



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

MAPEAMENTO DA GEODIVERSIDADE DO MUNICÍPIO DE CABO FRIO - RJ

GIOVANNA NOVELLO PETRUNGARO

Rio de Janeiro, RJ

2024

GIOVANNA NOVELLO PETRUNGARO

MAPEAMENTO DA GEODIVERSIDADE DO MUNICÍPIO DE CABO FRIO - RJ

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Departamento de Geologia do
Instituto de Geociências, Centro de Ciências
Matemáticas e da Natureza, da Universidade
Federal do Rio de Janeiro, como parte dos
requisitos necessários à obtenção do grau de
Geóloga.

Orientadores: Prof. DSc. Kátia Leite Mansur
(UFRJ)

Prof. DSc. Daniel Souza dos Santos
(USP)

Rio de Janeiro, RJ

2024

MAPEAMENTO DA GEODIVERSIDADE DO MUNICÍPIO DE CABO FRIO - RJ

Giovanna Novello Petrunaro

Orientadores: Prof. DSc. Kátia Leite Mansur (UFRJ)

Prof. DSc. Daniel Souza dos Santos (USP)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Geologia do Instituto de Geociências, Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Geóloga.

Aprovada por:

Presidente: Prof. DSc. Kátia Leite Mansur
(Orientadora)

Prof. DSc. José Carlos Sicoli Seoane
(Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ)

MsC. Jéssica Conceição da Silva
(Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ)

Rio de Janeiro, RJ

2024

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha orientadora Kátia Leite Mansur não somente pela confiança e orientação incansável durante a elaboração deste trabalho, mas também por todo o ensinamento proporcionado desde a disciplina de Geologia Geral.

Ao meu orientador Daniel Souza dos Santos por toda a ajuda, ideias e sugestões para a realização deste trabalho, e por toda a paciência e horas dedicadas no esclarecimento de diversas questões referentes ao trabalho.

À Jéssica Gonçalves por todo o apoio na elaboração dos mapas.

À Prefeitura de Cabo Frio por toda a disposição em ajudar.

A todos os professores do Departamento de Geologia pela transmissão de conhecimento sendo essenciais à minha formação como profissional.

A toda equipe da secretaria da Geologia por todo o apoio ao longo curso.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho, primeiramente, aos meus pais Cristina Irena Novello Petrunaro e José Silvio Petrunaro que não mediram esforços em me proporcionar uma educação de qualidade, me apoiando e incentivando sempre. À minha irmã Ana Carolina Novello Petrunaro por toda ajuda e contribuição na elaboração deste trabalho.

Aos meus avós Attilio Novello, Delfina Santoro Novello, Silvestro Petrunaro e Ersilia Amendola Petrunaro que mesmo sem o acesso aos estudos me ensinaram o verdadeiro significado de educação.

Às minhas amigas de escola e companheiras de vida, Ana Beatriz Coelho, Amanda Ribeiro, Izabel de Rohan e Mariana Maia, pela compreensão e apoio de sempre.

Às minhas amigas de faculdade, Camille Jaqueira, Bruna Pires e Juliana Arraes, por estarem presentes em todos os momentos e perrengues que a geologia nos proporcionou, acompanhando de perto meu crescimento pessoal e profissional.

Por fim, agradeço a todos os demais amigos conquistados durante a Graduação, que estiveram comigo nessa jornada e que contribuíram de alguma forma para o sucesso dessa trajetória.

RESUMO

PETRUNGARO, Giovanna Novello. **Mapeamento da Geodiversidade do Município de Cabo Frio - RJ**. Rio de Janeiro, 2024. Trabalho de Conclusão de Curso – Departamento de Geologia - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2024.

A crescente intervenção do ser humano no meio ambiente ao longo dos anos proporcionou riscos ao meio ambiente. Neste sentido, tem-se um interesse cada vez maior por uma sociedade com consumo e atividades mais sustentáveis. Isso fez com que os estudos sobre a Biodiversidade ganhassem destaque nas últimas décadas do Século 20. Apesar de haver intrínseca relação entre eles, o termo Biodiversidade já encontra-se consolidado, ao contrário do conceito de Geodiversidade, que ainda encontra-se em processo de desenvolvimento teórico e metodológico, com sua aplicação mais voltada para a conservação da natureza e gestão territorial. Com o objetivo de contribuir com a divulgação do conceito e suas discussões metodológicas, este trabalho consistiu na abordagem conceitual e metodológica da Geodiversidade, utilizando como área de estudo o município de Cabo Frio, estado do Rio de Janeiro, Brasil. Para isso, duas abordagens distintas porém complementares de mapeamento da Geodiversidade foram realizadas: mapeamento quantitativo, com a elaboração de mapas de Subíndice (Geológico; Geomorfológico; Pedológico; e Hidrográfico) e Índice de Geodiversidade através do método *multipart*; e mapeamento qualitativo, com a criação de um Mapa de Geodiversidade de Cabo Frio. O mapeamento quantitativo mostrou, de forma clara e objetiva, as áreas de maior e menor riqueza de Geodiversidade no município. Complementando estes resultados, o mapeamento qualitativo permitiu a definição de Unidades de Geodiversidade. Assim, a utilização das duas metodologias em conjunto, mostrou-se interessante pois os pontos identificados no método quantitativo foram também utilizados na caracterização e interpretação das unidades, mostrando a relação entre os dois métodos, uma vez que traz vantagens para o mapeamento da Geodiversidade.

Palavras-chave: Geodiversidade, Mapeamento, Cabo Frio.

ABSTRACT

PETRUNGARO, Giovanna Novello. **Geodiversity Mapping of the Municipality of Cabo Frio - RJ**. Rio de Janeiro, 2024. Trabalho de Conclusão de Curso – Departamento de Geologia - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2024.

The increasing intervention of human beings in the environment over the years has posed risks to the environment. In this sense, there is an increasing interest in a society with more sustainable consumption and activities. This made studies on Biodiversity gain prominence in the last decades of the 20th Century. Despite there being an intrinsic relationship between them, the term Biodiversity is already consolidated, unlike the concept of Geodiversity, which is still in the process of being theoretical and methodological development, with its application more focused on nature conservation and territorial management. With the aim of contributing to the dissemination of the concept and its methodological discussions, this work consisted of the conceptual and methodological approach to Geodiversity, using the municipality of Cabo Frio, state of Rio de Janeiro, Brazil, as the study area. To this end, two distinct but complementary approaches to Geodiversity mapping were carried out: quantitative mapping, with the preparation of Sub-Index maps (Geological; Geomorphological; Pedological; and Hydrographic) and Geodiversity Index through the multipart method; and qualitative mapping, with the creation of a Cabo Frio Geodiversity Map. The quantitative mapping showed, in a clear and objective way, the areas of greatest and lowest Geodiversity richness in the municipality. Complementing these results, qualitative mapping allowed the definition of Geodiversity Units. Thus, the use of the two methodologies together proved to be interesting as the points identified in the quantitative method were also used in the characterization and interpretation of the units, showing the relationship between the two methods, as it brings advantages for Geodiversity mapping.

Keywords: Geodiversity, Mapping, Cabo Frio.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Algumas aplicações da geodiversidade. Fonte: Silva *et al.*, 2008b.....15
- Figura 2:** Diagrama simplificado do sistema de valores da geodiversidade de acordo com os serviços ecossistêmicos sensu Murray Gray. Fonte: Silva, 2016.....21
- Figura 3:** Localização do Município de Cabo Frio. Fonte de Dados: IBGE 2021 e 2022.....23
- Figura 4:** Área de Proteção Ambiental do Pau-Brasil. Fonte: Inea 2018.....24
- Figura 5:** Caracterização geral do PECS quanto aos seus Núcleos e fragmentos. *Nº FC – nº de fragmentos no continente. Fonte: Adaptado de Rio de Janeiro (2011) e Brasil (2011).....25
- Figura 6:** Mapa do trajeto entre Rio de Janeiro e Cabo Frio. Fonte: Google Maps (Extraída na data 19/09/2023).....26
- Figura 7:** Articulação das folhas 1:100.000 do Estado do Rio de Janeiro, com a folha Cabo Frio. Fonte: CPRM, 2012.....27
- Figura 8:** Mapa simplificado da porção sudeste da Faixa Ribeira. 1 – Sedimentos quaternários; 2 – Sedimentos terciários; 3 – Rochas alcalinas cretáceas/terciárias; 4 a 8 – Granitoides Brasileiros sin a pós-colisionais; 9 e 10 – Granitoides com idade indeterminada; 11 – Arco Magmático Rio Negro; 12 a 17 – Terreno Ocidental (12 a 14 – Megassequência Andrelândia, 15 – Complexo Mantiqueira, 16 – Fácies distais da Megassequência Andrelândia no Domínio Juiz de Fora, 17 – Complexo Juiz de Fora); 18 – Complexo Embu indiviso; 19 e 20 – Terreno Paraíba do Sul (19- Grupo Paraíba do Sul, 20-Complexo Quirino); 21 e 22 – Terreno Oriental (21 – Sucessão metassedimentar Italva, 22 – Sucessão metassedimentar Costeiro); 23 e 24 – Domínio Tectônico Cabo Frio (23 – Formação Búzios e Palmital, 24 – Unidade Região dos Lagos). Fonte: Heilbron *et al.* 2004.....30
- Figura 9:** Mapa geotectônico da porção sudeste da Faixa Ribeira, com destaque para o Domínio Tectônico de Cabo Frio e as folhas Cabo Frio (CF) e Rio das Ostras (RO). Fonte: Schmitt *et al.*, (2008a).....32
- Figura 10:** Mapa Geológico de Cabo Frio. Fonte: Heilbron *et al.* (2016), adaptado por Vieira *et al.*(2021).....36
- Figura 11:** Mapa de Geossítios e Elementos Culturais da região de Cabo Frio sobreposto à geologia local.....39
- Figura 12:** Mapa Pedológico de Cabo Frio. Fonte: Carvalho Filho *et al.* (2001).....41
- Figura 13:** Mapa das feições eólicas e uso e cobertura do solo em parte da planície costeira de Cabo Frio. Fonte: Pereira *et al.* (2008).....42
- Figura 14:** Mapa Geomorfológico da região de Cabo Frio. Fonte: Serviço Geológico do Brasil.....43
- Figura 15:** Bacia Hidrográfica da laguna de Araruama e Cabo Frio, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Fonte: Pereira *et al.* (2016).....45

Figura 16: Mapa Hidrográfico da região de Cabo Frio. Fontes: Agência Nacional de Águas; Serviço Geológico do Brasil; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.....	46
Figura 17: Localização de Cabo Frio dentro do Geoparque Costões e Lagunas. Fonte: Geoparque Costões e Lagunas.....	47
Figura 18: Mapa de localização dos quatro roteiros sugeridos. Fonte: Mansur <i>et al.</i> , (2012).....	48
Figura 19: Matriz Vetorial (Grid) com espaçamento de 1000X1000m.....	51
Figura 20: Mapa de Subíndice Geológico através do método <i>multiparts</i>	54
Figura 21: Mapa de Subíndice Geomorfológico através do método <i>multiparts</i>	55
Figura 22: Mapa de Subíndice Pedológico através do método <i>multiparts</i>	56
Figura 23: Mapa de Subíndice Hidrológico através do método <i>multiparts</i>	57
Figura 24: Mapa de Índice de Geodiversidade através do método <i>multiparts</i> utilizando Valor Máximo Obtido.....	59
Figura 25: Mapa de Índice de Geodiversidade com os Geossítios.....	61
Figura 26: Mapa de Geodiversidade de Cabo Frio, RJ, Brasil.....	63
Figura 27: Mapa de Geodiversidade com os Geossítios.....	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Tabela síntese das Unidades de Geodiversidade.....	69
---	----

LISTA DE SIGLAS

SIG - Sistema de Informação Geográfica

CPRM ou SGB - Serviço Geológico do Brasil

ONU - Organização das Nações Unidas

PECS - Parque Estadual da Costa do Sol

TCU - Tribunal de Contas da União

APA - Área de Proteção Integral

ACAS - Água Central do Atlântico Sul

UCs - Unidades de Conservação

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

PMMA - Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica

DTCF - Domínio Tectônico do Cabo Frio

RMI - Rocha e Minerais Industriais

PIB - Produto Interno Bruto

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

TCC - Trabalho de Conclusão de Curso

INEPAC - Instituto Estadual do Patrimônio Cultural

IPHAN - Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
1.1. Objetivos.....	16
1.2. Objetivos específicos.....	16
1.3. Justificativa.....	16
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	17
2.1. Evolução do Conceito de Geodiversidade.....	17
2.2. O Papel da Geodiversidade na Gestão Territorial e Ocupação do Solo.....	19
2.3. O Turismo e sua Relação com a Geodiversidade.....	21
3 ÁREA DE ESTUDO.....	22
3.1. Localização.....	22
3.2. Clima.....	26
3.3. Geodiversidade.....	27
3.3.1. Geologia.....	27
3.3.1.1. Introdução.....	27
3.3.1.2. A Faixa Ribeira e seus Terrenos tectono-estratigráficos.....	28
3.3.1.3. O Domínio Tectônico Cabo Frio (DTCF).....	29
3.3.1.4. A quebra do Gondwana.....	31
3.3.1.5. O contexto geotectônico da Folha Cabo Frio.....	31
3.3.1.6. As rochas e recursos da região de Cabo Frio.....	33
3.3.1.7. A Geologia Local.....	34
3.3.1.8. Geologia Estrutural.....	36
3.3.1.9. Geossítios.....	37
3.3.2. Pedologia.....	39
3.3.3. Geomorfologia.....	41
3.3.4. Hidrografia.....	44
3.4. Turismo Local.....	47
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	49
4.1. Material.....	49
4.2. Métodos.....	50
4.2.1. Avaliação Quantitativa (Mapa de Índice de Geodiversidade).....	50
4.2.2. Avaliação Qualitativa (Mapa de Geodiversidade).....	53
5 RESULTADOS.....	53
5.1. Avaliação Quantitativa da Geodiversidade.....	53
5.1.1. Subíndice Geológico.....	54
5.1.2. Subíndice Geomorfológico.....	55
5.1.3. Subíndice Pedológico.....	55
5.1.4. Subíndice Hidrológico.....	56
5.1.5. Mapa de Índice de Geodiversidade.....	57
5.2. Avaliação Qualitativa da Geodiversidade.....	62

5.2.1. Mapa de Geodiversidade.....	62
5.2.2. Unidades de Geodiversidade.....	65
6 DISCUSSÃO.....	70
6.1. Avaliação Quantitativa: Mapa de Índice de Geodiversidade.....	70
6.2. Avaliação Qualitativa: Mapa de Geodiversidade.....	72
7 CONCLUSÃO.....	73
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76

1 INTRODUÇÃO

Segundo Dantas *et al.* (2015), o termo Geodiversidade trata de um novo campo de conhecimento derivado da geologia ambiental com o objetivo de proceder a uma abordagem abrangente do sistema abiótico com uma análise articulada e dinâmica entre rochas, formações superficiais, relevo e solos. Assim, a partir da década de 1990, o desenvolvimento de pesquisas em geodiversidade gerou resultados promissores em geoconservação e gestão territorial no Brasil e no mundo.

Gray (2004), o primeiro livro publicado exclusivamente sobre o tema, traz o termo Geodiversidade como o conjunto de produtos e processos que o planeta Terra desenvolve para que ao longo da história geológica houvesse condições para a formação da vida. Ou seja, os diferentes tipos de minerais, rochas, fósseis, solos, formas de relevo, que foram movimentados e retrabalhados por processos naturais, como o ciclo hidrológico, erupções vulcânicas, o transporte e deposição de sedimentos, a formação de cordilheiras, o deslizamento de encostas, dentre outros, que permitiram que a vida surgisse há bilhões de anos e chegasse a o que se tem hoje. É essa Geodiversidade que está interligada com o desenvolvimento e a distribuição da espécie humana ao longo do globo (Gray, 2004). Já Gray (2013) definiu um novo sistema de valoração da geodiversidade, a partir de uma atualização da Avaliação Ecosistêmica do Milênio (uma associação de cientistas que estabeleceram, a pedido na ONU, parâmetros para as avaliações dos ecossistemas). Segundo ele, a geodiversidade utiliza-se de elementos abióticos do meio natural (geologia, geomorfologia, solos e hidrografia) de forma a integrar, sem considerar os processos de natureza antrópica.

Como representado na Figura 1, os estudos a respeito da geodiversidade podem conter diferentes aplicações como: prevenção de desastres naturais; geoeducação; geoturismo e planejamento, gestão e ordenamento territorial.



Figura 1: Algumas aplicações da geodiversidade. Fonte: Silva *et al.*, 2008b.

Assim, a questão do ordenamento territorial em áreas com alto fluxo de turistas e com crescimento urbano desordenado pode gerar um descompasso entre a capacidade da Geodiversidade de suportar tais impactos e, em decorrência disso, comprometer a qualidade de vida e do meio ambiente local. A região de Cabo Frio se encaixa nesse contexto, uma vez que uma das suas maiores fontes de renda vem do turismo o que, por sua vez, provoca o crescimento urbano, justificando a relevância do presente trabalho em identificar as possíveis pressões, sofridas pelos elementos abióticos, que ocorrem no município.

Portanto este trabalho tem o intuito de, através de uma abordagem conceitual e metodológica da Geodiversidade, trazer como produtos mapas quantitativo (Mapa de Índice de Geodiversidade) e qualitativo (Mapa de Geodiversidade) do município de Cabo Frio. A relevância deste trabalho está na contribuição do desenvolvimento da metodologia de mapeamento da geodiversidade e sua disponibilização ao município. Além disso, a produção de mapas de Geodiversidade, por meio de ferramentas de Sistema de Informação Geográfica (SIG), é uma importante ferramenta para a gestão territorial, inclusive para o turismo e suas consequências ao ambiente, uma vez que permite observar, de forma clara e objetiva, a distribuição da Geodiversidade no município de Cabo Frio, cruzando as informações com os lugares de interesse geológico.

1.1. Objetivos

O objetivo principal deste trabalho é o levantamento quantitativo e qualitativo da Geodiversidade do Município de Cabo Frio - Rio de Janeiro - Brasil, a partir da elaboração de um Mapa de Índice de Geodiversidade e um Mapa de Geodiversidade, e considerando a existência de sítios com relevância geológica no território em análise. Esses mapas permitirão o auxílio na ampliação do conceito da geodiversidade e, por meio deles, trabalhos futuros podem avançar em temáticas diversas como geoturismo, gestão territorial, análises de serviços ecossistêmicos, etc.

1.2. Objetivos específicos

Como objetivos específicos temos:

- a) Gerar mapas quantitativos de Geodiversidade com uma representação numérica de elementos de geodiversidade;
- b) Gerar um Mapa Qualitativo de Geodiversidade com a divisão em Unidades de Geodiversidade e integração dos elementos do meio físico;
- c) Analisar os resultados segundo a localização dos sítios geológicos e culturais existentes.

1.3. Justificativa

O presente trabalho justifica-se pela importância que mapas quantitativos e qualitativos podem trazer para a gestão territorial da região. Também contribuirá no desenvolvimento de metodologia de mapeamento de Geodiversidade uma vez que ainda há discussões metodológicas em aberto. Nesse contexto, os benefícios para a região são inúmeros, visto que será gerado um produto que tem potencial de ser utilizado pela administração do município de Cabo Frio, podendo, com mais trabalhos futuros, auxiliar no desenvolvimento do geoturismo (o turismo é uma das principais atividades econômicas local) e na mitigação de impactos socioambientais atrelados a ele; na gestão territorial; e em análises de serviços ecossistêmicos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Evolução do Conceito de Geodiversidade

O conceito de geodiversidade é relativamente novo, tendo sido introduzido na década de 1990 após a disseminação do termo “biodiversidade” na Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (Rio 92) (Gray, 2018). Assim, o termo vem sendo utilizado por geólogos e geógrafos ao redor do mundo, principalmente no contexto da conservação da natureza e gestão de áreas protegidas. Por conta disso, é comum, na literatura internacional, que o termo esteja relacionado aos termos “patrimônio geológico” e “geoconservação” (Serrano & Flaño, 2007a,b; Carcavilla *et al.*, 2008; Pereira *et al.*, 2013).

Porém, apesar de várias tentativas para a definição da Geodiversidade, principalmente em trabalhos sobre conservação da natureza, os trabalhos científicos com foco no termo “biodiversidade” ainda aparecem em maior quantidade. Contudo, a geodiversidade (variedade abiótica) deveria ser considerada tão importante quanto a biodiversidade (variedade biótica), já que ambas estão inter-relacionadas, constituindo a diversidade do ambiente natural (Matthews, 2014).

Ao longo do tempo, o termo “geodiversidade” adquiriu diversos significados por conta das suas várias formas de definição e interpretação (Carcavilla *et al.*, 2008). Uma das suas primeiras definições, apresentada por Sharples (1995), considera as características geológicas, geomorfológicas e pedológicas além dos sistemas e processos, incluindo assembleias em atual formação ou previamente formadas e expressas em registro fossilífero.

No decorrer dos anos, outras definições foram surgindo, sendo que parte delas se restringem às características geológicas, geomorfológicas e pedológicas, e outras são mais abrangentes, abrindo espaço para interpretações, sistemas, propriedades e até mesmo as relações com atividades antrópicas.

De início, pesquisadores como Sharples (1993), Duff (1994) e Eberhard (1997) trouxeram o conceito de geodiversidade associado à geologia e à conservação natural, o que restringiu o conceito de geodiversidade à diversidade geológica dos terrenos. Já Gray (2004) apresenta o conceito de geodiversidade abrangendo o sistema abiótico o que o caracterizou com “a diversidade natural entre aspectos geológicos, do relevo e dos solos”. Portanto, cada cenário da paisagem natural estaria em constante dinâmica por meio da atuação de processos de natureza geológica, biológica, hidrológica e atmosférica.

Autores, como Sharples (2002), Kozłowski (2004), Brilha (2005), Serrano e Ruiz-Flaño (2007a, b), e Petrisor e Sarbu (2010) estenderam o termo aos estudos de planejamento territorial, ainda com ênfase na geoconservação.

Por sua vez, Stanley (2001) apresenta um conceito mais amplo para o termo geodiversidade, onde as paisagens naturais (entendida como a variedade de ambientes e processos geológicos) estariam relacionadas com seu povo e sua cultura. Com isso, seria a primeira definição que estabelece uma interação entre a diversidade natural dos terrenos (combinação de rochas, minerais, relevo e solos) e a sociedade.

Alguns anos antes, Veiga (1999) enfatiza o estudo das águas superficiais e subterrâneas nos estudos de geodiversidade. Para ele, a geodiversidade “expressa as particularidades do meio físico, compreendendo as rochas, o relevo, o clima, os solos e as águas, subterrâneas e superficiais e condiciona a morfologia da paisagem e a diversidade biológica e cultural”. Brilha (2005) ressalta que a geodiversidade trata-se do suporte essencial para o desenvolvimento da biodiversidade. Com isso, o estudo da geodiversidade, para esses autores, é uma ferramenta imprescindível de gestão ambiental junto com as atividades econômicas.

No Brasil, o conceito de geodiversidade é desenvolvido praticamente de forma simultânea, porém ressaltando um caráter mais aplicado ao planejamento territorial, mesmo que os estudos voltados para a geoconservação não sejam desconsiderados (Dantas *et al.* 2015). Assim, com base em todas essas definições apresentadas, a CPRM - Serviço Geológico do Brasil, define a geodiversidade como “o estudo da natureza abiótica (meio físico) constituída por uma variedade de ambientes, fenômenos e processos geológicos que dão origem às paisagens, rochas, minerais, fósseis, solos, águas e outros depósitos superficiais que propiciam o desenvolvimento da vida na Terra, tendo como valores intrínsecos a cultura, o estético, o econômico, o científico, o educativo e o turístico” (Silva *et al.* 2008a).

Atualmente, a definição de Gray (2013) é uma das mais utilizadas e caracteriza o conceito como a variedade natural (diversidade) de características geológicas (rochas, minerais, fósseis), geomorfológicas (formas de relevo, topografia, processos físicos), pedológicas e hidrológicas. Inclui suas assembleias, estruturas, sistemas e contribuições para paisagens.

2.2. O Papel da Geodiversidade na Gestão Territorial e Ocupação do Solo

Para a formação das primeiras cidades, o ser humano planejou o espaço com fins religiosos, estéticos e de conforto (Santos, 2004). A partir de uma reunião realizada em 1968 (Clube de Roma), se apresentou uma maior preocupação com o meio ambiente, incorporando também as questões sociais, políticas, ecológicas e econômicas. Nos anos 70 e 80, reformulou-se os conceitos de planejamento, influenciados por estudos de impactos ambientais. Questões como conservação e preservação dos recursos naturais, além da integração do ser humano com o meio, passaram a ser muito importantes em discussões sobre qualidade de vida da população (Santos, 2004; Gonçalves, 2018).

A partir dos avanços nos estudos da geodiversidade, essa se mostrou ser um excelente instrumento para o planejamento e ordenamento territorial, o que fornece subsídios para diversos setores da sociedade como: mineração; energia; agricultura; saúde pública; urbanismo; moradia; defesa civil; transporte; turismo; e meio ambiente (Silva, 2008).

Silva *et al.* (2008) trazem um panorama sobre essa questão, avaliando que no quesito de planejamento e gestão, faz-se necessário um conhecimento geológico, principalmente em regiões metropolitanas, que se caracterizam por um expressivo adensamento populacional e uma considerável concentração de renda. Além disso existem típicas distorções urbanas como o crescimento físico desordenado, conurbações, conflitos entre atividades econômicas, retenção especulativa do solo urbano e produção de vazios sem infraestrutura, uso e ocupação inadequados dos solos, crescimento de periferias urbanas e segregação espacial da população de baixa renda, aumento da poluição e da agressão ao meio ambiente, com o comprometimento dos recursos naturais.

Porém, é necessário racionalizar a necessidade da utilização dos recursos naturais existentes, que são fundamentais para a base da sociedade, principalmente materiais para a construção civil, abastecimento de água e insumos básicos para a atividade industrial, de forma a aperfeiçoar o desenvolvimento econômico e a qualidade de vida da população. Com a falta de um planejamento prévio, torna-se comum a ocorrência de áreas de agricultura (cinturão verde) e nascentes de rios urbanizados de forma inconsequente, além da ocorrência de aterros sanitários/lixões e cemitérios às margens de rios ou em solos que facilitam a contaminação dos lençóis freáticos, bem como ocupação humana em áreas de riscos geológicos como deslizamento, afundamento, inundação (Silva *et al.* 2008).

