



Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-Não Comercial-Compártilha Igual 4.0 Internacional.

Vinícius Santos Lima

Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro

vinicius.ubermensch@gmail.com

Carlos Eduardo de Rezende

Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro

crezende@uenf.br

Artigo recebido em:

15/02/2023

Artigo aprovado em:

29/09/2023

Artigo publicado em:

01/12/2023

Risco socioambiental às inundações na bacia do rio Macabu, Região Hidrográfica IX (Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana), Rio de Janeiro, Brasil

Socio-environmental risk of flooding in the basin of the Macabu River, Hydrographic Region of Baixo Paraíba do Sul and Itabapoana, Rio de Janeiro, Brazil

Riesgo socioambiental por inundaciones en la cuenca del río Macabu, Región Hidrográfica IX (Bajo Paraíba do Sul e Itabapoana), Rio de Janeiro, Brasil

Risque socio-environnemental d'inondations dans le bassin du fleuve Macabu, Région Hydrographique IX (Qui comprend le bas Paraíba do Sul et le fleuve Itabapoana), Rio de Janeiro, Brésil

RESUMO

No presente trabalho objetivou-se compreender a ocorrência integrada das inundações, bem como das intervenções antrópicas na bacia do rio Macabu, Rio de Janeiro, atentando para seus efeitos sobre o uso da terra e cobertura vegetal. Para tanto, criou-se um banco de dados georreferenciados multicriterial em ambiente SIG (ArcGIS 10.6.1), onde foram analisadas as variáveis de declividade, elevação, densidade de drenagem, precipitação e usos da terra para se gerar o modelo do risco socioambiental das áreas sujeitas às inundações, divididas em 4 classes: baixa ou nula, média, alta e muito alta. Juntas, as classes “alta e muito alta” somam 37,8% da bacia. Todos os usos da terra mapeados estão em áreas sujeitas a inundações, notadamente as áreas antrópicas não-agropastoris (78%) e as áreas naturais não florestadas (90,3%). Os resultados obtidos podem auxiliar o planejamento e ordenamento territorial-ambiental da bacia, ou de áreas em condições socioambientais similares.

PALAVRAS-CHAVE: geotecnologias; desastres naturais; norte fluminense; Rio de Janeiro; Brasil.

ABSTRACT

This study aimed to understand the integrated occurrence of floods and anthropogenic interventions in the Macabu River basin, focusing on their effects on land use and vegetation cover. A georeferenced multicriteria database was created using GIS (ArcGIS 10.6.1), analyzing variables such as slope, elevation, drainage density, precipitation, and land use to generate a socio-environmental risk model for flood-prone areas, categorized into four classes: low or no risk, medium, high, and extremely high. The “high and very high” risk classes together account for 37.8% of the basin. All the mapped land uses are located in flood-prone areas, particularly non-agropastoral anthropogenic areas (78%) and non-forested natural areas (90.3%). The obtained results

can inform the territorial and environmental planning of the basin, as well as areas with similar socio-environmental conditions.

KEYWORDS: geotechnologies; natural disasters; fluminense north; Rio de Janeiro; Brazil.

RESUMEN

Este estudio tuvo como objetivo comprender la ocurrencia integrada de las inundaciones, así como las intervenciones antrópicas en la cuenca del río Macabu, Rio de Janeiro, enfocado en sus efectos sobre el uso de tierras y la cobertura vegetal. Con este objetivo, fue organizada una base de datos georreferenciada multicriterio en ambiente SIG (ArcGIS 10.6.1), donde se analizaron las variables de pendiente, elevación, densidad de drenaje, precipitación y uso de la tierra para generar el modelo socioambiental de las áreas sujetas a inundación, divididas en 4 clases: baja o nula, media, alta y muy alta. En conjunto, las clases “alta y muy alta” representan 37,8% de la cuenca. Todos los usos de tierra cartografiados se encuentran en zonas sujetas a inundaciones, especialmente las zonas antrópicas no agrícolas (78%) y las zonas naturales no forestales (90,3%). Los resultados obtenidos pueden ayudar en la planeación y en el ordenación territorial-ambiental de la cuenca o de zonas en condiciones socioambientales similares.

PALABRAS-CLAVE: geotecnologías; desastres naturales; fluminense norte; Rio de Janeiro; Brasil.

RÉSUMÉ

Cette étude vise à comprendre l'occurrence intégrée des inondations, ainsi que les interventions anthropiques dans le bassin de la rivière Macabu, dans le nord de l'état de Rio de Janeiro au Brésil, en prêtant attention à leurs effets sur l'utilisation des terres et la couverture végétale. À cette fin, une base de données géoréférencées multicritères a été créée dans un environnement SIG (ArcGIS 10.6.1), où les variables de la pente, de l'altitude, de la densité de drainage, des précipitations et de l'utilisation des terres ont été analysées afin de générer le modèle socio-environnemental des zones sujettes aux inondations, divisé en 4 classes : faible ou nul, moyen, élevé et très élevé. Les classes “élevée et très élevée” représentent ensemble 37,8% du bassin. Toutes les occupations cartographiées se trouvent dans des zones inondables, notamment les zones anthropiques non agricoles (78%) et les zones naturelles non boisées (90,3%). Les résultats obtenus peuvent aider à la planification et à l'aménagement territorial et environnemental du bassin ou de zones présentant des conditions socio-environnementales similaires.

MOTS-CLÉS : géotechnologies ; catastrophes naturelles ; nord fluminense ; Rio de Janeiro ; Brésil.



Revista do Programa de
Pós-Graduação em Geografia e
do Departamento de Geografia
da UFES

Volume 3, n. 37
Julho-Dezembro, 2023
ISSN: 2175-3709

INTRODUÇÃO

A história da ocupação do Homem no Mundo é a da substituição de um meio natural, para um ambiente cada vez mais artificializado (SANTOS, 2004). Desta forma, bacias de drenagem de diferentes grandezas tiveram a sua paisagem marcada pela dinâmica das sociedades humanas em distintos modos de lidar com o uso da terra e a cobertura vegetal. A Organização das Nações Unidas (ONU), em acordo com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)¹, da Agenda 2030, entende que o modo como se chegou ao atual estágio de desenvolvimento econômico, que privilegia apenas uma pequena parcela da população mundial, têm exercido negativo impacto socioambiental frente às mudanças climáticas.

Neste contexto, inserem-se os desastres naturais, a exemplo das inundações, e seus efeitos sobre os usos da terra e cobertura vegetal. Como exposto no ODS 13, para o qual é necessário tomar medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos. Em seguida temos o ODS 15, para o qual busca-se proteger, recuperar e promover

o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade, contribuindo para a mitigação dos efeitos das inundações.

