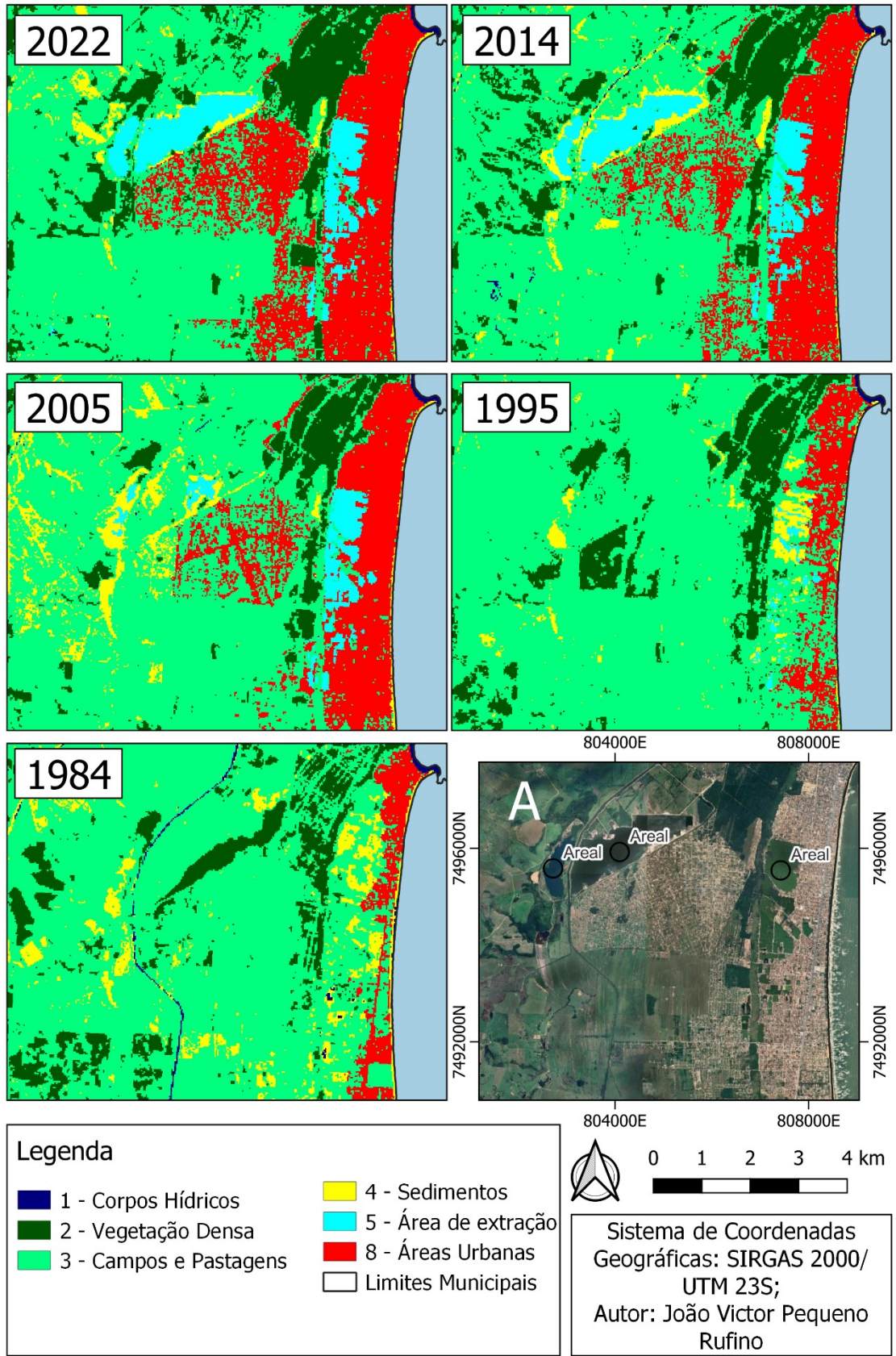
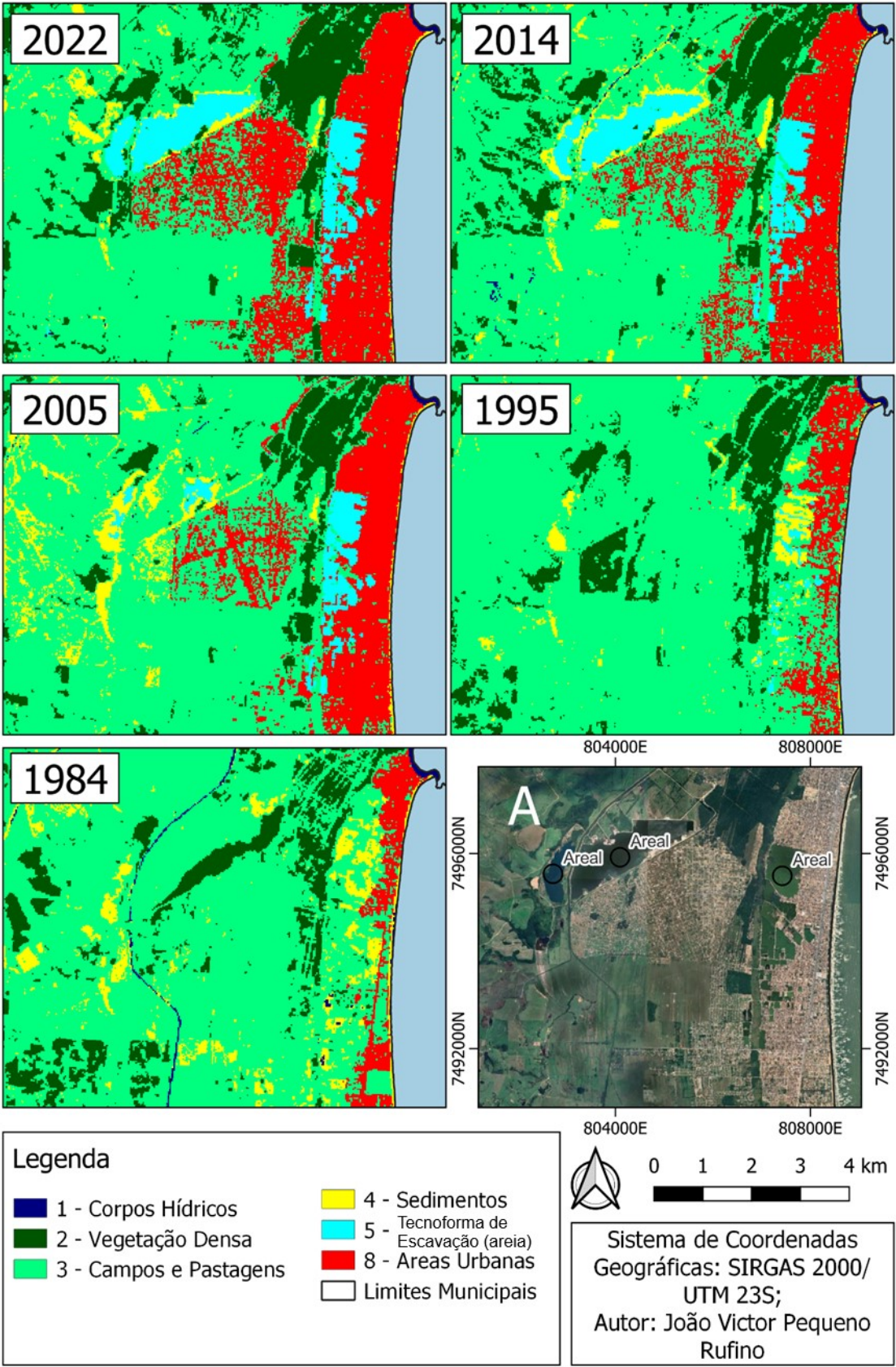


Figura 28: Mapa da evolução das cavas de extração de areia na área de interesse B.



A classe de Salinas, assim como de Rocha exposta tinha o papel de ser uma classe apenas para que não houvesse pixels classificados de forma errada, entretanto ao ser analisados os mapas de cobertura e uso da terra, se notou que as áreas construídas e campos e pastagens estão tomando conta dessas porções do território.

Apesar de apresentar uma variação não muito uniforme, com um crescimento de 12% em 2005, a classe apresenta uma tendência de queda ao longo dos anos. Esse crescimento pode estar ligado a um “erro” na hora da classificação onde uma parte da área em volta da ilha do Japonês, um destino turístico de Cabo Frio, foi classificada como sendo de salina, entretanto dependendo do horário do dia e da maré o acesso a essa ilha pode ser feito facilmente caminhando, pois o nível do mar fica muito baixo, além de essa área apresentar algumas salinas abandonadas ao seu redor. Assim, como as áreas de salina são caracterizadas por uma porção do território onde a água do mar é deixada para evaporar e depois ser retirado o sal cristalizado, esse nível baixo do mar ao redor da ilha foi o que causou essa confusão, que não ocorreu nos outros anos justamente pelo horário, ao entardecer o nível do mar nessa porção do território está consideravelmente mais alto.

Se analisados os outros anos nota-se uma grande redução em 1995 e 2014, com 34% e 31% respectivamente, no geral a classe teve uma diminuição de 54%. Por causa da decadência da indústria salineira muitas dessas salinas se encontram abandonadas. Este conjunto de ambientes vêm sendo fortemente impactados nos últimos 30 anos pela expansão imobiliária produzida pelo turismo de veraneio. A expansão acelerada de Cabo Frio, além de loteamentos indiscriminados, todos assentados sobre as planícies costeiras, acarretam consideráveis danos ambientais, pois além da destruição da vegetação de restinga, promoveram a contaminação das lagunas costeiras e do lençol freático (CPRM, 2000b).

Tabela 9: Dados da classe Salinas e sua variação ao longo de 1984 a 2022.

Ano	Salinas	Variação
1984	1552,77	0%
1995	1019,25	-34%
2005	1136,97	12%
2014	784,35	-31%
2022	712,53	-9%
Total	Unidade Hectare	-54%

Fonte: O autor, 2024.

Essa classe estará presente nos subcapítulos seguintes sobre o crescimento populacional de Cabo Frio e sobre as questões ambientais, pois foi observado o crescente interesse imobiliário nessas áreas. Pelo fato de as salinas estarem ligadas a expansão urbana

de Cabo Frio, elas acabam também estando ligadas, mesmo que de forma indireta, a exploração de areia. Com isso, criou-se a área de interesse C, como exposto na metodologia de identificação de relevos tecnogênicos e foi feita a sua classificação de acordo com CEN/SBCR (2022).

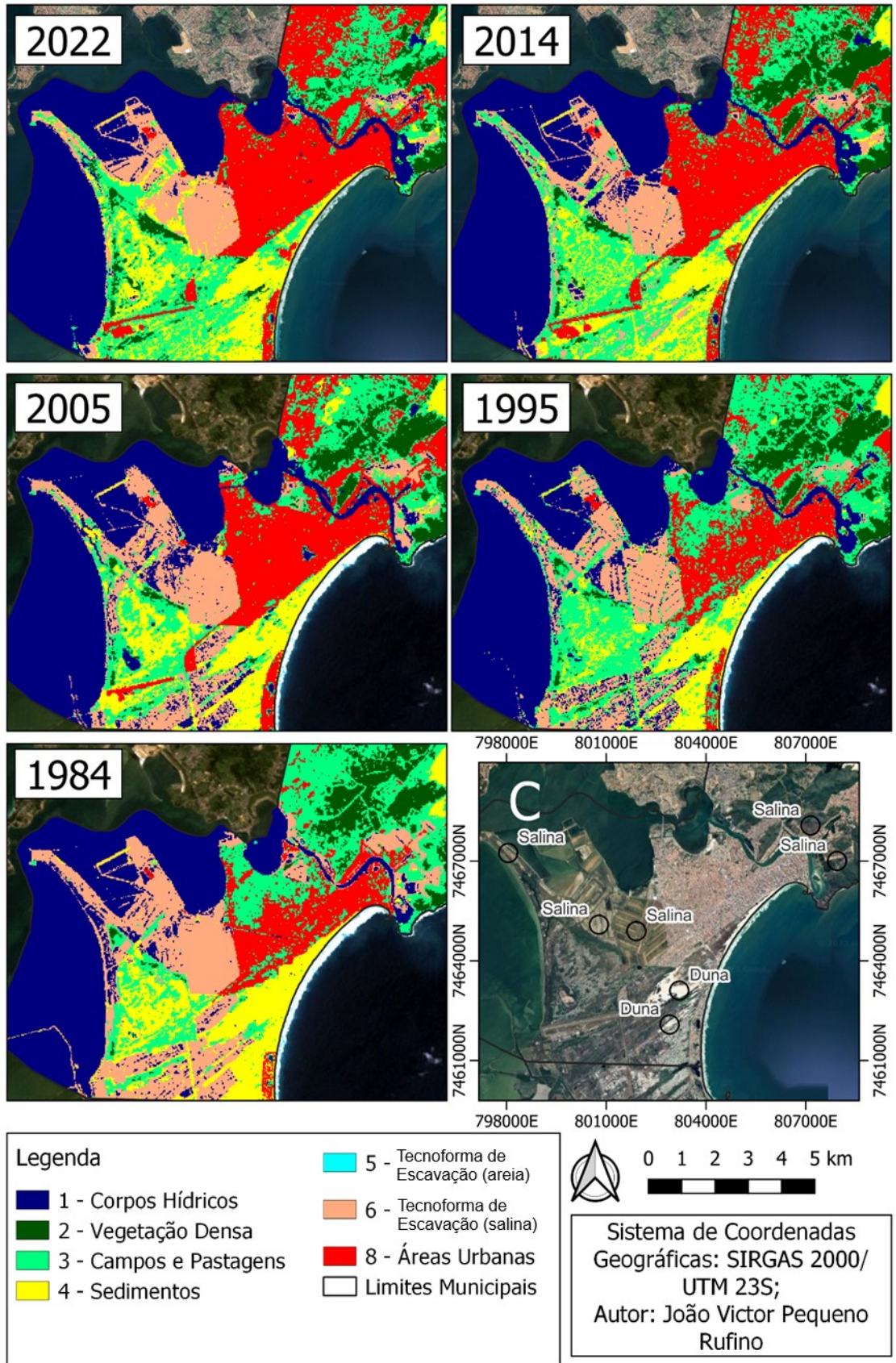
Na Figura 29, é possível de se observar a evolução do relevo tecnogênico na área de interesse C, e é importante notar que no ano de 1984 ainda havia várias salinas ao redor da lagoa de Araruama, principalmente próximo as áreas de restinga. Entretanto no ano de 1995 essas áreas passam gradativamente a se transformarem em áreas de campos e pastagens e em algumas até em áreas de corpos hídricos, revelando assim que se manteve a forma dos tanques que eram usados para a evaporação da água do mar, porém agora essas feições estão armazenando a água da chuva. No ano de 2005 é possível perceber a construção do aeroporto de Cabo Frio por cima de antigas salinas e o avanço da urbanização sobre outras áreas isoladas dessas feições que ficavam nas partes mais centrais.

No ano de 2014 e 2022, as salinas que se encontravam próximas ao aeroporto quase que sumiram completamente para dar lugar a classe de campos e pastagens, restando apenas as salinas mais próximas a lagoa e as próximas a ilha do japonês, na parte nordeste da região de interesse.