Assim, o conhecimento da geodiversidade é um aspecto essencial para a ocupação

segura dos diversos terrenos e paisagens. A desconsideração disso tem sido responsável por inúmeros prejuízos ambientais, econômicos e sociais por parte da sociedade brasileira, observados em diversas partes do país. Vale ressaltar que a ocupação de áreas litorâneas é uma das mais sensíveis aos fenômenos geológicos naturais como o modelamento moderno costeiro, provocado pela atividade humana, que promovem modificações nos ecossistemas costeiros. A partir dessas intervenções, ocorrem drásticas mudanças nas taxas de sedimentação e erosão costeiras, capazes de pôr em risco ou até mesmo destruir as áreas, causando grandes prejuízos ecológicos e financeiros (Silva *et al.* 2008).

Gray (2013) atualizou a Avaliação Ecosistêmica do Milênio incluindo a geodiversidade onde antes era principalmente voltado para a biodiversidade. A partir dessa Avaliação, Gray (2013) definiu um novo sistema de valoração para a geodiversidade, composto por 1 valor (intrínseco), 5 serviços (regulação, suporte, provisão, cultural e conhecimento) e 25 bens e processos.

O valor intrínseco, também conhecido por valor de existência, “Refere-se à crença ética de que algumas coisas possuem valor simplesmente pelo que elas são, mais do que para o que elas podem ser usadas pelo homem” (Gray, 2013). Basicamente Gray indica que apenas por existir, um elemento da geodiversidade já possui seu valor. O serviço de regulação da geodiversidade indica os processos que buscam o controle natural das condições ambientais, seja do ar, da água e dos solos, controlando a disponibilização desses recursos, sua quantidade e qualidade.

Já os serviços de suporte são aqueles em que a geodiversidade dispõe de recursos para o desenvolvimento de atividades do ser humano ou da própria natureza, e que dependem diretamente dos solos e rochas para serem realizadas. O serviço de provisão da geodiversidade é responsável por disponibilizar bens materiais para as sociedades humanas, possuindo um valor monetário associado ao bem. O serviço cultural se envolve com a relação da sociedade a algum aspecto abiótico do ambiente por seu significado social ou comunitário. E o serviço de conhecimento, provavelmente o tipo de serviço mais importante, sobretudo para as geociências, está relacionado com propostas de utilização da natureza abiótica em sala de aula e laboratório, sendo sua exploração puramente científica e educacional.

Na Figura 2, Silva (2016) resumiu as ideias de Murray Gray a respeito da Geodiversidade nos serviços ecossistêmicos.

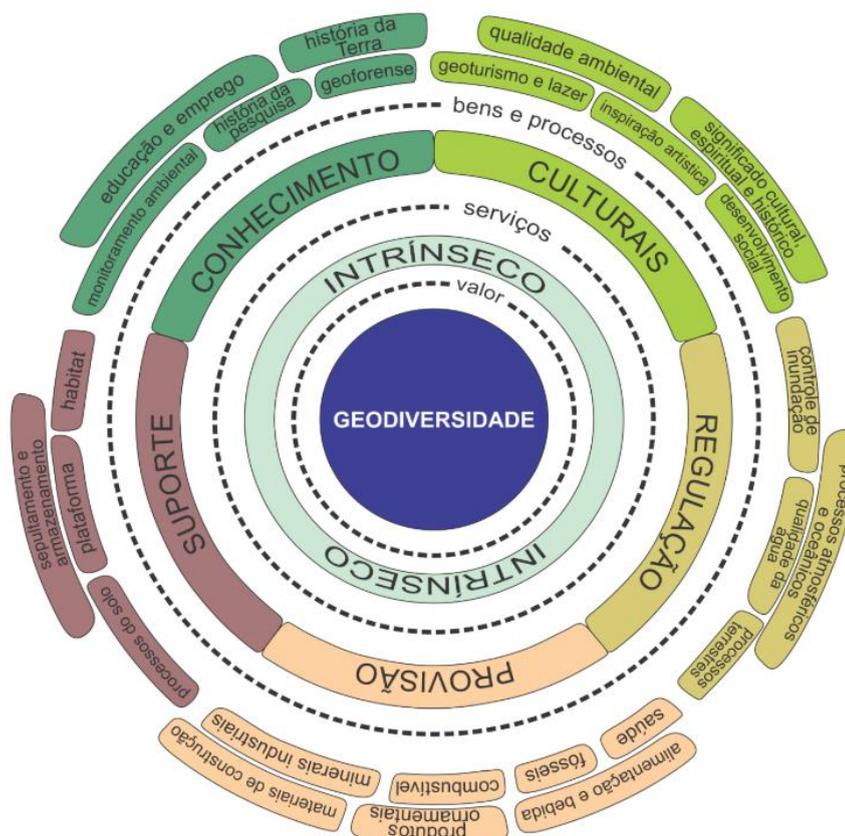


Figura 2: Diagrama simplificado do sistema de valores da geodiversidade de acordo com os serviços ecossistêmicos sensu Murray Gray. Fonte: Silva, 2016.

2.3. O Turismo e sua Relação com a Geodiversidade

O geoturismo pode ser entendido como um conceito novo, e assim discussões sobre sua definição ainda são levadas em consideração uma vez que muitos o consideram uma vertente do ecoturismo. Segundo Nascimento *et al.* (2007), esta divergência está relacionada aos conceitos estabelecidos e utilizados nacionalmente para “ecoturismo” e “patrimônio natural”.

Segundo a Embratur (2004) o ecoturismo se refere a um turismo que abrange o patrimônio natural e cultural, com a intenção de uma reeducação ambiental e incentivando sua conservação. Esse conceito englobaria ações de divulgação e interpretação do patrimônio natural, que integram feições geológicas, porém tal ecoturismo tem abordado apenas atividades em meio natural enfatizando a biodiversidade (fauna e flora), sendo raras as ações envolvendo os elementos abióticos (Jorge *et al.* 2016).

Para a Unesco (1972), o patrimônio natural constitui as formação físicas, biológicas e

geológicas consideradas excepcionais, onde os animais e vegetação ameaçados e os sítios naturais têm um valor imensurável para a ciência, conservação e para beleza natural.

Em 2010, Newsome & Dowling propuseram uma das definições mais utilizadas para o geoturismo: “O geoturismo é uma forma de turismo em áreas naturais que se concentra especificamente na geologia e na paisagem. Promove o turismo em geossítios e a conservação da geodiversidade e uma compreensão das ciências da Terra através da apreciação e da aprendizagem.”

Dowling (2013) diz que o geoturismo nada mais é do que “um turismo sustentável com foco principal na experiência das características geológicas da Terra de uma forma que promova a compreensão, apreciação e conservação ambiental e cultural, e seja localmente benéfico”. Complementa ainda que a parte do “turismo”, do termo Geoturismo, significa visitar, aprender e apreciar geossítios.

Porém, a expansão da área urbana e aumento do fluxo de turistas é um problema para a questão ambiental, uma vez que exerce uma pressão sobre áreas protegidas e seus habitantes. A Região dos Lagos e, mais especificamente, Cabo Frio foi uma das áreas mais noticiadas entre 2011 e 2018 por conta de invasões em restingas e praias para loteamento. Alguns dos efeitos indiretos da problemática em questão são: a invasão de espécimes da fauna regional nos centros urbanos; o aparecimento de pragas; a desvalorização do artesanato local e da pesca artesanal; e poluição sonora relacionada a empreendimentos comerciais e residências (Leal *et al.* 2020).

Assim, os mapas de geodiversidade podem ajudar a fortalecer ações de turismo sustentável, beneficiando a população, os pescadores locais, o meio ambiente e a economia da região.

3 ÁREA DE ESTUDO

3.1. Localização

O município de Cabo Frio está localizado na Região dos Lagos do estado do Rio de Janeiro, Brasil. Segundo dados do IBGE (2022), apresenta uma área de 413,449 km² e uma população estimada de 221.987 habitantes segundo o último censo. É limitado a norte, pelo município de Casimiro de Abreu; a nordeste pelo município Rio das Ostras; a oeste, pelos municípios Silva Jardim, Araruama e São Pedro da Aldeia; a leste, pela Armação dos Búzios

e pelo Oceano Atlântico; e a sul por Arraial do Cabo (Figura 3).

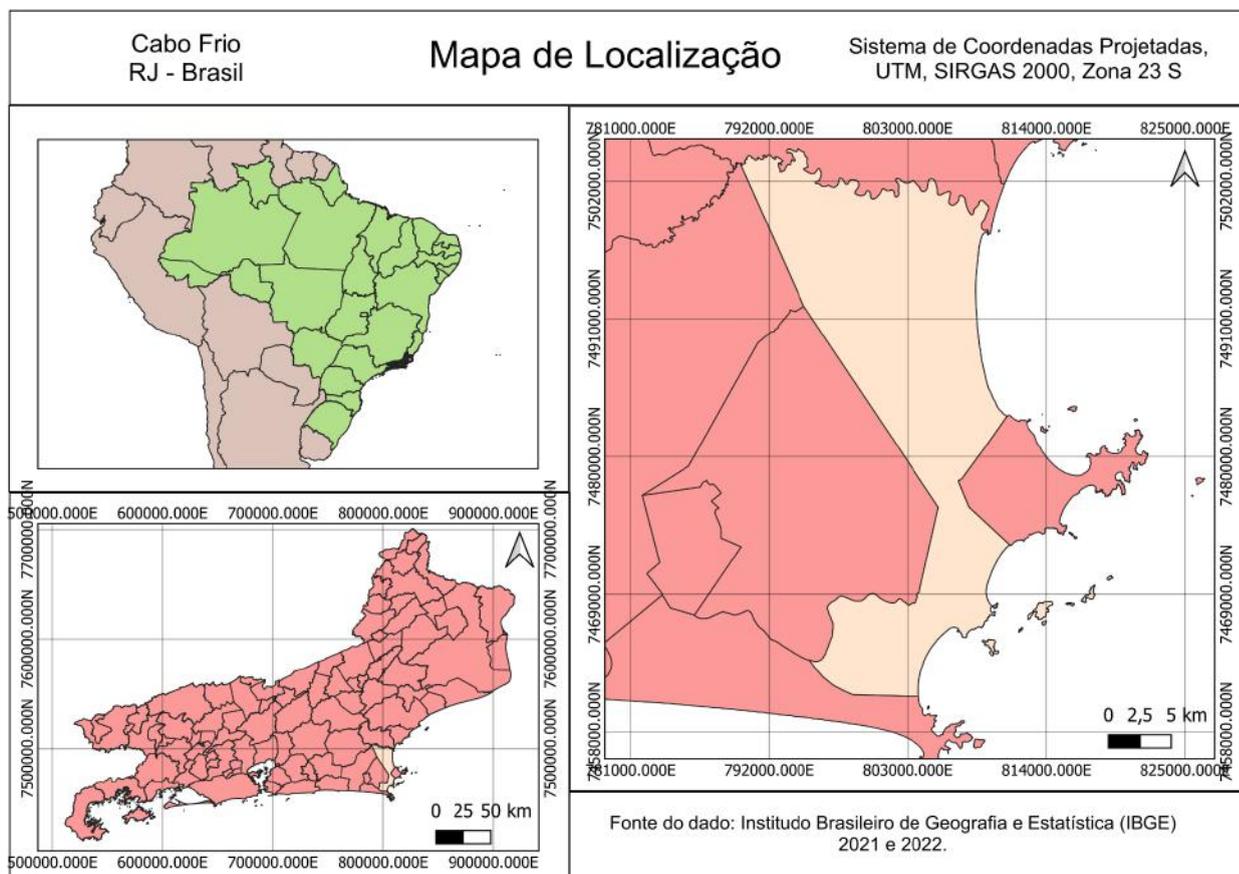


Figura 3: Localização do Município de Cabo Frio. Fonte de Dados: IBGE 2021 e 2022.

Parte do município de Cabo Frio, assim como Armação dos Búzios, encontra-se situado na Área de Proteção Ambiental (APA) do Pau-Brasil criada em 2002. Trata-se de uma estreita faixa continental, que corresponde a uma área de Reserva da Biosfera de Mata Atlântica, de acordo com o decreto da UNESCO de 1992.

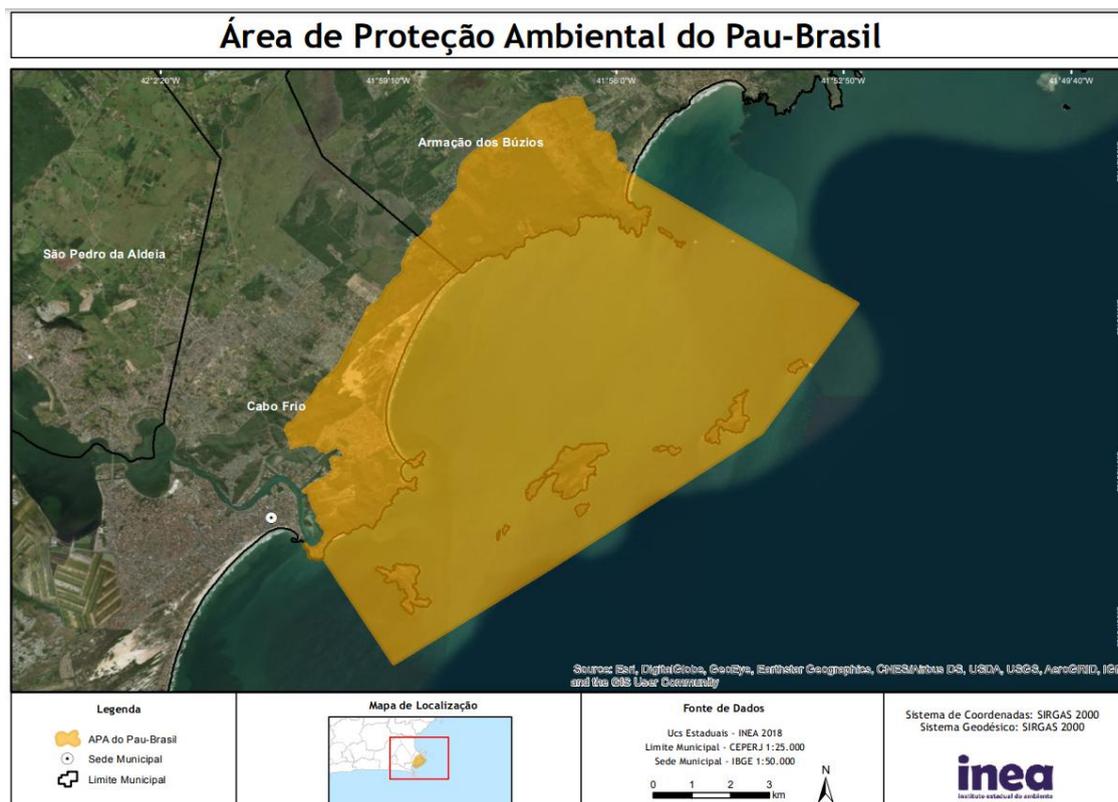


Figura 4: Área de Proteção Ambiental do Pau-Brasil. Fonte: Inea 2018.

Assim, o município, com a elaboração do Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica (PMMA) passa a fazer parte dos municípios inseridos nesse Bioma que contribuem na construção de estratégias e políticas capazes de ampliar as suas oportunidades e potencializar as ações de proteção da Mata Atlântica em seu território e na região do Estado onde se insere. Portanto o PMMA de Cabo Frio é um instrumento de planejamento territorial municipal que sistematiza oportunidades e desafios para um ordenamento dos usos da Mata Atlântica local (PMMA, 2017).

Criado em 2011, o PECS é uma Unidade de Conservação de Proteção Integral localizada na Região dos Lagos (RJ) e fragmentada em 43 porções descontínuas, que contemplam ecossistemas extremamente sensíveis de áreas de baixada litorânea. Na Figura 5 é possível ver os Núcleos nos quais Cabo Frio faz parte, e sua localização.



Figura 5: Caracterização geral do PECS quanto aos seus Núcleos e fragmentos. *Nº FC – nº de fragmentos no continente. Fonte: Adaptado de Rio de Janeiro (2011) e Brasil (2011).

O acesso principal e trajeto mais curto ao município, partindo do centro da cidade do Rio de Janeiro, tem início na Ponte Rio-Niterói (cruzando a Baía de Guanabara); seguido pela Rodovia BR-101, localmente denominada Niterói-Manilha; passando pelos municípios de São Gonçalo, Itaboraí, Tanguá e Rio Bonito. Continuando pela Via Lagos (RJ-124) percorre-se mais cerca de 50 km até entrar na Rodovia Amaral Peixoto (RJ-106), cortando Araruama, Iguaba Grande e São Pedro da Aldeia, até chegar em Cabo Frio (Figura 6).

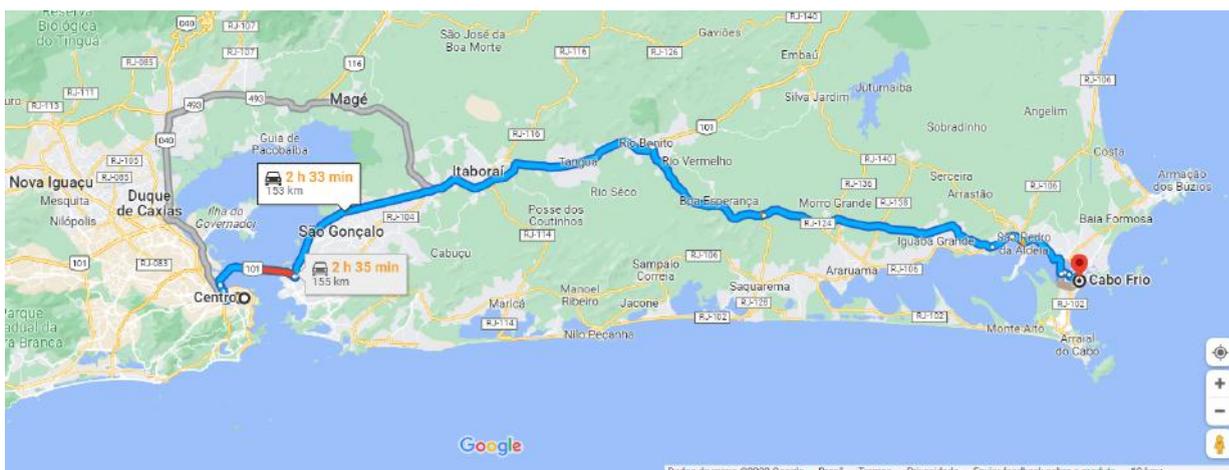


Figura 6: Mapa do trajeto entre Rio de Janeiro e Cabo Frio. Fonte: Google Maps (Extraída na data 19/09/2023).

3.2. Clima

Segundo Coe *et al.* (2007) o Município apresenta um contraste pluviométrico em relação ao Estado do Rio de Janeiro, o que causa dois climas distintos em uma curta distância: um clima tropical úmido, dominando o estado, e um clima semi-árido em Cabo Frio. Assim, Barbière (1975) diz que essas peculiaridades climáticas podem ser explicadas pela grande distância da linha de costa até a Serra do Mar e a emergência de águas frias em uma costa dominada por correntes quentes (fenômeno da ressurgência).

Vale lembrar que o município encontra-se sob domínio do bioclima Região dos Lagos, que tende a ter um volume pluviométrico anual de 1050 mm a 1150 mm (Bastos & Napoleão, 2011).

O nome Cabo Frio, dado à região por navegadores portugueses, foi a primeira indicação da existência de uma anomalia térmica nas águas de superfície do oceano (Coe *et al.* 2007). A ressurgência costeira, onde as águas frias denominadas de Água Central do Atlântico Sul (ACAS) afloram na plataforma continental, é a principal característica oceanográfica da região. Para autores como Barbosa (2003) as anomalias de temperatura negativa da superfície do mar estão presentes na plataforma continental sudeste brasileira, especialmente durante o verão. Ainda segundo esse último autor, a subida de águas profundas neste ponto da costa brasileira é o resultado de fatores como:

- A mudança brusca de orientação da costa, que passa de uma direção mais ou menos norte-sul a uma leste-oeste;
- O deslocamento sazonal do eixo da Corrente do Brasil, que é desviado ao largo no

verão;

- O regime de ventos da região.

3.3. Geodiversidade

3.3.1. Geologia

3.3.1.1. Introdução

Segundo Schmitt *et al.* (2012), com base na descrição de duas folhas 1:100.000 (Cabo Frio e Rio das Ostras) (Figura 7), a região aqui estudada abrange a área que conta com uma brusca mudança de orientação da sua linha de costa, passando de W-E para SW-NE.

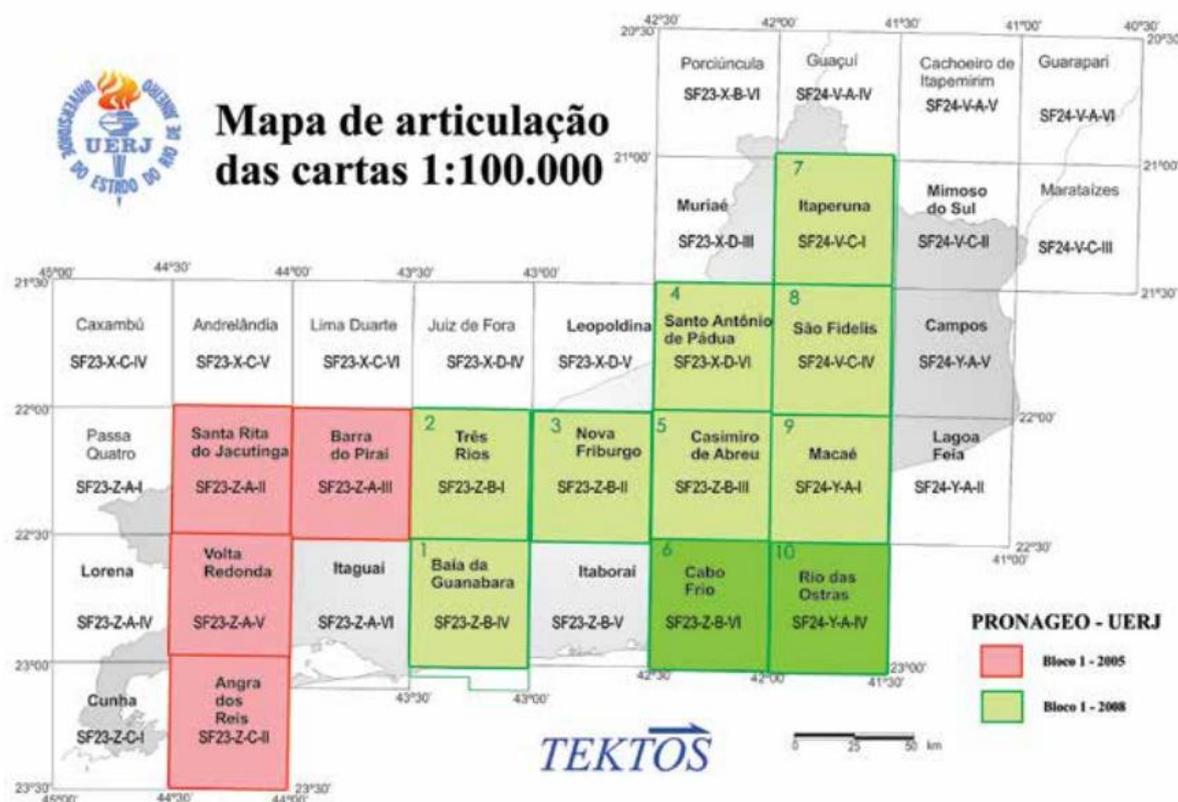


Figura 7: Articulação das folhas 1:100.000 do Estado do Rio de Janeiro, com a folha Cabo Frio. Fonte: CPRM, 2012.

Geologicamente, o município de Cabo Frio faz parte do Terreno Cabo Frio, que está situado no Domínio Tectônico de Cabo Frio (DTCF). Trata-se de um domínio lito-estrutural diferenciado na Província Mantiqueira, que ocorre a extremo sudeste da Faixa Ribeira, um cinturão orogênico, de direção NE, paralelo ao litoral da Região Sudeste do Brasil. A Faixa

Ribeira é resultado da colisão entre os paleocontinentes (crátons) São Francisco-Congo e o Cráton da Angola, também envolvendo outras microplacas. Tal Faixa encontra-se inserida na Província Mantiqueira, limitada pela Faixa Araçuaí a norte, pelo cráton do São Francisco a W-NW, pela Faixa Brasília Meridional a SW, e pelo Cráton Luiz Alves a sul (Schmitt *et al.* 2012).

3.3.1.2. A Faixa Ribeira e seus Terrenos tectono-estratigráficos

A Faixa Ribeira, no seu setor central, compreende quatro terrenos tectono-estratigráficos denominados: Ocidental, Oriental, Paraíba do Sul/Embú e Cabo Frio, sendo os dois primeiros separados por uma zona de cisalhamento complexamente redobrada (Limite Tectônico Central-LTC) com mergulhos subverticais a moderados para NW na porção centro-sul do estado, e mergulhos para SE na porção noroeste. Enquanto isso, o limite basal do Terreno Cabo Frio é representado por uma zona de cisalhamento de baixo ângulo, com mergulho para SE. Esses Terrenos são constituídos por gnaisses de assinatura cordilheirana, suítes cálcio-alcálicas e rochas metassedimentares, que caracterizam a formação de arcos magmáticos, colisão de arcos de ilha contra uma margem passiva, com formação de magmatismo pré- a sin-colisionais (Ribeiro *et al.* 1995; Heilbron *et al.* 2004; Tupinambá *et al.* 2012; Heilbron *et al.* 2013).

Acredita-se que os terrenos Ocidental, Oriental, Paraíba do Sul/Embú foram amalgamados entre ca. 605 e 570 Ma, enquanto que Terreno Cabo Frio foi acrescido ao final da colagem orogênica, em ca. 530-510 Ma. Segundo Schmitt *et al.* (2012), o “Terreno Ocidental corresponderia à paleoplaca inferior (Placa Sanfranciscana), e o Terreno Oriental a placa superior, na qual se instalou o arco magmático responsável pela colisão Arco/Continente. Para leste, por trás do Terreno Oriental, o fechamento do espaço *back-arc* resultou na colisão com a paleoplaca do Terreno Cabo Frio” (Schmitt *et al.* 2012).

Ainda segundo Schmitt *et al.* (2012):

- **Terreno Ocidental:** Corresponde à margem passiva retrabalhada do paleocontinente São Francisco. Composto por unidades do embasamento paleoproterozoico/arqueano retrabalhado e sucessões sedimentares da margem passiva neoproterozoica. (Trouw *et al.*, 2000; Heilbron *et al.*, 2004). As associações do embasamento compreendem duas unidades distintas: ortognaisses migmatíticos com anfíbolitos e, subordinadamente,

rochas granulíticas; e ortogranulitos paleoproterozoicos com ampla variação composicional. É subdividido em dois domínios estruturais principais, Domínios Andrelândia e Juiz de Fora, que apresentam distintos estilos estruturais e associações litológicas.