Inundações são fenômenos condicionados pela intensidade, distribuição e duração das chuvas, pela declividade e elevação do relevo, pela densidade de drenagem, pela capacidade de saturação e infiltração da água no solo, pela cobertura vegetal e pelo uso e ocupação da terra, atingindo bacias de drenagem urbanas e rurais (SOUZA, 2005; BOTELHO e SILVA, 2007; AMARAL e RIBEIRO, 2009).

De acordo com o Relatório Estatístico Anual de Desastres EM-DAT (*Emergency Disasters Data Base*) e UNDRR (*United Nations Office for Disaster Reduction*), as inundações, nessas duas décadas do século XXI, representam um total de 3.254 (44%) ocorrências dos desastres naturais, atingindo cerca de 1,65 bilhões de pessoas e custo estimado em US\$ 651 bilhões em todo o mundo. Durante esse período, 104.614 pessoas morreram

Tabela 1. Maiores registros de mortes e prejuízos econômicos em decorrência das inundações no ano de 2022

Países	Mortes (2022)	Prejuízo (USD) (R\$)
Índia	2.035	4,2 bilhões
Paquistão	1.739	15 bilhões
Nigéria	603	4,2 bilhões
África do Sul	544	s/d
Brasil	272	s/d
China	s/d	5 bilhões
Austrália	s/d	6,6 bilhões
TOTAL	5.193	35 bilhões

Fonte: EM-DAT (2023).

1. Os 17 ODS da Agenda 2030 surgiram da continuidade da Agenda de Desenvolvimento do Milênio (2000 – 2015), em um esforço global coordenado pela ONU no qual participam 193 Estados.

em decorrência das inundações, o que representa 9% do total das mortes por desastres naturais (UNDRR, 2020).

No Brasil, o Relatório de Danos Materiais e Prejuízos Decorrentes de Desastres Naturais (2020) avaliou 64.429 registros realizados por municípios e estados entre os anos de 1995 até 2019. O valor total estimado em dano e prejuízo durante os 25 anos é de R\$333,36 bilhões. No grupo dos desastres hidrológicos, foram registrados 3.238 eventos de inundações em bacias urbanas e rurais, totalizando R\$32 bilhões em custos nos cofres públicos e privados no território nacional.

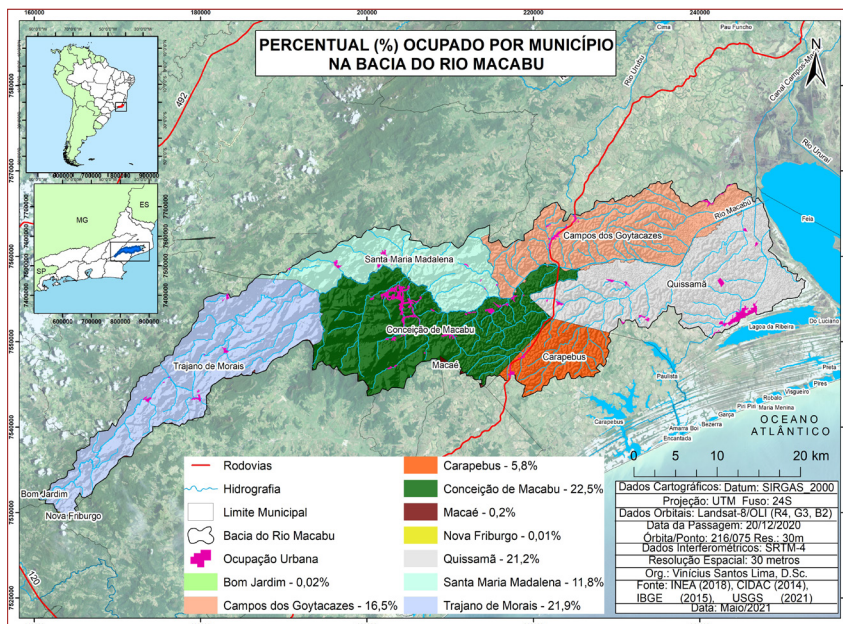
Entender a ocorrência das inundações e seus impactos associados requer um esforço integrado. Tradicionalmente a bacia de drenagem é adotada como um recorte que possibilita reflexões sistêmicas. A compreensão de uma bacia de drenagem mostra-se extremamente complexa, sendo necessário o

conhecimento prévio do funcionamento natural do ambiente como, clima, geologia, relevo, cobertura vegetal e dinâmica fluvial (HESS, 2014; CUNHA, 2003; BIGARELLA, 2003; SUGUIO; BIGARELLA, 1990; CHRISTOFOLETTI, 1981).

Além destes aspectos citados anteriormente, as análises hidrodinâmicas como, vazão média e perfil transversal (ARAUJO e ROCHA, 2010; GENZ e LUZ, 2007; CUNHA, 2002), devemos integrar estas análises aos temas socioeconômicos de decisões políticas, legislações, questões territoriais e aspectos culturais (ASHMORE, 2015; GREGORY, 2006; BOTELHO e SILVA 2004; SENRA, 2001), uma vez que as tomadas de decisões resultam na transformação da paisagem.

Na região Norte do estado do Rio de Janeiro, parte dessas decisões é efetuada sem haver um conhecimento prévio adequado das condicionantes naturais do ambiente transformado.

Figura 1. Mapa dos municípios pertencentes a bacia do rio Macabu



Fonte: Os autores.



Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia e do Departamento de Geografia da UFES

Volume 3, n. 37
Julho-Dezembro, 2023
ISSN: 2175-3709

Associam-se a isso, as mudanças climáticas, que, em diferentes escalas de análise, aliadas ao mau planejamento e ordenamento territorial-ambiental (VASCONCELOS, 2021), têm dificultado a mitigação dos impactos das inundações, tornando-os, antes, um problema de gestão municipal.

A ocorrência de inundações na bacia do rio Macabu (Figura 1), região Norte do estado do Rio de Janeiro, é de conhecimento do Poder Público, Sociedade Civil e das Universidades há décadas. A área de estudo trata-se de uma sub-bacia da lagoa Feia, que por sua vez se encontra na bacia do rio Paraíba do Sul, Região Hidrográfica IX², relativa ao Baixo Curso deste rio e do Itabapoana no estado do Rio de Janeiro. Abrange, parcialmente, os municípios de Campos dos Goytacazes, Carapebus, Conceição de Macabu, Macaé, Quissamã, Santa Maria Madalena, Nova Friburgo, Bom Jardim e Trajano de Moraes, compreendendo, aproximadamente, 1.171 km² da superfície terrestre (EMBRAPA, 2004).