Seguindo a classificação proposta por CEN/SBCR (2022), as salinas, assim como as cavas de extração de areia, podem ser consideradas como Cicatrizes Tecnogênicas, no segundo nível como Tecnoformas de Escavação, a expressão no terreno se deu através de Cicatrizes tecnogênicas escavadas e sua morfogênese foi constituída através da retirada direta de material do terreno em função da ação humana.

Entretanto, a profundidade dos tanques que são usados para armazenar a água salgada e fazer o processo de retirada do sal são de uma profundidade muito inferior as cavas de extração de areia, por isso que sua alteração para área construída ou então campos e pastagens é facilitada.

Figura 29: Mapa da evolução das salinas na área de interesse C.



A sétima classe, de Rocha exposta, trata-se apenas de uma classe criada para que não houvesse pixels da imagem de satélite sem serem classificados ou então que fossem classificados de outras formas, com as rochas nuas representando parte do litoral de Cabo Frio e suas ilhas.

Tabela 10: Dados da classe Rocha Exposta e sua variação ao longo de 1984 a 2022.

Ano	Rocha Exposta	Variação
1984	29,52	0%
1995	32,31	9%
2005	32,22	0%
2014	33,57	4%
2022	29,88	-11%
Total	Unidade Hectare	1%

Fonte: O autor, 2024.

A última classe, de Áreas urbanizadas, talvez seja a mais complexa de ser analisada, pois ela impacta de forma direta e indireta todas as outras classes, com exceção da Rocha exposta. Por isso foram criados subcapítulos para melhor abordar os temas relacionados a essa classe.

Entretanto já é possível se notar que novamente o ano de 2005 ganha destaque, sendo o ano com o maior aumento das áreas construídas em 109%, outro fator a ser observado que diferente da classe de extração de areia que parece estar em um ritmo menor de crescimento as áreas urbanas em 2022 apresentaram um crescimento de 26%, o que pode indicar uma tendência de aquecimento do setor imobiliário e turístico da região, e consequentemente levar a uma maior exploração dos recursos minerais da região.

É importante se analisar não somente o crescimento da população de Cabo Frio como também de seus municípios vizinhos, pois segundo Lelles (2004) o material mineral da extração de areia apresenta baixo valor agregado com o transporte sendo 2/3 do valor final do produto, logo a exploração de areia ocorre preferencialmente próximo a localidades em expansão. E com isso temos Corrêa (2013) que alerta para o crescimento dos municípios da Baixada Litorânea, incluindo Cabo Frio, apresentaram em média aumento populacional superior a 50%, entre os anos de 1990 e 2010, especialmente os que tem sua economia relacionado a indústria do petróleo e turismo.

Tabela 11: Dados da classe Áreas Urbanas e sua variação ao longo de 1984 a 2022.

Ano	Áreas Urbanas	Variação
1984	1174,77	0%
1995	1560,69	33%
2005	3262,95	109%
2014	3884,49	19%
2022	4895,73	26%
Total	Unidade Hectare	317%

Fonte: O autor, 2024.

6.2 Consumo e produção de areia no estado do Rio de Janeiro x Crescimento populacional da Baixada Litorânea

No referencial teórico, a areia foi definida como um termo genérico abrangendo um amplo conjunto de materiais granulares, constituídos principalmente de quartzo, e com diferentes especificações e usos, sendo a construção civil um dos principais. A retomada dessa conceituação é importante, pois os relatórios sobre produção e consumo de areia, em alguns casos, utilizaram-se de nomenclaturas diferentes para se referir ao mesmo produto.

Atualmente o termo mais utilizado é “areia para construção civil” que, segundo o DNPM (2015), consiste no termo consagrado na literatura especializada para referir-se aos materiais granulares, sem forma e volumes definidos, de dimensões e propriedade estabelecida para uso em obras de engenharia civil.

Essa discussão é importante, pois o Brasil tem carecido de dados dos minerais denominados não-metálicos, com a areia sendo um desses recursos. O órgão público que era responsável por pesquisar e produzir os dados sobre consumo e produção de areia e outros minerais metálicos e não-metálicos, era o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) que foi substituído pela Agência Nacional de Mineração (ANM), criada em 2017 durante o governo do então presidente Michel Temer.

O Brasil passou por um período de crise econômica e política durante os anos de 2015 a 2022 que marcam uma época de defasagem de dados e de desvalorização da pesquisa. Os Sumários Minerais desenvolvidos pelo DNPM até o ano de 2016 eram uma fonte confiável e de fácil acesso sobre a produção de areia, entretanto a partir do governo Michel Temer foram feitos Anuários Minerais, desenvolvidos pelo ANM e mais recentemente Boletins do Setor

Mineral pelo Ministério de Minas e Energia, com um caráter mais voltado aos recursos de maior valor econômico, como ouro e ferro, e, sobre a disponibilidade dos recursos ainda não foram explorados, se limitando a fornecer apenas dados sobre quantas lavras de extração de areia foram requisitadas e deixando totalmente de lado o número de produção e consumo.

Na Tabela 12, é possível se perceber essa defasagem de dados, pois o último ano que se tem dados sobre a produção, especificamente de areia, foi o ano de 2016, último dos relatórios desenvolvidos pelo DNPM. Outro fator que chama a atenção é o último dado sobre areia para construção civil datar do ano de 2017, desde lá já foram desenvolvidos outros 4 Boletins do Setor Mineral e todos focados apenas nos minerais metálicos, que possuem maior valor agregado.

Outro dado que chama atenção é que, em alguns anos, há diferença de produção de areia para a areia para construção civil, mais especificamente nos anos de 2009, 2010 e 2013. As informações de produção de cimento é a forma mais confiável de se estimar a produção de areia, pois existe uma dificuldade em se obter valores realistas a partir de dados oficiais, revelando um forte indicativo de predominância de informalidade no setor de exploração de areia, além da dificuldade de se mensurar de uma forma razoável o quanto desse recurso é extraído de maneira ilegal (QUARESMA, 2009).

Outra dificuldade encontrada para se estudar a produção de areia foi a ausência de dados sobre a produção específica de cada estado. Mesmo nos Sumários Minerais do DNPM poucas vezes é citada a produção do estado do Rio de Janeiro, nunca de forma exata, sempre de forma em porcentagem da participação da produção total do país. Nesses Sumários, em alguns deles, mais especificamente dos anos de 2012, 2014, 2015 e 2016, o município de Cabo Frio é citado como um dos maiores produtores do país, entretanto sempre ao lado do município de Seropédica, com ambas as cidades produzindo 2 milhões de toneladas por ano configurando assim como os maiores produtores do Rio de Janeiro e um dos maiores do Brasil. Entretanto, no ano de 2017, Seropédica é o único município fluminense citado no documento, com uma produção acima de 3 milhões de toneladas naquele ano, ao lado de outros municípios do estado de São Paulo. Com isso, não é possível saber se Cabo Frio continuou produzindo 2 milhões de toneladas ao ano, ou se houve uma redução ou se houve aumento, porém não a ponto de chegar a 3 milhões de toneladas.

A partir de 2019, os dados sobre produção de areia ficaram sob a responsabilidade da ANM e do Ministério de Minas e Energia, que desenvolveram o último documento que se tem disponibilidade atualmente sobre produção de areia no Brasil, sendo um documento bem resumido e que não cita a participação de nenhum município ou estado na produção, sendo

possível apenas se extrair o dado de produção de 294.000 mil toneladas de areia para construção civil no Brasil.

Tabela 12: Dados nacionais, em 1000t, sobre a produção de areia, cimento, agregados para construção civil e areia para construção civil de 1994 a 2019.

Ano	Areia	Cimento	Agregados para construção civil	Areia para construção civil
1994	N.D	25.230	N.D	N.D
1995	N.D	28.256	N.D	N.D
1996	N.D	34.597	N.D	N.D
1997	N.D	38.069	N.D	N.D
1998	N.D	39.942	N.D	N.D
1999	N.D	N.D	N.D	N.D
2000	225.700	39.208	381.400	N.D
2001	236.100	38.927	398.900	N.D
2002	229.600	38.027	386.000	N.D
2003	190.600	34.010	320.400	N.D
2004	187.000	34.413	315.700	N.D
2005	196.000	36.673	331.000	N.D
2006	202.600	39.539	367.500	N.D
2007	229.400	46.406	414.600	N.D
2008	272.400	51.884	500.300	N.D
2009	266.900	51.747	498.100	265.384
2010	286.800	59.117	541.600	324.955
2011	N.D	64.093	N.D	346.772
2012	N.D	69.323	N.D	368.957
2013	377.209	69.975	N.D	377.247
2014	391.765	70.917	N.D	391.765
2015	349.087	64.874	N.D	349.087
2016	312.042	57.630	N.D	312.042
2017	N.D	53.703	N.D	294.000
2018	N.D	53.458	N.D	N.D
2019	N.D	N.D	N.D	N.D

Fonte: DNPM, 1997, 1998 1999, 2003, 2006, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015); ANM (2016 e 2017 e MME, 2019. Adaptado pelo autor, 2024.

Como destacado anteriormente, o Brasil apresenta uma defasagem sobre dados de produção de areia e os poucos dos dados que se têm não representam de forma fiel a realidade, pois uma parte considerável da atividade de extração de areia ocorre de forma ilegal. Por isso, o próprio DNPM utilizava-se dos dados de consumo e produção do cimento para fazer uma estimativa da produção de areia. Como o concreto é feito da mistura de cimento, areia e brita, a partir da estimativa que cada parte de cimento precisa de 2 a 3 partes de areia e brita, chegava-se a uma estimativa de quanto de areia foi produzida no Brasil, mesmo que as extraídas de forma ilegal não constassem nos Relatórios Anual de Lavras (RAL).

Outro ponto positivo de se estudar a produção de areia baseada na produção de cimento é a disponibilidade de dados. Na Tabela 13, foi possível estabelecer uma linha cronológica de forma ininterrupta, diferente dos dados da Tabela 12 que apresentam variação de termos para se referir a areia e a ausência de dados de alguns anos.

Além disso, foi possível se extrair dados mais atuais e específicos do estado do Rio de Janeiro do ano de 1980 a 2022 enquanto nos Sumários, Anuários e Boletins Minerais foi possível se estabelecer apenas uma cronologia nacional de 1994 a 2018, com a ausência dos dados do ano de 1999.

Assim, criou-se um gráfico (Figura 30) para a melhor visualização dos dados referentes ao Rio de Janeiro, presentes na Tabela 13. De acordo com os anos da Ditadura Militar no Brasil representariam o período do denominado “milagre econômico”, onde houve um crescimento do consumo de cimento na metade dos anos 1970 e o início dos anos 1980. Porém dos anos de 1980 a até meados de 2004 o mercado era considerado como sendo estagnado, entretanto com uma consolidação (SNIC, 2022).

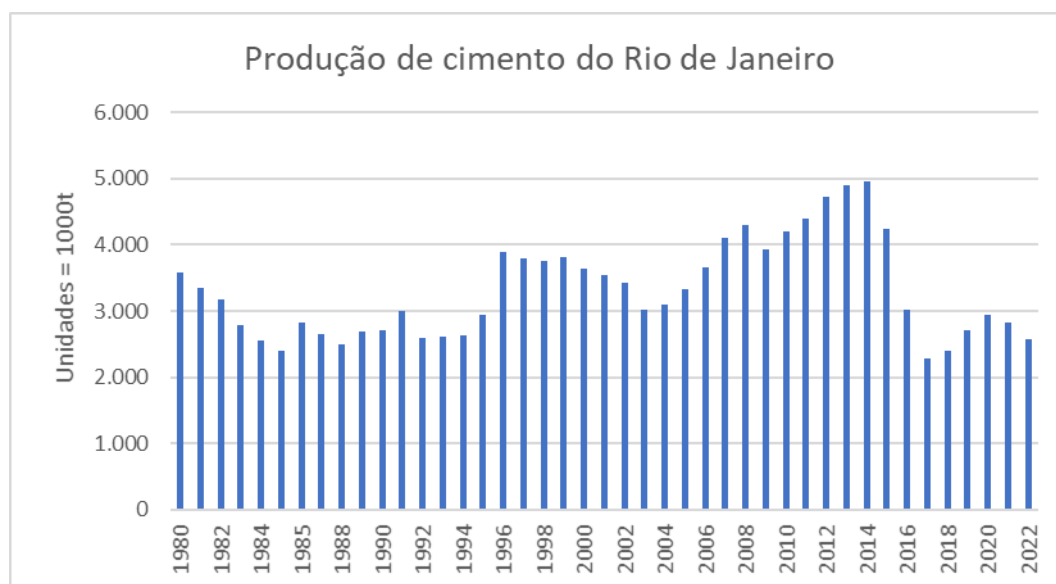
No gráfico da Figura 30, pode se observar que no estado do Rio de Janeiro houve oscilações na produção de cimento, com redução entre 1980 e 1985, um período de equilíbrio entre 1985 e 1996, um aumento considerável de 1996 e 2000 e um leve queda até o ano de 2004.

A partir de 2004 é considerado como a retomada do crescimento do consumo de cimento, onde houve um grande aumento, entretanto, houve também uma forte queda a partir do ano de 2014, onde a indústria está se recuperando apenas nos anos atuais de 2020 a 2021 (SNIC, 2022).

No Rio de Janeiro, o aumento do consumo se estende do ano de 2004 até o ano de 2014, igual a média nacional. Entretanto, após esse ano houve uma forte queda da produção de cimento no estado chegando a patamares comparados com o ano de 2003 e a década de

1990, houve uma leve recuperação no ano de 2020, entretanto a pandemia de Covid-19 trouxe novas reduções na produção.

Figura 30: Produção de cimento no estado do Rio de Janeiro de 1980 a 2022.



Fonte: SNIC, 2022. Adaptado pelo autor, 2024.

Se utilizando das informações contidas nos Sumários Minerais do DNPM, para um maior contexto socioeconômico, e as informações do SNIC, podemos estabelecer 5 períodos na produção de cimento e, conseqüentemente, de areia no Rio de Janeiro e no Brasil.

O Primeiro período (1980 – 2002) seria de instabilidade econômico e política, onde o Brasil atravessava o período da redemocratização, construção de uma nova Constituição e a troca constante de moedas (Cruzeiro - 1970 a 1984, Cruzado - 1986 a 1989, Cruzado Novo - 1989 a 1990, Cruzeiro - 1990 a 1993, Cruzeiro Real - 1993 a 1994), a fim de frear a inflação.

O Segundo período (2003 – 2006) é logo após o Plano Real (1994), implementado pelo presidente Itamar Franco, onde houve o real aumento da produção de areia e cimento no Rio de Janeiro, em um cenário consolidado. Entretanto, em 2002, novamente houve temores na economia com a eleição do presidente Luiz Inácio Lula da Silva. Nesse momento ocorreu uma transição econômica e política que, aliada a alta taxa de juros e forte retração da demanda, inibiu o crescimento da indústria da construção civil, particularmente, as de edificações. Além, da queda do poder aquisitivo das classes populares, forçando uma diminuição no processo de autoconstrução, contribuindo ainda mais para a redução do consumo de agregados (DNPM, 2003).