- **Terreno Paraíba do Sul:** Também conhecido como *Klippe* Paraíba do Sul encontra-se cavalgado sobre o Terreno Ocidental, sendo constituído por duas principais associações litológicas: ortognaisses paleoproterozóicos de composição, predominantemente, granítica a granodiorítica; e sequência metassedimentar siliciclástica composta por gnaisses bandados e xistos pelíticos contendo lentes de mármore, calcissilicáticas e gonditos.
- **Terreno Embu:** É limitado a norte e a sul por zonas de cisalhamento de alto ângulo com componente de movimentação dextral, como os contatos com os Terrenos Paraíba do Sul e Oriental, denominado de Zona de Cisalhamento de Cubatão. É composto por duas associações litológicas: ortognaisses paleoproterozóicos de composições graníticas a tonalíticas; e sequência metassedimentar composta por metapelitos, metapsamitos, quartzitos e rochas calcissilicáticas.
- **Terreno Oriental:** É formado pelos Domínios Cambuci, Costeiro e Italva.
- **Terreno Cabo Frio:** Duas principais unidades estratigráficas ocorrem nesse Terreno: ortognaisses paleoproterozoicos (ca. 1.9 Ga) com intrusões de anfibolitos (Schmitt *et al.*, 2004); e um conjunto mais novo formado por sucessão metassedimentar de alto grau composta de paragnaisses pelíticos a psamíticos com lentes de anfibolitos e calcissilicáticas. Esse Terreno colidiu com a faixa entre 530–510 Ma (Cambriano) na referida orogenia Búzios (Schmitt *et al.*, 2004), e gerou importantes estruturas de baixo ângulo no Terreno Cabo Frio. Este último episódio tectônico também resultou na superposição de dobramentos e zonas de cisalhamento dextrais que afetaram todos os terrenos previamente amalgamados (Oriental, Paraíba do Sul, Embu e Ocidental).

3.3.1.3. O Domínio Tectônico Cabo Frio (DTCF)

Constituído por ortognaisses paleoproterozoicos que correspondem ao embasamento das sucessões metassedimentares da Formação Búzios-Palmital, e metamorfizado há 525 Ma na Orogenia Búzios, o Domínio Tectônico Cabo Frio (DTCF) corresponde ao último terreno docado durante o Brasiliano (Schmitt *et al.* 2004). Esse Domínio é composto por três

unidades litoestratigráficas principais: ortognaisses paleoproterozoicos que correspondem a Unidade Região dos Lagos (Fonseca *et al.* 1979); e duas seqüências supracrustais Ediacaranas (Formação Búzios e Palmital) (Schmitt *et al.* 2008a, b).

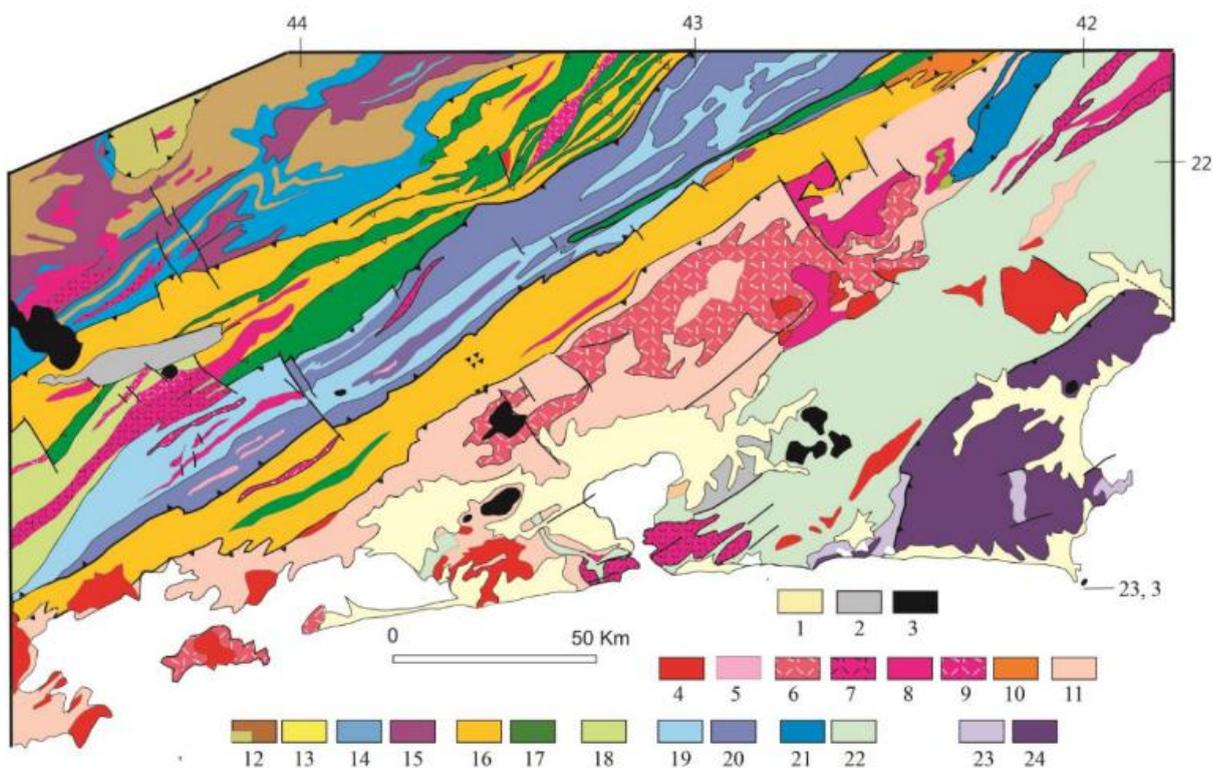


Figura 8: Mapa simplificado da porção sudeste da Faixa Ribeira. 1 – Sedimentos quaternários; 2 – Sedimentos terciários; 3 – Rochas alcalinas cretáceas/terciárias; 4 a 8 – Granitoides Brasileiros sin a pós-colisionais; 9 e 10 – Granitoides com idade indeterminada; 11 – Arco Magmático Rio Negro; 12 a 17 – Terreno Ocidental (12 a 14 – Megassequência Andrelândia, 15 – Complexo Mantiqueira, 16 – Fácies distais da Megassequência Andrelândia no Domínio Juiz de Fora, 17 – Complexo Juiz de Fora); 18 – Complexo Embu indiviso; 19 e 20 – Terreno Paraíba do Sul (19- Grupo Paraíba do Sul, 20-Complexo Quirino); 21 e 22 – Terreno Oriental (21 – Sucessão metassedimentar Italva, 22 – Sucessão metassedimentar Costeiro); 23 e 24 – Domínio Tectônico Cabo Frio (23 – Formação Búzios e Palmital, 24 – Unidade Região dos Lagos). Fonte: Heilbron *et al.* 2004.

Para Schmitt *et al.* (2008a) o embasamento paleoproterozoico pode ser dividido nas Unidades Região dos Lagos e Forte de São Mateus. A Unidade Região dos Lagos é constituído por ortognaisses félsicos de composição sienogranítica a monzogranítica, subdivididos em hornblenda-biotita gnaiss, leucognaiss e biotita gnaiss, também intercalados por lentes de anfíbolito (Schmitt *et al.* 2008a; Viana *et al.* 2008). Já a Unidade Forte de São Mateus é constituída por granada-ortoanfíbolito intercalado com anfíbolio-granada-diopsídio gnaiss, que seria representativo de um episódio de magmatismo toleítico paleoproterozoico que intruiu a Unidade Região dos Lagos e depois foi retrabalhado

tectonicamente em conjunto nos eventos ocorridos entre o Neoproterozoico e o Cambriano (Schmitt *et al.* 2004).

Ainda segundo Schmitt *et al.* (2004), essas unidades são sobrepostas por outras unidades supracrustais neoproterozoicas, que são subdivididas nas Formações Búzios e Palmital, onde ambos são formados por paragneisses com sillimanita e/ou cianita e/ou granada, e intercalações de rochas calcissilicáticas, quartzitos ou lentes de anfibólitos (Schmitt *et al.* 2016). Depósitos oceânicos sedimentados em crosta continental hiper-estendida seria típico da Formação Búzios, enquanto que a Palmital teria sido depositada em uma bacia de margem pré-colisional, se referindo à colisão do Paleocontinente São Francisco - Congo com o Cráton de Angola, contribuindo para o arco ativo no Orógeno Ribeira (Schmitt *et al.* 2016). Metagranitoides cálcio-alcálicos de médio a alto K indicariam a origem da Unidade Região dos Lagos como fruto de um arco magmático. Schmitt *et al.* (2008b) interpretam que a colisão entre os dois continentes teria gerado uma subducção voltada para leste, formando um arco magmático de estágio sin-colisional no Terreno Oriental. É relatada também a ocorrência de ofiolitos marcando a zona de sutura (Vieira *et al.* 2021).

3.3.1.4. A quebra do Gondwana

Somente no Cretáceo inferior o sudeste do Brasil passou pelos efeitos tectono-magmáticos relacionados à quebra do Supercontinente Gondwana e a abertura do Oceano Atlântico Sul. Esse rifteamento do Gondwana na margem sudeste do Atlântico Sul, já entre o Barremiano e Neocomiano, foi marcado por intensa atividade magmática relacionada a pluma mantélica de Tristão da Cunha, que acabou por resultar no magmatismo *onshore* e *offshore*, além de um extenso magmatismo basáltico, na forma de Enxames de Diques. Segundo Almeida (1986) a orientação geral desse enxame é N40°-60°E, o que significa que são paralelos as estruturas das rochas encaixantes associadas às unidades da Faixa Ribeira, um orógeno de idade brasileira (Neoproterozóico a Cambro-ordoviciano). Por meio de dados petrográficos, mineralógicos e geoquímicos pode se dizer que esses diques apresentam um caráter transicional de afinidade toleítica (Valente *et al.*, 1998a, b).

3.3.1.5. O contexto geotectônico da Folha Cabo Frio

Como já mencionado anteriormente, a Folha Cabo Frio é predominantemente

constituída por unidades litoestratigráficas do Domínio Tectônico do Cabo Frio (DTCF), contando ainda com uma pequena área do Terreno Oriental aflorante na porção NW (Figura 9). Ao que se sabe, segundo Schmitt *et al.* (2012) o DTCF era considerado um bloco com rochas Paleoproterozoicas pouco afetado pelos eventos termo-tectônicos brasileiros. Dentre algumas hipóteses para sua formação tem-se:

- O DTCF corresponderia à plataforma continental do Cráton do Congo, retrabalhada durante o brasileiro (Heilbron *et al.*, 1995);
- O DTCF seria um terreno exótico que foi cavalgando pela microplaca Serra do Mar (Campos Neto & Figueiredo, 1995);
- O DTCF seria o Cráton do Congo aflorante na Plataforma Sul-Americana, pouco afetado pelo Brasileiro (Fonseca *et al.*, 1979; Zimbres *et al.*, 1990; A.C. Fonseca, 1993; Machado & Demange, 1990).

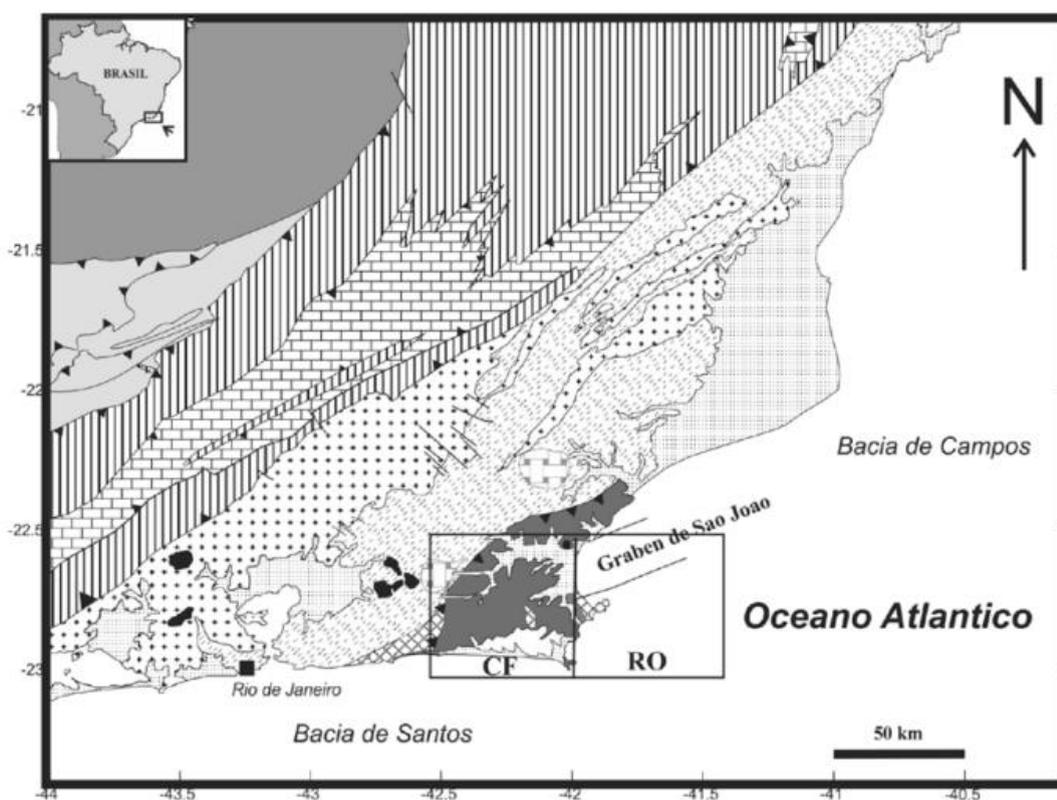


Figura 9: Mapa geotectônico da porção sudeste da Faixa Ribeira, com destaque para o Domínio Tectônico de Cabo Frio e as folhas Cabo Frio (CF) e Rio das Ostras (RO). Fonte: Schmitt *et al.*, (2008a).

Não se sabe ao certo se há ligação ou não do metamorfismo e a deformação do DTCTF com o processo ocorrido no Terreno Oriental da Faixa Ribeira. A partir dos dados geocronológicos obtidos no DTCTF (Schmitt *et al.*, 2012), as propostas geotectônicas para a origem deste domínio foram modificadas e novas hipóteses vêm surgindo.

M.J. Fonseca *et al.* (1979) conseguiram correlacionar a área de Cabo Frio com o Cráton Angola-Kasai, que corresponde a parte do Cráton do Congo, por conta da identificação de cianita em metassedimentos do DTCTF aflorantes em Armação dos Búzios e de dados geocronológicos. Posteriormente, foi sugerido o nome de Cráton de Cabo Frio para o domínio (M.J.Fonseca *et al.*,1984).

Em seguida, M.J. Fonseca (1989) descreveu dois grandes blocos crustais, com diferentes evoluções geológicas, na região sudeste do Estado do Rio de Janeiro: um pequeno segmento do Cinturão Ribeira (zona móvel do evento Brasileiro) e o Bloco de Cabo Frio (zona imóvel no Brasileiro).

Contudo, a primeira forte evidência de que o DTCTF foi, em parte, bem afetado pelos eventos termo-tectônicos brasileiros é a datação U-Pb de veios sintectônicos no embasamento e nas supracrustais (Schmitt *et al.*,1998,1999). Por meio destes dados, o DTCTF passa a ser considerado um domínio ativo integrante dos eventos tectônicos neoproterozoicos e eo-paleozoicos.

3.3.1.6. As rochas e recursos da região de Cabo Frio

Como se sabe, a região aqui estudada (Município de Cabo Frio) faz parte do Geoparque Costões e Lagunas. As rochas mais antigas do município de Cabo Frio correspondem a rochas metamórficas, de cerca de 2 bilhões de anos, onde predominam gnaisses e anfibolitos. Esses tipos de rochas podem ser vistas na Praia do Forte, Boca da Barra, no costão do Perú ou na Praia das Conchas. Já o diabásio, indicador da abertura do Oceano Atlântico há 130 milhões de anos, pode ser encontrado nos costões e em sítios arqueológicos. Enquanto isso, ao que se sabe as unidades mais jovens da área são os sedimentos indicativos da variação do nível relativo do mar associados às mudanças

climáticas no Quaternário. Além disso, os estromatólitos do Holoceno se desenvolveram em lagoas hipersalinas ao longo da Restinga da Massambaba e na Lagoa Salgada.

Os recursos minerais presentes na região de Cabo Frio, relacionam-se principalmente com as rochas e minerais industriais (RMI), usados principalmente na construção civil, além da produção de águas minerais. Dentre os recursos minerais da região que abrange a Folha Cabo Frio estão: água mineral; areia; argila; rocha para brita; rocha ornamental; saibro; e sal marinho. Alguns outros recursos como: barita; bauxita; concha; minerais de pegmatito; quartzo; e turfa, são considerados de menor importância porém também são produzidos na região (Schmitt *et al.* 2012).

Importante ressaltar que toda atividade de mineração gera algum tipo de impacto. Um dos problemas mais frequentes gerados por essa atividade na região é a degradação da paisagem e do terreno em função da exploração das pedreiras para a produção de brita e do decapeamento para a extração de areia.

3.3.1.7. A Geologia Local

Como visto na Figura 10 e também anteriormente, a geologia da região se baseia em:

- Suíte Araruama: Para Machado e Demange (1990) a Suíte Araruama estaria inserida no Batólitos de Araruama e tratam-se de biotita granitóides foliados de composição granodiorítica a granítica, com textura grossa e fenocristais de K-feldspato, entre 2 e 4 cm de comprimento, seccionados por leucogranitóides finos.
- Unidade Região dos Lagos: Segundo Reis *et al.* (1980), essa Unidade refere-se ao embasamento. Schmitt *et al.* (2004) consideram que essa Unidade seja composta predominantemente de metagranitóides e corpos de metatonalitos e metaquartzodioritos.
- Formação Búzios: Para Schmitt *et al.* (2012), a Formação Búzios está inserida no Grupo Búzios-Palmital. Essa divisão pode ser feita com base na presença ou ausência de cianita, ou seja, considerando as condições metamórficas, onde a Unidade Búzios estaria classificada no grupo com a presença de cianita. Esses mesmos autores ainda referem a Unidade Búzios como um espesso pacote de rochas metassedimentares aluminosas (sillimanita-cianita-granada-biotita gnaisses) com frequentes intercalações de camadas de rochas calcissilicáticas e corpos de anfibolitos.

- Formação Barreiras: Segundo Schmitt *et al.* (2012), os depósitos da Formação Barreiras indicam sedimentos gerados por processos trativos de alta energia e por fluxos de detritos, podendo estar relacionados a um ambiente fluvial entrelaçado.

A região conta também com diversos tipos de depósitos:

- Depósitos de Pântanos e Mangues: São depósitos flúvio-marinhos indiscriminados de pântanos e mangues, flúvio-lagunares e litorâneos (Schmitt *et al.* 2012).
- Depósitos Praiais Antigos: Já esses, são depósitos de areia de antigas praias, em geral moderadamente bem selecionadas (Schmitt *et al.* 2012).
- Depósitos Aluvionares: Trata-se de depósitos colúvio-aluvionares, que possuem areias com intercalações de argila, cascalho, e restos de matéria orgânica (Schmitt *et al.* 2012).
- Depósitos Litorâneos: Nesse tipo de depósito sua principal composição é de areias, silte, argila e material orgânico (Schmitt *et al.* 2012).
- Depósitos Eólicos Litorâneos: A composição desses tipos de depósito é basicamente de areias quartzosas finas, bem selecionadas, que formam os campos de dunas de migração (Schmitt *et al.* 2012).

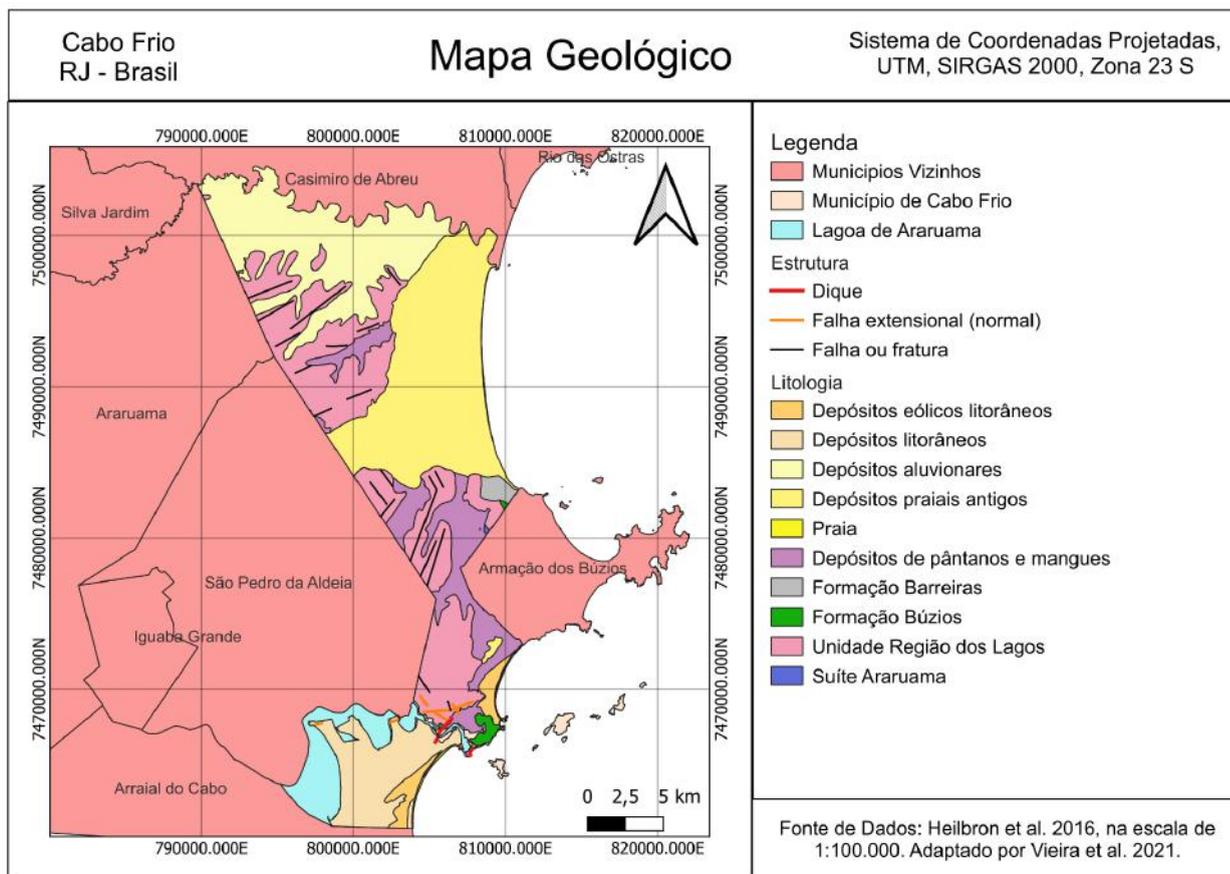


Figura 10: Mapa Geológico de Cabo Frio. Fonte: Heilbron *et al.* (2016), adaptado por Vieira *et al.*(2021).

3.3.1.8. Geologia Estrutural

Segundo Schmitt *et al.* (2012) na área de estudo aqui apresentada, o conjunto de anomalias NE-SW pode ser atribuído ao enxame de diques máficos (diabásios), sendo os lineamentos relacionados a grupos de diques. Além disso, outro conjunto de anomalias magnéticas, de caráter negativo, está orientado segundo a direção subordinada NW-SE, sendo provavelmente associada à presença de descontinuidades.

A região do Domínio Tectônico do Cabo Frio (DTCF) tem sua estrutura diferenciada do restante da Faixa Ribeira, uma vez que seu embasamento é caracterizado por estruturas orientadas segundo as direções NW-SE. Porém, semelhante ao que ocorre na Faixa Ribeira são observados lineamentos magnéticos de direção N45E-S45W. Esses lineamentos magnéticos são associados aos sistemas de falhas e diques mesozoicos (Schmitt *et al.* 2012).

3.3.1.9. Geossítios

Segundo Brilha (2016), geossítios são locais onde se têm ocorrências de valor científico, podendo ter outros valores também associados. Como também observado na Figura 11, alguns dos Geossítios destacados pelo Geoparque Costões e Lagunas, na região de Cabo Frio, são:

- **Campo de Dunas da Dama Branca (ou Dunas de Cabo Frio)** [Localização: 802980 E; 7463188 N]: É possível se observar estruturas sedimentares eólicas, vários tipos de dunas, lagoas interdunas e uma fauna e flora típicas a este tipo de ambiente. Essa ocorrência de dunas móveis está associada à orientação dos ventos predominantes vindos do quadrante Nordeste, ao clima semiárido e à disponibilidade de sedimentos. A areia da Duna da Dama Branca tem origem nos depósitos marinhos adjacentes, onde são removidos e lançados na praia pela ação das ondas e correntes. Nesse sítio também estão presentes dunas frontais, barcanas e parabólicas, que se diferem de acordo com o aporte de areia e intensidade do vento. Importante ressaltar que mesmo tombada, e no PECS, a Dama Branca ainda sofre com fatores antrópicos, dentre eles a ocupação e especulação imobiliária que interferem no processo de aporte e migração da duna.
- **Forte de São Mateus** [Localização: 806946 E; 7466302 N]: A geologia do local é representada por rochas da Formação Búzios. Esse forte trata-se ainda de um patrimônio tombado pelo IPHAN.
- **Ilhas de Cabo Frio** [Localização: 812694 E; 7467331 N]: Próximo a este local existe um painel do Projeto Caminhos Geológicos, onde se tem representado a origem geológica das Ilhas do Breu, Pargos, Capões, Comprida, Redonda, Dois Irmãos e dos Papagaios, e das principais rochas e estruturas. Pequenas praias de cascalho, diques e dobras também podem ser observadas. As ilhas se orientam paralelamente à linha de costa e, por este motivo, cada uma delas reflete a geologia do ponto do litoral imediatamente à frente.
- **Parque da Boca da Barra** [Localização: 807534 E; 7466516 N]: Também conhecido como Ilha do Japonês, localizada no Canal de Itajuru. Inclui toda a área que vai desde o início da salina na Pousada Porto Veleiro, passando pela Ilha do Japonês, até a ponta do farol da Lajinha, Praia Brava e todo o costão além da Ponta do Chapéu até a Praia das Conchas.
- **Campo de Dunas do Perú** [Localização: 808550 E; 7470205 N]: É um dos mais importantes cartões postais de Cabo Frio. Além do registro eólico, possui fauna e flora

endêmica, e importância para formação de lagoas e brejos no seu entorno e sítios arqueológicos. Ocupa uma ampla faixa de terra entre a Ponta do Perú, na divisa com o município de Búzios até a Praia das Conchas.