Os eventos de inundações na bacia do rio Macabu, bem como os seus impactos associados possuem estreita relação com os processos atmosféricos. Os principais sistemas atmosféricos que contribuem para variação do tempo na área de estudo são: Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), que atua na região de outubro a março; Sistemas Frontais (FF), que atuam durante todo o ano, influenciando os índices pluviométricos e de temperatura e; Alta Subtro-

pical do Atlântico Sul (ASAS), que durante o verão, ou estações próximas, alimenta a ZCAS com umidade proveniente do oceano Atlântico, e, durante o inverno, funciona como bloqueio das frentes frias contribuindo para redução dos índices pluviométricos (VAREJAO-SILVA, 2005; MENDONÇA E DANNI-OLIVERIA, 2007).

A despeito dos sistemas atmosféricos atuantes na área de estudo e de sua influência direta sobre a ocorrência das inundações, o relevo também assume um papel fundamental na distribuição da matéria e energia pela bacia. Lima (2019), em estudo sobre as inundações na bacia do rio Imbé-Ururaí, limítrofe a adotada para este trabalho, testou as variáveis declividade/clinografia, morfoescultura/elevação, densidade de drenagem, precipitação, solos e usos da terra. Concluiu, entretanto, que o sistema geomorfológico (clinografia, morfoescultura e densidade de drenagem) figura-se como a variável de maior peso na determinação destes fenômenos, notadamente a declividade/clinografia.

A história da ocupação do homem no mundo implicou, necessariamente, no desenvolvimento de técnicas, sendo ela mesma - a técnica, uma mediadora da relação Homem-Meio (SANTOS, 2004; AB'SABER, 2006). Assim, bacias de diferentes ordenamentos e padrões passaram por intervenções antropogênicas.

Não é recente o planejamento, tampouco as intervenções antrópicas para o controle das inun-

2. A Resolução n.º 32, de 15 de outubro de 2003, do CNRH (Conselho Nacional de Recursos Hídricos), define como região hidrográfica o espaço territorial brasileiro compreendido por uma bacia, grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas contíguas com características naturais, sociais e econômicas homogêneas ou similares, com vistas a orientar o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos.

dações na área de estudo. Em 1939, o engenheiro Hildebrando de Araújo Góes elaborou um mapa intitulado “*O Saneamento da Baixada Fluminense*”, posteriormente publicado pela Diretoria de Saneamento da Baixada Fluminense – DSBF - do extinto Departamento Nacional de Obras de Saneamento (DNOS).

Segundo a Lei N.º 819, de 19 de setembro de 1949, que instituiu o regime de cooperação para a execução de obras de saneamento, ao DNOS era atribuído: executar obras de drenagem, irrigação e defesa contra enchentes em cooperação com governos estaduais, governos municipais, do Distrito Federal e de Território e pessoas naturais ou pessoas jurídicas de direito privado.

O DNOS, cujo interesse era recuperar áreas para os grandes proprietários de terras, foi responsável pela intensa modificação da rede de drenagem da área de estudo. Grupos de especuladores imobiliários enriqueceram vendendo suas propriedades por altos valores em locais vulneráveis às inundações (BV/UERJ, 2013).

Contudo, as inundações continuaram a ocorrer, tendo como últimos registros os anos de 2007, 2008, 2009, 2019, 2020 e 2022. Nesse sentido, a pesquisa traz como justificativa a realização de uma análise integradora dos sistemas, natural (declividade, elevação, densidade de drenagem e precipitação) e antrópico (usos da terra), no âmbito da bacia do rio Macabu, região Norte Fluminense. O produto desejado é a elaboração de um modelo de risco socioambiental às inundações

onde serão categorizadas quatro classes de probabilidade (Baixa ou Nula, Média, Alta e Muito Alta), servindo de base para o planejamento e ordenamento territorial-ambiental por parte dos gestores públicos, visando a prevenção de ocorrência das inundações e mitigação dos seus danos.

Exposto esse quadro natural e de alterações antropogênicas para a compreensão das inundações, têm-se os seguintes questionamentos norteadores: Como as intervenções antrópicas alteraram a paisagem em resposta aos efeitos das inundações? Onde se encontram as áreas sujeitas aos efeitos das inundações e qual a probabilidade (Nula ou Baixa, Média, Alta e Muito Alta) de ocorrência desse fenômeno por uso da terra na área de estudo?

Assim, assumiu-se como objetivo geral: compreender a ocorrência integrada das inundações, bem como das intervenções antrópicas na bacia do rio Macabu, atentando para seus efeitos sobre o uso da terra. Buscou-se ainda:

- 1 – analisar como as principais intervenções antropogênicas alteraram a paisagem em resposta aos efeitos das inundações;
- 2 – compreender os sistemas: natural (declividade, elevação, densidade de drenagem e precipitação) e antrópico (usos da terra) na bacia do rio Macabu através de sua caracterização e quantificação (areal e linear) e;
- 3 – entender, de maneira integrada, a ocorrência das inundações na área de estudo, levando-se em consideração o sistema natural e o uso da terra.



Revista do Programa de
Pós-Graduação em Geografia e
do Departamento de Geografia
da UFES

Volume 3, n. 37
Julho-Dezembro, 2023
ISSN: 2175-3709

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS AQUISIÇÃO DE DADOS CARTOGRÁFICOS, ORBITAIS E INTERFEROMÉTRICOS

Os dados cartográficos foram adquiridos junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em formato *Shapefile*. A imagem de satélite, adquirida junto ao *United States Geological Survey (USGS)*, possui passagem no dia 20/12/2020. O satélite/sensor escolhido foi o *LandSat-8/OLI*, órbita/ponto 216/075, resolução espacial de 30 metros.

Os produtos cartográficos/mapeamentos, assim como o processamento dos dados vetoriais e matriciais, foram realizados com uso do *software* de Sistema de Informações Geográficas (SIG) *ArcGIS 10.6.1*, empregando o sistema de projeção UTM, *Datum SIRGAS2000*, Zona 24 Sul (IBGE, 2005), em escala de 1:250.000, com o mapeamento produzido em acordo com a padronização cartográfica (MENEZES E FERNANDES, 2013; SLOCUM *et al.*, 2008).