O Terceiro período (2007 – 2014) é caracterizado com um forte crescimento da produção de cimento e areia. De acordo com houve um intenso ritmo de crescimento de obras públicas, principalmente ligadas as exigências impostas para satisfazer e adequar as

infraestruturas necessárias para a acomodação dos visitantes e da imprensa nas cidades que sediariam a Copa do Mundo de 2014, com a cidade do Rio de Janeiro sendo o palco principal de abertura e encerramento desse evento. Se deve destacar também que todo esse foco em uma cidade do Rio de Janeiro como grande palco de eventos esportivos começou com a realização dos Jogos Pan-Americano em 2007 e se encerrou nos Jogos Olímpicos do Rio de Janeiro em 2016 (DNPM, 2009).

Todos esses grandes eventos trouxeram um grande número de turistas tanto para o Brasil, como para o estado do Rio de Janeiro, e consequentemente, para seus destinos turísticos mais famosos, como Búzios, Arraial do Cabo e Cabo Frio. Entretanto, não foi somente o turismo e os grandes eventos que influenciaram para esse ser o período de maior crescimento da produção de areia e cimento, mesmo com a crise econômica que assolou o mundo no ano de 2008 que acarretou uma drástica redução da produção de areia e brita nos EUA, no Brasil houve a manutenção dos patamares de produção. O principal fator que colaborou para isso foram os investimentos do Governo Federal nas obras de infraestrutura do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) e as expansão dos recursos imobiliários no programa de crédito habitacional do “Minha Casa, Minha Vida” (DNMP, 2010).

O Quarto período (2015 – 2020) é marcado por uma forte crise política e econômica no Brasil, começando no ano de 2014 com a reeleição da presidenta Dilma Rousseff. Após não aceitar a derrota nas urnas Aécio Neves e seu partido PSDB promoveram um clima de instabilidade política no país ao não reconhecer a derrota, entretanto o Impeachment de Dilma foi motivado pela ruptura entre o PT, então partido de Dilma e o PMDB, então partido de seu vice Michel Temer e do então presidente da câmara dos deputados Eduardo Cunha (MENDES, 2018).

Outros fatores mencionados por Mendes (2018) são: a chegada ao Brasil, no ano de 2013, da crise que se instalou no capitalismo global desde 2008; a redução dos preços das matérias-primas internacionais; a desaceleração do mercado chinês, um dos grandes parceiros comerciais do Brasil na época; a recessão da economia da América Latina; e a adoção de ajustes fiscais implementando uma política de austeridade com cortes nos investimentos do Estado e redução de benefícios sociais. Para DNPM (2014) a desaceleração do consumo de areia foi motivada pelo menor investimento em obras de infraestrutura e habitação.

Mesmo que a produção de areia e cimento tenha demonstrado um leve aumento, após o Impeachment em 2016, seu patamar se equipara a realidade que se encontrava no Primeiro momento, nas décadas de 1980 a 1994.

O Quinto período (2020 – atual) pode ser definido como um período de estabilidade pendendo para a retração, após alguns anos de uma pequena recuperação. O principal motivo que levou essa redução a partir de 2020 foi a pandemia global de Covid-19 que forçou o distanciamento social e ao confinamento como métodos de enfrentamento da doença até que fosse desenvolvido uma vacina. No Brasil, o então presidente Jair Messias Bolsonaro, o ministro da economia Paulo Guedes e seus apoiadores não levaram a doença a sério e influenciaram a população com informações falsas fazendo com que uma parte considerável tenha se exposto a doença. Essa negação da realidade conduziu a uma política do negociatismo que infelizmente levou a vida de mais de 700 mil brasileiros, afastou investimentos internacionais, atrasou a retomada da economia brasileira, além de se afastar da China, um dos principais parceiros comerciais.

No ano de 2022 houve novas eleições e o ex-presidente Lula voltou ao cargo de chefe do executivo brasileiro, com as políticas sociais e o investimento do Estado em obras de habitação e infraestrutura sendo uma das promessas de campanha. Com isso, espera-se que nesse novo mandato haja uma retomada da economia influenciado pela volta do poder de compra das classes mais baixas e pela redução do preço dos *commodities* no mercado mundial que está se recuperando após a pandemia.

Tabela 13: Produção em 1000t do cimento no Rio de Janeiro e Brasil entre 1980 e 2022.

Ano	Rio de Janeiro	Brasil
1980	3.586	26.884
1981	3.352	25.951
1982	3.183	25.449
1986	2.794	20.858
1984	2.547	19.308
1985	2.391	20.547
1985	2.832	25.222
1987	2.645	25.284
1988	2.495	25.281
1989	2.694	25.768
1990	2.701	25.915
1991	2.992	27.334
1992	2.589	23.993
1993	2.610	24.810
1994	2.622	25.046
1995	2.945	28.062
1996	3.883	34.504
1997	3.800	37.920
1998	3.765	39.704
1999	3.809	40.044
2000	3.641	39.208
2001	3.550	38.263
2002	3.430	37.832
2003	3.024	33.561
2004	3.092	35.660
2005	3.324	37.581
2006	3.665	40.938
2007	4.107	44.984
2008	4.300	51.488
2009	3.927	51.669
2010	4.199	60.007
2011	4.390	64.971
2012	4.733	69.323
2013	4.906	70.974
2014	4.956	71.702
2015	4.235	65.316
2016	3.021	57.473
2017	2.285	53.306
2018	2.391	52.713
2019	2.716	54.534
2020	2.936	61.052
2021	2.830	65.884
2022	2.576	58.631

Fonte: SNIC, 2022. Adaptado pelo autor, 2024.

Na Tabela 14 estão presentes a produção de areia no estado do Rio de Janeiro, declarado no RAL, e a produção de cimento no mesmo período. Durante a obtenção de dados para a pesquisa, encontrou-se apenas os dados da produção de areia no estado fluminense de 2010 a 2022. Esse é um dos motivos que levaram a serem analisados os dados de cimento, por estarem mais completos, entretanto se analisados as variações entre um ano e outro será possível perceber que existem discordâncias entre os dois recursos.

Inicialmente, é possível se perceber que a extração de areia tem aumento de 2010 a 2013, uma redução de 2014 a 2018, uma recuperação em 2019, entretanto novamente uma redução em 2020 e voltando a subir em 2021 e 2022. Já o cimento tem aumento de 2010 a 2014, redução de 2015 a 2017, aumento de 2018 a 2020 e redução nos últimos dos anos, de 2021 a 2022. Com a discordância dos dados acontecendo nos anos de: 2014, 2018 e 2020 com redução da areia e aumento do cimento; e 2021 e 2022, com o aumento da areia e redução do cimento.

Pela abrangência dos dados, não é possível encaixar a produção de areia, segundo o RAL, em dois dos cinco períodos propostos. Os dados iniciam-se no Terceiro período com o crescimento antes da queda que ocorreu no Quarto período, entretanto, no caso da areia, essa queda ocorre um ano antes. A retomada lenta do Quarto período, no caso do cimento, ocorre no ano de 2018, com apenas três anos de retração, entretanto, no caso da areia, a retração durou de 2014 a 2018.

No ano de 2019, os dois recursos mostraram aumento, porém o primeiro ano de pandemia, em 2020, representou uma queda para a areia, mas um aumento para o cimento. E os dois próximos anos foram o completo oposto, com aumento seguido da areia e uma redução seguida do cimento. O que pode estar se configurando como uma retomada lenta do setor de construção civil que pode começar a ser observada nos próximos anos. Outro fator importante de se destacar é que a produção de cimento foi muito menos afetada no geral do que a produção de areia, com uma retração de 39% entre 2010 e 2022, ao contrário da areia que teve uma retração de 57%.

Tabela 14: Produção de areia comparada com a produção de cimento, entre 2010 e 2022.

ANO	UF	SUBSTÂNCIA	QUANTIDADE	MEDIDA	VARIAÇÃO	SUBSTÂNCIA	QUANTIDADE	MEDIDA	VARIAÇÃO
2010	RJ	Areia	9.912	1000t	0	Cimento	4.199	1000t	0
2011	RJ	Areia	9.979	1000t	1%	Cimento	4.390	1000t	5%
2012	RJ	Areia	10.754	1000t	8%	Cimento	4.733	1000t	8%
2013	RJ	Areia	11.711	1000t	9%	Cimento	4.906	1000t	4%
2014	RJ	Areia	9.532	1000t	-19%	Cimento	4.956	1000t	1%
2015	RJ	Areia	7.902	1000t	-17%	Cimento	4.235	1000t	-15%
2016	RJ	Areia	5.685	1000t	-28%	Cimento	3.021	1000t	-29%
2017	RJ	Areia	4.122	1000t	-27%	Cimento	2.285	1000t	-24%
2018	RJ	Areia	3.552	1000t	-14%	Cimento	2.391	1000t	5%
2019	RJ	Areia	3.753	1000t	6%	Cimento	2.716	1000t	14%
2020	RJ	Areia	3.508	1000t	-7%	Cimento	2.936	1000t	8%
2021	RJ	Areia	4.076	1000t	16%	Cimento	2.830	1000t	-4%
2022	RJ	Areia	4.223	1000t	4%	Cimento	2.576	1000t	-9%
Total	-	-	-5.689	-	-57%	-	-1.623	-	-39%

Fonte: SNIC, 2022 e ANM, 2023. Adpatado pelo autor, 2024.

Após discutidos os dados de produção de areia e os fatores socioeconômicos, é importante também se discutir o aumento populacional que ocorreu no município de Cabo Frio e os demais municípios da Baixada Litorânea, pois isso impacta diretamente na demanda de areia para construção civil. Na Tabela 15 estão todos os dados populacionais produzidos pelo IBGE desde 1970 a 2022. Nota-se que alguns municípios não têm dados populacionais nos anos de 1970 e 1980, e esse fator se deve a ainda não terem se emancipado, o ano de emancipação se encontra abaixo do nome dos respectivos municípios.

Dois municípios se emanciparam de Cabo Frio, sendo eles, Armação de Búzios em 1995 e Arraial do Cabo em 1985. Mesmo com essas emancipações é possível notar que Cabo Frio é a cidade com a maior população entre todos os municípios da Baixada, com uma população de 234 mil habitantes e obteve um crescimento de 427%, o que dá em média um crescimento de 79,5% a cada 10 anos. É comum que haja a diminuição da população em cidades onde ocorra o processo de emancipação dos seus distritos, entretanto, Cabo Frio mesmo com a emancipação de dois distritos continuou com o processo de crescimento populacional.

Armação de Búzios é outro dos municípios que chama a atenção pelo crescimento de 307% da sua população, porém apresenta apenas 35 mil habitantes, assim com Arraial do Cabo que apresentou uma população de 30 mil, mas um crescimento um pouco mais modesto de 101%. É importante destacar a população fixa desses municípios, pois durante o verão é

comum que haja a duplicação e até a triplicação da população desses municípios motivado pelo turismo e casas de veraneio de segunda residência.

No mapa da Figura 31 estão presentes os municípios da Baixada Litorânea, com o acréscimo do município de Macaé. Esse mapa serve de importância para mostrar a proximidade geográfica que Cabo Frio tem com outros municípios que também tiveram um aumento populacional considerável nos últimos anos.

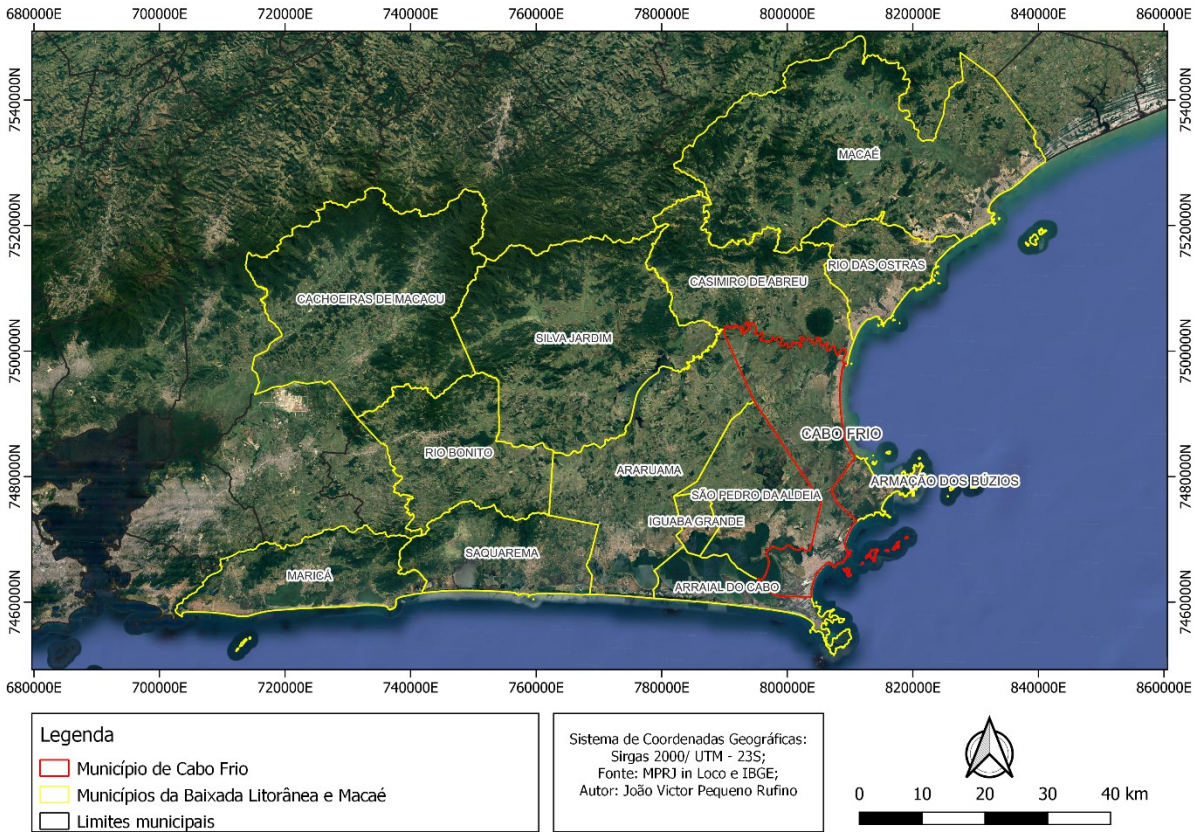
Outros dois municípios que merecem a atenção são Rio das Ostras e Maricá, com um crescimento de 777% e 609% respectivamente. Maricá ao lado de Niterói são dois dos municípios que mais arrecadam *royalties* do petróleo no Brasil, passando de 1 bilhão de reais no ano de 2022. Com isso, Maricá passou a ser um dos destinos mais procurados no estado fluminense pela qualidade de vida e pelo investimento público em infraestrutura e serviços sociais, como o exemplo de ônibus a tarifa zero.

Tabela 15: População dos municípios da Baixada Litorânea de 1970 a 2022.