- **Paleolaguna da Reserva Tauá** [Localização: 808323 E; 7480711 N]: Trata-se de uma propriedade particular onde se preservou e reintroduziu espécies de flora típica de restinga. A geodiversidade desse local também é lembrada pela presença de de uma grande concentração de conchas (coquinas).
- **Lagoa de Araruama** [Localização: 770988 E; 7463874 N]: Sua relevância está atrelada ao fato de ser o maior sistema lagunar hipersalino em estado permanente da Terra, e pela raridade do ecossistema em que ocorre. Essa Lagoa representa uma parte relativamente recente da história da Terra, com os registros de avanços e recuos do nível relativo do mar no final do Quaternário. As variações no nível do mar podem corresponder às mudanças climáticas no planeta, com os períodos de glaciação intercalados com momentos mais quentes. Além disso, um grande cordão arenoso, com pequenas lagoas como: as Lagoas Vermelha, Pitanguinha, Pernambuco, e Brejo do Espinho, separa a Lagoa de Araruama do mar.
- **Praia das Conchas** [Localização: 809539 E; 7467826 N]: Tem esse nome porque segundo os moradores, sua orla era composta por uma grande quantidade de conchas que escondiam a areia, além da sua forma lembrar uma grande concha.
- **Fazenda Campos Novos** [Localização: 804968 E; 7483184 N]: Sua importância está sinalizada em uma placa dos caminhos de Darwin em sua entrada. É uma das poucas construções jesuíticas ainda de pé no Brasil e hoje pertence à Prefeitura de Cabo Frio.
- **Morro da Guia** [Localização: 805396 E; 7483184 N]: É considerado um dos principais cartões postais de Cabo Frio e estudos afirmam que é um importante sítio arqueológico. Sua geologia é basicamente composta de gnaisse e diabásio.

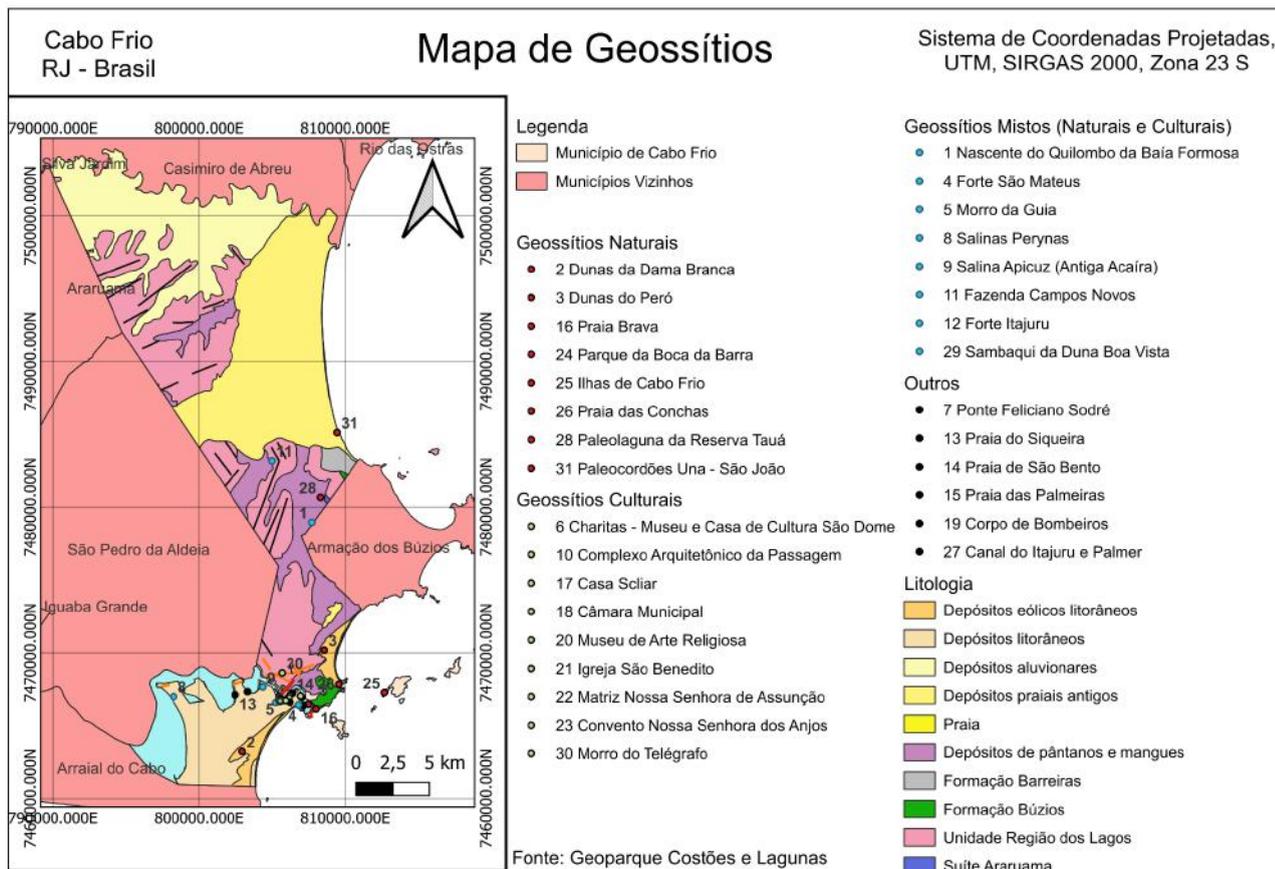


Figura 11: Mapa de Geossítios e Elementos Culturais da região de Cabo Frio sobreposto à geologia local.

3.3.2. Pedologia

Segundo Carvalho Filho *et al.* (2001), a importância do estudo dos solos é levantada por conta dos seus diversos aspectos relacionados à vida do planeta, por ser fonte de nutrientes; base na sustentação para plantas e animais; reservatório de água; e até mesmo fonte de sedimentos. Para a EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, solo pode ser classificado como “uma coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos, contendo matéria viva e ocupando a maior parte do manto superficial das extensões continentais do planeta”. Tais solos podem ser vegetados na natureza onde ocorrem, sendo eventualmente modificados por interferências antrópicas.

Assim, a identificação dos solos pode ser feita por meio de descrições morfológicas, análises físicas, químicas e mineralógicas dos perfis representativos dos solos. Pela Figura 12, e de acordo com o trabalho de Carvalho Filho *et al.* (2001) e o Manual Técnico de Pedologia do IBGE (2015), pode-se notar que a região estudada apresenta as seguintes classes de solos:

- Argissolo Amarelo: Argissolo faz referência a um solo com processo de acumulação de argila. O Argissolo Amarelo é em geral profundo e bem drenado, relacionado aos sedimentos do Grupo Barreiras e distribuindo-se por toda a faixa litorânea. Possui uma permeabilidade menor, apresentando então um certo potencial erosivo.
- Argissolo Vermelho: Ocorre associado ao Argissolo Vermelho-Amarelo, possuem boa fertilidade porém são pouco utilizados para agricultura, sendo mais utilizado para pastagem em geral.
- Argissolo Vermelho-Amarelo: Encontram-se frequentemente associados aos Latossolos. São predominantemente cauliniticos, geralmente bem drenados e de textura média/argilosa ou média/muito argilosa.
- Espodossolo Cárbico: O Espodossolo tem referência ao termo cinza vegetal (do grego *spodos*) e constitui um solo com horizonte de acumulação de matéria orgânica. O Espodossolo Cárbico é relacionado aos sedimentos arenosos de origem marinha que constituem os cordões litorâneos. Em sua maior parte são recobertos por vegetação de restinga. São utilizados como pastagem natural de baixa qualidade e plantio de coco.
- Gleissolo Háptico: O Gleissolo é em geral um solo relativamente recente, pouco evoluído, originado de sedimentos de idade quaternária e de massa de solo pastosa. O Gleissolo Háptico possui tendência de ser encontrado em áreas menos encharcadas porém com muita restrição de drenagem.
- Gleissolo Melânico: Originalmente esse tipo de solo era recoberto por vegetação de campo ou floresta de várzea. Hoje é utilizado principalmente como pastagem e em áreas menores pode ser usado por olericultura.
- Neossolo Flúvico: O Neossolo possui conotativo de solo jovem, em início de formação. O Neossolo Flúvico faz referência a solos aluviais e são solos minerais não hidromórficos e oriundos de sedimentos recentes do Quaternário.
- Planossolo Háptico: Planossolos têm conotativo de solos desenvolvidos com encharcamento superficial estacional. O Planossolo Háptico ocorre principalmente em baixadas de relevo aplainado da região litorânea e são caracterizados por sua baixa fertilidade.
- Latossolo Vermelho-Amarelo: Esse tipo de solo tem grande expressão geográfica, se distribuindo por todo o estado do Rio de Janeiro, em condições climáticas bem distintas. Assim, nas regiões mais frias e úmidas esse solo apresenta menores teores de bases de saturação com alumínio mais elevado. Também é comum a presença de horizonte superficial mais desenvolvido e rico em matéria orgânica, do tipo A.

Normalmente a pastagem é o principal uso desse solo por conta do relevo em geral movimentado e a baixa fertilidade.

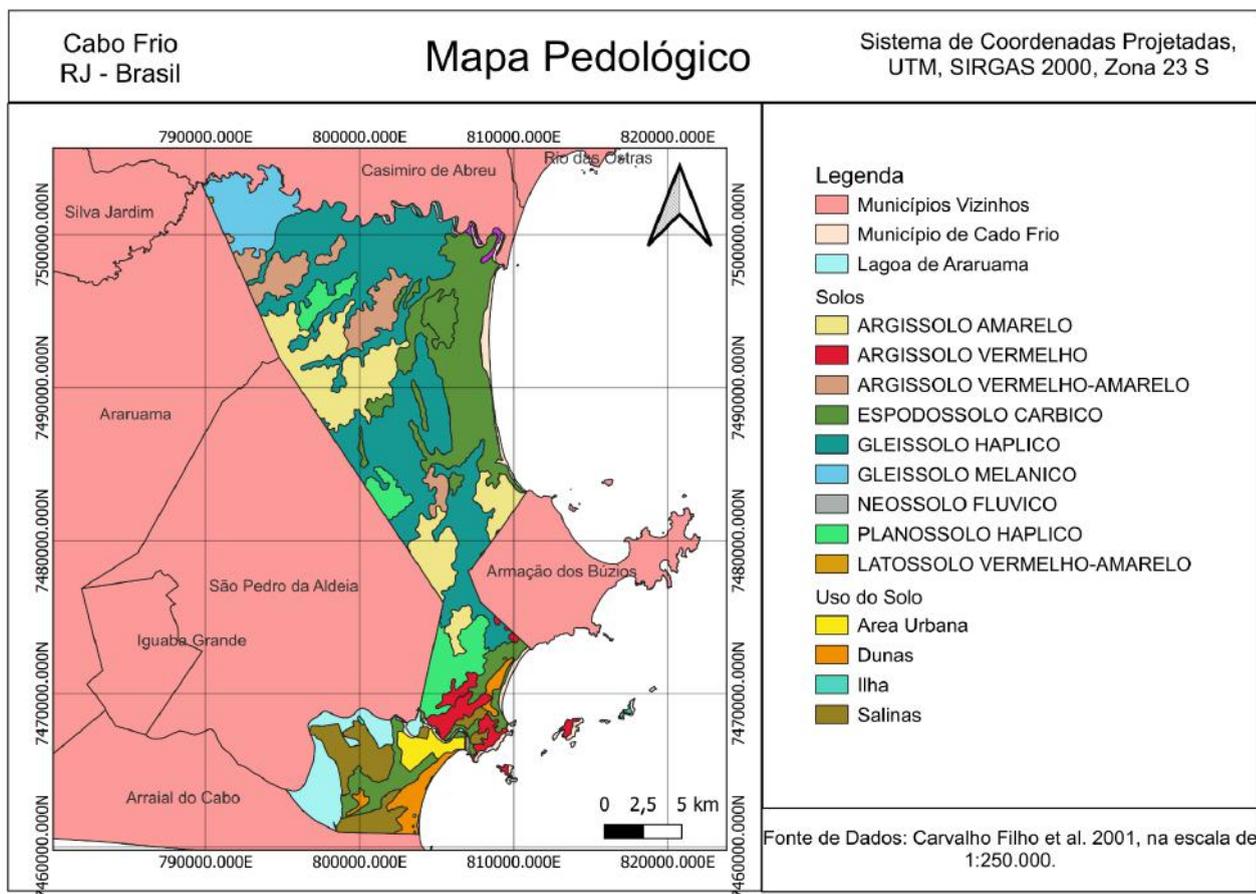


Figura 12: Mapa Pedológico de Cabo Frio. Fonte: Carvalho Filho *et al.* (2001).

3.3.3. Geomorfologia

Segundo Pereira *et al.* (2008), muitos dos registros geomorfológicos de uma paisagem costeira revelam uma evolução relacionada principalmente ao Quaternário tardio, que por sua vez são submetidos a esforços neotectônicos, variações climáticas e oscilações do nível do mar. Além disso, esses ambientes também são submetidos a dinâmica evolutiva relacionada a marés, ondas, correntes de derivas e tempestades.

Analisando o litoral sul-oriental do Estado do Rio de Janeiro pode-se perceber que é marcado não só pela brusca inflexão da costa, mas também por uma variedade geomorfológica, o que compõem uma paisagem costeira bem diversificada, como pode ser observado na Figura 13. As últimas transgressões e regressões marinhas, ocorridas no Pleistoceno ao Holoceno, mostram evidências no relevo litorâneo que marcaram sucessivas

mudanças paleoambientais durante esses períodos e comportamentos de feições dinâmicas atuais (Pereira *et al.* 2008).

Com base na geomorfologia da planície costeira de Cabo Frio, sua borda externa possui um sistema de dunas frontais que o trabalho de Pereira *et al.* (2008) classificou por Dunas Frontais Ativas e Dunas Frontais Vegetadas. A primeira refere-se a um cordão dunar semifixo bem desenvolvido com presença de rupturas de deflação ou cortes eólicos (*blowouts*) gerando lóbulos deposicionais em forma de U, sem vegetação. Sua obliquidade em relação aos ventos predominantes de nordeste e a composição granulométrica variando de fina a muito fina, sugere uma área de *bypass* dos sedimentos do sistema praial para a cadeia de barcanas (Figura 13). Indo mais para sul, as dunas frontais passam a ter mais fixação por conta da vegetação. Por conta disso e do aumento do diâmetro granulométrico, o transporte eólico nesse trecho é mais difícil.

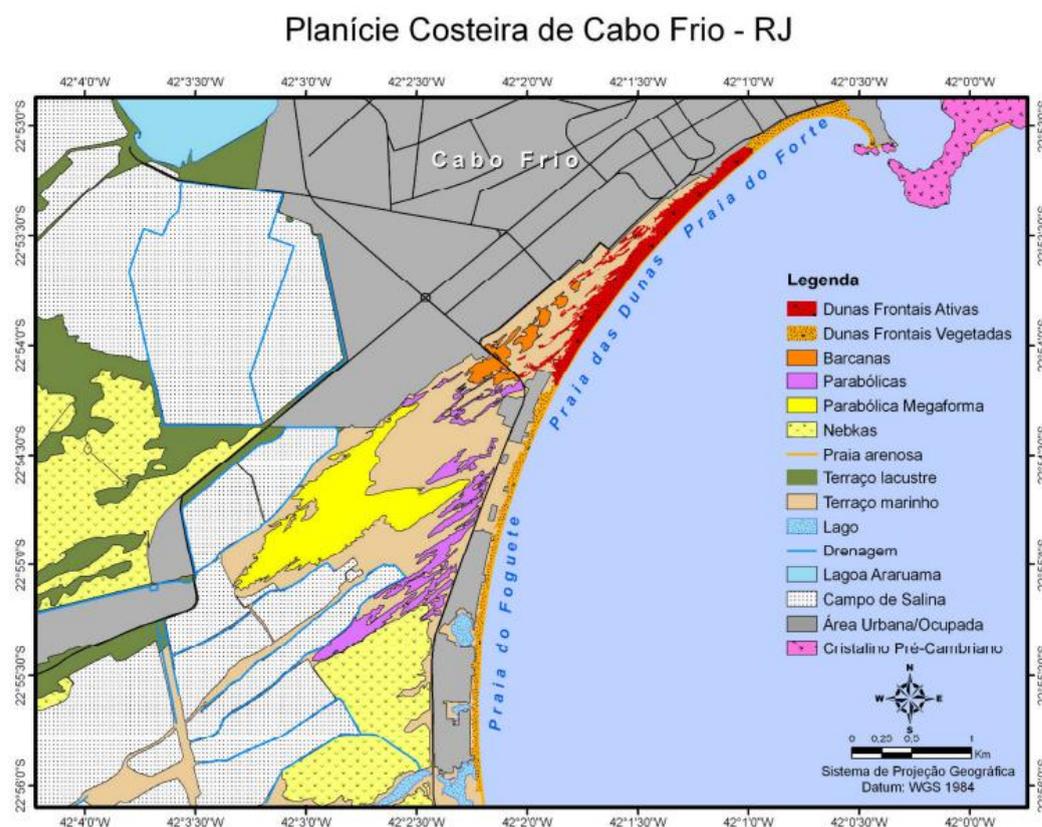


Figura 13: Mapa das feições eólicas e uso e cobertura do solo em parte da planície costeira de Cabo Frio. Fonte: Pereira *et al.* (2008).

Sobre uma megafórmula parabólica individualizada ocorre a migração de cadeias de barcanóides que representam a reativação atual de depósitos mais antigos. Feições do tipo *Hummokys* ocorrem desde áreas mais próximas às margens da Lagoa de Araruama até o

extremo leste da planície, passando por toda a parte sul da planície, constituída pela restinga da Massambaba. Pode-se observar na Figura 13 que esses depósitos obedecem um alinhamento preferencial dos ventos predominantes de NE, que possivelmente se tratam de uma remobilização eólica sobre terraços pleistocênicos, e não uma resultante da construção da planície costeira por deriva litorânea numa fase regressiva holocênica.

A região de estudo, apesar de não se tratar de uma área com grande elevação, os locais mais suscetíveis a um possível movimento de massa, correspondem a elevações variando de 20 a 200m, ou seja correspondendo a “colinas” e “morros”, que se concentram principalmente no Pontal de Búzios, onde há predomínio de paragnais e ortognais associadas às Unidades Búzios e Região dos Lagos, respectivamente. Além disso, essa região também conta com a presença de falhas, de menor magnitude e em variados sentidos, e diques que também são indicadores naturais de movimentação.

Assim, para completar a geodiversidade singular da região, feições geomorfológicas como campos de dunas; colinas; depósitos tecnogênicos; ilhas costeiras; lagoas e lagoas; morros e morrotes; planícies fluviais; planícies lagunares; planícies marinhas; superfícies aplainadas; e praias, são possíveis de ser observadas no Município (Figura 14).

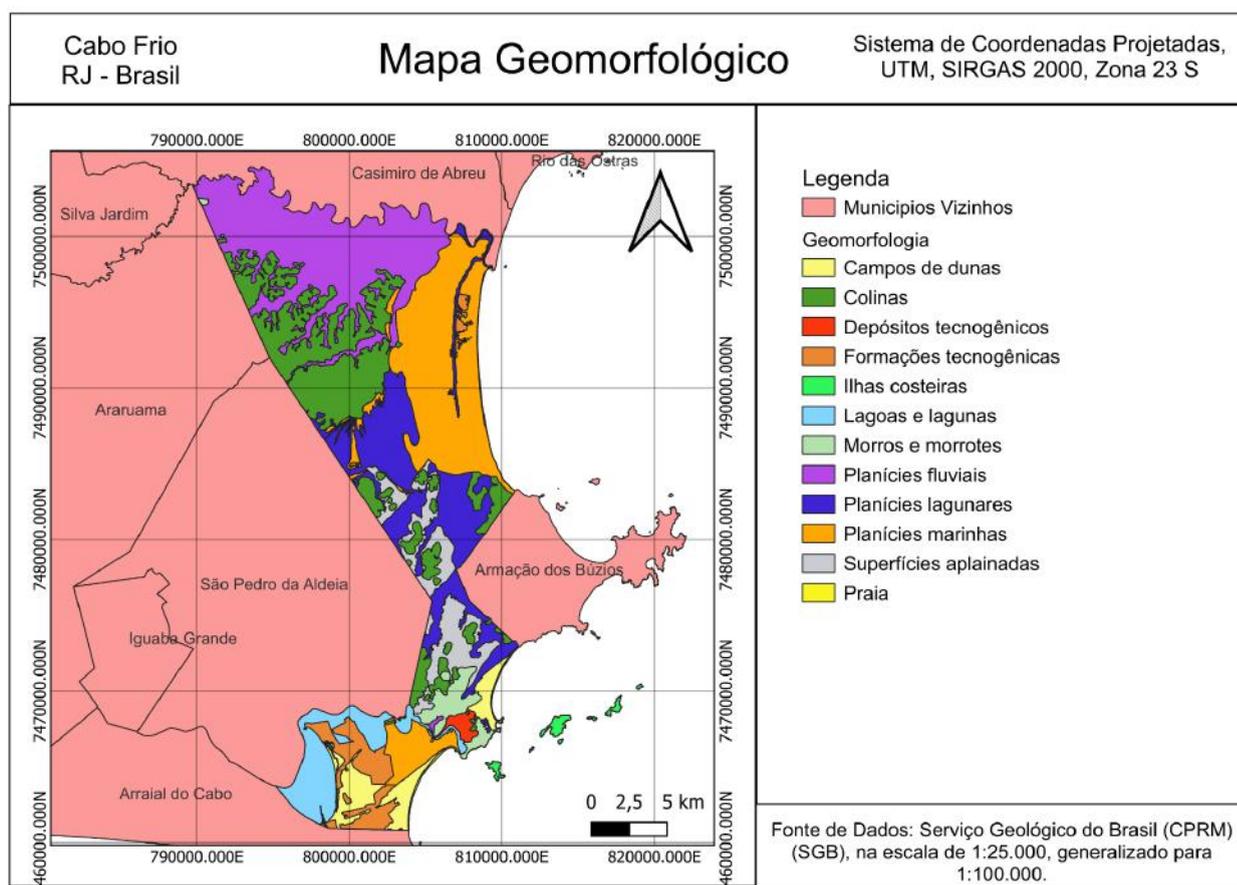


Figura 14: Mapa Geomorfológico da região de Cabo Frio. Fonte: Serviço Geológico do Brasil.

3.3.4. Hidrografia

Com base no Manual de Manejo de Recursos Hídricos da Embrapa (2010), pode-se dizer que água é o elemento natural, desvinculado ao uso, e recursos hídricos são a parcela de água superficial e subterrânea disponível para o uso ou bem econômico. Assim pode-se dizer que todo recurso hídrico é água, mas nem toda água é recurso hídrico (Marques, 2021).

Com base na lei federal nº 9.433 de 1997, conhecida como “Lei das Águas”, foi determinado que a água é um bem de domínio público e por isso não pode ser privatizada. Também determina que a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada, com participação do governo e sociedade, e deve se basear nos diversos usos como: abastecimento, indústria, irrigação, disponibilidade para o meio ambiente, etc.

O abastecimento público de água na região de Cabo Frio é responsabilidade unicamente da PROLAGOS, que atende principalmente as áreas urbanas do município. Porém, as áreas rurais apresentam grande déficit hídrico, por conta da intermitência dos rios que cortam a região, o que torna o sistema de abastecimento rural bastante dependente da captação de águas subterrâneas (Sabino, 2020).

Segundo um documento de 2012 do Comitê das Bacias Hidrográficas da Lagoas de Araruama e Saquarema e do Rios São João e Una, a bacia hidrográfica da Lagoa de Araruama e do Cabo de frio, são formadas por dois sistemas hidrográficos: o sistema hidrográfico da Lagoa de Araruama, formado pela Lagoa de Araruama e seus afluentes; e o sistema hidrográfico Litorâneo, formado pelas áreas de brejos, dunas e praias que acompanham o litoral. Os municípios que fazem parte dessa bacia hidrográfica são: Arraial do Cabo (integralmente) e Saquarema, Araruama, Iguaba Grande, São Pedro da Aldeia e Cabo Frio de forma parcial.

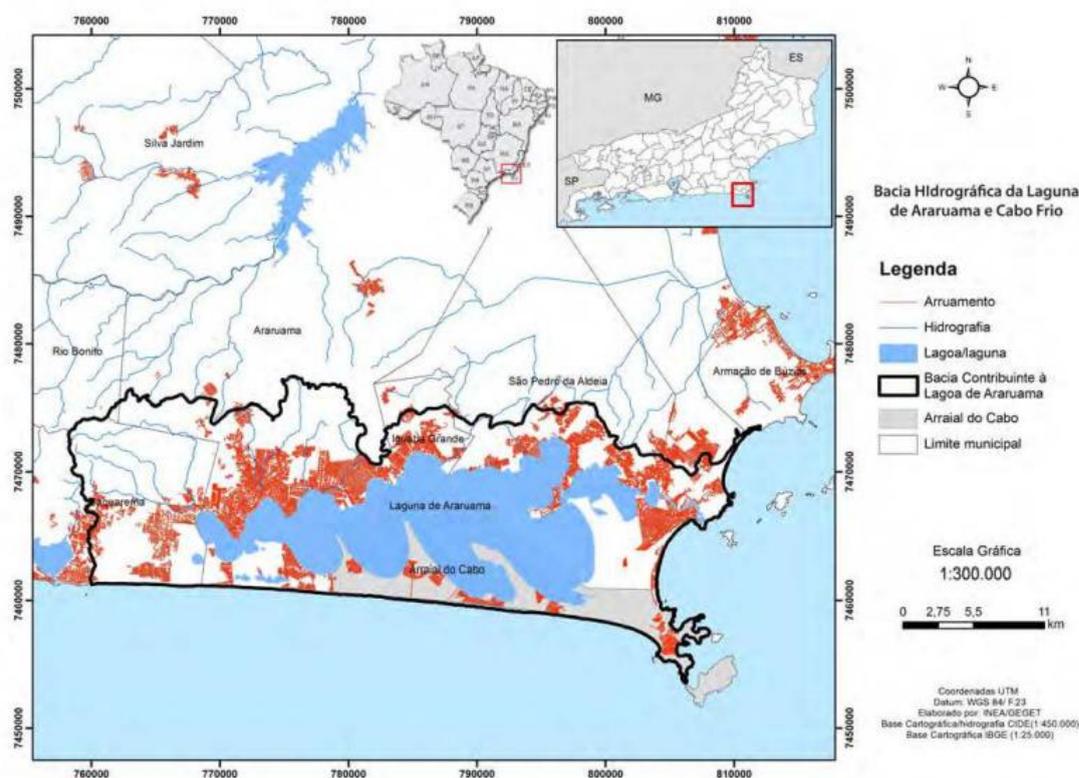


Figura 15: Bacia Hidrográfica da laguna de Araruama e Cabo Frio, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Fonte: Pereira *et al.* (2016).

Assim, pode-se dizer que a região apresenta rios pouco extensos, com destaque para o São João e o Una, e uma série de lagoas barradas por cordões litorâneos, entre as quais se sobressai a Lagoa de Araruama (Figura 15).