O Modelo Digital de Elevação (*SRTM-4*) foi adquirido junto ao *USGS* em resolução espacial de 30 m, de onde foram produzidos os mapas de morfoesculturas, declividade e densidade de drenagem. O mapa de chuvas foi gerado a partir de um *raster*, produto de interpolação, disponibilizado pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA) exportado para resolução de 30 m. O mapa de usos da terra foi gerado a partir do *shapefile* disponibilizado pelo INEA (2018) em parceria com Cruz *et al.* (2018).

ELABORAÇÃO DOS PRODUTOS CARTOGRÁFICOS

Mapa Morfoescultural

De posse do *SRTM*, foi utilizado o comando *Fill* para corrigir o modelo. Após a correção, foi realizada a sua reclassificação através do comando *Reclassify*. A adoção dos valores, e suas respectivas classes, se deram em acordo com a metodologia de mapeamento geomorfológico para o estado do Rio de Janeiro proposta por Silva (2009). Para tanto, foram criados dois campos numéricos (*Double*) na tabela de atributos, sendo um, relativo aos percentuais e, o outro, às áreas de cada classe do total da bacia.

Contudo, o intervalo entre as classes foi alterado durante o processo de reclassificação, de modo que: 0 a 20m (Planície Fluvio-marinha); 20 a 100m (Tabuleiro e Colina); 100 a 400m (Serra Isolada e Serra Local) e; acima de 400m (Serra Escarpada).

Mapa de Declividade

Para o mapa de declividade adotou-se a metodologia proposta pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 1979). Para tanto, foram reclassificados 6 intervalos, quais sejam: 0 – 3% (Plano); 3 – 8% (Suave Ondulado); 8 – 20% (Ondulado); 20 – 45% (Forte Ondulado); 45 – 75% (Montanhoso); >75% (Escarpado).

Mapa de Precipitação

Para a confecção do mapa de precipitação foi utilizado um *raster* interpolado, dispo-

nibilizado pelo INEA (2010) e reclassificado para os seguintes intervalos: 0 – 1.100mm; 1.101 – 1.200mm; 1.201 – 1.300mm; 1.301 – 1.400mm; >1.400mm.

Mapa da Densidade de Drenagem

A partir do *SRTM*, foram utilizados dos seguintes comandos principais para a confecção do mapa de densidade de drenagem: *FlowDirection*; *FlowAccumulation*; *Con (value > 200)*; *StreamtoFeature*; *SmoothLine*; *LineDensity* e *Reclassify*. Dessa forma, adotaram-se os seguintes valores: 0,0 – 0,5 km km⁻²; 0,5 – 1,0 km km⁻²; 1,0 – 1,5 km km⁻²; 1,5 – 2,0 km km⁻² e; > 2 km km⁻².

Mapa de Usos da Terra

Para a elaboração do mapa de usos da terra foi realizado o comando *clip* dos resultados obtidos por Cruz *et al.* (2018) e INEA (2018) no total do estado do Rio de Janeiro para o recorte da bacia. Posteriormente, foram extraídas as classes, suas áreas e percentuais. Feito isso, o produto foi convertido para o formato *raster* e reclassificado.

CONSTRUÇÃO DO MODELO DE RISCO SOCIOAMBIENTAL ÀS INUNDAÇÕES

De posse dos mapas físicos (sistema natural) reclassificados e do mapa de uso da terra (sistema antrópico) – ambos os sistemas devidamente padronizados e quantificados – foi realizada a modelagem de álgebra de mapas em ambiente SIG, mediante proposta de Lima (2019). A inte-

gração das variáveis descritas acima, para obtenção de um mapa síntese do risco socioambiental às inundações na bacia do rio Macabu, foi realizada na escala de 1:250.000. Para tanto, foram propostas 4 (quatro) classes de risco, a saber: Baixa ou Nula; Média; Alta; Muito Alta.

O processo de criação do modelo das áreas inundáveis se deu a partir da adaptação da proposta de Fragilidade Emergente da Bacia, partindo-se da definição de coeficientes/graus de importância entre 1 e 5 (ROSS, 1994), onde: Declividade = 5; Morfoescultura = 1; Densidade de Drenagem = 2; Precipitação = 1 e; Uso da terra = 1. Os valores se traduzem na adaptação quanto às características físicas e do uso e ocupação da terra, com o valor 5 relacionado à classe “Muito Alta” e da definição do tamanho das células de 30 x 30 m, adequados à escala do objeto de estudo.

Assim, foram adotadas as seguintes classes e coeficientes (Tabela 2) de Declividades (Peso 5): 0 a 3% (valor = 5); 3 a 8% (valor = 4); 8 a 20% (valor = 2); 20 a 45% (valor = 1); 45 – 75% (valor = 1); >75% (valor = 1). A Morfoescultura (Peso 1) recebeu os seguintes valores: 0 – 20 m (valor = 5); 20 – 100 m (valor = 4); 100 – 400 m (valor = 1) e; acima de 400 m (valor = 1). A Densidade de Drenagem (Peso 2) têm os valores: 0,0 – 0,5 (valor = 1); 0,5 – 1,0 (valor = 2); 1,0 – 1,5 (valor = 3); 1,5 – 2,0 (valor = 4) e; densidade maior que 2,0 km km⁻² (valor = 5).

A variável “Precipitação” (Peso 1) – valor anual - (intervalo de 30 anos) recebeu os seguintes



Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia e do Departamento de Geografia da UFES

Volume 3, n. 37
Julho-Dezembro, 2023
ISSN: 2175-3709

pesos: 0 – 1.100mm (valor = 5); 1.300 – 1.400mm (valor = 1)
1.100 – 1.200mm (valor = 2); e; volume (mm/ano) maior que
1.200 – 1.300mm (valor = 1); 1.400 (valor = 1).

Tabela 2. Variáveis, classes, pesos e coeficientes adotados

Decliv. (%)	Coef.	Morfoesc. (m)	Coef.	D/D (km km ⁻²)	Coef.	Precip. (mm)	Coef.	UT	Coef.
Peso 5		Peso 1		Peso 2		Peso 1		Peso 1	
0 – 3	5	0 – 20	5	0,0 – 0,5	1	0 – 1.100	5	AAG	4
3 – 8	4	20 – 100	4	0,5 – 1,0	2	1.100 – 1.200	2	ÁGUA	5
8 – 20	2	100 – 400	1	1,0 – 1,5	3	1.200 – 1.300	1	ANA	5
20 – 45	1	> 400	1	1,5 – 2,0	4	1.300 – 1.400	1	ANF	1
45 – 75	1	-	-	> 2,0	5	> 1.400	1	NNF	5
> 75	1	-	-	-	-	-	-	REST.	4
-	-	-	-	-	-	-	-	SILVI.	3

Fonte: Os autores.