Mun/Ano	1970	1980	1990	2000	2010	2022	Variação
Araruama	40.031	49.822	59.024	82.717	112.008	136.109	240%
Armação de Búzios (1995)			8.604	18.179	27.560	35.060	307%
Arraial do Cabo (1985)		15.362	19.866	23.864	27.715	30.827	101%
Cabo Frio	44.379	55.593	84.915	126.894	186.227	234.077	427%
Cachoeiras de Macacu	33.793	35.867	40.208	48.460	54.273	59.652	77%
Casimiro de Abreu	16.799	22.171	33.845	22.152	35.347	45.864	173%
Iguaba Grande (1994)			7.246	15.089	22.851	29.344	305%
Maricá	23.664	32.618	46.545	76.556	127.461	167.668	609%
Rio Bonito	34.434	40.036	45.161	49.599	55.551	60.930	77%
Rio das Ostras (1992)			18.195	36.419	105.676	159.529	777%
São Pedro da Aldeia	27.721	37.502	50.474	63.227	87.875	107.556	288%
Saquarema	24.378	28.194	37.888	52.461	74.234	91.938	277%
Silva Jardim	17.190	16.832	18.141	21.265	21.349	21.775	27%
Total	262.389	333.997	470.112	636.882	938.127	1.180.329	350%

Fonte: IBGE, 2023. Adaptado pelo autor, 2024.

Figura 31: Mapa de localização dos municípios da Baixada Litorânea e Macaé.



O crescimento de Rio das Ostras está ligado ao crescimento do município de Macaé, por isso foi desenvolvida a Tabela 16 que relata o crescimento desse município, mesmo que ele não faça parte da Baixada Litorânea. Macaé foi escolhida como sede da Petrobras na Bacia de Campos em 1978 e com isso passou a sediar várias empresas do ramo do petróleo, o que acabou atraindo mão de obra. Apesar de não apresentar um dos maiores crescimentos entre todos os municípios da Baixada Litorânea, o município possui a maior população com 246 mil habitantes. O município vizinho, Rio das Ostras, acaba sendo um meio termo entre destino turístico e profissional pela sua proximidade tanto com Cabo Frio quanto com Macaé, e talvez seja um dos motivos de ser o que apresentou o maior crescimento.

Tabela 16: População do município de Macaé 1970 a 2022.

Ano	1970	1980	1990	2000	2010	2022	1970 a 2022
População de Macaé	65.318	75.863	100.895	132.461	206.728	246.391	181.073
Variação	0	16%	33%	31%	56%	19%	277%

Fonte: IBGE, 2023. Adaptado pelo autor, 2024.

A Tabela 17 foi desenvolvida para que fosse possível se observar os dados populacionais de Cabo Frio de maneira isolada e a sua variação ao longo dos anos analisado. Se retomados os dados apresentados na Tabela 8, sobre a classe de extração de areia, será

possível perceber que o maior aumento da área das cavas ocorreu durante o período de 1984 a 1995, justamente o período de maior aumento da população desse município com 53% entre 1980 e 1990. O segundo momento de maior expansão da extração, 1995 a 2005, também é o segundo de aumento populacional com 49% entre 1990 e 2000. De 2000 a 2010 ainda houve um aumento considerável tanto da população de Cabo Frio quanto da extração de areia, entretanto nos dois casos já se demonstrava um crescimento menos acelerado, com o período de 2010 a 2022 sendo o de menor crescimento populacional e de 2014 a 2022 com de menor expansão das cavas.

Sobre os dados de área urbanizadas presentes na Tabela 11, a sua relação com o aumento populacional é bastante variável. Como visto anteriormente, o período de 1980 a 1990 foi de maior crescimento populacional, entretanto esse não é o de maior crescimento das áreas urbanas. Com isso, pode se levantar a hipótese de que nesse período a indústria da construção civil estava voltada para a construção de casas fixas para os residentes de Cabo Frio. O período de maior crescimento das áreas urbanas foi de 1995 a 2005, o que coincide com o segundo maior crescimento populacional, de 1990 a 2000.

De 2005 a 2014 temos o menor aumento das áreas construídas e isso pode estar ligado a diversos fatores. Como explicado anteriormente, o Terceiro período da produção de areia no Rio de Janeiro estava voltado para as grandes obras de infraestrutura dos grandes eventos e outras obras de programas sociais. O que marca essa grande ascensão da produção de cimento e areia é justamente esses dois fatores, o que nos leva a crer que em Cabo Frio, por ser uma área distante de onde estavam acontecendo esses grandes eventos, ter continuado na dinâmica do Segundo período que é da estabilidade econômica com o plano real e a ascensão de uma classe média baixa com um poder aquisitivo maior que acaba por adquirir segundas residências de veraneio, porém num ritmo não tão acelerado como no período de 1995 a 2005. Outro fator que pode ser analisado é o aumento populacional que ocorreu de 2000 a 2010 como sendo uma estabilidade do que ocorreu de 1990 a 2000, logo isso pode demonstrar uma estabilidade no crescimento da cidade e de que muitas das residências construídas durante o período de maior crescimento das áreas urbana, 1995 a 2005, ainda estavam atendendo a demanda tanto populacional quanto turística, o que pode ser o motivo de uma variação tão pequena de 2005 a 2014.

Por último, temos um crescimento populacional bem menor de 2010 a 2022, se comparados aos outros anos, entretanto temos um crescimento maior das áreas urbanizadas de 2014 a 2022, se comparado ao intervalo anterior de 2005 a 2014. Uma hipótese que pode explicar esse aumento das áreas urbanizadas sem o aumento populacional, pode ser a tentativa

de retomada economia da região apostando no turismo e nas segundas residências. Mesmo que durante o Quinto período da produção de areia e cimento tenha-se apontado para uma crise econômica e política, o setor vinha dando sinais de uma leve recuperação antes da pandemia de Covid-19, e justamente ela pode ser um dos fatores que levou a esse crescimento das áreas urbanizadas, pois muitas pessoas, principalmente aposentados e quem já possuía uma segunda casa nessas localidades turísticas, optou por se mudar para essas áreas mais afastadas dos centros urbanos procurando mais qualidade de vida e isolamento de grandes aglomerações urbanas.

Tabela 17: População do município de Cabo Frio e sua variação a cada 10 anos.

Ano	1970	1980	1990	2000	2010	2022	1970 a 2022
População de Cabo Frio	44.379	55.593	84.915	126.894	186.227	234.077	189.698
Variação	0	25%	53%	49%	47%	26%	427%

Fonte: IBGE, 2023. Adaptado pelo autor, 2024.

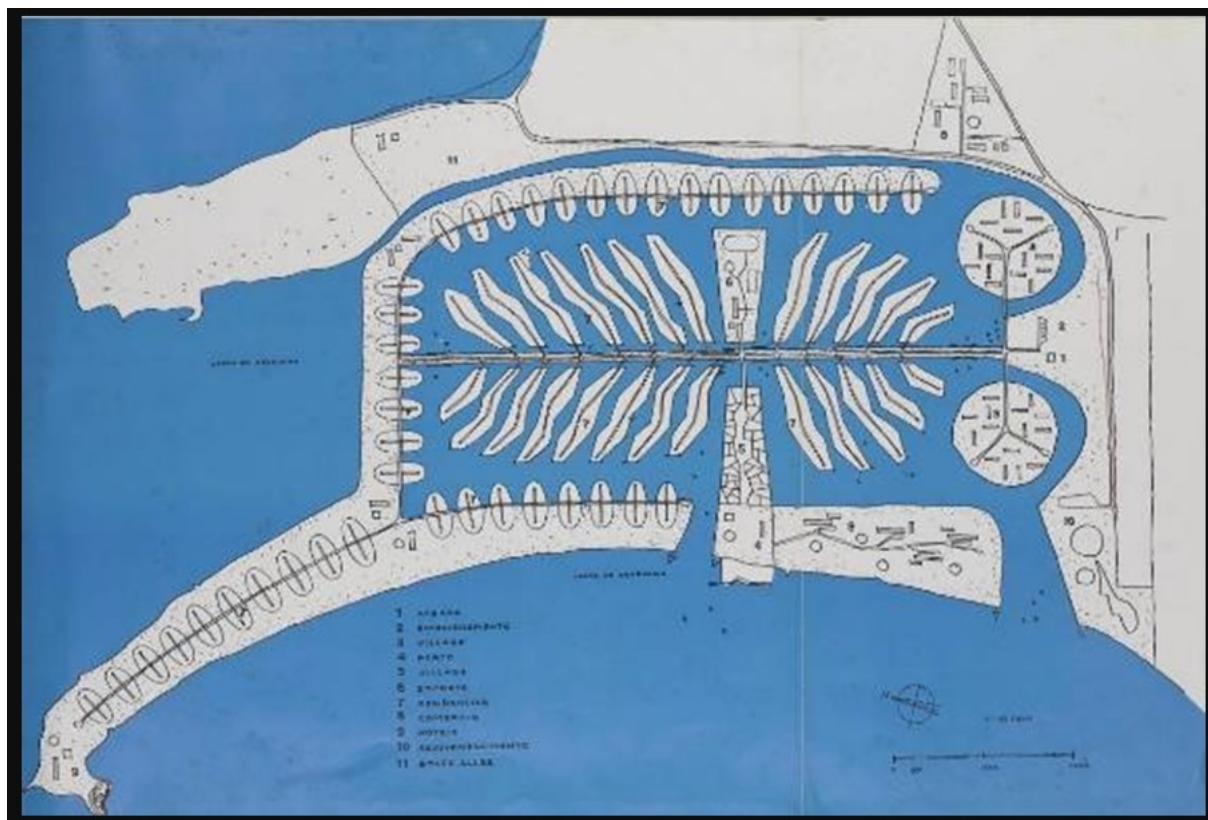
Por fim, pode se presumir que os anos de 1980 até meados de 2010 serviram para o estabelecimento da população fixa de Cabo Frio, o que gerou uma grande demanda de produção de areia. E, agora, o município passa um momento de consolidação enquanto destino turístico, sem maiores crescimentos populacionais, o que acaba gerando uma demanda menor quanto a extração de areia das cavas, o que explicaria a diminuição do ritmo do crescimento das mesmas. Entretanto, os últimos 10 anos da história brasileira foram palco de muitos eventos históricos que influenciaram e ainda influenciam a produção e demanda de areia nessa região, o que acaba por dificultar o entendimento de como a dinâmica socioeconômica afetou a exploração das cavas e a expansão dessas formas de relevo tecnogênicas.

Antes de se chegar na discussão sobre as questões ambientais de Cabo Frio, ligadas à extração de areia, é importante destacar que o município começou a desenvolver seu turismo a partir da década de 1950, voltado principalmente para a construção de casas de segunda residência. A Companhia Salinas Perynas era uma das principais produtoras de sal no país até a década de 1950, entretanto, a chegada da concorrência do sal produzido no estado do Rio Grande do Norte gerou uma grave crise para as indústrias salinas de Cabo Frio. Mesmo sendo um produto barato e simples, o sal é essencial à vida, e gerava grandes lucros para a Companhia Perynas, porém, não conseguindo competir com o sal potiguar, a companhia, a partir do final da década de 1970, começou a se interessar pelas atividades turísticas (MACEDO, 2021).

A Companhia Perynas detinha a concessão de terras para a extração de sal, porém acabou por se apropriar do terreno e passou a buscar um novo uso para a sua “propriedade”. A empresa pretendia realizar a construção de um hotel de grandes dimensões em parceria econômica com uma empresa internacional. O objetivo do projeto, era também, vender casas de segunda residência para aposentados europeus. Entretanto, a cidade carecia de infraestrutura de saúde, o que inviabilizou a execução (MACEDO, 2021).

A Figura 32, revela um desses projetos pretendidos pela Cia. Perynas, a criação de uma nova forma de relevo tecnogênico na região, caracterizado por serem ilhas artificiais. Entretanto o projeto da década de 1980, não saiu do papel por uma série de complicações ambientais que afetariam o ambiente marinho de Cabo Frio, alterando a salinidade e o regime de troca da água entre a Lagoa de Araruama e o mar e impactando a atividade pesqueira. Através desse projeto, é possível perceber que desde a década de 1980 o turismo e a indústria do sal disputavam o território de Cabo Frio e o posto de principal atividade econômica da cidade (MACEDO, 2021).

Figura 32: Projeto de construção de ilhas artificiais nas áreas da antiga Companhia Salinas de Perynas.



Fonte: MACEDO, 2021. Adaptado pelo autor, 2024.

A partir da elaboração desse projeto, acreditava-se que o turismo seria a “salvação” da economia de Cabo Frio e que o município deveria adotar o modelo de “monocultura do turismo”. Entretanto, a partir da década de 1990, o município passou a receber verbas dos royalties da produção de petróleo e gás natural da Bacia de Campos, o que gerou maiores e melhores oportunidade no município e acabou por atrair várias pessoas de variados lugares do país (MACEDO, 2021).

Porém, o turismo alterou a dinâmica local, fazendo com que populações tradicionais fossem seduzidas pelas ofertas de turistas interessados em comprar terrenos e montar as suas casas, acarretando a migração dessas populações para áreas mais periféricas do município e com pouca infraestrutura, sendo o distrito de Tamoios um exemplo de localidade que cresceu de forma periférica a Cabo Frio e Armação de Búzios.

Inicialmente, o distrito era usado como área de extração de areia e havia pouca urbanização, entretanto, com crescente interesse do capital imobiliário nas partes dos bairros centrais de Cabo Frio, a população tradicional foi perdendo espaço e migrando para Tamoios, assim como classes de um menor poder aquisitivo também viram no distrito uma

possibilidade de construir as suas casas de veraneio graças aos preços mais baixos dos terrenos.

Com isso, podemos perceber que Cabo Frio apresenta dois tipos de relevos tecnogênicos distintos e que cada classe social se relaciona com um em específico. Enquanto as classes mais baixas constroem as suas residências e casas de veraneio ao redor das cavas de extração de areia, devido ao baixo custo dos terrenos, as classes mais altas se apropriam de antigos terrenos de exploração de sal, próximos ao mar e, consequentemente, em uma localização mais privilegiada.