A água subterrânea é de extrema importância para o abastecimento de regiões costeiras, uma vez que nem sempre a demanda é atendida por conta do constante crescimento urbano estimulado pelo turismo local. Com isso, como também pode ser observado na (Figura 16), grande parte dos elementos representados por “Massa D’Água” trata-se da exposição do lençol freático por conta da extração de areia em cava principalmente no distrito de Tamoios. Ao que se sabe o distrito de Tamoios possui extensos cordões arenosos litorâneos constituindo verdadeiras reservas de água subterrânea que são revertidos em superfície por remanescentes de Mata Atlântica que sofre contínuo desmatamento, para dar lugar a expansão urbana e outros usos associados à exploração econômica da região (Neres *et al.*, 2011).

Em geral, muitas das áreas úmidas como brejos e alagadiços na região de Cabo Frio foram drenadas para servirem de pastagem ou usadas para agricultura. Além disso, algumas áreas ficam alagadas de forma controlada nas salinas para a produção de sal (Bragança, 2021). Até mesmo por conta disso os rios encontram-se retificados e são, em maioria, canalizados,

como observado na Figura 16.

Um ponto para se levar em consideração é que apesar de uma parte dos corpos hídricos estarem protegidos pelas Unidades de Conservação (UCs), existem centros urbanos próximos ou sobre as áreas classificadas como suscetíveis, o que acaba por agravar a questão dos alagamentos por conta da impermeabilização do solo (Leal *et. al.* 2020).

Além disso, no caso de áreas urbanas consolidadas, onde a manutenção do sistema de drenagem pluvial é importante para minimizar a ocorrência de alagamentos, salienta-se que o inciso IV do art. 3º da Lei Federal nº 11.445/2007 estabelece que a "disponibilidade, nas áreas urbanas, de serviços de drenagem e manejo das águas pluviais, limpeza e fiscalização preventiva das redes, adequados à saúde pública e à segurança da vida e do patrimônio público e privado" é um dos princípios fundamentais dos serviços públicos de saneamento básico (Brasil, 2007).

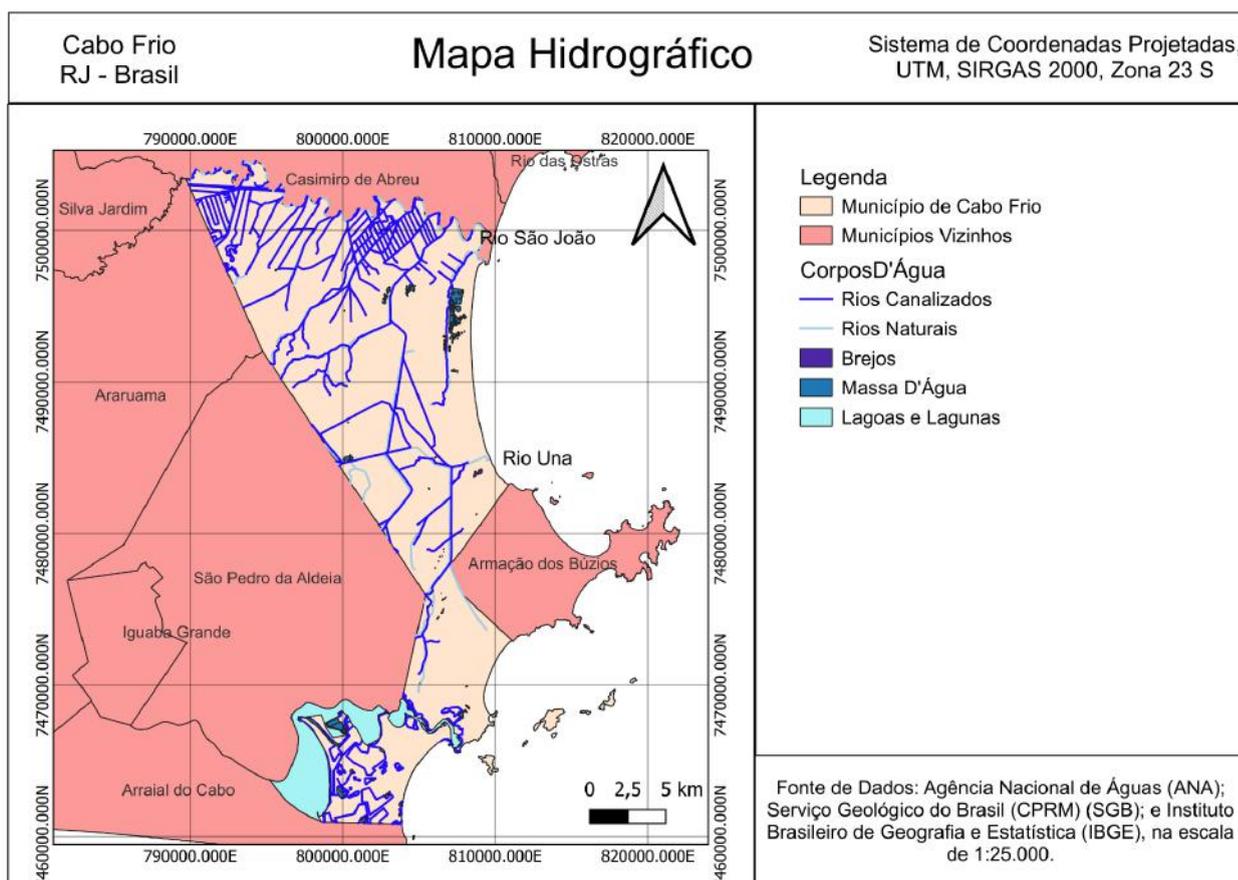


Figura 16: Mapa Hidrográfico da região de Cabo Frio. Fontes: Agência Nacional de Águas; Serviço Geológico do Brasil; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

3.4. Turismo Local

Por conta de sua posição geográfica privilegiada, Cabo Frio oferece diversos atrativos turísticos, tanto naturais quanto culturais. Cercada pelas águas do oceano Atlântico, possui uma grande quantidade de praias que atraem turistas durante o ano todo. Além do apelo natural, a cidade conta com uma riqueza cultural em seus monumentos e pontos históricos de extrema importância não só para o município, mas também para o país.

Dentre os atrativos naturais, apresentados no próprio site da prefeitura de Cabo Frio, o município apresenta: a praia do Forte; a ilha do Japonês; a praia das Conchas; a praia e dunas do Però; a praia do Siqueira; a praia Brava; a praia do Foguete; a praia do Pontal do Però e a lagoa de Araruama. Também dispõe de atividades de ecoturismo por conta da sua variedade de trilhas como: a Trilha TransCaboFrio; a Trilha do Morro do Vigia; a Trilha da Ponta do Chapéu; a Trilha da Caverna dos Escravos; Trilha do Farol da Lajinha e a Trilha da Praia Brava. Com isso, alguns desses atrativos são reconhecidos como Geossítios para o Geoparque Costões e Lagunas que abrange a região de Cabo Frio, como observado nas Figuras 10 e 17.

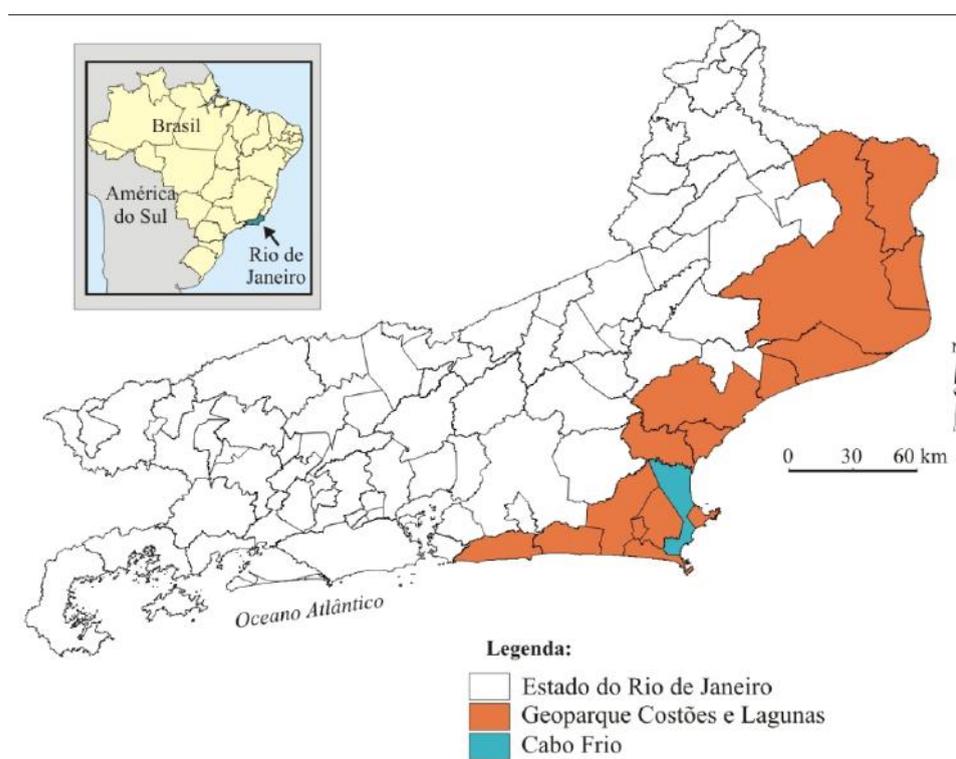


Figura 17: Localização de Cabo Frio dentro do Geoparque Costões e Lagunas. Fonte: Geoparque Costões e Lagunas.

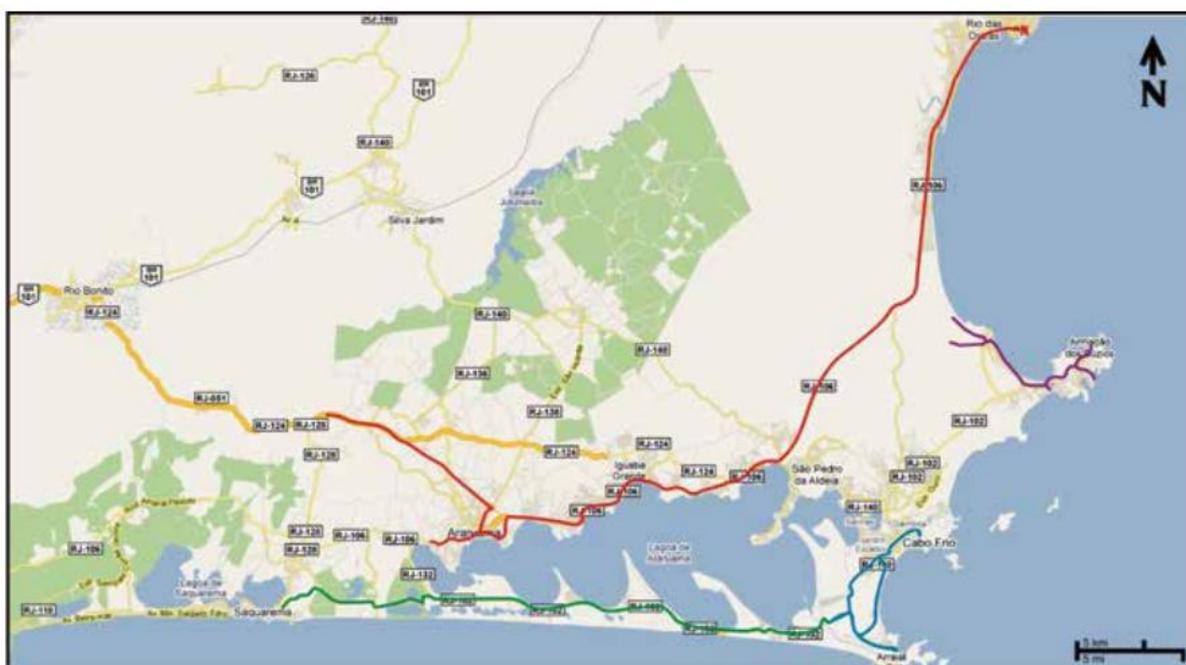
Já com relação aos atrativos culturais, o site mostra que o Município conta com: a

Casa-Ateliê Carlos Scliar; o Museu de Arte Religiosa e Tradicional; o Morro da Guia; Cháritas; o Forte São Matheus; a Igreja Nossa Senhora da Assunção; a Fonte do Itajuru; o Polo Gastronômico da Passagem; o Espaço Cultural do Surfe; a Fazenda Campos Novos (Distrito de Tamoios); Palácio das Águias, a Ponte Feliciano Sodré; o Horto Municipal e o Solar dos Massas.

Vale lembrar que além da agricultura, pesca e repasse dos *royalties* de petróleo, a economia atual do Município se baseia também no turismo, onde, segundo o IBGE, o PIB per capita ficou na faixa de R\$52.801,54 no ano de 2021. Em 2021 o salário mínimo mensal ficava na média de dois salários mínimos, com apenas 22,48% da população empregada (IBGE, 2021). Assim, os pescadores locais, que são um pouco mais de 4000, vêm nos últimos anos fazendo um trabalho de turismo na região a fim de incrementar a renda familiar.

Segundo Mansur *et al.* (2012), são sugeridos 4 roteiros geoturísticos na região (Figura 18). Cada um deles pode ser feito pelo menos em um dia:

- Roteiro das Lagunas e Salinas – desde Saquarema até Arraial do Cabo
- Roteiro dos Costões e Dunas – Cabo Frio
- Roteiro dos Costões e Praias - Armação dos Búzios
- Roteiro da Pré-História aos Viajantes – desde Araruama até Rio das Ostras



- Roteiro 1 - Lagunas e Salinas
- Roteiro 2 - Costões e Dunas
- Roteiro 3 - Costões e Praias
- Roteiro 4 - Da Pré-História aos Viajantes

Figura 18: Mapa de localização dos quatro roteiros sugeridos. Fonte: Mansur *et al.*, (2012).

4 MATERIAL E MÉTODOS

A aplicação da metodologia descrita neste trabalho tem como objetivo criar um produto final representando a Geodiversidade do Município de Cabo Frio. Assim, foram utilizados mapas Geológico, Geomorfológico, Pedológico, Hidrográfico e de lugares de interesse geológico inventariados, em diferentes escalas, no intuito de se aplicar um método quantitativo e outro qualitativo de avaliação para a região estudada.

Para a aplicação do método quantitativo baseou-se no trabalho de Pereira *et al.* (2013), que consiste na contagem das ocorrências de Geodiversidade ao se sobrepor uma malha regular sobre cada um dos mapas, somando assim as ocorrências no interior de cada célula, por meio de ferramentas de geoprocessamento. Por sua vez, o método qualitativo tem o objetivo de definir Unidades de Geodiversidade a partir da integração dos elementos do meio físico do município. E assim, foram aplicados dois métodos para obtenção de dois produtos (Quantitativo e Qualitativo), abordando o conceito de Geodiversidade de duas formas distintas e complementares.

4.1. Material

A escrita do presente trabalho foi realizada utilizando-se de uma revisão bibliográfica com auxílio dos *websites* Google Acadêmico; Pantheon UFRJ; e Geoparque Costões e Lagunas. Além disso, foram utilizadas técnicas de Geoprocessamento para a realização dos mapas.

Para a geração dos mapas Quantitativo e Qualitativo da Geodiversidade de Cabo Frio, foram usados os seguintes dados:

- Mapa Geológico: retirado do trabalho de Heilbron *et al.* (2016), na escala de 1:100.000;
- Mapa Geomorfológico: retirado do Serviço Geológico do Brasil (CPRM) (SGB), na escala de 1:25.000 e generalizado para 1:100.000;
- Mapa Pedológico: retirado do trabalho de Carvalho Filho *et al.* (2001), na escala de 1:250.000;

- Mapa Hidrográfico: integração entre os dados fornecidos pela Agência Nacional de Águas (ANA), Serviço Geológico do Brasil (CPRM) (SGB) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), na escala de 1:25.000.

Vale ressaltar que para a interpretação e contagem dos elementos de Geodiversidade, os dados do mapa de geossítios (Figura 11) não devem ser contabilizados, neste caso, pois um mapa de geodiversidade deve mostrar a distribuição da riqueza de elementos do meio físico sem considerar os valores que estes elementos possuem. Portanto a análise sobre os geossítios será realizada em conjunto com o mapa de geodiversidade, mas eles não participam da construção do mapa quantitativo e qualitativo.

Assim, a elaboração dos mapas foi realizada principalmente no *software* QGis versão 3.34.4, e a contagem dos elementos nos mapas quantitativos foram feitos no *software* ArcGis versão 10.6.

4.2. Métodos

4.2.1. Avaliação Quantitativa (*Mapa de Índice de Geodiversidade*)

Para Vita *et al.* (2017) o mapeamento quantitativo está inserido à classe analítica e estatística da cartografia temática, portanto tudo que envolve números, quantidade e tamanhos é estudado e determinado como dados quantitativos.

Para esse tipo de avaliação, o mapa de índice de geodiversidade foi desenvolvido com base na metodologia usada por Pereira *et al.* (2013) onde foi criado um esquema de grade em sobreposição dos mapas que se deseja analisar, e assim é possível se contar quantidade de ocorrências em cada célula da grade. Santos *et al.* (2017) também se basearam no trabalho de Pereira *et al.* (2013), apresentando, porém, uma adaptação nessa metodologia. Como o presente estudo visa descobrir a quantidade de elementos de geodiversidade presentes no município de Cabo Frio ligados a elementos geoturísticos, os lugares de interesse geológico foram sobrepostos aos mapas finais para avaliação.

As classes a serem avaliadas foram definidas de acordo com a escala de trabalho e a disponibilidade dos dados. Assim, para a elaboração do mapa do índice de geodiversidade se definiu a escala final de 1:100.000, considerando a escala dos dados disponíveis. Em seguida foi definida uma grade com células medindo 1000X1000m, que foi sobreposta em cada mapa com o objetivo de quantificar o número de ocorrências em cada uma das cerca de 410 células

da matriz (Figura 19). Portanto, para a criação da grade foi utilizada a ferramenta de grade vetorial do *software* QGIS. Os mapas temáticos representando os diferentes componentes da geodiversidade (geologia, geomorfologia, solos e hidrografia) foram sobrepostos por essa grade regular. Por meio do *software* ArcGis, em cada célula da grade, foram contabilizadas as ocorrências de elementos distintos, dando origem aos mapas de subíndice.

Por fim, depois de realizado esse procedimento para cada um dos mapas de subíndice de Geodiversidade, com auxílio da ferramenta *Join*, foram somados os valores obtidos em todos os subíndices, resultando na quantificação final e no mapa do índice de geodiversidade.

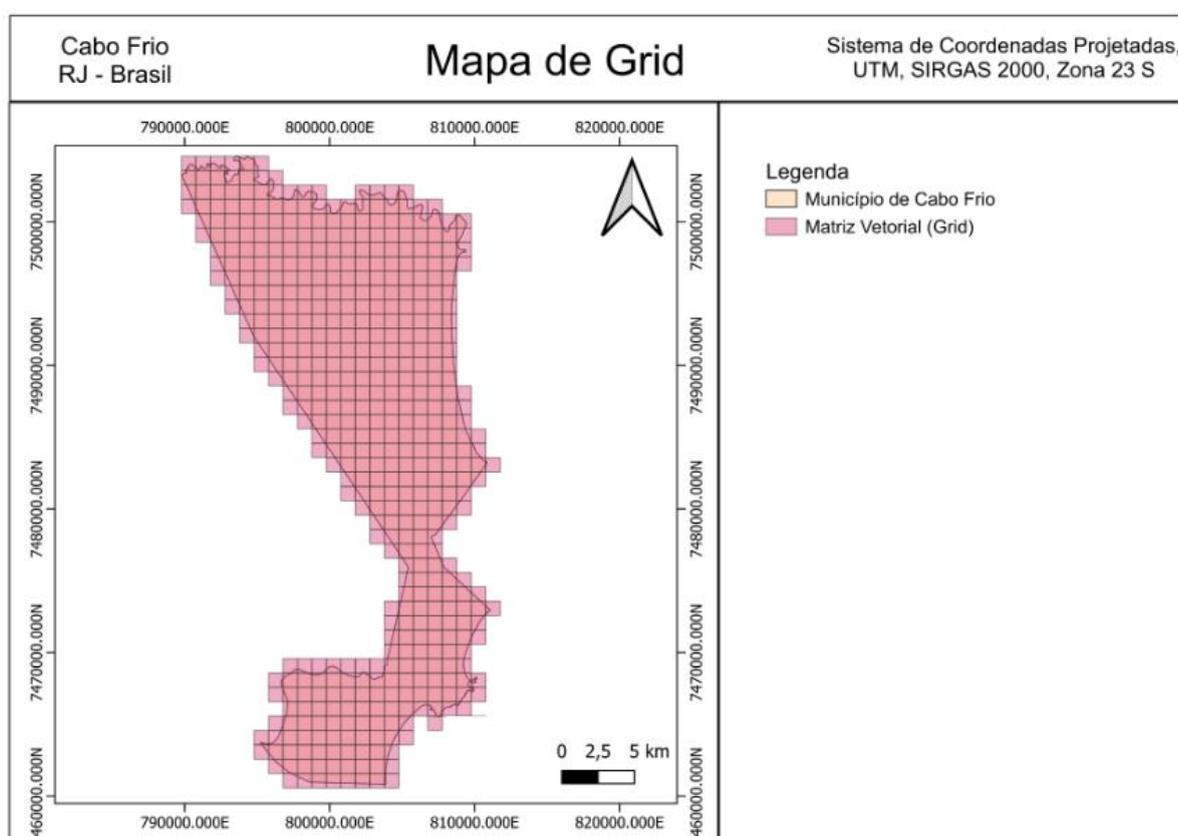


Figura 19: Matriz Vetorial (Grid) com espaçamento de 1000X1000m.

Os parâmetros a serem considerados na quantificação para cada subíndice levou em conta o que apresentaria um maior nível de detalhe, permitindo assim uma avaliação mais detalhada e, pode se dizer, mais assertiva de cada mapa. Com isso, para o subíndice Geológico escolheu-se os parâmetros “Unidades” e “Estruturas” de forma integrada; para o subíndice Geomorfológico, escolheu-se o parâmetro “Padrões de Relevo”; para o subíndice Pedológico foi escolhido o parâmetro “Ordem” e “Subordem”; e para o subíndice Hidrográfico, as ocorrências das drenagens, brejos, lagoas e lagunas, e massas d’água foram

somadas.

Em teoria a contagem das ocorrências/elementos em cada célula da grade em cada subíndice pode ser realizada por meio de duas técnicas diferentes:

- *Multiparts*: As geometrias com o mesmo atributo são contadas apenas uma vez, independentemente de aparecer em mais de um polígono dentro de uma célula. Portanto, assim as geometrias de cada célula são contadas sem considerar suas repetições. Ao que se observa em estudos anteriores, esse é o método mais comum utilizado.
- *Singleparts*: As geometrias são separadas em partes únicas, contando cada uma (incluindo suas repetições) em cada célula da grade.

Porém, de acordo com Gonçalves (2018) e Gonçalves *et al.* (2020) após comparar as duas técnicas, o *Singleparts* se mostrou menos eficaz, justamente por contar as repetições dos elementos dentro de cada *grid*, acarretando em uma contagem muito alta, deixando de refletir a diversidade e passando a refletir mais a quantidade de unidades. Por isso, no presente estudo, os mapas de subíndice foram elaborados utilizando a técnica do *Multiparts*. Vale ressaltar que como em alguns dos mapas originais de Geologia, Geomorfologia, Pedologia e Hidrologia, as ilhas de Cabo Frio não foram mapeadas, no presente trabalho tais ilhas não foram quantificadas.

Assim, os mapas de subíndices de Geodiversidade foram obtidos considerando somente o método *Multiparts*, onde por fim, foram sobrepostos a fim de obter a quantificação final de Índice de Geodiversidade. Nessa etapa pode-se definir um intervalo de classes para cada Índice de Geodiversidade, utilizando-se o “Valor Máximo Obtido” (VMO), no intuito de avaliar qual o melhor intervalo para representação da Geodiversidade. O VMO é representado pela célula que apresentou pontuação mais alta a partir da soma dos quatro subíndices (Geomorfológico, Pedológico, Geológico e Hidrográfico). Assim, após obter os valores de Subíndice de Geodiversidade para cada um dos mapas, foram definidas classes de Geodiversidade (Muito Baixo, Baixo, Médio, Alto e Muito Alto) para uma melhor representação do índice, além de facilitar a visualização de sua riqueza no município, gerando por fim o mapa de Índice de Geodiversidade.

4.2.2. Avaliação Qualitativa (*Mapa de Geodiversidade*)

O mapeamento qualitativo pode ser descrito como a locação de símbolos apropriados e feições cartográficas distintas de um fenômeno ou objeto, entidade ou atividade, podendo ser representados por pontos, linhas ou polígonos. Mapas temáticos se preocupam mais com a qualidade da simbologia empregada, portanto, todo mapa é, de certa forma, qualitativo, mesmo que seu objetivo principal não seja esse (Vita *et al.* 2017).

Porém, vale lembrar que, como descrito por Fernandes (2008) e Archela e Théry (2008), o mapeamento qualitativo não deixa de ser um mapeamento quantitativo já que o mesmo ainda representa o tamanho, que permite a percepção de proporcionalidade (informação em escala de intervalo ou de razão).

No presente trabalho, a criação do Mapa de Geodiversidade do Município de Cabo Frio partiu da definição de unidades pela análise integrada do meio físico, mostrando a integração dos elementos. Assim, a análise integrada e a sobreposição dos atributos geológicos, geomorfológicos e pedológicos, em escala de paisagem, permitiram a definição dessas unidades. Com isso, a obtenção do Mapa de Geodiversidade de Cabo Frio consistiu basicamente na sobreposição dos mapas geológico, geomorfológico e pedológico através das ferramentas *Vetor - Geoprocessamento - União*, para realizar uma associação entre eles. Como resultado desta integração, foram definidas Unidades de Geodiversidade que foram descritas e classificadas de acordo com suas características e geossítios locais, originando assim o mapa deste trabalho.

Por fim, com base na literatura de Santos *et al.* (2018), foi possível a elaboração do *layout* final do Mapa de Geodiversidade a partir de uma generalização do mapa geomorfológico por conta de sua escala de detalhe. Como é o mapa de maior detalhe, permite uma melhor definição das Unidades ao associar as formas de relevo com a Geologia, Solos, Hidrografia e possíveis geossítios, não ressaltando um aspecto em particular.

5 RESULTADOS

5.1. Avaliação Quantitativa da Geodiversidade

O Mapa de Índice de Geodiversidade foi elaborado a partir da integração dos mapas de subíndices de Geodiversidade mostrados abaixo. Com esse mapa final foi possível observar as riquezas e sua distribuição no município.

5.1.1. Subíndice Geológico

O Município de Cabo Frio mostra uma grande diversidade litológica caracterizada pelas rochas granodioríticas a graníticas da Suíte Araruama; o embasamento representado pela Unidade Região dos Lagos e Suíte Araruama; rochas metamórficas como a presença de cianita na Formação Búzios; e os sedimentos do Formação Barreiras. Além disso, conta com a presença de uma série de Depósitos como de Pântanos e Mangues; Praiais Antigos; Aluvionares; Marinhos; e Eólicos Litorâneos. Com relação a parte estrutural, o município apresenta diques; falhas normais e fraturas que também ajudam a contar a história geológica da região.