Por fim, a variável antrópica, representada pelos “Usos da terra” (Peso 1), recebeu os seguintes valores: Áreas Antrópicas Agropastoris - AAG (valor = 4); Áreas Antrópicas Agropastoris Não-Consolidadas - AAG_N_CONS (valor = 4); ÁGUA (valor = 5); Áreas Antrópicas Não Agropastoris - ANA (valor = 5); Áreas Naturais Florestadas - ANF (valor = 1); Áreas Naturais Não Florestadas - NNF (valor = 5); RESTINGA (valor = 4); SILVICULTURA (valor = 3).

A Combinação das variáveis para elaboração do mapa de áreas inundáveis é expressa pela álgebra de mapa através da função - *RasterCalculator*:
 $AI = (DC + ME + DD + PR) / 4 + UT / 2$
Sendo:

AI = Áreas Inundáveis;

DC = Declividade;

ME = Morfoescultura;

DD = Densidade de Drenagem;

PR = Precipitação e;

UT = Uso da terra.

Por fim, foram reclassificadas em quatro classes de risco socioambiental às inundações: Baixa ou Nula, Média, Alta e Muito Alta.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A proximidade da bacia do rio Macabu com a bacia do rio Imbé-Uruaí gera eventos de inundações condicionados às mesmas variáveis. Estes dois sistemas, pertenceram aos mesmos compartimentos geomorfológicos e, por conseguinte, possuem semelhanças em suas características morfométricas e morfológicas do relevo, como a declividade, a elevação e a densidade de drenagem, além de apresentarem similar distribuição, duração e intensidade do regime pluviométrico. Associa-se a isto, o histórico do uso e ocupação da terra, bem como as alterações antropogênicas na paisagem em resposta às inundações (CARNEIRO, 2003; SOFFIATI NETTO, 2013; LIMA; COELHO, 2017).

Com o fim de se obter o grau das alterações antrópicas na paisagem, foram georreferenciados antigos mapas, a exemplo da “*Carta Corográfica e Administrativa da Província do Rio de Janeiro e do Município Neutro*”, elaborada pelo Visconde J. de Villiers de L’Ile Adam e publicada

em 1888 (SOFFIATI NETTO, 2005). Nesta carta, a lagoa Feia é constituída por um corpo central mais ou menos circular e por um corpo alongado paralelo à costa. Em ambiente SIG, foi realizado o processo de georreferenciamento por Pontos de Controle Terrestres e posterior edição vetorial com o fim de extrair o espelho d'água da lagoa Feia e realizar cálculos de área e perímetro. Concluiu-se que em 1888, mediante ao baixo grau de intervenções antropogênicas, a lagoa Feia possuía 336 km² de área e 151 km de perímetro.

Outro importante registro cartográfico é o mapa intitulado “*O Saneamento da Baixada Fluminense*”, publicado pela Diretoria de Saneamento da Baixada Fluminense – DSBF. Este mapa foi confeccionado pelo engenheiro Saturnino de Brito e publicado em 1939 pelo engenheiro Hildebrando de Araújo Góes. Nesta publicação pode-se notar o planejamento de uma série de medidas estruturais a serem executadas na

área de estudo, a fim de sanar a problemática das inundações, a exemplo de retificações e aberturas de canais (LIMA, 2019). Foram extraídos os valores de área e perímetro no mapa de 1939 sendo, respectivamente, 290 km² e 123 km.

É importante notar que mesmo com a perda de 46 km² em seu espelho d'água do século XIX para a primeira metade do século XX, a lagoa Feia ainda mantinha morfologia circular e ligação com uma rede de drenagem pouco alterada, o que só veio a mudar na segunda metade do século XX, com a construção de 69 km de diques a nordeste da lagoa Feia. Não são conhecidas muitas datas das intervenções antropogênicas que levaram à redução das águas superficiais, contudo, os anos próximos aos meados do século XX, se apresentam como os das maiores transformações, notadamente realizadas pelo Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS).

Figura 2. Mapa do trecho retificado no rio Macabu



Fonte: Os autores.

GEOGRAFARES

Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia e do Departamento de Geografia da UFES

Volume 3, n. 37
Julho-Dezembro, 2023
ISSN: 2175-3709

De acordo com o artigo 2º do Decreto-Lei N. 8.847 - de 24 de janeiro de 1946, o DNOS teria por finalidade promover, orientar, superintender, estudar, projetar, executar, contratar, fiscalizar e instruir todos os empreendimentos ou assuntos relativos à construção, melhoramento, conservação, modificação e exploração de obras de saneamento e defesa contra inundações. Assim, o DNOS também foi responsável pela retificação do curso principal da bacia do rio Macabu. Através do processo de vetorização, obteve-se como resultado 37 km, do comprimento total de 140 km (Figura 2), de um padrão fluvial, antes meandrante, sobre terrenos holocênicos construídos nos últimos 7.000 anos pelo processo migratório do rio Paraíba do Sul para a sua atual foz, no distrito de Atafona, município de São João da Barra, Rio de Janeiro.

Em resposta às obras de engenharia para a contenção das inundações, têm-se como resultado a continuação e intensificação desses desastres naturais. Assim, mesmo após a construção de diques (particulares e governamentais), a construção de uma complexa rede de canais artificiais, a dragagem desses canais, a retificação de rios e, mais recentemente, a implosão de diques (LIMA; COELHO, 2017), a bacia do rio Macabu encontra-se sob constante potencial inundável, sobretudo nos fundos de vale dos Tabuleiros Terciários e na extensa Planície Quaternária sobre a Bacia Sedimentar Cenozóica.