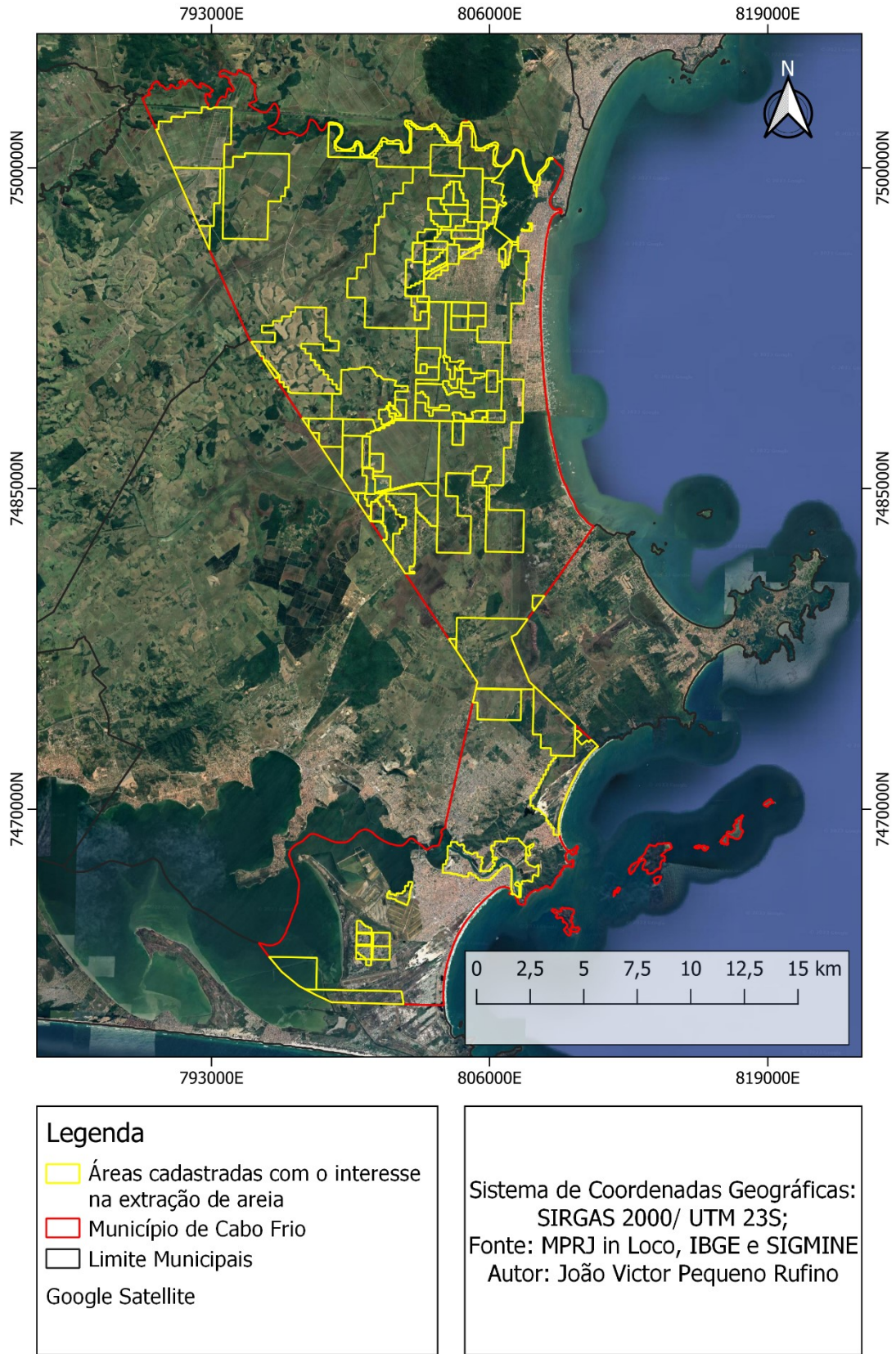
Ambos os relevos tecnogênicos têm uma ligação com a indústria do turismo, o crescimento populacional e a expansão das áreas urbanizadas. Entretanto, as classes mais baixas acabam se relacionando com um terreno tecnogênico que as coloca em situação de vulnerabilidade devido ao risco de contaminação, pois algumas cavas, devido à falta de infraestrutura e acesso ao saneamento básico, são utilizadas como depósito de esgoto, o que gera risco de contaminação, tanto humana e de animais domésticos, ligada ao possível contato direto com as águas, quanto do lençol freático. Já as classes mais abastadas se relacionam de uma maneira mais comercial com os terrenos tecnogênicos da extração de sal, pois enxergam neles oportunidades para a construção civil e tais terrenos não apresentam nenhum tipo de risco de contaminação ambiental ou à saúde da população.

6.3 As questões ambientais da exploração de areia em Cabo Frio

Após apresentados os fatores socioeconômicos e o aumento populacional dos municípios da Baixada Litorânea, foram constatados que ambos influenciaram o aumento da extração de areia. É importante se discutir quais são as questões ambientais ligadas à exploração de areia que afetam diretamente o município.

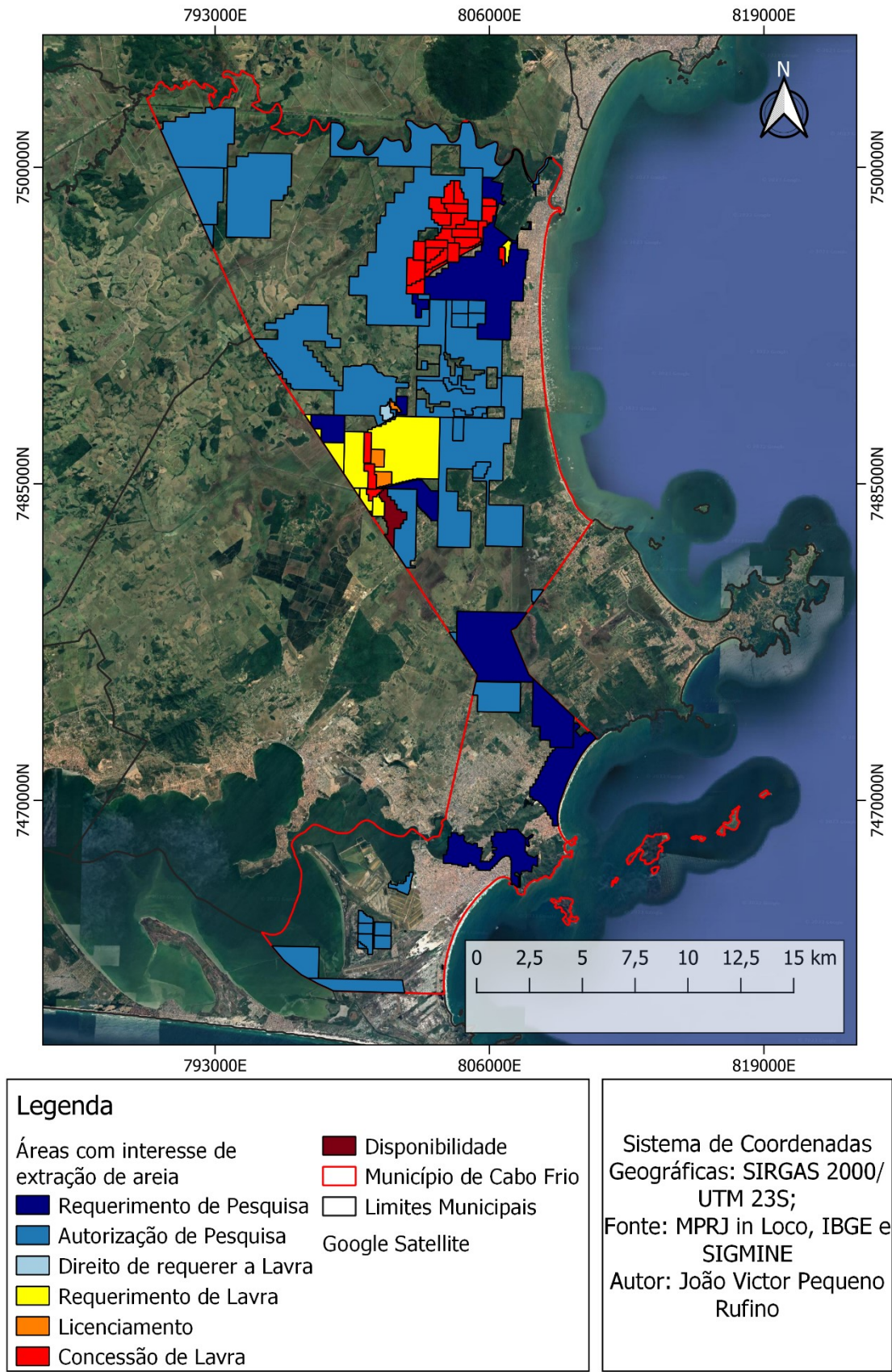
Entretanto, antes, é preciso se entender de que forma o processo de extração de areia ocorre e quais as áreas de interesse atualmente no município de Cabo Frio. Para isso foi desenvolvida a Figura 33 que mostram as áreas de interesse para se exercer a atividade de extração de areia dentro do município.

Figura 33: Mapa de localização das áreas de interesse para exploração de areia em Cabo Frio.



Logo após foi feita a separação dos processos entre: Requerimento de Pesquisa, Autorização de Pesquisa, Direito de requerer a Lavra, Requerimento de Lavra, Licenciamento, Concessão de Lavra e Disponibilidade. E foi elaborado o mapa da Figura 34 que representa justamente as áreas de interesse e em qual momento dentro do processo de licenciamento elas se encontram.

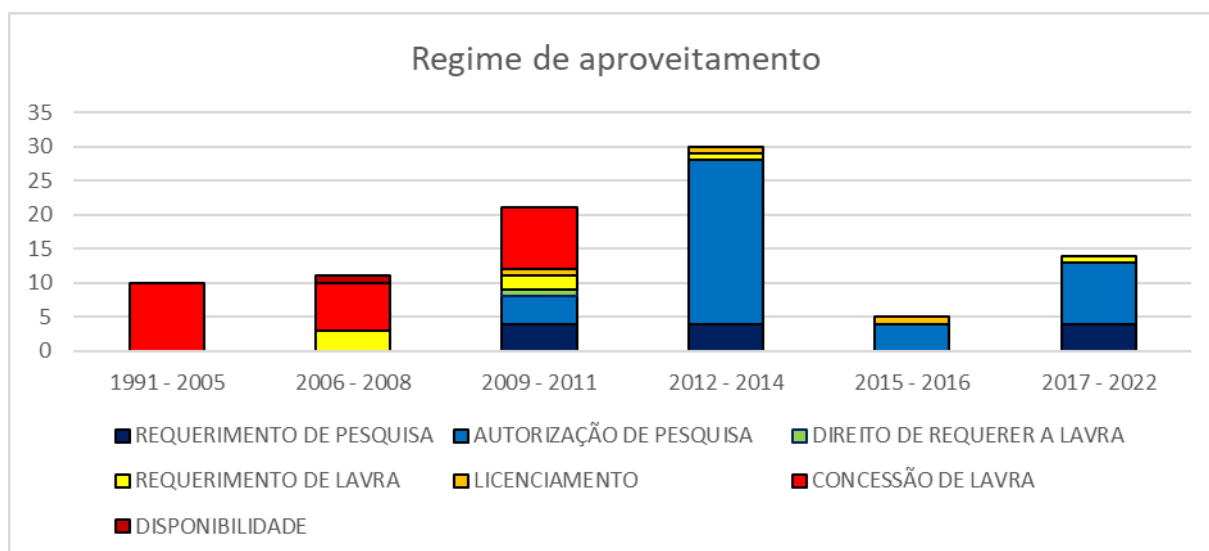
Figura 34: Mapa dos Processos de Licenciamento da extração de areia em Cabo Frio.



O gráfico da Figura 35 foi elaborado para demonstrar que a extração de areia que ocorre atualmente no município de Cabo Frio, acontece em áreas onde a sua concessão foram

feitas, majoritariamente, entre 1991 e 2011. E que de 2012 a 2022 ocorrem apenas dois processos de licenciamento e dois de requerimento de lavra, o que dá direito ao proprietário o aproveitamento econômico. Entretanto, é importante se notar que 2012 a 2022 houve muitas autorizações de pesquisa. Se observado o mapa da Figura 34, será possível ver que esse processo ocorre em quase todas as áreas do município e atualmente se concentra na parte central indo até mais ao norte, na divisa com o município de Casemiro de Abreu e as margens do rio São João. Outra parte que parece interessar à atividade de extração de areia é próximo às antigas salinas, também no processo de autorização de pesquisa, e as antigas cavas de extração de areia abandonadas próximas ao litoral, no processo ainda de requerimento de pesquisa.

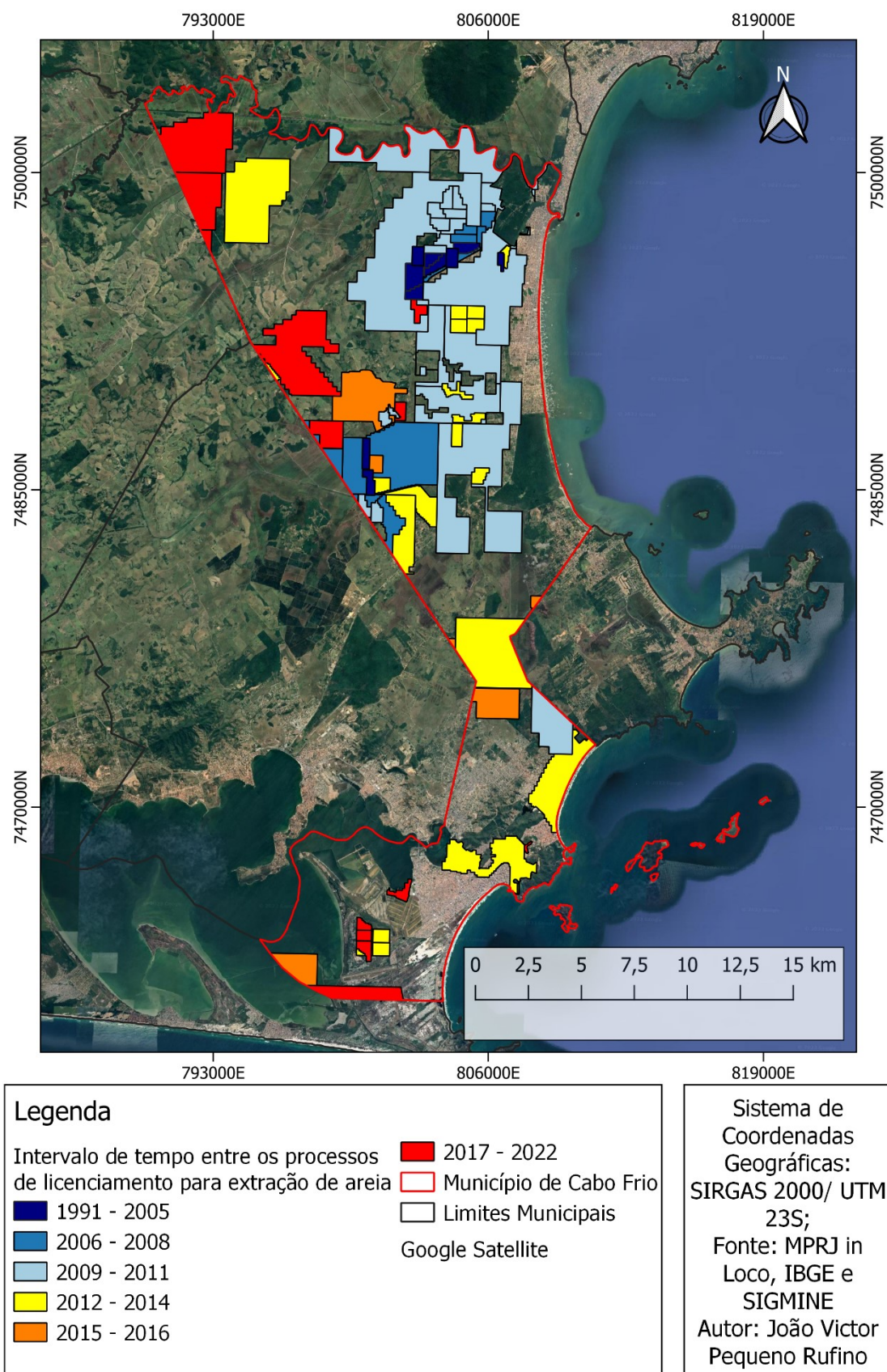
Figura 35: Processos de extração de areia entre 1991 e 2022.



Fonte: SIGMINE, 2022. Adaptado pelo autor, 2024.