Na quantificação do subíndice Geológico (litologias + estruturas), observou-se valores variando de 1 a 5 (Figura 20) onde os valores mais altos concentram-se nas regiões próximas ao canal que liga a lagoa de Araruama ao oceano. Os índices mais baixos (1 e 2) têm mais ocorrência no município e representam as áreas com pouca ou nenhuma estrutura e que são também mais homogêneas litologicamente.

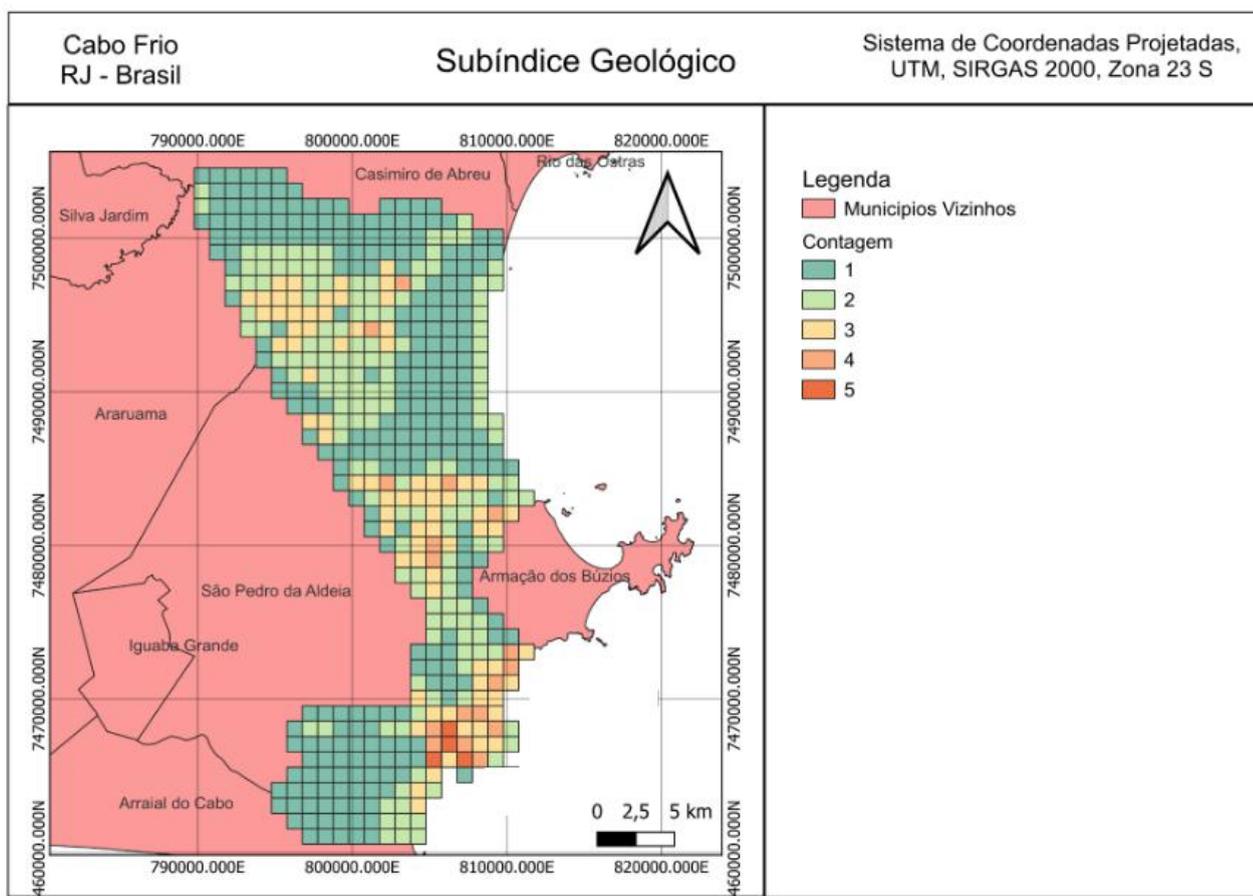


Figura 20: Mapa de Subíndice Geológico através do método *multiparts*.

5.1.2. Subíndice Geomorfológico

A grande variedade Geomorfológica de Cabo Frio está atrelada ao fato das áreas costeiras estarem relacionadas à evolução do Quaternário, que por consequência são submetidas a esforços neotectônicos, mudanças climáticas e oscilações do nível do mar. Assim, a quantificação do relevo do subíndice Geomorfológico apresentou uma quantidade de valores maiores, variando de 1 a 6 (Figura 21) sendo que os valores mais baixos (1 e 2) aparecem em áreas onde o relevo encontra-se mais homogêneo.

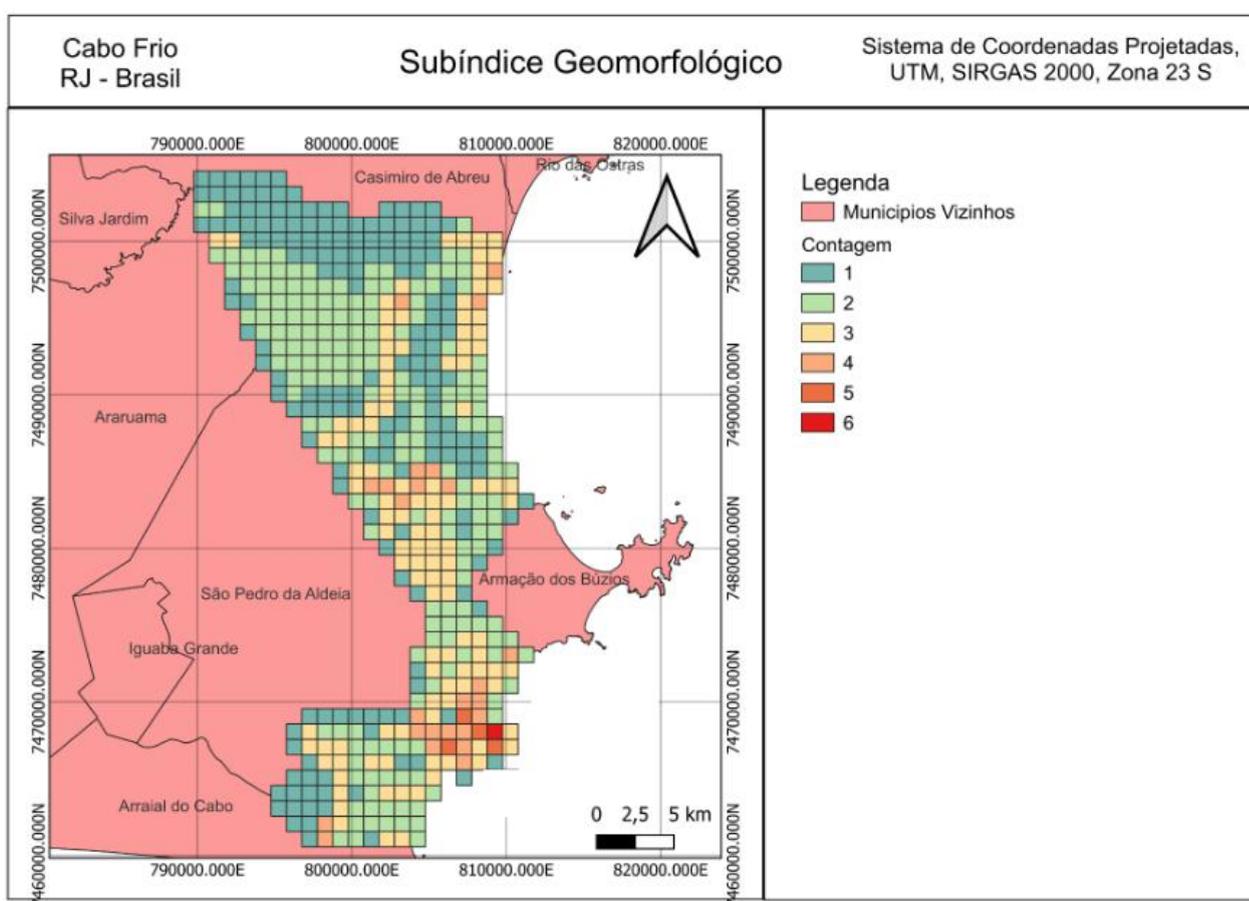


Figura 21: Mapa de Subíndice Geomorfológico através do método *multipart*.

5.1.3. Subíndice Pedológico

Por conta da morfologia, e análise química, física e mineralógica, a diversidade pedológica de Cabo frio é constituída pela presença de Argissolos Amarelo, Vermelho, e Vermelho-Amarelo; Espodossolo Cárbico; Gleissolos Háplico, e Melânico; Neossolo Flúvico; Planossolo Háplico; e Latossolo Vermelho-Amarelo.

Com isso a quantificação apresentou valores variando de 0 (zero) a 3 (Figura 22). Como observado, apesar da grande variedade de solos, o município apresenta valores mais baixos para a quantificação pedológica, o que pode ser explicado pelo uso da escala final de 1:100.000 enquanto que o mapa inicial pedológico constava na escala de 1:250.000. Essa grande diferença na escala fez com que o Subíndice Pedológico ficasse prejudicado, uma vez que a contagem final da diversidade de elementos consta menor que a realidade. Neste subíndice basicamente o valor 0 (zero) é representado pelas regiões que concentram a Lagoa de Araruama e as Salinas.

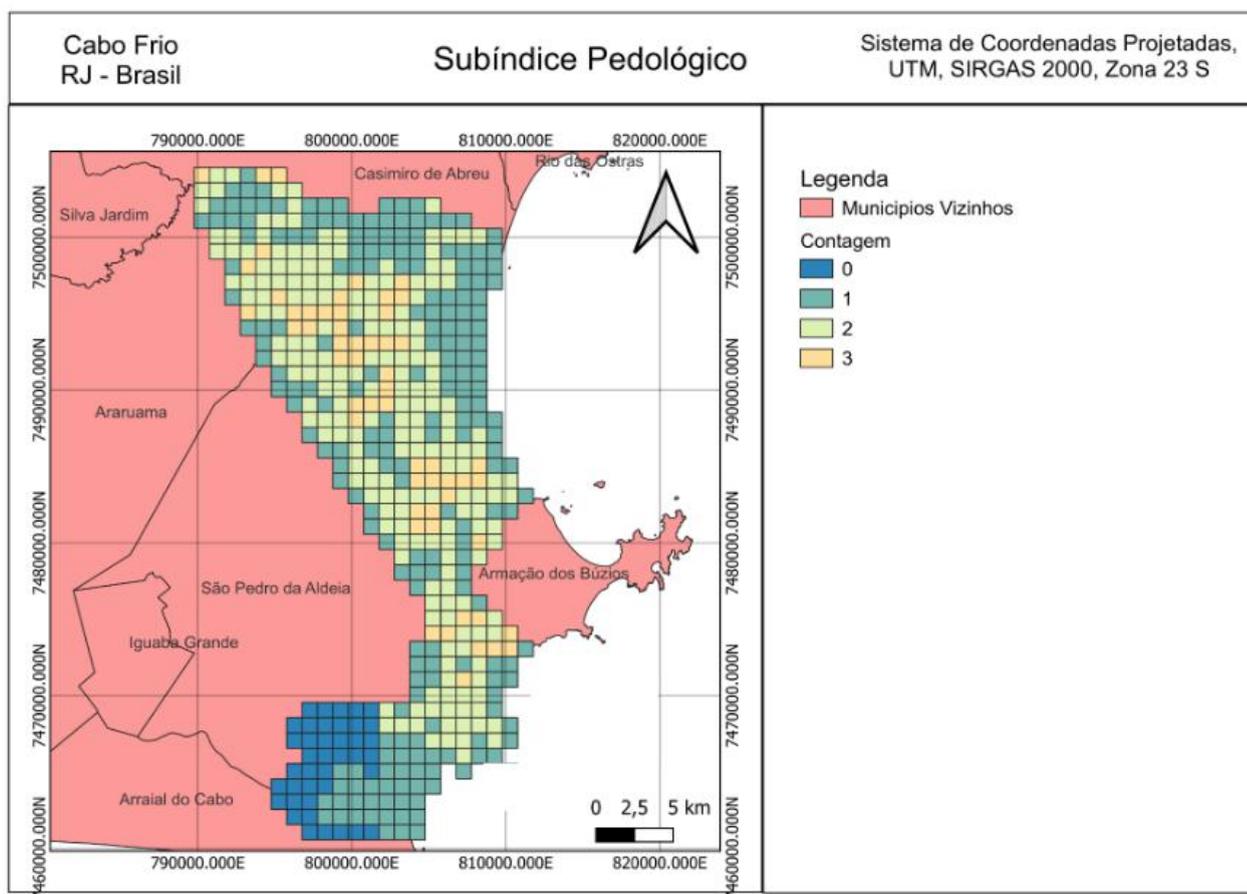


Figura 22: Mapa de Subíndice Pedológico através do método *multipart*.

5.1.4. Subíndice Hidrológico

A rede de drenagem do Município de Cabo Frio é formada pelo sistema hidrográfico da Lagoa de Araruama, que refere-se a Lagoa de Araruama e seus afluentes; e o sistema hidrográfico Litorâneo, que é formado pela áreas de brejos, dunas e praias do litoral. Os rios naturais da região são pouco extensos, com destaque para os rios São João e Una. Assim, por

conta da demanda do crescimento urbano, grande parte dos rios encontram-se canalizados e retificados, e a água dos lençóis freáticos são expostas por conta da extração de areia em algumas áreas. Vale lembrar que, por se tratar de um município litorâneo, sua linha de costa é bem expressiva e portanto o mar também é considerado um dos elementos hidrográficos da região, como observado na Figura 23.

Basicamente a quantificação do subíndice Hidrográfico obteve células variando de 0 (zero) a 4 elementos hídricos (Figura 23), com grande parte do território do município com 0 (zero) ou 1 elemento, o que pode ser caracterizado por uma menor quantidade de redes hidrográficas.

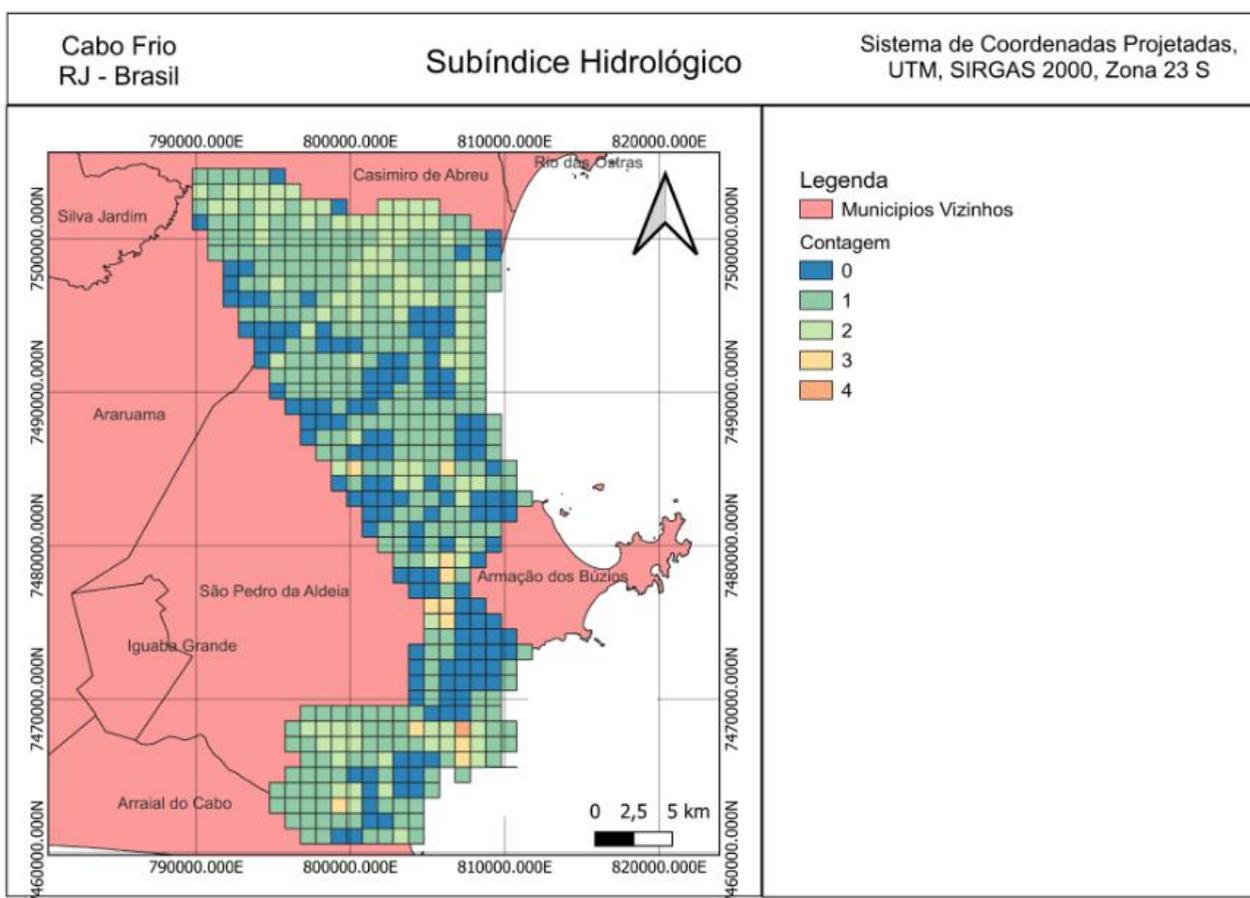


Figura 23: Mapa de Subíndice Hidrológico através do método *multipart*.

5.1.5. Mapa de Índice de Geodiversidade

Por fim, para a obtenção do mapa de Índice de Geodiversidade foi realizada a soma dos subíndices de Geodiversidade (Geologia, Geomorfologia, Pedologia e Hidrografia) com a qual foi possível se analisar a distribuição total da geodiversidade do município.

Como já mencionado no tópico de metodologia, com os valores obtidos em cada um dos mapas de Subíndice de Geodiversidade, pode-se definir classes para a Geodiversidade: Muito Baixo, Baixo, Médio, Alto e Muito Alto. O objetivo dessa divisão de classes é facilitar a visualização e interpretação da geodiversidade do Município.

Assim, com a soma dos subíndices de Geodiversidade segundo o método *multiparts* e o Valor Máximo Obtido (VMO) pode-se descobrir que o índice final apresentou valor mínimo de 1 e valor máximo de 14, no qual foi dividido em intervalos iguais (com o intuito de fazer a melhor distribuição possível) dentro das classes citadas: Muito Baixo (1 - 3); Baixo (4 - 6); Médio (7 - 9); Alto (10 - 12); e Muito Alto (> 12) (Figura 24).

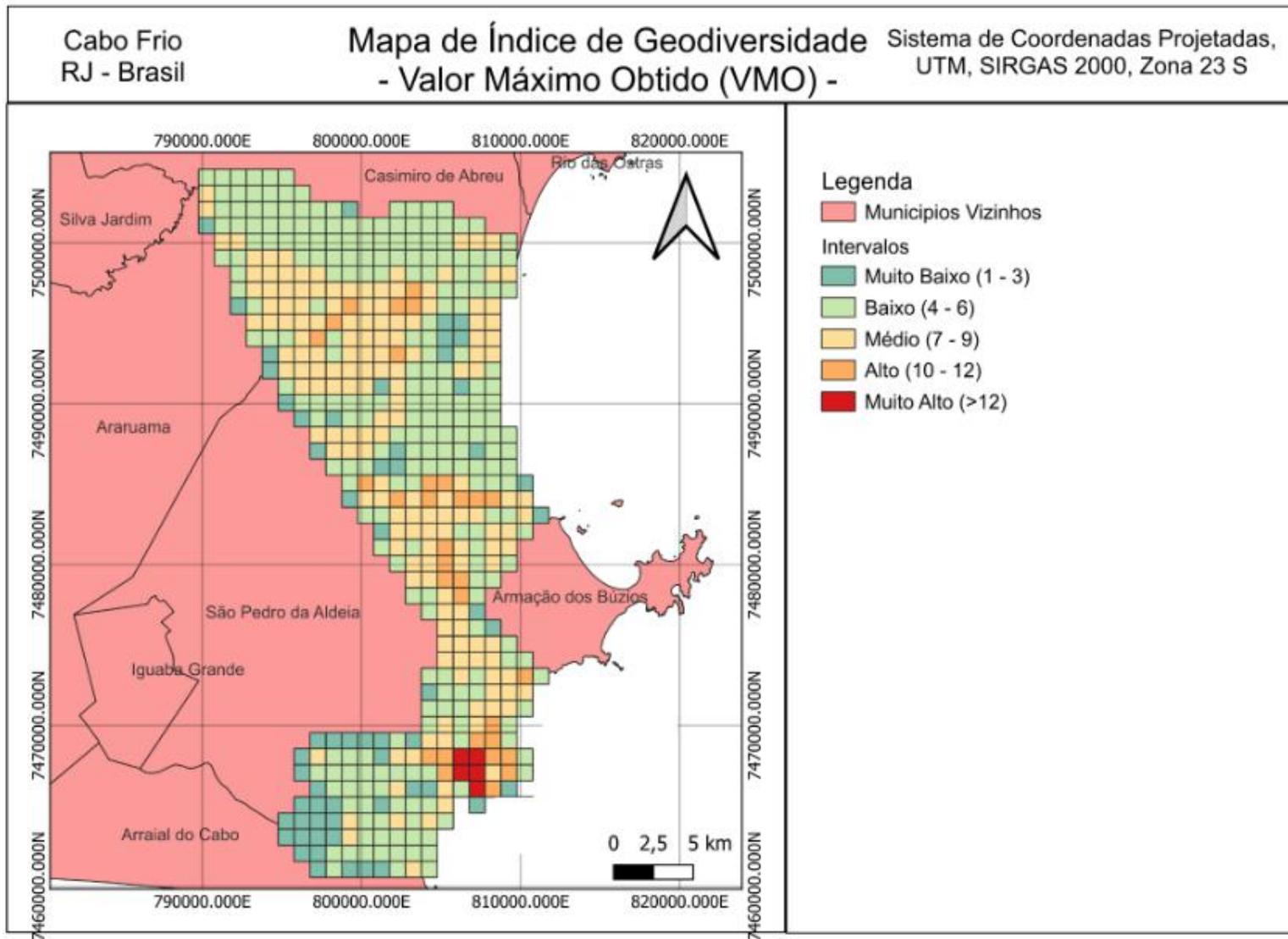


Figura 24: Mapa de Índice de Geodiversidade através do método *multipart* utilizando Valor Máximo Obtido.

Como observado, as áreas de maior diversidade concentram-se nas regiões com a presença das rochas Unidade Região dos Lagos e Formação Búzios; com a geomorfologia de morros e morrotes, e planícies marinhas; e com a pedologia de argissolo vermelho e espodossolo cárbico. Já as áreas de menor diversidade estão principalmente nas regiões próximas à Lagoa de Araruama.

Para ilustrar, a Figura 25 traz o Mapa de Índice de Geodiversidade com os Geossítios reconhecidos, apontando para uma maior concentração exatamente onde aparece Muito Alto. Nesta imagem também pode ser observado duas áreas com concentração de valores de Médio a Alto, indicando regiões com potencial para mais estudo visto sua relevância em diversidade.

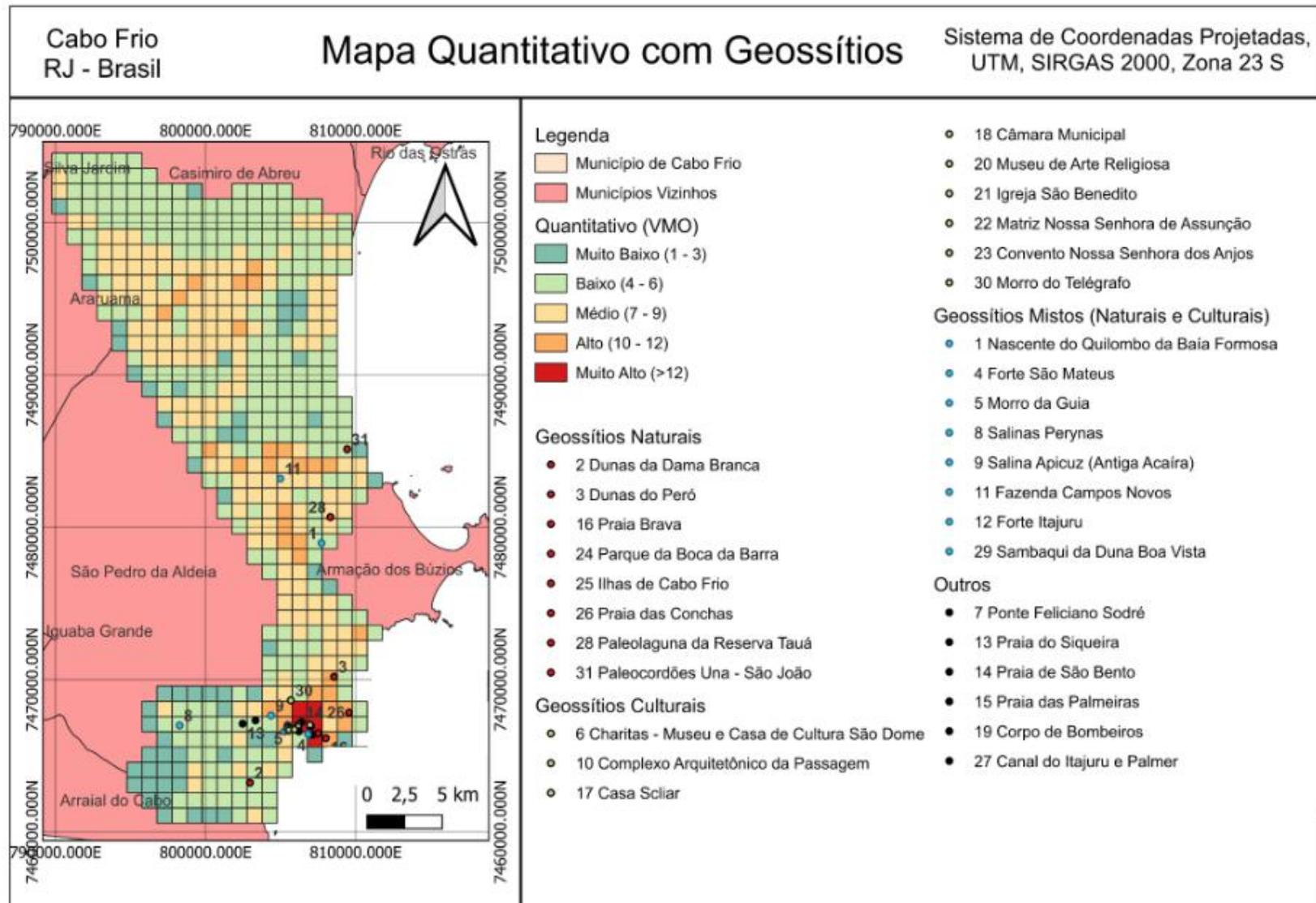


Figura 25: Mapa de Índice de Geodiversidade com os Geossítios.