A complexa relação entre as sociedades humanas e a dinâ-

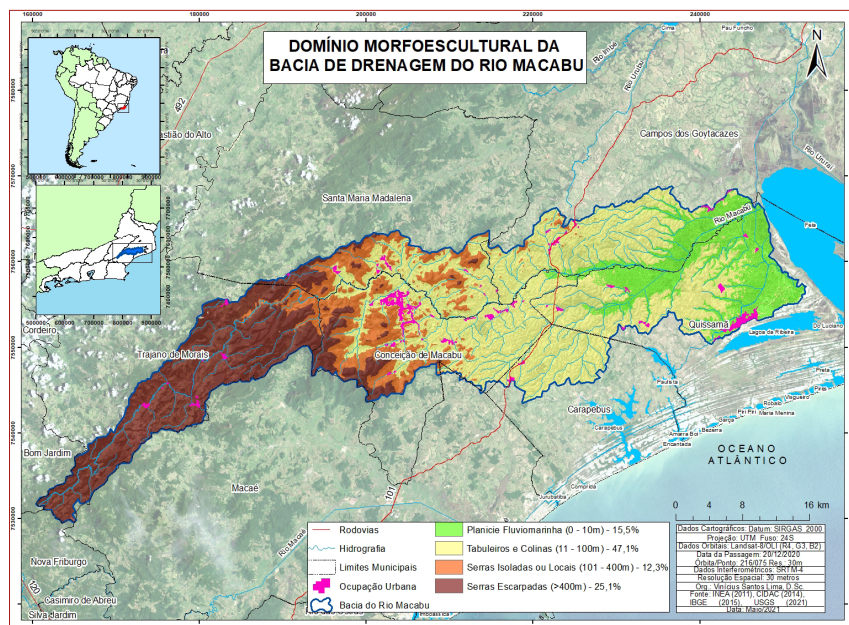
mica dos sistemas naturais têm demandado especial atenção no campo das ciências ambientais. Neste contexto, é necessário, por vezes, isolar entidades espaciais e analisá-las, para novamente integrá-las na compreensão das inundações. Para tanto, foram caracterizadas e quantificadas as variáveis a serem utilizadas na elaboração do modelo de risco socioambiental da bacia do rio Macabu.

O estado do Rio de Janeiro foi regionalizado sob dois aspectos (SILVA, 2009), utilizando como base o mapeamento do Projeto RadamBrasil (1983) e CPRM (2000), a saber: domínios morfoestruturais e domínios morfoesculturais. São duas as classes morfoestruturais identificadas por Silva (2009) para o RJ, quais sejam: cinturão orogênico do oceano Atlântico e a bacia sedimentar cenozóica.

O segundo nível refere-se ao domínio morfoescultural e teve como base para o mapeamento a elevação e a experiência em campo (SILVA, 2009). Para tanto, no registro cartográfico encontram-se 4 (quatro) classes, a saber: 1) planície fluvio-marinha; 2) tabuleiros e colinas; 3) serras isoladas ou locais e; 4) serras escarpadas.

A classe planície fluvio-marinha (Figura 3) abrange 181 km² da bacia e correspondem a 15,5% do seu espaço total. Atenção deve ser dada à classe Tabuleiros e Colinas que, sozinha, engloba quase a metade da área de estudo, sendo responsável por 551,9 km², que correspondem a 47,1% da totalidade.

Figura 3. Mapa do domínio morfoescultural da bacia de drenagem do rio Macabu



Fonte: Os autores.

As classes Serras Isoladas ou Locais e Serras Escarpadas ocupam, respectivamente, 144,6 km² e 293,7km² do território, abrangendo uma área de 12,3% e 25,1%. Destaca-se que as classes de maior risco a inundações (planície fluvio-marinha / tabuleiros e colinas) são também as de maior ocorrência espacial, totalizando 62,6% de áreas baixas que se distribuem, sobretudo, em declividades de relevo plano, suave ondulado e ondulado.

A declividade também se apresenta como uma importante variável morfométrica na determinação dos processos geomorfológicos atuantes, como ambientes de agradação e degradação, bem como pontos de concentração de inundações (SOUZA, 2013). O mapeamento da declividade (Figura 4) é uma forma de representação do comportamento espacial do relevo, e tem as mais diversas aplicações, a exemplo da geomorfologia e planejamento ter-

ritorial, tanto para o cumprimento da legislação ambiental brasileira, quanto para avaliar a eficiência e os impactos das intervenções humanas no ambiente (ROMANOVSKI, 2001). Assim, as áreas de intervalo entre 0 e 3% (relevo plano) correspondem às baixadas e são responsáveis por 264,8 km² da bacia e 22,6% do total da área de estudo, sendo aquela de segunda maior expressão espacial e a classe onde ocorrem a maior parte das inundações.

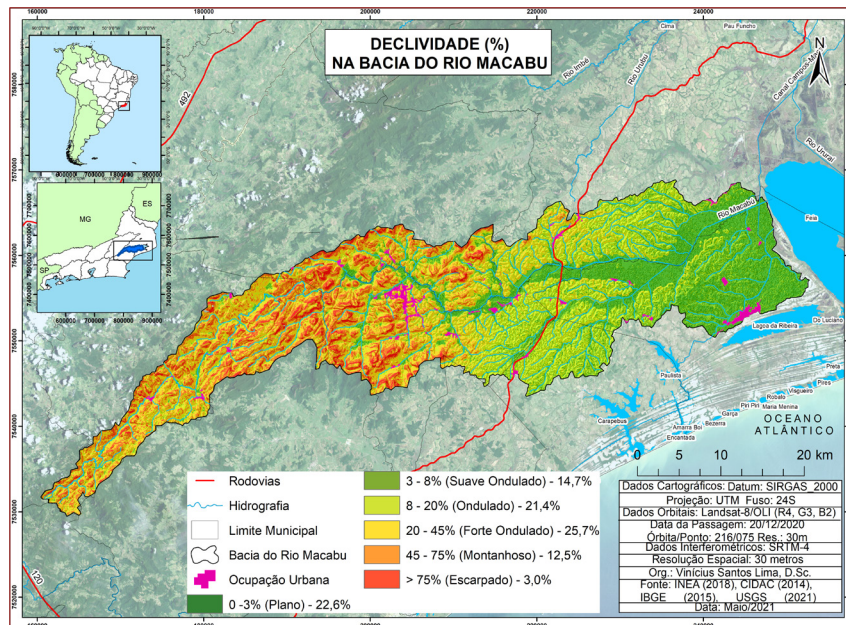
A classe entre 3 e 8% (relevo suave ondulado) abrangem 172,6 km² e equivalem a 14,7% da bacia de drenagem, sendo – em menor grau – outra classe de risco onde ocorrem as inundações. O intervalo entre 8 e 20% (relevo ondulado) compreende 250,8 km² e 21,4% do sistema, conquanto que a classe de ocorrência entre 20 e 45% (relevo forte ondulado) abarca 301,2 km² e corresponde a 25,7% no total da bacia, sendo a classe de maior representatividade.



Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia e do Departamento de Geografia da UFES

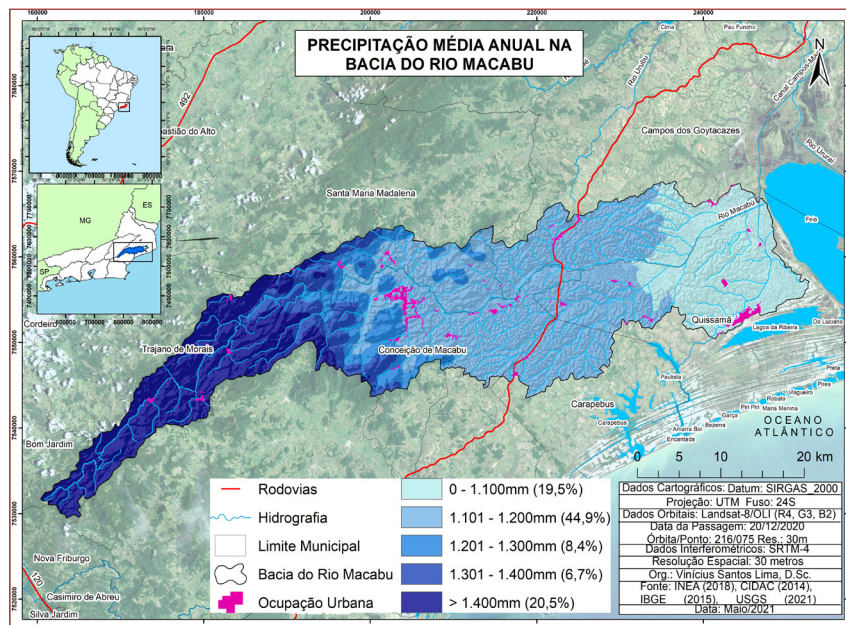
Volume 3, n. 37
Julho-Dezembro, 2023
ISSN: 2175-3709

Figura 4. Mapa da declividade na Bacia do Rio Macabu



Fonte: Os autores.

Figura 5. Mapa da precipitação Média Anual na Bacia do Rio Macabu



Fonte: Os autores.

As classes correspondentes aos intervalos entre 45 e 75% (relevo montanhoso) e maiores que 75% (relevo escarpado) são responsáveis, respectivamente por 146,3 km² e 35,3 km² da superfície da bacia de drenagem e respondem por 12,5% e 3% no total da área de estudo, sendo esta última a classe de menor ocorrência espacial. Diretamente

associada às características morfológicas e morfológicas do relevo, encontra-se a distribuição das chuvas na bacia.

Na área de estudo atuam distintos sistemas atmosféricos, quais sejam: ZCAS, ASAS e os Sistemas Frontais. Neste sentido, o Instituto Estadual do Ambiente (INEA, 2010) gerou um modelo interpolado (Figura 5), em for-

mato *raster*, dos dados de chuvas na bacia, tendo como referência a média de precipitação anual, dada em milímetros (mm) entre os anos de 1950 e 2000.

É notável a relação da concentração das chuvas com o relevo, de modo que nas áreas mais elevadas, que correspondem às serras escarpadas (Serra do Mar), a quantidade de chuvas chega quase ao dobro das áreas mais aplainadas, como a planície fluviomarinha e os tabuleiros.

A classe de precipitação média anual entre 0 e 1.100 mm encontra-se no conjunto das planícies, tabuleiros e colinas e somam 228,3 km², o que representa 19,5% do total. O intervalo compreendido entre 1.101 e 1.200 mm abrange 526,4 km², configurando-se como a classe de maior grandeza e representando 44,9% da bacia.

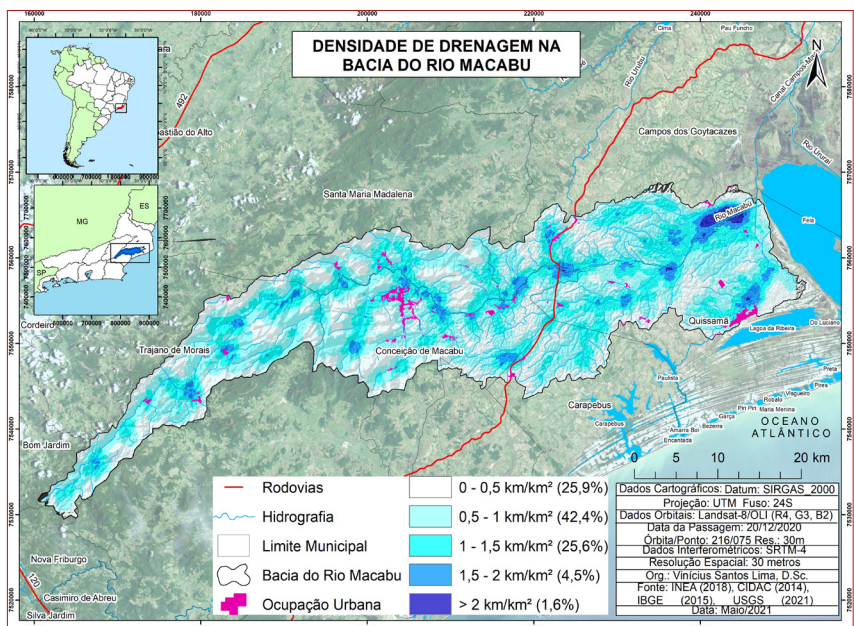
As classes de 1.201 a 1.300 mm e de 1.301 a 1.400 mm, juntas, somam 176,5 km² e correspondem a 15,1% do sistema. Os maiores índices de pluviosidade se

encontram na Serra do Mar, com média anual maior que 1.400 mm, ocupando 240,2 km², equivalente a 20,5% da área de estudo.

Intrinsecamente, associado ao regime de precipitação em qualquer bacia, se encontra a densidade de drenagem – Dd (STEVAUX E LATRUBESSE, 2017) (Figura 6). De acordo com os autores, o escoamento da água numa bacia de drenagem pode ocorrer de maneira superficial ou subsuperficial, variando mediante as condições ambientais de cada sistema. A drenagem por escoamento superficial se dá principalmente pela rede de canais, sendo gerada pelo trabalho exercido através do fluxo da água drenada.

A rede de drenagem pode ser classificada por diferentes parâmetros, como o padrão, o ordenamento, ou mesmo a relação temporal com a geologia da bacia. É a densidade de drenagem que controla a eficiência do escoamento superficial e reflete mais diretamente o clima, o relevo, a

Figura 6. Mapa da densidade de drenagem na Bacia do Rio Macabu



Fonte: Os autores.



Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia e do Departamento de Geografia da UFES

Volume 3, n. 37
Julho-Dezembro, 2023
ISSN: 2175-3709

litologia, os solos, o uso e ocupação da terra e a cobertura vegetal em uma bacia.