O mapa da Figura 36, é um mapa onde as cores azuis mais escuras correspondem as cavas de extração, em atividade atualmente, que são resultado do período de exploração desde 1991 a 2005, com alguns poucos setores de 2006 a 2008. Entretanto, nota-se uma descentralização onde a partir de 2009 buscou-se novas áreas para se expandir essa atividade, até mesmo nas antigas cavas abandonadas. As cores amarelo, laranja e vermelho, aparecem em lotes um pouco mais distantes, inclusive sobre áreas de dunas, salinas e restingas.

Figura 36: Mapa ilustrando o ano de início de cada processo de Licenciamento de extração de areia em Cabo Frio.



Se comparados os mapas da Figuras 34 e 36, será possível perceber que a atividade de extração de areia ocorre atualmente em áreas que já foram concedidas desde 1991 e por isso pode-se pressupor que a maior parte da produção de areia no município de Cabo Frio é de origem regulamentada. Entretanto, mesmo com a atividade de extração de areia esteja obedecendo as regulamentações legais, a exploração mineral é uma atividade não sustentável, ou seja, o que foi extraído nunca mais será repostado. A degradação ambiental desse tipo de atividade está ligada à retirada da vegetação, escavações, movimentação de terra e modificação da paisagem local e quando a retirada de areia ocorre dentro dos rios, os danos causados são a turbidez da água, assoreamento e pode ocorrer até desvio de seu leito (RAMADON, 2018).

Porém, extração de areia é muito mais impactante e degradante quando ocorre de forma ilegal, pois não existe nenhum tipo de controle ou fiscalização, sendo esse um dos crimes mais comuns do Brasil. A ausência de controle faz com que esse tipo de atividade seja responsável pela degradação de praias, rios e lagoas, alterações dos cursos hídricos, aumento do assoreamento, descaracterização do relevo com erosão do solo, destruição de áreas de preservação permanente, da flora e da fauna (RAMADON, 2018).

Como já destacado anteriormente em várias partes da pesquisa, a atividade de extração de areia começou no município de Cabo Frio de forma ilegal, durante os anos de 1980 até meados de 1990, essa extração aconteceu em partes do território próximos ao litoral e sobre o aquífero de Tamoios. Durante os meses de verão, devido ao turismo, a população do distrito de Tamoios, pode aumentar em até cinco vezes. Ressalta-se que o distrito possui baixo índice de saneamento básico e abastecimento público de água deficitário, onde a água subterrânea passa a ser amplamente utilizada como alternativa de abastecimento (TUBBS *et al.*, 2012; LIMA *et al.*, 2011).

Sendo assim, ocorre a problemática do bombeamento excessivo de poços que gera o deslocamento da água do mar em direção ao aquífero, movimento conhecido como intrusão da cunha salina. Entretanto, outro agravante para essa intrusão foi justamente a exploração ilegal da areia sobre esse aquífero que levou ao afloramento de suas águas e a formação do relevo tecnogênico das cavas de extração de areia (LIMA *et al.*, 2011).

O estudo de Lima *et al.* (2011) comprovou esse processo ao analisar a hidroquímica da água presente em uma dessas cavas. Constatou-se o incremento de íon cloreto, o que demonstrou a evidência que houve mistura de águas continentais e marinhas, expondo assim que a água do mar adentra consideravelmente essas novas formas de relevo e altera a sua hidroquímica.

6.4 Como o mundo trata a questão da exploração de areia e alternativas para a recuperação de cavas

Atualmente, o Brasil se preocupa apenas em gerar dados sobre os minerais metálicos, considerados como os de maior valor agregado e deixa de lado as pesquisas sobre os agregados para construção civil, como a areia. Mesmo que essa substância seja, ao lado do ouro, as duas com o com maior número de processos de requerimento de pesquisa para instalação de lavras (ANM, 2020).

O mundo logo enfrentará uma crise global motivada pela falta de areia, pois esse mineral está sendo extraído mais rápido do que pode ser repostado pelos processos naturais. Sendo foco de discussão em países como China, Emirados Árabes e Índia, onde já se alerta sobre a disponibilidade desse recurso natural. De acordo com os autores, na década de 2000 a China consumiu mais concreto e areia do que os Estados Unidos no século 20 inteiro (BENDIXEN *et al.*, 2019).

Até meados do ano de 2050, a demanda por areia pode superar a sua oferta. O que reforça a importância da areia é ser um dos minerais mais extraídos, superando inclusive os combustíveis fósseis. O mundo não vive ou progride sem a mineração, entretanto a atividade de extração desses recursos é altamente impactante e não sustentável, pois trata-se de recursos naturais não renováveis e de lento processo de reposição (RAMANDON, 2018 e BENDIXEN *et al.*, 2019).

Uma das consequências do processo de extração de areia é justamente a criação de relevos tecnogênicos. Como observado durante a realização dessa pesquisa, o processo ocorreu de forma ilegal na parte mais próxima ao litoral e atualmente ocorre de forma legalizada em outras localidades do município de Cabo Frio. Entretanto, após a desativação de uma cava de extração de areia é dever do seu proprietário fazer o manejo de sua recuperação ambiental, como previsto no Artigo 225 da Constituição Federal de 1988.

Para isso existe o chamado Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD), um instrumento de planejamento para ações visando a recuperação ambiental de áreas degradadas ou alteradas, com a utilização de métodos e técnicas para implementação e monitoramentos dessas ações. Alguns dos métodos de recuperação são: regeneração natural de espécies nativas, onde é feito o controle periódico, químico ou mecânico, de plantas invasoras, o controle do mato na área e a eliminação de infestação de insetos que possam dificultar o crescimento natural da mata nativa; e o plantio de espécies nativas, onde planta-se mudas de

forma aleatória ou sistemática a fim de restaurar e recobrir o solo, podendo ser feito a combinação de espécies pioneiras e secundárias (IAT, 2023).

Um dos exemplos da aplicação desse método para recuperação da flora em área de extração de areia foi observado no trabalho de Reis *et al.* (2005) onde a área que ocorria a atividade de extração de areia passou por um processo de recuperação pelo plantio de algumas espécies arbóreas e, após decorridos cerca de dez anos do início do plantio, constatou-se o estabelecimento espontâneo de novas espécies. Chegando à conclusão de que a melhor técnica para recuperação de área degradada por esse tipo de atividade seria o sistema misto, onde a regeneração natural e a revegetação que privilegie a união dos fragmentos florestais, potencializam os resultados.

Outro exemplo, Pouey *et al.* (2005), fez estudo sobre a utilização de cavas de extração de areia para o cultivo intensivo de pesca em tanque-rede. Segundo os autores, as cavas originadas pela atividade de extração mineral, de maneira geral, acabam abandonadas e a sua utilização na produção de pescado em sistema de tanque-rede seria uma das formas de aproveitamento econômico e de reutilização dessas áreas. No estudo foi observado que as cavas não apresentam fatores ambientais limitantes para o desenvolvimento do cultivo, o oxigênio e a temperatura foram considerados adequadas. Entretanto a espécie escolhida, o jundiá, não apresentou crescimento satisfatório para a sua comercialização, porém isso se deve a aspectos nutricionais da espécie e os autores sugerem a avaliação de outras espécies de peixe.

O trabalho de Martins *et al.* (2016) também sugere a piscicultura em cavas de extração de areia, o que seria uma alternativa mais vantajosa para o ambiente comparado com viveiros de criação escavados. Entretanto, para os autores, essa não seria a única forma de reaproveitamento econômico dessas áreas e defende outros dois tipos de uso. O primeiro seria a utilização das cavas como aterro sanitário, desde que não tenha atingido o lençol freático e não estejam inundadas, o que não poderia ser feito no caso de Cabo Frio, e a segunda alternativa como sendo a criação de um parque de lazer e recreação para a população local, o que necessitaria de construção de infraestruturas e o tratamento das águas das cavas.

Foi pontuado por Dias (2022) que em Seropédica, município do Rio de Janeiro, alguns dos proprietários de cava de extração de areia enxergam o aterramento das cavas como sendo uma medida de compensação ambiental, no RIMA da construção do eixo rodoviário do Arco Metropolitano também é citado o despejo de excedentes das obras nas cavas, mediante a aprovação dos órgãos ambientais. Na Figura 37, é possível ver dois caminhões despejando sedimentos em uma das margens da cava, esse processo de preencher a cava novamente com

sedimentos acaba criando um outro relevo tecnogênico, pois o material que está sendo reposto não é igual ao original que foi extraído.

Figura 37: Foto ilustrativa do processo de preenchimento de cavas de extração de areia com sedimentos sem origem determinada.



Fonte: O autor, 2018.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O município de Cabo Frio foi amplamente modificado pela ação humana, principalmente pelas indústrias do turismo e extração de areia e, para compreender melhor essas transformações que ocorreram, foi necessário a utilização de técnicas de sensoriamento remoto a fim de se construir uma ampla análise temporal.

Umas das justificativas para a realização dessa pesquisa foram os poucos trabalhos geográficos voltados a discussão das alterações antrópicas e os consequentes relevos tecnogênicos do município. Embora Cabo Frio seja utilizado como amplo laboratório de estudos geográficos e da dinâmica costeira, os focos principais acabam sendo quase sempre as dunas e as praias, com a extração de areia sendo tratada apenas como uma atividade que ocasionou degradação ambiental na região e as cavas como uma consequência disso.

Através da construção de um arcabouço teórico-conceitual acerca da nova proposta de classificação do relevo brasileiro por CEN/SBRC (2022) foi possível se fazer a identificação e classificação dos relevos tecnogênicos, chegando-se à criação de três áreas principais onde se pode observar a criação de relevos frutos da intervenção da agência humana.

Foram identificados e classificados dois tipos de relevo tecnogênicos provenientes da atividade de extração de areia. As cavas foram classificadas como sendo Cicatrizes Tecnogênicas e como Tecnoformas de Escavação. Esse relevo se expressa no terreno como cicatrizes escavadas e são formadas pela retirada direta do material do terreno em função da ação humana. O outro tipo de relevo relacionado a extração de areia foram pilhas de acumulação de matéria tecnogênica, podendo ser temporárias ou não, sendo resultado da acumulação de areia que será vendida futuramente, ou então do solo e sedimentos sem valor comercial que são acumulados em pilhas e depositados em locais distantes das cavas. Sua classificação se deu como Elevações Tecnogênicas e como Tecnoformas de Acumulação, sendo formas associadas à construção das cicatrizes tecnogênicas e provenientes da atividade humana direta do acréscimo de material.

Mais uma forma de relevo identificada e classificada, foram as salinas que estão perdendo espaço para a urbanização. Essas formas representam Cicatrizes Tecnogênicas e Tecnoformas de Escavação, assim como as cavas. Porém para uma melhor classificação em trabalhos futuros pode ser que com trabalho de campo e análise da composição do solo, principalmente de salinas mais antigas, pode ocorrer de haver uma revisão sobre a classificação e essas feições serem classificadas de outra maneira.

Sobre os mapas de cobertura e uso da terra de Cabo Frio, eles foram de grande ajuda para entender a dinâmica do crescimento populacional do município e, aliado aos dados de consumo e produção de areia e cimento, revelaram que o maior momento de expansão das cavas ocorreu entre 1985 até 2005, em que também foi o período de maior crescimento populacional. Entretanto, o maior crescimento de produção de areia ocorreu no estado do Rio de Janeiro, entre os anos de 2007 até meados de 2014. O panorama atual se mostra incerto dado a crise da pandemia de Covid-19, onde não se sabe ao certo se a produção está apresentando sinais de queda ou de recuperação.

As áreas vegetadas do município apresentaram aumento, principalmente relacionado ao incentivo do poder público pela recuperação das áreas degradadas, o que levou a redução das áreas de campos e pastagens. Outra redução ocorreu também nas classes de sedimentos não consolidados, ligados principalmente ao aumento da extração de areia. Entretanto, em outros trabalhos, como o de Pereira e Pereira (2023), foi constatado a diminuição da megaforma da duna Dama Branca.

Constatou-se também que existe um processo de interesse de se expandir a extração de areia para áreas além das que se encontram atualmente, porém isso só poderá ser observado em trabalhos futuros. Com isso, se espera que a vigente pesquisa sirva de referência para futuros trabalhos tanto sobre a extração de areia, especialmente em Cabo Frio, e para os estudos de identificação e classificação das formas de relevo tecnogênicas.

Por fim, espera-se também que esse trabalho sirva como alerta para a dificuldade de se encontrar e produzir dados sobre a areia, tanto no Rio de Janeiro, como no Brasil, e que esse produto mineral tenha mais reconhecimento do seu valor para a sociedade.

REFERÊNCIAS

ABDI. **Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI. Agregados Minerais para Obras de Construção Civil e Infraestrutura nas Principais Regiões Metropolitanas do Brasil: Diagnóstico e Cenários da Cadeia Produtiva, com seus Desafios e Oportunidades.** Brasília: ABDI, 2012

ANA. **Agência Nacional de Águas. Cobrança pelo uso de recursos hídricos do setor de mineração de areia em leito da bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul.** Nota Técnica nº. 305/2004/SOC, 2004.

ANDERSON, J. R.; HARDY, E. E.; ROACH, J. T.; WITMER, R. E. **Sistema de classificação do uso da terra e do revestimento do solo para utilização com dados de sensores remotos.** Tradução de Harold Strang. Rio de Janeiro: IBGE, SUPREN (Série Paulo de Assis Ribeiro, n. 9), 1979.

ANM. Agência Nacional de Mineração. **Sumário Mineral.** Brasília: ANM/MME, 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/sumario-mineral-brasileiro-2016/view>. Acesso: 12 dez. 2023.

_____. Agência Nacional de Mineração. **Sumário Mineral.** Brasília: ANM/MME, 2017. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/sumariomineral_2017/view > Acesso: 18 ago. 2023.

_____. Agência Nacional de Mineração. **Anuário Mineral Brasileiro – Produção Beneficiada,** 2020. Disponível em <<https://dados.gov.br/dataset/anuario-mineral-brasileiro-amb/resource/3e993cb8-c74a-47ac-a804-bd31cf100b0f>> Acesso: 12 dez. 2023.

_____. **Anuário Mineral Brasileiro Interativo.** 2023. Disponível em: <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiZTRkNjI3MWEtMGI3My00ZTgzLWIyN2YtMzNjNDhjNTViM2Q2IiwidCI6ImEzMDgzZTIxLTc0OWItNDUzNC05YWZhLTU0Y2MzMTg4OTdiOCJ9&pageName=ReportSection99c5eac1c0e9e21725a>> Acesso em: 12 dez. 2023.

BATISTELLA, M.; MORAN, E, F. **Geoinformação e monitoramento ambiental na América Latina.** São Paulo: SENAC, 2008.

BENDIXEN, M.; BEST, J; HACKNEY, C; IVERSEN, L.L. Time is running out for sand. **Nature**, 2019. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/d41586-019-02042-4> Acesso em: 16 mar. 2023.

BIDEGAIN, P.; PEREIRA, L. F. M. **Plano das Bacias Hidrográficas da Região dos Lagos e do rio São João.** Rio de Janeiro: Consórcio Intermunicipal para Gestão das Bacias Hidrográficas da Região dos Lagos, Rio São João e Zona Costeira – CILSJ. 153p. 2005 Disponível em: < <https://www.cbhlagossaojoao.org.br/wp-content/uploads/2021/03/Plano-Bacia-LSJ.pdf> > Acesso em: 16 mar. 2023.