5.2. Avaliação Qualitativa da Geodiversidade

5.2.1. Mapa de Geodiversidade

Com o objetivo de se ter uma representação da análise integrada dos elementos abióticos, foi elaborado o Mapa de Geodiversidade do município de Cabo Frio (Figura 26) apresentando grupos que foram definidos como Unidades de Geodiversidade. Essa definição de unidades de Geodiversidade é interessante na abordagem de planejamento e gestão territorial, incluindo o turismo local, uma vez que com ela é possível observar o meio físico de forma ampla e integrada, sendo possível analisar como os elementos influenciam um ao outro.

Já a Figura 27 ilustra a relação das Unidades criadas com a localização dos Geossítios já reconhecidos na região.

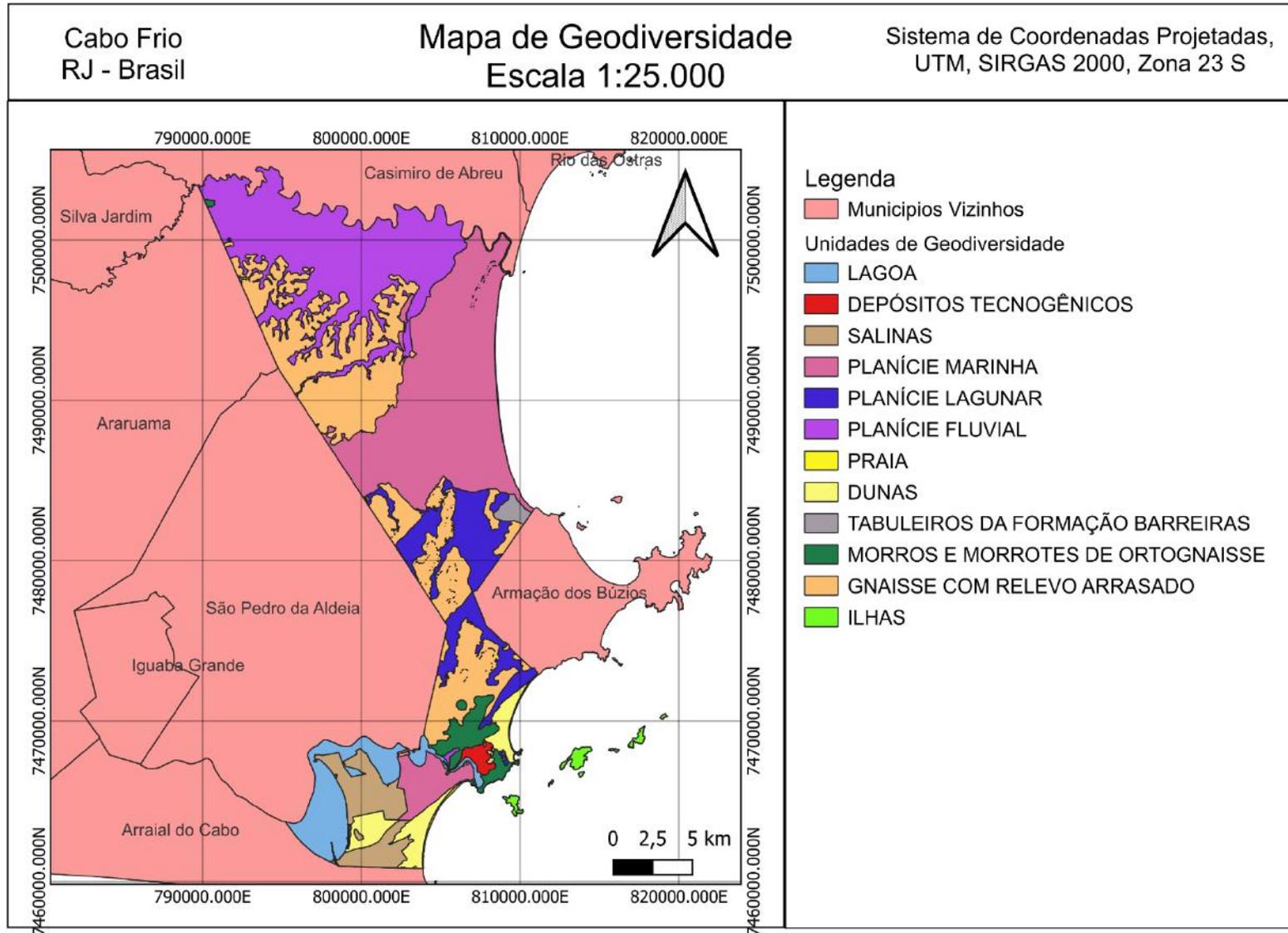


Figura 26: Mapa de Geodiversidade de Cabo Frio, RJ, Brasil.

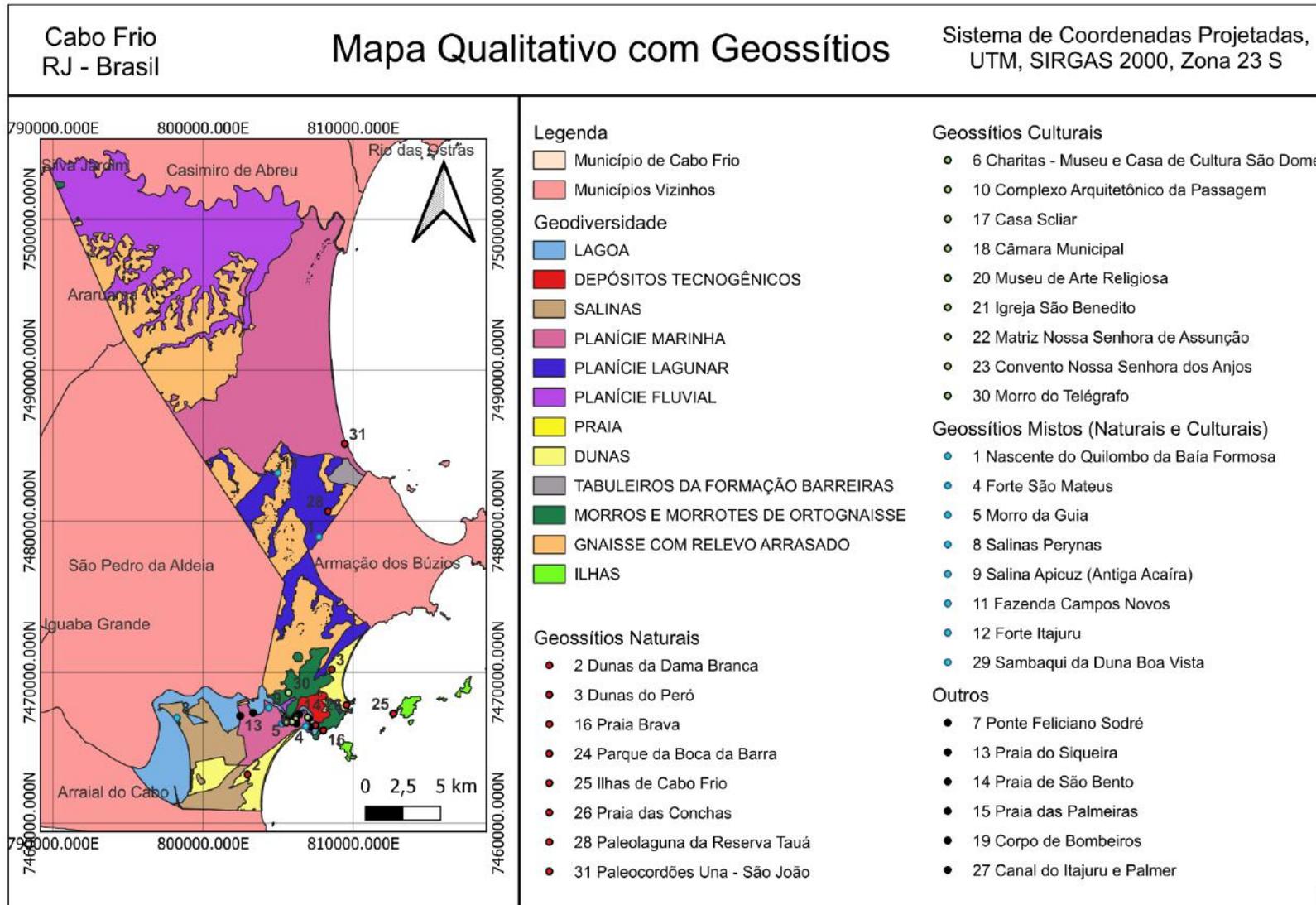


Figura 27: Mapa de Geodiversidade com os Geossítios.

5.2.2. Unidades de Geodiversidade

Abaixo segue a descrição das Unidades de Geodiversidade observadas na Figura 26, junto com os geossítios reconhecidos em cada uma delas. Muitos dos pontos citados fazem parte de trechos da trilha Trans Cabo Frio, e podem ser acompanhados pelo app Trilha TransCaboFrio.

A) Lagoa de Araruama

A Unidade Lagoa de Araruama é representada pela própria Lagoa. A Lagoa de Araruama é um geossítio importante no Estado do Rio de Janeiro por ser o maior sistema lagunar hipersalino em estado permanente da Terra (cerca de 220 km²), e pela raridade do ecossistema em que ocorre. Essa hipersalinidade é atrelada ao fenômeno da ressurgência, que é causado pelas águas frias da Corrente das Malvinas que migram pelo fundo do oceano até que alcança a Ilha do Cabo Frio. A água quente na região mais rasa do oceano é empurrada pelos ventos e a água fria sobe para a superfície, atrapalhando a evaporação e a formação de nuvens de chuva. Tais condições geram um clima semiárido, sendo assim escassos os rios e córregos para abastecer a Lagoa de Araruama e todo o sistema com água doce. Por fim, a evaporação da água da lagoa a torna hipersaturada em sais, o que é responsável pela existência das salinas na região, também possibilitando as condições para formação de estromatólitos.

B) Depósitos Tecnogênicos

Já a Unidade dos Depósitos Tecnogênicos está representando um terreno artificial, formado e/ou alterado pela ação do ser humano, e portanto de natureza variável. No município esses depósitos podem provocar diversos fatores como uma possível intensificação de processos erosivos e deposicionais; cortes e aterros originados por ação mecânica direta; além da própria alteração *in situ*, a exemplo de contaminações, compactações, etc (Silva, 2022).

C) Salinas

A Unidade de Salinas é formada pelas áreas onde se concentraram a extração de sal local. Por conta da alteração na paisagem que essa atividade provoca, foi importante destacar ela como unidade.

As salinas da região são de grande importância histórica e econômica do Rio de Janeiro, e com isso a produção de sal da Lagoa de Araruama já foi uma das principais

atividades econômicas da Região dos Lagos (Prefeitura de Cabo Frio).

D) Planície Marinha

Esta Unidade é formada por depósitos praias antigos, constituída basicamente por areia de praia, em geral moderadamente bem selecionadas. A pedologia apresentada corresponde a espodossolos cárbicos que estão relacionados aos sedimentos arenosos de origem marinha dos cordões litorâneos. O relevo é de planície marinha, o qual dá o próprio nome da Unidade.

Essa área apresenta o geossítio Paleocordões Una-São João, o que indica potencial científico.

E) Planície Lagunar

A Unidade de Planície Lagunar apresenta depósitos de pântanos e mangues, com pedologia de gleissolos háplicos que são originados de sedimentos quaternários e apresentam uma massa de solo pastosa. Com relação ao relevo, é de planície lagunar que também dá o nome da Unidade. Planícies Lagunares são feições resultantes do preenchimento de paleolagunas, constituindo normalmente terrenos planos e rebaixados, mal drenados e inundados a longo prazo.

Dentre os geossítios reconhecidos presentes nessa região estão a Nascente do Quilombo da Baía Formosa e a Paleolaguna da Reserva Tauá, o que aponta a possibilidade de turismo e conhecimento científico.

F) Planície Fluvial

A Planície Fluvial é constituída pelo próprio relevo que dá nome a ela, além de depósitos colúvio-aluvionares, e possuem areias com intercalações de argila, cascalho, e restos de matéria orgânica. Já com relação a pedologia, é constituída por gleissolos melânico e háplico que são solos pastosos quaternários.

Essa região em si não apresenta geossítios reconhecidos por enquanto, mas há áreas no entorno com atrativos turísticos que podem contribuir para visitas turísticas em eventuais geossítios identificados no futuro.

G) Praia

Pelo fato de Cabo Frio ser cercado de diversas praias de grande beleza cênica, elas

também estão representadas como uma Unidade de Geodiversidade. Neste trabalho as praias foram definidas segundo Santos *et al.* (2019), como depósitos arenosos que possuem contato direto com a água do mar, possuindo uma morfodinâmica intensa por serem constantemente modificadas pela ação de ondas, marés e corrente.

Exemplos de praias que se enquadram em geossítios naturais, já citados anteriormente nesse trabalho, são a Praia Brava e a Praia da Conchas. Segundo o Geoparque Costões e Lagunas, na Praia Brava encontram-se paragnais das unidades Búzios e Palmital, de importância turística. Ambas as praias fazem parte de uma região de beleza paisagística, constituindo um museu geológico a céu aberto.

H) Dunas

Como o próprio nome diz, essa Unidade é formada pelas dunas do município. Dunas são depósitos arenoquartzosos bem selecionados, depositados por ação eólica próximas à linha de costa ou já mais para o interior do continente.

Dentre as principais que se destacam por sua relevância estão o Campo de Dunas Dama Branca (ou Dunas de Cabo Frio) e o Campo de Dunas do Perú.

A singularidade e importância da Duna Dama Branca além da beleza geológica e paisagística, fizeram com que o INEPAC, em 1988, oficializasse o tombamento do geossítio como Patrimônio Natural Estadual. Além disso, também fazem parte do Parque Estadual da Costa do Sol e do Parque das Dunas (municipal). A Dama Branca é um campo de dunas de beleza única do Geoparque Costões e Lagunas, onde é possível observar e entender a dinâmica do transporte eólico e como ele pode transformar a paisagem e a bio/geodiversidade local.

Já o Campos de Dunas do Perú é um dos mais importantes cartões postais de Cabo Frio (Prefeitura de Cabo Frio). Sua relevância é tanta que está sinalizado por um painel dos Caminhos Geológicos localizado no início do calçadão da Praia do Perú, na altura da Rua dos Pescadores.

I) Tabuleiros da Formação Barreiras

Os Tabuleiros da Formação Barreiras constituem uma Unidade cuja área é limitada pela geologia da Formação Barreiras, na qual há a presença de rochas sedimentares depositadas por processos trativos, provavelmente relacionados a um ambiente fluvial entrelaçado (Morais e Mello *et al.* 2012). Com relação a pedologia essa Unidade apresenta

argissolos amarelos, que são bem característicos da geologia mencionada além de se distribuírem ao longo de toda a faixa litorânea.

No território de Cabo Frio, essa Unidade não apresenta geossítios. O que acontece é que a maior parte dos afloramentos mais reconhecidos já estão no município de Búzios.

J) Morros e Morrotes de Ortognaisse

Já a Unidade de Morros e Morrotes de Ortognaisse é constituída pela Unidade Região dos Lagos, caracterizando o embasamento e sendo composta principalmente por ortognaisse. Assim como a Unidade anterior, sua pedologia também possui argissolos amarelo, vermelho e vermelho amarelo, e sua geomorfologia também é de morros e morrotes.

A região dessa Unidade pega parte da Praia Brava, já reconhecida como geossítio, e de elevada importância tanto turística quanto científica por conta de seus ofiolitos (Vieira *et al.* 2021), seus gnaisses, sua areia fina e branca, e escarpas que provocam grandes ondas atraindo turistas para a prática de esportes como o surfe. (Prefeitura de Cabo Frio)

K) Gnaisse com Relevo Arrasado

Já essa Unidade tem sua geologia constituída pela Formação Búzios, Unidade Região dos Lagos e Suíte Araruama, e com os três tipos de argissolos, mencionados anteriormente, por conta do intenso processo de pedogênese. O relevo é de colinas e superfícies aplainadas. O relevo de superfície aplainada é característica da erosão, constituindo superfícies levemente inclinadas com baixa amplitude, e possuem planossolos. Já o relevo de colinas representa um relevo de degradação com morfologia arredondada ou alongada, com vertentes mais convexas ou côncavas, e em geral, possuem argissolos como pedologia.

Essa Unidade possui o geossítio Fazenda Campos Novos, que é de elevada importância cultural local sendo uma área de rara riqueza ambiental e histórica, sendo uma das poucas construções jesuítas ainda de pé no Brasil. O local possui até mesmo painel dos Caminhos de Darwin, sinalizando ainda mais sua relevância. Hoje a Fazenda Campos Novos pertence à Prefeitura de Cabo Frio e tamanha importância levou ao tombamento pelo governo do Estado do Rio de Janeiro, por intermédio do INEPAC (Instituto Estadual do Patrimônio Cultural)(2003), e como patrimônio nacional, pelo IPHAN (Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional)(2011) (Prefeitura de Cabo Frio). No momento, tal geossítio encontra-se em processo de restauração.

Na Tabela 1 pode ser vista uma síntese das Unidades, os elementos que a compõem e

os sítios reconhecidos nessas regiões.

UNIDADES	ELEMENTOS	SÍTIOS
Lagoa de Araruama	Lagoa	Lagoa de Araruama
Depósitos Tecnogênicos	Depósito Tecnogênico	---
Salinas	Sal	Salinas Perynas
Planície Marinha	Depósitos Praiais Antigos Espodossolos Cárbicos	Paleocordões Una-São João Forte São Matheus Morro da Guia Salina Apicuz Praia do Siqueira
Planície Lagunar	Depósitos de Pântanos e Mangues Gleissolos Háplicos	Nascente do Quilombo da Baía Formosa Paleolaguna da Reserva Tauá
Planície Fluvial	Depósitos Aluvionares Gleissolos Melânico e Háplico	---
Praia	Paragnaisses da Formação Búzios e Palmital	Praia Brava Praia das Conchas
Dunas	Depósitos Arenoquartzosos	Campo de Dunas Dama Branca Campo de Dunas do Però
Tabuleiros da Formação Barreiras	Formação Barreiras Argissolos Amarelos	---
Morros e Morrotes de Ortognaisse	Ortognaises da Unidade Região dos Lagos Argissolos Amarelo, Vermelho e Vermelho-Amarelo	Praia Brava Morro do Telégrafo
Gnaisse com Relevo Arrasado	Formação Búzios/Unidade Região dos Lagos/Suíte Araruama Argissolos Amarelo, Vermelho e Vermelho-Amarelo	Fazenda Campos Novos

Tabela 1: Tabela síntese das Unidades de Geodiversidade.

6 DISCUSSÃO

6.1. Avaliação Quantitativa: Mapa de Índice de Geodiversidade

Avaliação quantitativa é uma das principais e mais recentes metodologias dos estudos a respeito da geodiversidade. Justamente por se tratar de um tema relativamente novo e seu conceito ainda estar avançando, tal modelo de quantificação tende a passar por processos que o aprimorem e o consolidem, de forma que uma revisão do estudo e sua aplicação são de extrema importância para que essa metodologia possa ser utilizada sempre da melhor maneira possível, de forma ampla e objetiva. Para Carcavilla *et al.* (2008) existem vários métodos de avaliação quantitativa da Geodiversidade com aplicação na realidade de um território, porém ainda não há uma replicabilidade para outras áreas, não havendo assim uma metodologia ainda totalmente aceita. Portanto, estudos relacionando Geodiversidade e o Geoturismo local, com esse viés quantitativo, ainda são escassos no ramo acadêmico.

Vita *et al.* (2017) trata o mapeamento quantitativo como inserido a uma classe analítica e estatística da cartografia temática e portanto tudo que se refere a número e quantidade estaria inserido no dado quantitativo. Assim, no presente trabalho a avaliação quantitativa da Geodiversidade teve como base, principalmente, a metodologia do trabalho de Pereira *et al.* (2013) e nas metodologias que se utilizam de uma malha vetorial (*grid*) em *software* de geoprocessamento no intuito de quantificar os elementos do meio físico. Santos *et al.* (2017) também se baseiam no trabalho de Pereira *et al.* (2013) porém com uma adaptação nessa metodologia. Com base nessa adaptação, o trabalho aqui realizado buscou explicar a diferença entre os dois métodos de quantificação (*multiparts* e *singleparts*) porém como Gonçalves (2018) mostrou uma maior eficácia do método *multiparts*, o presente trabalho só contou com a exemplificação prática desse método. Além disso, também foi avaliada a classificação final do índice de Geodiversidade pelo método do Valor Máximo Obtido (VMO) mostrando assim, a concentração de maior riqueza de Geodiversidade da área.

Este trabalho foi desenvolvido em escala de paisagem, utilizando a Geologia, a Geomorfologia, a Pedologia e a Hidrografia como representantes do meio físico do município de Cabo Frio. Assim como Pereira *et al.* (2013) e Santos *et al.* (2017), cada subíndice foi gerado utilizando o sistema de *grid* e por fim foi elaborado o índice final da Geodiversidade. No subíndice Geológico, as unidades litológicas e as estruturas foram as classes consideradas. Para o subíndice Geomorfológico, os Padrões de Relevo foram utilizados para a quantificação, assim como em Santos *et al.* (2017). Já para o subíndice Pedológico foram

utilizadas a Ordem e Subordem dos solos, como também nos trabalhos dos autores acima mencionados. Com relação ao subíndice Hidrográfico, este trabalho fez a contagem a partir da soma das drenagens, brejos, lagoas e lagoas, e massas d'água.

Gonçalves (2018) em seu trabalho trouxe uma comparação dos métodos *Singleparts* e *Multiparts* para fazer a quantificação. Como o método *Singleparts* não representou tão bem a distribuição da riqueza da geodiversidade como o *Multiparts*, o presente trabalho realizou a quantificação apenas segundo o *Multiparts*, não valorizando assim um elemento específico.

Um fator importante na avaliação da Geodiversidade foi a definição da escala do mapa final de Geodiversidade e portanto do tamanho definido para cada célula do *grid*. Como neste trabalho os mapas representativos dos elementos abióticos de Cabo Frio não se encontravam na mesma escala, definiu-se então uma nova escala de trabalho buscando sempre mostrar da melhor forma possível todos os elementos, não dando mais importância para um em especial. Assim, definiu-se a escala de trabalho de 1:100.000, o que fez com que as quadrículas dos *grids* ficassem com o tamanho de 1000X1000 metros. O fato dos mapas trabalhados estarem em diferentes escalas pode ser o que contribuiu para que determinados subíndices tivessem uma maior ou menor quantificação.

A classificação final do Índice de Geodiversidade foi elaborada dividindo-se em cinco classes de Geodiversidade: Muito Baixo, Baixo, Médio, Alto, Muito Alto. A partir dessas classes é possível uma leitura mais fácil e objetiva dos resultados, passando uma clara informação das áreas com mais alta ou mais baixa Geodiversidade.

Por fim, os resultados da quantificação da Geodiversidade foram apresentados em Mapas de Índice de Geodiversidade que permitiram identificar áreas com maior ou menor riqueza de determinados elementos do município de Cabo Frio. A figura 25 ilustra que os resultados apresentados condizem com a realidade uma vez que eles mostram que há muitos geossítios na área de maior geodiversidade, o que pode mostrar uma correlação já que a existência de muitos elementos distintos possibilita a identificação de geossítios de caráter diferentes. Além disso, a figura 25 mostra também duas outras áreas com maiores concentrações de geodiversidade, o que revela que essas regiões possuem potencial para identificação de novos geossítios, implicando a necessidade de mais estudos e trabalhos de campo principalmente nessas áreas.

Com isso, o método de quantificação baseado na contagem de ocorrências mostrou ser de aplicação simples, e os mapas obtidos são de fácil interpretação, o que torna o método uma

forma direta e eficiente de avaliação da riqueza da Geodiversidade. Essa aplicação simples e a interpretação fácil também é o que Santos *et al.* (2017) mostrou em seu trabalho, ao destacar que a avaliação da Geodiversidade precisa ser o mais simples possível para aplicação da mesma metodologia em diferentes áreas, como uma ferramenta útil e bem difundida. A utilização de um grid na quantificação da Geodiversidade e portanto o Mapa de Índice de geodiversidade, mostrou ser importante e de elevada contribuição para a gestão territorial, mas principalmente para uma análise futura do geoturismo do município de Cabo Frio, já que mostra as áreas com maior concentração dos elementos que podem vir a ser de interesse turístico, além de mostrar como a concentração desses elementos podem também representar riscos ao próprio ecossistema com uma possível exploração inadequada do local.

6.2. Avaliação Qualitativa: Mapa de Geodiversidade

O Mapa de Geodiversidade do município de Cabo Frio também é outro produto importante desta monografia. Tal mapa, assim como mencionado por Vita *et al.* (2017), tem por objetivo mostrar agora a simbologia, por meio de Unidades de Geodiversidade definidas a partir da análise integrada do meio físico, deixando para trás os valores do quantitativo. A distribuição dos elementos abióticos (Geologia, Geomorfologia, Solos e Hidrografia) no território permite a definição de Unidades de Geodiversidade através da integração entre esses elementos para cada Unidade, analisando como um influencia o outro (Santos *et al.*, 2019).

Através de uma correlação entre os mapas existentes (Geológico, Geomorfológico e Pedológico) assim como informações complementares de bibliografia estudada, definiu-se classes e delimitou-se Unidades de Geodiversidade. A Hidrografia, porém, não mostrou ser um fator essencial para a definição de cada unidade, sendo importante somente para a caracterização das unidades. Esse método é baseado na definição de Gray (2013) a respeito da Geodiversidade corresponder à variedade geológica, geomorfológica, pedológica e hidrológica.

Por meio da sobreposição dos mapas geológico, geomorfológico e pedológico através das ferramentas do *software* QGis, tendo como base o Mapa de Geomorfologia para o layout, foi possível realizar uma associação entre os elementos e os dividir em Unidades de Geodiversidade que foram descritas e classificadas de acordo com suas características. Através dessa descrição, futuros trabalhos poderão trazer uma abordagem comparativa entre a Geodiversidade e o Geoturismo local, o que pode fortalecer essa atividade no município.

Informações sobre valor científico, educacional e turístico foram utilizadas para descrever cada unidade, por meio dos geossítios e elementos culturais já existentes nas áreas.

Assim, percebe-se que a avaliação qualitativa da Geodiversidade mostrou resultados importantes, complementando também os resultados da avaliação quantitativa, apontando uma maior concentração de unidades na região do município com mais geossítios e diversidade reconhecida (Figura 27). A análise futura da potencialidade geoturística do município de Cabo Frio através da definição das Unidades de Geodiversidade constituirá um importante produto para a população local no que diz respeito ao planejamento territorial e turístico, assim como para o sistema econômico da região.

7 CONCLUSÃO

O conceito e a definição do termo Geodiversidade vem crescendo e ganhando cada vez mais importância na comunidade acadêmica. Por isso, com sua aplicação em cada vez mais estudos, possibilitou o desenvolvimento de diferentes metodologias para a avaliação da Geodiversidade. Tais metodologias estão em constante desenvolvimento e mudança uma vez que existe uma dificuldade clara de replicar o método para áreas diferentes, fazendo que sempre seja necessária uma adaptação. É por isso que quanto mais estudos se tiver a respeito desse tema, mais as metodologias serão aprimoradas. Com isso, o objetivo deste trabalho foi realizar o mapeamento da Geodiversidade do Município de Cabo Frio, por meio de uma metodologia já abordada em trabalhos anteriores, no intuito de contribuir com a divulgação do conceito e as discussões metodológicas.

Assim, a metodologia utilizada para a quantificação da geodiversidade baseou-se em um dos principais métodos propostos até então. Foi obtido o Mapa de Índice de Geodiversidade através do método mais adequado e já testado em trabalhos similares anteriores, utilizando uma base georreferenciada de mapas geológico, geomorfológico, pedológico e hidrográfico.

Concordou-se aqui que a quantificação pelo processo *multiparts* representaria melhor a Geodiversidade local, compreendendo uma metodologia objetiva baseada na contagem de ocorrências de elementos presentes, sem sua repetição, não valorizando assim um aspecto de Geodiversidade em específico. Além disso, é importante ressaltar que alguns fatores como a escala dos mapas; a escolha do tamanho das células do *grid*; o nível de detalhe de cada mapa;

e o intervalo de classes na legenda dos mapas, foram levados em consideração.

O mapa de Índice de Geodiversidade é uma importante ferramenta para se entender a distribuição dos elementos do meio físico. Isso pode contribuir, no futuro, para a valorização do geoturismo uma vez que apresenta, de forma clara e objetiva, informações da riqueza do ambiente físico, levando a uma fácil interpretação dos resultados. Por meio disso, é possível observar as áreas com maior ou menor Geodiversidade, e chamar mais atenção para as áreas com maior diversidade dos elementos abióticos.

Já o Mapa de Geodiversidade foi elaborado por meio de uma abordagem qualitativa da Geodiversidade em escala de paisagem, permitindo uma análise integrada pelos aspectos geológicos, geomorfológicos, pedológicos e hidrográficos, definindo assim, Unidades de Geodiversidade. O que se vê no resultado final é uma integração dos elementos abióticos, mostrando os diferentes aspectos de cada unidade. Logo, o mapa de Geodiversidade mostra a importância do conceito de Geodiversidade com sua análise integrada para a definição das unidades, com base holística de sustentabilidade, o que contribui para o esclarecimento de questões territoriais de Cabo Frio, complementando os mapas obtidos pelo método quantitativo, e auxiliando trabalhos complementares na região.

Assim, os resultados da avaliação qualitativa e quantitativa se complementam, uma vez que os pontos observados em ambos são importantes para validar as áreas com maior ou menor riqueza representadas no mapa. Com isso, os resultados dos dois métodos de mapeamento da Geodiversidade mostram que cada um tem a sua forma de representar a Geodiversidade de uma área e sua importância, ou seja, sendo produtos complementares. Portanto, quando utilizados em conjunto, constituem uma análise completa do ambiente físico, possibilitando análises detalhadas em trabalhos futuros sobre o tema, na região.

Por fim, a análise do meio físico de Cabo Frio e seus elementos, através de avaliação qualitativa e quantitativa, possibilitou obter resultados importantes a respeito de sua Geodiversidade, contribuindo então para trabalhos futuros na região. Este produto representa portanto, uma importante abordagem para estudos territoriais, já que fornece uma análise do meio físico, auxiliando na compreensão da sua diversidade e distribuição no espaço e proporcionando também a instalação de locais de interesse histórico. Porém, mais estudos são necessários para que o conceito de Geodiversidade em políticas de gestão territorial, conservação da natureza e geoturismo seja fundamentado, possibilitando assim uma maior divulgação e compreensão do termo e talvez a utilização de um método que seja aplicável a

diferentes áreas.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA F.F.M. 1986. Distribuição regional e relações tectônicas do magmatismo pós-paleozoico no Brasil. **Rev. Bras. Geoc.**, 16 (4):325-349.

ARCHELA, R.S.; THÉRY, H. **Orientação metodológica para construção e leitura de mapas temáticos.** 2008

FERNANDES, M.G. **Cartografia: programa, conteúdos e métodos de ensino.** Porto: Departamento de Geografia. Faculdade de Letras da Universidade do Porto, 2008. 103p

BARBIÈRE, E. B. Ritmo climático e extração do sal em Cabo Frio. **Rev. Bras. Geografia** vol.37, n.4, p. 23-109, 1975 .

BARBOSA, D. S. **Sedimentação Orgânica na Lagoa Brejo do Espinho (Cabo Frio, RJ): Composição e Implicações Paleoclimáticas.** Niterói, 90p. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Fluminense, 2003.

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

BRAGANÇA, Lucas. **Identificação de áreas úmidas nos municípios de Armação dos Búzios e Cabo Frio (RJ) - Um possível caso de conectividade hidráulica.** 2021. XIII, 67 f. Trabalho Final de Curso (Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

BRASIL. Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, 1997.

BRASIL. Lei nº. 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências.

BRILHA, J. **Patrimônio Geológico e Geoconservação: a conservação da natureza na sua vertente geológica.** Braga, Portugal: Palimage Eds. 190p. 2005

BRILHA, J. Inventory and Quantitative Assessment of Geosites and Geodiversity Sites: a Review. **Geoheritage**. 2016.

Geoparque Costões e Lagunas. Cabo Frio. Disponível em: <<https://www.geoparquecostoeselagunas.com/cabo-frio/>> Acesso em: 31/08/2023 às 10:34

CAMPOS NETO; FIGUEIREDO, M. C. H. The Rio Doce Orogeny, southeastern Brazil. **Journal of South American Earth Science**, v. 8, n. 2, p. 143 -162, 1995. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0895-9811\(95\)00002-W](https://doi.org/10.1016/0895-9811(95)00002-W).

CARCAVILLA, L.; DURÁN, J.J.; LÓPEZ-MARTÍNEZ, J. **Geodiversidad: concepto y relación con el patrimonio geológico**. In: VII CONGRESO GEOLÓGICO DE ESPAÑA, 2008, Espanha. Geo-Temas, 2008. v.10, p. 1299-1303.

CARVALHO FILHO, A.; CENTURION, J.F.; SILVA, R.P.; TEIXEIRA, D.S.; REQUI, E.; HOLLMANN, G. Rugosidade do solo sob diferentes sistemas de preparo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 28., 2001. Londrina. Anais.. Londrina: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2001. p.248.

COE, H.H.G.; CARVALHO, C.N.; SOUZA, L.O.F.; SOARES, A. Peculiaridades ecológicas da região de Cabo Frio, RJ. **Revista Tamoios** 3(2). 2007

COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DAS LAGOAS DE ARARUAMA E SAQUAREMA E DOS RIOS SÃO JOÃO E UNA. Regimento Interno. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2019/01/CBH-LSJ_Regimento-Interno.pdf> – Acesso em: 23/03/2024.

UNESCO. 1972. Convenção para a Proteção do Patrimônio Mundial, Cultural e Natural. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000133369_por> Acesso em: 02/05/2024.

DANTAS, M.E., ARMESTO, R.C.G., SILVA C.R. da, SHINZATO, E. 2015. Geodiversidade e análise da paisagem: uma abordagem teórico-metodológica. **Terræ Didática**, vol. 11, no. 1, pp. 4-13, DOI:10.20396/td.v11i1.8637304.

ESTADO DO RIO DE JANEIRO. Decreto Estadual nº 42.929, de 18 de abril de 2011. Cria o Parque Estadual da Costa do Sol e dá outras providências. Diário Oficial do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 19. abr. 2011.

DOWLING, R. K. (2013). **Global Geotourism – An Emerging Form of Sustainable Tourism**. Czech Journal of Tourism, 2(2), 59-79. DOI: 10.2478/cjot-2013-0004.

DUFF, K. **Natural Areas: an holistic approach to conservation based on Geology**. In: O'Halloran. 1994.

EBERHARD, R. Pattern and Process: Towards a Regional Approach to National Estate Assessment of Geodiversity. Canberra: Australian Heritage Comm., Environ. Forest Taskforce, **Environment Australia**. (Technical Series 2). 1997.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Levantamento Pedológico, Vulnerabilidade e Potencialidade ao uso das Terras Quadrículas de Silva Jardim e Rio das Ostras, Estado do Rio de Janeiro**, 2001

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Nota Técnica sobre Manejo de recursos hídricos**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/tema-manejo-de-recursos-hidricos/nota-tecnica>> Acesso em 13/09/2023 às 09:36

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/solos/sibcs/definicao-de-solo>> Acesso em: 20/09/2023 às 09:33

EMBRATUR. Agência Brasileira de Promoção Internacional do Turismo. **Manual de Ecoturismo**. Brasília, 2004. <<https://www.gov.br/turismo/pt-br/centrais-de-conteudo/-publicacoes/segmentacao-do-turismo/ecoturismo-orientacoes-basicas.pdf>>

FILHO, A.C.; LUMBRERAS, J.F.; SANTOS, R.D. **Os Solos do Estado do Rio de Janeiro**. Brasília: CPRM, 2000

FONSECA, A. C. 1993. **Esboço geocronológico da região de Cabo Frio, estado do Rio de Janeiro**. Tese de Doutorado, IG-USP, 186 p

FONSECA M.J.G., Heilbron M., Chrispim S. 1984. **Geologia estrutural da área de Cabo Frio e Armação dos Búzios**. In: SBG, Congresso Brasileiro Geologia, 33, Rio de Janeiro, Anais... Vol XII, p.5393 - 5424.

FONSECA M.J.G., SILVA Z.C.G, CAMPOS D.A., TOSATTO P. 1979. Folhas do Rio de Janeiro, Vitória e Iguape. Texto explicativo e Mapa DNPMBrasília, 239 p.

GONÇALVES, J. **Mapeamento da Geodiversidade do município de Miguel Pereira - RJ: abordagens metodológicas e sua contribuição para a gestão territorial.** Rio de Janeiro, 2018. Trabalho de Conclusão de Curso – Departamento de Geologia - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

GONÇALVES, J., MANSUR, K., SANTOS, D., HENRIQUES, R. and PEREIRA, P. 2020. A discussion on the quantification and classification of geodiversity indices based on GIS methodological tests. **Geoheritage**, 12, 38, <https://doi.org/10.1007/s12371-020-00458-3>

GRAY, M. **Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature.** New York: John Wiley & Sons. 434p. 2004.

GRAY, M. **Geodiversity and geoconservation: what, why, and how?** The George Wright Forum, 22(3):4-12. 2005.

GRAY, M. **Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature.** 2a ed. England: Wiley-Blackwell, 2013.

HEILBRON, M., EIRADO, L.G., ALMEIDA, J., 2016, **Geologia e recursos minerais do Estado do Rio de Janeiro: texto explicativo do mapa geológico e de recursos minerais.: Belo Horizonte: Brasil.** Ministério das Minas e Energia. Serviço Geológico do Brasil - CPRM.

HEILBRON, M.; PEDROSA-SOARES, A.C.; SILVA, L.C.; CAMPOS NETO, M.C.; TROUW, R.A.J. Província Mantiqueira. 2004. In: V. Mantesso-neto, A. Bartorelli, C.D.R. Carneiro, B.B. Brito-neves (eds.) **Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida.** São Paulo: Editora Beca, p.: 203-235.

HEILBRON M., TUPINAMBÁ M., VALERIANO C.M., ARMSTRONG R., SILVA L.G.E., MELO R.S., SIMONETTI A., SOARES A.C.P., MACHADO N. 2013. The Serra da Bolívia complex: The record of a new Neoproterozoic-related unit at Ribeira belt. **Precambrian Res.**, 238:158-175.

HEILBRON M., VALERIANO C.M., VALLADARES C., Machado N. 1995. A orogênese brasileira no segmento central da Faixa Ribeira, Brasil. **Rev. Bras.Geoc.** 25: 249 - 266.

Home - Turismo Cabo Frio. **Turismo Cabo Frio**. Disponível em: <<https://turismo.cabofrio.rj.gov.br/>> Acesso em: 14/05/2024 às 10:48

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico de Pedologia**. 3a ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2015.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa Hidrográfico**. Escala: 1:25.000. Rio de Janeiro: IBGE, 2024. Disponível em: <https://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais>. Acesso em: 14/03/2024.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Panorama Cidade. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/cabo-frio/panorama>> Acesso em: 24/08/2023 às 9:47

JORGE, M.C.O., GUERRA, A.J.T. **Geodiversidade, Geoturismo e Geoconservação: Conceitos, Teorias e Métodos**. Revista Espaço Aberto, PPGG - UFRJ, V. 6, N.1, p. 151-174, 2016.

KOZLOWSKI, S. **Geodiversity. The concept and scope of geodiversity**. Przegląd Geologiczny, 52(8/2):833-837. 2004.

LEAL, V.C.L.B., RODRIGUES, T.C., TARANTO, C.M.G. Diagnóstico e priorização de problemas socioambientais através da Matriz Gut - O caso do Parque Estadual da Costa do Sol, RJ. **Revista da JOPIC** v. 5, n. 9, p. 112-127, 2020, ISSN 2525-7293.

MACHADO, R.; DEMANGE, M. **Reinterpretação estrutural e tectônica da região leste da Baía da Guanabara e a definição do Batólito de Araruama (RJ)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO GEOLOGIA, 36., 1990, Natal (RN). Anais... Natal: SBG, 1990. p. 2744-2754.

MANOSSO, F.C. **Potencialidades da paisagem na região da Serra do Cadeado-PR: abordagem metodológica das relações entre a estrutura geocológica, a geodiversidade e o geoturismo**. Paraná, 2012. 183f. Tese (Doutorado em Geografia) -Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, 2012.

MANSUR, K.L.; BARROSO, S.; SCHMITT, R.S.; CERQUEDA, M.A. (Org). 2012. Capítulo 9. Geologia e recursos minerais da folha Rio das Ostras SF.24-Y-A-IV e Cabo Frio SF.23-Z-B-VI, estado do Rio de Janeiro escala 1:100.000. Belo Horizonte, CPRM. 202p.

MARQUES, L.B. **Identificação de Áreas Úmidas nos Municípios de Armação dos Búzios e Cabo Frio (RJ) – um possível caso de conectividade hidráulica.** Rio de Janeiro, 2021. Trabalho de Conclusão de Curso – Departamento de Geologia - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021.

MATTHEWS, T.J. Integrating geodiversity and biodiversity conservation: theoretical foundations and conservation recommendations in a European Union context. **Geoheritage**, v.6, n.1, p. 57-70, março. 2014.

NASCIMENTO, M. A. L., RUCHKYS, U.A., MANTESSO-NETO, V. **Geoturismo: um novo segmento do turismo no Brasil.** *Global Tourism*, v. 3, n. 2, p. 41-64, 2007.

NERES, A.O.; LIMA, L.A.; CARDOZO, C.L.; ALVES, L.F.; MENEZES, J. **Utilização de Sistemas de Informação Geográfica na caracterização hidrogeoquímica de aquíferos costeiros – Estudo de caso: Distrito de Tamoios, Cabo Frio (RJ).** In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2011, Curitiba. Anais... São José dos Campos: INPE, 2011 p. 3764-3771. DVD.

NEWSOME, D.; DOWLING, R.K. **Setting an agenda for geotourism.** In *Geotourism: The Tourism of Geology and Landscape*; Newsome, D., Dowling, R., Eds.; Goodfellow Publishers Limited: Oxford, UK, 2010; pp. 1–12.

PANIZZA, M. Geomorphosites: concepts, methods and examples of geomorphological survey. *Chinese Sci. Bull.*, 46(Suppl.):4-6. 2001.

PEREIRA, D.I; PEREIRA, P.; BRILHA, J. SANTOS, L. **Geodiversity Assessment of Parana State (Brazil): An Innovative Approach.** *Environmental Management*, v.52, n.3, p. 541-552, setembro. 2013.

PEREIRA, J.M., LISBOA, M.R.L. 2017.**Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica - Cabo Frio.** de Teófilo Otoni.

PEREIRA, O.N.A.; CASTRO, E.M.N.V. de; BASTOS, M.R.; DIAS, J.A.; RODRIGUES, M.A.C. 2016. **De Aveiro e Figueira da Foz (PT) para Arraial do Cabo (BR): influência de técnicas portuguesas na salicultura da laguna de Araruama, Rio de Janeiro, Brasil.** In: Luís Cancela da Fonseca, Ana Catarina Garcia, Silvia Dias Pereira e Maria Antonieta C. Rodrigues (eds.), *Entre Rios e Mares: um Património de Ambientes, História e Saberes* (Tomo V da Rede BrasPor), pp.47-61, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. ISBN: 978-85-5676-008-1

PEREIRA, T. G.; ROCHA, T. B.; FERNANDEZ, G. B. **Geomorfologia e Morfodinâmica Costeira da Planície entre Cabo Frio e Arraial do Cabo - RJ**. Anais do VII Simpósio Nacional de Geomorfologia/ II Encontro Latino Americano de Geomorfologia, Belo Horizonte. 2008.

PETRISOR, A.I., SARBU, C.N. **Dynamics of geodiversity and eco-diversity in territorial systems**. Journal of Urban and Regional Analysis, 2(1):61-70. 2010.

Prefeitura de Cabo Frio. Do período colonial até agora. Cidade Histórica. Disponível em: <<https://cabofrio.rj.gov.br/historia/>> Acesso em: 22/05/2024 às 15:32

REIS, A. P. et al. **Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro: Geologia e Recursos Minerais das Folhas de Cabo Frio e Farol do Cabo**. Niterói: DRM-RJ, 1980.

RIBEIRO, A.; TROUW, R.A.J.; PACIULLO, F.V.P.; ANDREIS, R.R.; VALENÇA, J.G. 1995. Evolução das bacias proterozóicas e termo-tectonismo Brasileiro na margem sul do Cráton do São Francisco. **Rev. Bras. Geoc.**, 25(4):235–248.

INEPAC - Instituto Estadual do Patrimônio Cultural. Patrimônio Cultural - Bens Tombados. Duna Dama Branca. Disponível em: <http://www.inepac.rj.gov.br/index.php/bens_tombados/> Acesso em: 14/05/2024

INEPAC - Instituto Estadual do Patrimônio Cultural. Patrimônio Cultural - Bens Tombados. Sítio Fazenda Campos Novos. Disponível em: <http://www.inepac.rj.gov.br/index.php/bens_tombados/> Acesso em: 14/05/2024

SABINO, Hullysses. **Hidrogeoquímica, isotopia e qualidade da água do aquífero costeiro de Tamoios (Cabo Frio, Rio de Janeiro): Modelo Conceitual Hidrogeológico**. Rio de Janeiro, 2020. 108 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Programa de Pós-graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020.

SANTOS DS, MANSUR KL, GONÇALVES JB, ARRUDA JUNIOR ER, Manosso FC (2017) **Quantitative assessment of geodiversity and urban growth impacts in Armação dos Búzios, Rio de Janeiro, Brazil**. Appl Geogr 85:184–195. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.03.009>

SANTOS, D. S.; MANSUR, K. L.; ARRUDA-JUNIOR, E. R.; DANTAS, M. E.; SHINZATO, E. Geodiversity Mapping and Relationship with Vegetation: A Regional-Scale Application in SE Brazil. **Geoheritage**, artigo online, p. 1-17. 2018.

SANTOS, R.F. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos. 2004.

SGB. SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Mapa Geomorfológico**. Escala: 1:25.000. Rio de Janeiro: CPRM. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/Gestao-Territorial/Geologia-de-Engenharia-e-Riscos-Geologicos/Cartas-de-Suscetibilidade-a-Movimentos-Gravitacionais-de-Massa-e-Inundacoes---Rio-de-Janeiro-5082.html>>. Acesso em: 15/03/2024.

SCHMITT R.S., TROUW R.A.J., VAN SCHMUS W.R., PIMENTEL M.M. 2004. Late amalgamation in the central part of West Gondwana: new geochronological data and the characterization of a Cambrian orogeny in the Ribeira Belt — SE Brazil. **Precambrian Res.**, 133:29–61.

SCHMITT R.S., TROUW R.A.J., MEDEIROS S.R., DANTAS E.L. 2008a. Age and geotectonic setting of Late Neoproterozoic juvenile mafic gneisses and associated paragneisses from the Ribeira belt (SE Brazil) based on geochemistry and Sm–Nd data — Implications on Gondwana assembly. **Precambrian Res.**, 13:502-515.

SCHMITT R.S., TROUW R.A.J., VAN Schmus W.R., PASSCHIER C.W. 2008b. **Cambrian orogeny in the Ribeira Belt (SE Brazil) and correlations within West Gondwana: ties that bind underwater**. Special Publications, Geol. Soc. Lond., 294:278-296.

SCHMITT, R.S.; SILVA, L.C. (Org). 2012. Geologia e recursos minerais da folha Rio das Ostras SF.24-Y-A-IV e Cabo Frio SF.23-Z-B-VI, estado do Rio de Janeiro escala 1:100.000. Belo Horizonte, CPRM. 202p.

SCHMITT R.S., TROUW R., VAN Schmus W.R., ARMSTRONG R., STANTON N.S.G. 2016. **The tectonic significance of the Cabo Frio Tectonic Domain in the SE Brazilian margin: a Paleoproterozoic through Cretaceous saga of a reworked continental margin**. *Braz. J. Geol.*, 46(Suppl 1): 37-66.

SERRANO, E.C.; RUIZ-FLAÑO, P. Geodiversity: A theoretical and applied concept. **Geographica Helvetica**, v.62, n.3, p. 140-147. 2007a.

SERRANO, E.C.; RUIZ-FLAÑO, P. Geodiversidad: Concepto, evaluación y aplicación territorial. El caso de Tierras Caracena (Soria). **Boletín de la A.G.E.**, 45: 79–98. 2007b.

SHARPLES, C. A methodology for the identification of significant landforms and geological sites for conservation purposes. Report to forestry commission, Tasmania Report to forestry commission, Tasmania. URL: <http://eprints.utas.edu.au/11747/>. 1993.

SHARPLES, C. **Geoconservation in forest management – principles and procedures.** *Tasforests*, v.7, p. 37-50. 1995.

SHARPLES, C. Concepts and Principles of Geoconservation. Tasmanian Parks & Wildlife Service. Service. Austrália, 79p. 2002

SILVA, C.R. (Ed). 2008. **Geodiversidade do Brasil: Conhecer o passado para entender o presente e prever o futuro.** Rio de Janeiro, CPRM. 264p.

SILVA, C.R., RAMOS, M.A.B., PEDREIRA, A.J., DANTAS, M.E. 2008a. **Começo de Tudo.** In: Silva C.R. ed. 2008. Geodiversidade do Brasil: conhecer o passado para entender o presente e prever o futuro. CPRM – Serviço Geológico do Brasil, Rio de Janeiro, p. 11-20. (Cap. 1).

SILVA, C.R., MARQUES, V.J., DANTAS, M.E., SHIZATO, E. 2008b **Aplicações Múltiplas do Conhecimento da Geodiversidade.** In: Silva C.R. ed. 2008. Geodiversidade do Brasil: conhecer o passado para entender o presente e prever o futuro. Rio de Janeiro, CPRM – Serviço Geológico do Brasil. p. 181-202. (Cap. 13).

SILVA, E. O que são os terrenos tecnogênicos e como eles se relacionam com a perspectiva do Antropoceno? **Unicamp**, 2022. Disponível em: <https://www.ige.unicamp.br/pedologia/2022/09/05/o-que-sao-os-terrenos-tecnogonicos-e-como-eles-se-relacionam-com-a-perspectiva-do-antropoceno/> Acesso em: 26/06/2024 às 16:19

SILVA, M.L.N. **Geodiversidade da Cidade do Natal: Valores, Classificações e Ameaças.** 2016. 170f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

STANLEY, M. Welcome to the 21st century, *Geodiversity Update*, 1:1-8. 2001.

TROUW, R.; HEILBRON, M.; RIBEIRO, A.; PACIULLO, F.; VALERIANO, C.M.; ALMEIDA, J.C.H.; TUPINAMBÁ, M.; ANDREIS, R.R. **The central segment of the**

Ribeira Belt. In: CORDANI, U.G.; MILANI, E.J.; THOMAZ FILHO, A.; CAMPOS, D.A. (Eds), Tectonic Evolution of South America. Rio de Janeiro: 31th. International Geological Congress, p. 287-310, 2000.

TUPINAMBÁ M., HEILBRON M., VALERIANO C., PORTO Jr R., DIOS F.B., MACHADO N., SILVA L.G.E., ALMEIDA J.C.H. 2012. Juvenile contribution of the Neoproterozoic Rio Negro Magmatic Arc (Ribeira Belt, Brazil): Implications for Western Gondwana amalgamation. **Gondwana Res.**, 21:422-438.

VEIGA, A.T.C. **A geodiversidade e o uso dos recursos minerais da Amazônia.** Terra das Águas - UnB, 1: 88-102. 1999.

VIANA S.M., VALLADARES C.S., Duarte B.P. 2008. Geoquímica dos ortognaisses do Complexo Região dos Lagos, Araruama-Cabo Frio, Rio de Janeiro, Brasil. **Rev. Bras. Geocienc.**, 38 (3): 488-500.

VIEIRA, T.A.T; SCHMITT, R.S.; MENDES, J.C.; MORAES, R.; LUVIZOTTO, G.L.; SILVA, R.L.A.; VINAGRE, R.; MEDEIROS, S.R. Contrasting P-T-t paths of basement and cover within the Búzios Orogen, SE Brazil – Tracking Ediacaran-Cambrian subduction zones. **Precambrian Research.** 2021. <<https://doi.org/10.1016/j.precamres.2021.106479>>

VITA, M.V.V.; BARATTO, P.F.B.; BRAZ, W.M.; PILAR, T.T.; LIMA, E.M.; SILVEIRA, L.N. **As principais diferenças entre os tipos de mapeamentos: quantitativos e qualitativos.** Anais do 9º SALÃO INTERNACIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO - SIEPE. Universidade Federal do Pampa - Santana do Livramento. 2017

UNESCO. 1992. World heritage cultural landscapes. . Disponível em: <<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000133121>> Acesso em: 20/05/2024

ZIMBRES, Eurico; KAWASHITA, Koji; VAN SCHMUS, William Randall. **Evidências de um núcleo Transamazônico na Região de Cabo Frio, RJ e sua correlação com o cráton de Angola, Africa.** In: XXXVI CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36., 1990, Natal. Anais... Natal: SBG, 1990. p. 2735-43.