BOLFE, E. L. Geotecnologias aplicadas à gestão de recursos naturais. In: **SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO**, 3, 2006. Aracaju. Anais... Aracaju, 2006.

BRASIL (1967). **Decreto-lei 227, de 28 de fevereiro de 1967**. Código de Mineração. Brasília.

_____. (1981). **Lei nº 6.938, de 17 de janeiro de 1981**. Política Nacional do Meio Ambiente. Brasília. Regulamentada pelo Decreto nº 99.274, de 6.6.1990. Diário oficial da União Publicada, Brasília, DF de 2.9.81 - Efeitos a partir de 7 jun.1990.

_____. (1986). **Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986**. Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente. 4p. Brasília.

_____. (1990). **Resolução CONAMA nº 010, de 6 de dezembro de 1990**. Dispõe sobre normas específicas para o licenciamento ambiental de extração mineral, classe II. Brasília.

_____. (1996). **Lei nº 9314, de 14 de novembro de 1996**. Altera dispositivos do Decreto-lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967, e dá outras providências.

_____. **DECRETO s/nº de 27 de junho de 2002**. Cria a Área de Proteção Ambiental-APA da Bacia do Rio São João/Mico-Leão-Dourado, no Estado do Rio de Janeiro, e dá outras providências. 28 jun. 2002. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/dnn/2002/Dnn9585.htm#:~:text=DECRETO DE 27 DE JUNHO, que dispõe o art. Acesso em: 1 set. 2023.

CABO FRIO. **Prefeitura de Cabo Frio**, - Lugar de todos nós, 2023. Disponível em: <<https://cabofrio.rj.gov.br/dados-gerais/> > Acesso em: 23 mar. 2023

CARVALHO, A. F. **Os Solos do Estado do Rio de Janeiro**. Brasília: CPRM. 2000. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/17229/9/rel_proj_rj_solos.pdf>. Acesso em: 21 dez. 2022.

CASTILHO R. A imagem de satélite: do técnico ao político na construção do conhecimento geográfico. **ProPosições**, Campinas, v. 20, n. 3 (60), p. 61-70, 2009.

CEN/SBCR. Breve estado da arte do Sistema Brasileiro de Classificação do Relevo (SBCR): contribuições de e para a sociedade científica geomorfológica. Nota Técnica. **Revista Brasileira de Geografia**, v.67, n.2, p.212-227, 2022.

COE, H.H.G.; CARVALHO, C.N.; SOUZA, L.O.F.; SOARES, A. Peculiaridades Ecológicas da Região de Cabo Frio, RJ. **Revista de Tamoios**, julho/dezembro, ano IV, nº 2. 2007.

CONGEDO, L. **Semi-Automatic Classification Plugin Documentation**, 2017. Disponível em: <https://semiautomaticclassificationmanual-v5.readthedocs.io/en/latest/> Acesso: 24 jan. 2020.

_____. **Tutorial: Land Cover Classification Using the Semi-automatic Classification Plugin v. 3.0 “Rome” for QGIS**, 2014. Disponível em <http://fromgistors.blogspot.com/>. Acesso: 24 out. 2020.

CORRÊA, W. B. **Metodologia de Diagnóstico Paisagístico de Orla Marítima: contribuição ao gerenciamento costeiro do município de Cabo Frio**, RJ. 2013. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal Fluminense. Niterói, 2013. 218p.

CPRM. **Serviço Geológico do Brasil. Diagnostico geoambiental do estado do Rio de Janeiro. Ministério de Minas e Energias**. Brasília, 2000a. Disponível em: https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/17229/14/rel_proj_rj_geoambiental.pdf Acesso em: 12 abr. 2023.

_____. **Serviço Geológico do Brasil. Geomorfologia do Estado do Rio de Janeiro. Ministério de Minas e Energias**. Brasília, 2000b. Disponível em: < https://rigeo.cprm.gov.br/bitstream/doc/17229/5/rel_proj_rj_geomorfologia.pdf > Acesso em: 12 abr. 2023.

_____. **Serviço Geológico do Brasil. Geologia do Estado do Rio de Janeiro: texto explicativo do mapa geológico do Estado do Rio de Janeiro**. Ministério de Minas e Energias. Brasília, 2001. Disponível em: < https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/17229/4/rel_proj_rj_geologia.pdf > Acesso em: 12 abr. 2023.

_____. **Serviço Geológico do Brasil. Geologia e Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro**. Brasília. 2016. Disponível em: < https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/17229/4/rel_proj_rj_geologia.pdf > Acesso em: 12 abr. 2023.

CRUTZEN, J. P; STOEMER, F. E. The ‘Anthropocene’. **Global Change Newsletter**, 41, 2000, p. 17-18

CRUTZEN, J.P. Geology of mankind. **Nature**, 415, 2002, p. 23-55

CUNHA, S.B. Gestão de bacia hidrográfica: uma necessidade urgente para o rio São João – RJ. In: **ENCONTRO DE GEOMORFOLOGIA DO SUDESTE: HOMENAGEM À PROF. MARIA REGINA MOUSINHO DE MEIS**, 1, Anais, Rio de Janeiro/RJ, p. 136-141. 1995

DIAS, B. P. **Identificação e caracterização de terrenos e processos Tecnogênicos na Bacia Hidrográfica do Rio da Guarda, na Baixada de Sepetiba (RJ)**. 2022. 123 p. Monografia (Licenciatura Plena em Geografia). Departamento de Geografia/Instituto Multidisciplinar, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Nova Iguaçu, RJ, 2022.

DNPM. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Sumário Mineral**. Brasília: DNPM/DIPLAM, 1997. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/sumario-mineral-brasileiro-1997-parte-i/view> Acesso: 18 ago.2020.

_____. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Sumário Mineral**. Brasília: DNPM/DIPLAM, 1998. Disponível em: <<https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/sumario-mineral-brasileiro-1998-parte-i/view> > Acesso: 18 ago. 2020.

_____. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Sumário Mineral**. Brasília: DNPM/DIPLAM, 1999. Disponível em: <<https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/sumario-mineral-brasileiro-1999-parte-i/view> > Acesso: 18 ago. 2020.

_____. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Sumário Mineral**. Brasília: DNPM/DIPLAM, 2003. Disponível em: <<https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/sumario-mineral-brasileiro-2003/view> > Acesso: 18 ago.2020.

_____. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Sumário Mineral**. Brasília: DNPM/DIPLAM, 2006. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/sumario-mineral-brasileiro-2006/view>. Acesso: 18 ago. 2020.

_____. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Sumário Mineral**. Brasília: DNPM/DIPLAM, 2009. Disponível em: <<https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/sumario-mineral-brasileiro-2009/view> >Acesso: 18 ago. 2020.

_____. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Sumário Mineral**. Brasília: DNPM/DIPLAM, 2010. Disponível em: <<https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/sumario-mineral-brasileiro-2010/view> >Acesso: 18 ago. 2020.

_____. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Sumário Mineral**. Brasília: DNPM/DIPLAM, 2011. Disponível em: <<https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/sumario-mineral-brasileiro-2011/view> >Acesso: 18 ago. 2020.

_____. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Sumário Mineral**. Brasília: DNPM/DIPLAM, 2012. Disponível em: < <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/sumario-mineral-brasileiro-2012/view>>Acesso: 18 ago. 2020.

_____. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Sumário Mineral**. Brasília: DNPM/DIPLAM, 2013. Disponível em: < <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/sumario-mineral-brasileiro-2013/view>>Acesso: 18 ago. 2020.

_____. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Sumário Mineral**. Brasília: DNPM/DIPLAM, 2014. Disponível em: < <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/sumario-mineral-brasileiro-2014/view>>Acesso: 18 ago. 2020.

_____. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Sumário Mineral**. Brasília: DNPM/DIPLAM, 2015. Disponível em: <<https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/sumario-mineral-brasileiro-2015/view>> Acesso: 18 ago. 2020.

ELLIS, E. C.; KAPLAN, J. O.; FULLER, D. Q.; VAVRUS, S.; GOLDEWIJK, K. K.; VERBURG, P. H. Used planet: a global history. **Proc. Natl Acad. Sci. USA** 110, 7978–7985 2013

FAO. **Food and Agriculture Organization. A framework for Land evaluation**. Roma: FAO, Wageningen: ILRL (Soil Bulletin, nº 29), 1976.

FERRARI, A.L. et al. 1981. **Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro. Folhas Baía de Guanabara, Itaboraí, Maricá e Saquarema. Escala 1:50.000**. Niterói, DRM-RJ/GEOMITEC.

FIGUEIREDO, A.O.; ALVARENGA, F.M.; AQUINO-SILVA, M.R. Degradação ambiental vs educação ambiental cavas de areia como objeto de estudo. In: **XII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica**, 2008, São José dos Campos. ANAIS[...]. São José dos Campos: UNIVAP, 2008.

FONSECA, A.C.; KAWASHITA, K.; BIGAZZI, G. Geocronologia da região de Cabo Frio, Rio de Janeiro. In: **SBG, CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA**, 38., 1984, Balneário de Camboriú. Boletim de Resumos Expandidos... Camboriú, p. 386-387.

GERASIMOV, I.P.; MESCERJAKOV, J.A. Morphostructure. In FAIRBRIDGE, R.W. (ed). **The Encyclopedia of Geomorphology**. Reinhold Book, NY, 1968.

GOMES, B.S.; MOREIRA, C. R. D.; MARCHETTO, C. M. L.; BATISTA, J. J.; PINTO, L. M.; SILVA, W. G. da; SILVA, W. C da. **Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro. Escala 1:50.000. Folhas Renascença, Conceição de Macabu, Macaé, Dores de Macabu, Carapebus, Cabiunas**. Niterói, DRM-RJ/TRISERVICE, 217 p. 1981

GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. SEA. INEA. COPPETEC. **Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro - PERHI-RJ**. Relatório Síntese. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <<http://www.agevap.org.br/downloads/Relatorio-Sintese.pdf>>. Acesso em: 24 out 2023.

GUERRA, A.J.T.; MARÇAL, M. dos S. **Geomorfologia Ambiental**, Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006. 192p.

HAMILTON, C. Getting the Anthropocene so wrong. **The Anthropocene Review** 2: 102–107. 2015

_____. The Anthropocene as rupture. **The Anthropocene Review** 3: 93–106. 2016

HEILBRON, M., EIRADO, L.G.; ALMEIDA, J. **Mapa Geológico e de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro. Escala 1:400.000 Programa Geologia do Brasil (PGB), Mapas Geológicos Estaduais**. CPRM-Serviço Geológico do Brasil, Superintendência Regional de Belo Horizonte. 2016

HEILBRON, M.; SIMÕES, L.S.A; ALVES, R.P.; CHRISPIM, S.J. Geologia do Cabo dos Búzios. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 54, n.3, p. 553-562. 1982

IAT. Instituto Água e Terra. **Projeto de Recuperação de Áreas Degradadas ou Alteradas – PRAD**. 2023. Disponível em: < <https://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Projeto-de-Recuperacao-de-Areas-Degradadas-ou-Alteradas-PRAD>> Acesso em: 12 dez. 2023.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual Técnico de Uso da Terra. **Manuais Técnicos em Geociências**. 2ª ed., n. 7. Rio de Janeiro: IBGE, 2006.

_____. **Relatório Técnico 1º Workshop sobre o Sistema Brasileiro de Classificação de Relevo**. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. 77p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101731.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2023.

_____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE Cidades**, 2023. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br> Acesso em: 18 mar. 2023

JENSEN, J. R. Remote sensing of the environment: an Earth resource perspective. New Jersey: **Prentice Hall**, 2000. 592 p.

LELLES, L. C. **Avaliação qualitativa de impactos ambientais oriundos da extração de areia em cursos d'água**. 2004. 91 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de PósGraduação em Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 2004.

LEWIS, S., MASLIN, M. Defining the Anthropocene. **Nature** 519, 171–180, 2015. <https://doi.org/10.1038/nature14258>

LIMA, L.A.; MACHADO, D.V.; SABINO, H. e MENEZES, J. Caracterização hidrogeoquímica e isotópica do aquífero costeiro do Distrito de Tamoios, Cabo Frio, RJ. **Anuário do Instituto de Geociências, UFRJ**, v. 43, n. 4, p. 218-228. 2020

LIMA, L; CALONIO. L. W; MENEZES. J. Mapeamento do uso e cobertura do solo e suas implicações na qualidade da água subterrânea. Estudo de caso: Distrito de Tamoios, CaboFrio/RJ, **Caderno de Estudos Geoambientais – CADEGEO**, Rio de Janeiro, vol. 02, n.01, p. 05-13, 2011. Disponível em: < <http://www.cadego.uff.br/index.php/cadego/article/view/4>> Acesso em: 17 jun. 2022

LOBATO, R; MENEZES, J; LIMA, L. A; SAPIENZA, J. A. Índice de vegetação por diferença normalizada para análise de redução da Mata Atlântica na região costeira do Distrito de Tamoios – Cabo Frio/RJ, **Caderno de Estudos Geoambientais – CADEGEO**, Rio de Janeiro, v. 01, n.01, p. 14-22, 2010. Disponível em: <http://www.cadego.uff.br/index.php/cadego/article/view/2> Acesso em: 17 jun. 2022

MACEDO, K. M. R. Projeto de desenvolvimento turístico de Perynas em Cabo Frio/RJ. **Anais do 3º Encontro Internacional História & Parcerias**. 2021. Disponível em: < https://www.historiaeparcerias.rj.anpuh.org/resources/anais/19/hep2021/1627914822_ARQUIVO_8ad332d5c65748b01d29ef749c5202a1.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2023.

MARTINEZ, E. Z. **Coeficiente kappa (vídeo aula)**. 2015. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=OGKFTh0EPoc>. Acesso: 13 dez.2022.

MARTINS, G.; KRAUSE, I.; SOARES, S. **Piscicultura em Cavas: Licenças ambientais para implementação**. Manual de Piscicultura, Universidade Federal do Paraná, 2016. Disponível em: < <https://gia.org.br/portal/wp-content/uploads/2016/11/Manual-Piscicultura.pdf>>. Acesso em: 26 dez. 2023.

MELO, E. S. O. Gênese da Urbanização Turística em Cabo Frio (1950-1978). In: XIV Encontro Nacional da ANPUR, Rio de Janeiro, v. 14 n.1, 2011. Disponível em:<<https://anais.anpur.org.br/index.php/anaisenanpur/article/view/799>> Acesso em 30 mar. 2023.

MENDES, G. G. O Impeachment de Dilma Rousseff e a Instabilidade Política na América Latina. **Revista de Ciências Sociais**. V. 49, n. 1, p. 253-278, 2018. Disponível em: < <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6408194>>. Acesso em: 26 dez. 2023.

MENEZES, L.M.P.; FERNANDES, M. C. **Roteiro de Cartografia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. 288 p.

MENEZES, W. A. **A heterogeneidade e as mudanças na paisagem da bacia hidrográfica dos rios Iguaçu-Sarapuí (RJ) e seus efeitos nas inundações urbanas**. 2018. 99 p. Dissertação (Mestrado em Geografia). Instituto de Agronomia/Instituto Multidisciplinar, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Nova Iguaçu, RJ, 2018.

MESCERJAKOV, J.P. Les Concepts de Morphostruture et de Morphosculture: un nouvel instrument de l'analyse geomorphologique. **Annales de Geographie** n°423 77 Année - Paris, p 539-552, 1968.

MIYAZAKI, L. C. P. Depósitos tecnogênicos: Uma nova perspectiva de leitura geográfica. **Quaternary and Environmental Geosciences**, v. 5, n.2, p. 53-66, 2014. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/abequa/article/view/33964> Acesso em: 13 ago. 2022

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Diretrizes Ambientais para o Setor Mineral**. Brasília, 1997.

MME. Ministério de Minas e Energia. **Boletim Mineral. Brasília**: MME, 2019. Disponível em: <http://antigo.mme.gov.br/web/guest/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/publicacoes/boletim-do-setor-mineral> Acesso: 18 ago.2020.

MONTEIRO, C. A. de F. **Geografia Sempre: O Homem e seus Mundos**. Campinas: Edições Territorial, 2008. 256 p.

MOURA, N. S. V.; SILVA, T. M.; GOUVEIA, I. C. M; PEIXOTO, M. N. O.; FELIPPE, M. F.; OLIVEIRA, A. M. S.; PELOGGIA, A. U. G; NOLASCO, M. C. Diretrizes para mapeamento de formas de relevo tecnogênicas no Sistema Brasileiro de Classificação do Relevo (SBCR). **Revista Brasileira de Geomorfologia**. 2023, v.24 n.4; e2466; DOI: <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v24i4.2466>

MOURA, N.S.V.; MORAN, E.F. Problemas ambientais urbanos: questões metodológicas nos estudos geomorfológicos com ênfase na análise geomorfológica e nas mudanças do uso da Terra. In: BASSO, L.A.; MOURA, N.S.V.; STROHAECKER, T.M. **Geografia: dinâmica, conflitos e proposições**. Porto Alegre: wwlivros, 2017, p.12-30. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/170783/001054785.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acessado em: 10 ago.2023.

NAPOLEÃO, P.; BASTOS, J. **O estado do ambiente: indicadores ambientais do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro - Secretaria Estadual do Ambiente (SEA); INEA**, 160 p., 2011.

NOGUEIRA, G. R. F. **A extração de areia em cursos d'água e seus impactos: Proposição de uma matriz de interação**. 2016. 66 f. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG, 2016.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto princípios e aplicações** 4ª ed. São Paulo: Blucher, 2010. 387 p.

NUNES, R. T. S; FREITAS, M. A. V; ROSA, L. P. Vulnerabilidade dos recursos hídricos no âmbito regional e urbano. Rio de Janeiro, **Interciência**, 212p., 2011.

OBATA, R. O.; SINTONI, A. O Papel dos Agentes Públicos e Legislação. In: **Mineração & Município: bases para planejamento e gestão dos recursos minerais** / Coord.: TANNO, L. C.; SINTONI A. – São Paulo: IPT, 2003. p.21-36.

OLIVEIRA, A.M.S.; BRANNSTROM, C.; NOLASCO, M.C.; PELOGGIA, A.U.G.; PEIXOTO, M.N.O.; COLTRINARI, L. Tecnógeno: Registros da Ação Geológica do Homem. In: SOUZA, C.R.G.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A.M.S.; OLIVEIRA, P.E. (Eds.) **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto: Holos. 2005, p. 363-378. Disponível em: <https://www.abequa.org.br/livro.php>. Acesso em: 15 mar. 2023.

OLIVEIRA, A.M.S.; PELOGGIA, A.U.G. The Anthropocene and the Technogene: stratigraphic temporal implications of the geological action of humankind. **Quaternary and Environmental Geosciences** v.5, n.2, p. 103-111, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/abequa.v5i2.34828>

PELOGGIA, A.U.G. **Delineação e aprofundamento temático da geologia do tecnógeno do município de São Paulo: as conseqüências geológicas da ação do homem sobre a natureza e as determinações geológicas da ação humana em suas particularidades referentes à precária ocupação urbana**. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 1996, 162p.

PELOGGIA, A. U. G. A ação do homem enquanto ponto fundamental da geologia do tecnógeno: Proposição teórica básica e discussão acerca do caso do município de São Paulo. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 27, n.3, p. 257-258, São Paulo, 1997. Disponível em: [https://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/11290#:~:text=O cerne da Geologia do,efetiva do%20homem%20como%20agente](https://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/11290#:~:text=O%20cerne%20da%20Geologia%20do,efetiva%20do%20homem%20como%20agente) Acesso em: 15 mar. 2022.

PELOGGIA, A. U. G.; OLIVEIRA, A. M. S. Tecnógeno: um novo campo de estudos das geociências. In: X Congresso da Associação Brasileira de Estudo do Quaternário, 10.,

Guarapari, 2005. **Anais...** Guarapari, 2005. Disponível em: http://www.abequa.org.br/trabalhos/0268_tecnogeno.pdf. Acesso: 05 mai. 2018.

PEREIRA, M; PEREIRA, T. Mapeamento Espaço-Temporal da duna parabólica Megaforma na planície costeira de Cabo Frio (RJ) de 2005-2020. **GEO UERJ**, Rio de Janeiro, n. 42, p. 1-15. 2023. DOI: 10.12957/geouerj.2023.75073

POUEY, L. O. F. J; PIEDRAS, S. R. N.; MORAES, P. R. R. Uso de áreas degradadas pela extração de areia no cultivo intensivo de pescado em Tanque-Rede. **Revista brasileira Agrociência**, Pelotas, v. 11, n. 4, p. 467-470, 2005. Disponível em: <https://periodicos.ufpel.edu.br/index.php/CAST/article/view/1287/1074>. Acesso em: 26 dez. 2023.

QGIS. **QGIS – Um sistema de Informação Geográfica Livre e aberto**, 2023. Disponível em: < https://qgis.org/pt_BR/site/> Acesso em: 10 mar. 2023

QUARESMA, L. F. **Perfil da Areia para Construção Civil. Belo Horizonte: J. Mendo Consultoria**, 2009. 33 p. (Produto 22. Agregados para Construção Civil. Relatório Técnico 31). Disponível em: http://www.jmendo.com.br/wpcontent/uploads/2011/08/P22_RT31_Perfil_de_areia_para_construcao_civil.pdf. Acesso em: 24 mai. de 2023.

RAMADON, L. F. A Contabilidade da Extração Ilegal de Areia no Rio de Janeiro. **Accamtas.com.br**. Rio de Janeiro. 2016. Disponível em < <http://www.accamtas.com.br/2016/03/a-contabilidade-da-extracao-de-areiano.html>> Acesso: 10 nov.2019.

_____. A Extração ilegal de areia no Brasil e no mundo. **Accamtas.com.br**. Rio de Janeiro. 2018. Disponível em: <http://www.accamtas.com.br/p/acesse-aqui-o-estudo-completo-extracao.html> Acesso: 10 nov.2019.

REIS A.P., NUNES H.H.R., CHIAVEGATTO J.R.S., LIMA P.R.A., ROCHA R.L.S 1980. **Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro. Geologia das Folhas de Cabo Frio e Farol do Cabo**. Niterói, DRM-RJ, texto e mapas geológicos, escala 1:50.000. 146 p

REIS, B. J.; BATISTA, G.B.; DIAS, A. J. **Recuperação de área degradada pela extração de areia no vale do Paraíba paulista**. Taubaté: Programa de Pós-Graduação da Universidade de Taubaté, 2005.

RIO DE JANEIRO (Estado). Secretaria de Estado do Ambiente. **Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica de Cabo Frio** / Secretaria de Estado do Ambiente; organizadores: Renata de Souza Lopes, Janete Abrahão. – Rio de Janeiro, 2017.

_____. **DECRETO nº 31.346 de 06 de junho de 2002**. Cria a área de proteção ambiental - APA do Pau Brasil, no estado do Rio de Janeiro, e dá outras providências. 07 jun. 2002. Disponível em:< <http://www.pesquisaatosdoexecutivo.rj.gov.br/Home/Detalhe/28083>>. Acesso em: 1 set. 2023.

_____. **DECRETO nº 42.929 de 18 de abril de 2011**. Cria o Parque Estadual Da Costa Do Sol e dá outras providências. 19 abr. 2011. Disponível

em:<http://www.pesquisaatosdoexecutivo.rj.gov.br/Home/Detalhe/84905>Acesso em: 1 set. 2023.

ROSIER, G.F. **A geologia da Serra do Mar, entre os picos de Maria Comprida e do Desengano (Estado do Rio de Janeiro)**. DGM – DNPM/MME, Boletim, 166, 58p. 1957.

ROSS, J. L. S. O Registro Cartográfico dos fatos Geomórficos e a Questão da Taxonomia do Relevô. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 6. São Paulo, p. 17-30, 1992.

ROSS, J. L.S.; MOROZ, I.C. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo – escala 1:500.000**, FFLCH-USP-IPT-FAPESP, São Paulo, vol. 1 e 2, 1996.

RUDDIMAN, W. The anthropogenic greenhouse era began thousands of years ago. **Climatic Change** 61: 261–293. 2003.

RUFINO, J. V. P. **Monitoramento de Áreas de Extração de Areia Na Região Hidrográfica Guandu (RJ) com o uso de Geotecnologias**. 2021, 118 p. Monografia (Graduação em Geografia) - Universidade Federal Rural do Estado do Rio de Janeiro,

SAUSEN, T.M. **Sensoriamento remoto e suas aplicações para recursos naturais**. Disponível em:< https://educacaoespacial.files.wordpress.com/2010/10/ijespacial_14_sensoriament>. Acesso:22 abr. 2023.

SCHMITT, R.S.; TROUW, R.A.J.; VAN SCHMUS, W. R. The characterization of a Cambrian (~520 Ma) tectonometamorphic event in the coastal domain of the Ribeira Belt (SE Brazil), using U/Pb in syntectonic veins. In: SEGEMAR, **SIMPÓSIO SUDAMERICANO DE GEOLOGIA ISOTOPICA**, 2, Cordoba. Actas, 363-366. 1999.

SILVA, E.C.N.; DIAS, M.B.G.; MATHIAS, D.T. A abordagem tecnogênica: reflexões teóricas e estudos de caso. **Quat. Environm. Geosc.**, v. 5, n. 1, p.1-11, 2014.

SILVA, M. J. dos S. O.; SILVA FILHO, J. A.; SILVA, A. J. L. Principais impactos e mudanças na paisagem decorrentes da ocupação desordenada no município de Encanto – RN: exemplo do bairro Alto da Boa Vista. **Revista do CERES**, v.1, n.2, p.115-1221, 2015.

SILVA, S. L. **Extração de areia na região metropolitana do Rio de Janeiro - distribuição espacial e parâmetros de análise na indicação de áreas produtoras**. 2010. 119f. Rio de Janeiro. Dissertação (Mestrado em Geografia), Programa de Pós Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

SINDICATO NACIONAL DAS INDÚSTRIAS DE CIMENTO (SNIC). **Resultados Preliminares**, 2022. Disponível em:< <https://snic.org.br/numeros-relatorio-anual.php>> Acesso: 24 jun. 2023.

SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS DA MINERAÇÃO (SIGMINE). **Portal Brasileiro de dados abertos**, 2020. Disponível em: <<https://dados.gov.br/dataset/sistema-de-informacoes-geograficas-da-mineracao-sigmine>> Acesso: 24 out.2020.

SOUZA, R.A.; GODOY, A.C.F.; PELECH, S.A.; BOTELHO, R.G.M. Uma Visão do Mapeamento Geomorfológico no Brasil a partir da Revista Brasileira de Geomorfologia. **XIII Sinageo: Geomorfologia: complexidade e interescalearidade da paisagem**. São José dos Campos, SP: Comum Design, p. 2.595-2.604. 2022. Disponível em: <https://sinageo.org.br/2020/wpcontent/uploads/2022/07/Geoprocessamento-e-mapeamento-geomorfologico.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2023.

STEFFEN, W.; CRUTZEN, P. J.; MCNEILL, J. R. "2. The Anthropocene: Are Humans Now Overwhelming the Great Forces of Nature?". **Environment and Society: A Reader**, edited by Christopher Schlottmann, Dale Jamieson, Colin Jerolmack and Anne Rademacher, New York, USA: New York University Press, p. 12-31. 2007. <https://doi.org/10.18574/nyu/9781479844746.003.0006>

SUERTEGARAY D. M. A., NUNES J. O. R. 2001. A natureza da Geografia Física na Geografia. **Revista Terra Livre**, n. 17, 2º semestre, São Paulo, p. 11-24 Disponível em: < [https://web.ua.es/va/giecryal/documentos/documentos839/doc s/a-natureza-da-g-f-na-geografia.pdf](https://web.ua.es/va/giecryal/documentos/documentos839/documentos839/doc s/a-natureza-da-g-f-na-geografia.pdf) > Acesso em: 30 ago. 2022.

THOMAS, P; GOMES, P.M. **Mecanismos de Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos para o Setor de Extração de Areia da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul**, Brasília, nov, 2005. Disponível em <https://arquivos.ana.gov.br/institucional/sag/CobrancaUso/BaciaPBS/Textos/Cobr.> Acesso: 24 ago. 2023.

TUBBS, D. F.; MENEZES, R. R. A.; ALVES, F. R. Hidrogeoquímica das águas subterrâneas do “aquífero Tamoios”, município de Cabo Frio, estado do Rio de Janeiro. **Águas Subterrâneas**, [S. l.], 2012. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/27732>. Acesso em: 4 dez. 2023.

USGS. **United States Geological Survey Earth Explorer**, 2016. Disponível em: <https://www.usgs.gov> Acesso: 24 jan. 2022.

VIEIRA, R. Manejo da Flora e Ordenamento do uso público em área costeira de preservação permanente no Distrito de Tamoios, Cabo Frio/RJ. **Anais do Uso Público em Unidades de Conservação**. v.9, n. 14, p. 100-125, Niterói, RJ, 2021. Disponível em: https://periodicos.uff.br/uso_publico/article/view/51204. Acesso em: 29 ago. 2023

WOLFF, W. E. Ice sheets and the Anthropocene. C.N. Waters, J. Zalasiewicz, M. Williams, M.A. Ellis, A. Snelling (Eds.), A Stratigraphical Basis for the Anthropocene, **Geological Society of London**, Special Publications 395, p. 255-263. 2014.

ZALASIEWICZ, J.; WATERS, C. N.; WILLIAMS, M.; BARNOSKY, A. D.; CEARRETA, A.; CRUTZEN, P.; ELLIS, E.; ELLIS, M. A.; FAIRCHILD, I. J.; GRINEVALD, J.; HAFF, P. K.; HAJDAS, I.; LEINFELDER, R.; MCNEILL, J.; ODADA, E. O.; POIRER, C.; RICHTER, D.; STEFFEN, W.; SUMMERHAYES, C.; SYVITSKI, J. P. W.; VIDAS, D.; WAGERICH, M.; WING, S. L.; WOLFE, A. P.; ZHISHENG, A.; ORESKES N. When did the Anthropocene begin? A mid-twentieth century boundary level is stratigraphically optimal. **Quaternary International** 2015, 10.1016/j.quaint.2014.11.0450

ZALASIEWICZ, J.; WILLIAMS, M.; STEFFEN, M.; CRUTZEN, P. **Environmental Science & Technology** p.2228-2231, 2010. DOI: 10.1021/es903118j