Stevaux e Latrubesse (2017) estabeleceram uma estreita relação entre a densidade de drenagem e o regime de pluviosidade, de modo que, bacias localizadas em regiões semiáridas possuem maiores Dd em detrimento de bacias de clima úmido, como a adotada para este estudo, com índices menores que 1 km km^{-2} .

Assim, a classe com intervalo entre 0 e $0,3 \text{ km km}^{-2}$ apresenta-se como a de maior ocorrência espacial (744 km^2), distribuindo-se por toda a bacia e representando mais de 50% do total do sistema. Seguido desta, encontra-se o intervalo compreendido entre 0,3 e $0,4 \text{ km km}^{-2}$, com área aproximada de 311 km^2 , somando o total de 21% da bacia. A classe compreendida entre o intervalo 0,4 e $0,5 \text{ km km}^{-2}$ se distribui por 221 km^2 e ocupa 15% da área de estudo, conquanto que os valores superiores a $0,5 \text{ km km}^{-2}$ estão distribuídos num total de 202 km^2 , configurando-se como a de menor ocorrência espacial, com 14% da área de estudo.

A densidade de drenagem, a declividade, a morfoescultura e a precipitação média anual compõem as variáveis do meio físico adotadas para este trabalho. Assim, para a variável antrópica “Uso da Terra” da bacia do rio Macabu, partiu-se dos resultados apresentados por Cruz *et al.* (2018) em colaboração com INEA (2018), através do Projeto de Mapeamento da Cobertura da Terra e de Detecção de Mudanças na Cobertura Florestal do Estado do Rio de Janeiro – Olho no Verde.

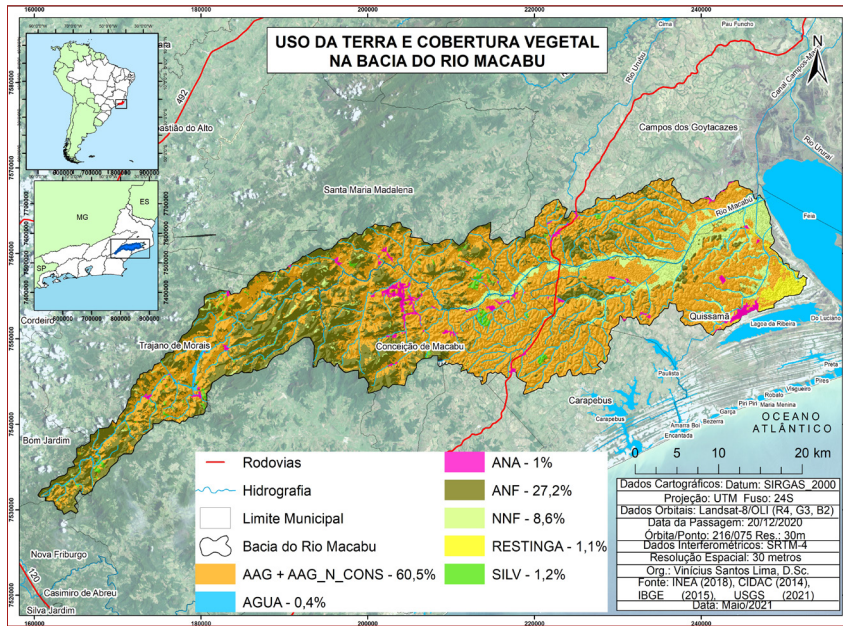
Atualmente, encontram-se os seguintes usos da terra na área de estudo, quais sejam: AAG (Áreas Antrópicas Agropastoris), AAG_N_Cons (Áreas Antrópicas Agropastoris Não Consolidadas), Água, ANA (Áreas Antrópicas Não Agropastoris), ANF (Áreas Naturais Florestadas), NNF (Áreas Naturais Não Florestadas), Restinga e Silvicultura.

A classe Áreas Antrópicas Não Agropastoris (ANA) engloba $11,8 \text{ km}^2$ e corresponde a 1% da bacia, compreendendo espaços residenciais, comerciais, industriais, mineração e solo exposto. Apesar da baixa ocorrência espacial, essa classe é importante em função dos efeitos das inundações sobre as habitações humanas.

Já as Áreas Antrópicas Agropastoris (AAG) se distribuem por $706,7 \text{ km}^2$, sendo 60,4% do total e figurando-se como a classe de maior ocorrência espacial. Compreendem pastagem, pastagem esparsa, pastagem queimada, cultivos perenes e temporários, solo em preparo e revegetação (pasto sujo – etapa de sucessão da vegetação que antecede o estágio inicial).

A classe Silvicultura (SILV) abrange $13,6 \text{ km}^2$ e tem representatividade de 1,2%. Compreende plantios comerciais de espécies arbóreas e/ou o reflorestamento. A classe Áreas Naturais Florestadas (ANF) possui $318,5 \text{ km}^2$, distribuindo-se por 27,2%, considerando-se a vegetação arbórea, excetuando Silvicultura, independente do estágio sucessional em que se encontra, recobrando serras, morros, colinas e planícies, incluindo-se

Figura 7. Mapa dos usos da terra na bacia do rio Macabu



Fonte: Os autores.

assim, diferentes fitofisionomias da Mata Atlântica.

Na classe Áreas Naturais Não Florestadas (NNF) foram mapeadas 100,3 km², correspondendo a 8,6% da área de estudo (Figura 7). Pertencem a ela, diferentes formações vegetacionais e não vegetacionais, a exemplo de afloramento rochoso, solo exposto natural, vegetação rupestre, campos de altitude, área alagada e praia. A NNF figura-se como uma classe de alto potencial inundável distribuindo-se pela área de várzea do rio Macabu.

Por fim, a classe Restinga engloba 13,3 km² e ocupa 1,1% da bacia. É caracterizada por formações vegetais que se estabelecem em cordões arenosos da planície costeira, com influência marinha e fluviomarinha.

De posse dos resultados obtidos até o presente, integrou-se as variáveis do sistema natural (morfoescultura, declividade, densidade de drenagem e precipitação) e do sistema antrópico (usos da terra e cobertura vegetal).

As áreas e percentuais das classes sujeitas aos efeitos das inundações (ROSS, 1994; LIMA, 2019), podem ser divididas em dois grupos, quais sejam: grande risco socioambiental à inundação (classes Alta e Muito Alta) x baixo risco socioambiental à inundação (classes Baixa ou Nula e Média). A classe “Baixa ou Nula” figura-se como a de maior representatividade no sistema, ocupando 33,5% e abrangendo 392,8 km². Estas áreas situam-se, sobretudo, no domínio dos Cinturões Orogênicos do Atlântico Sul, na presença da Serra do Mar e dos Maciços interioranos isolados.

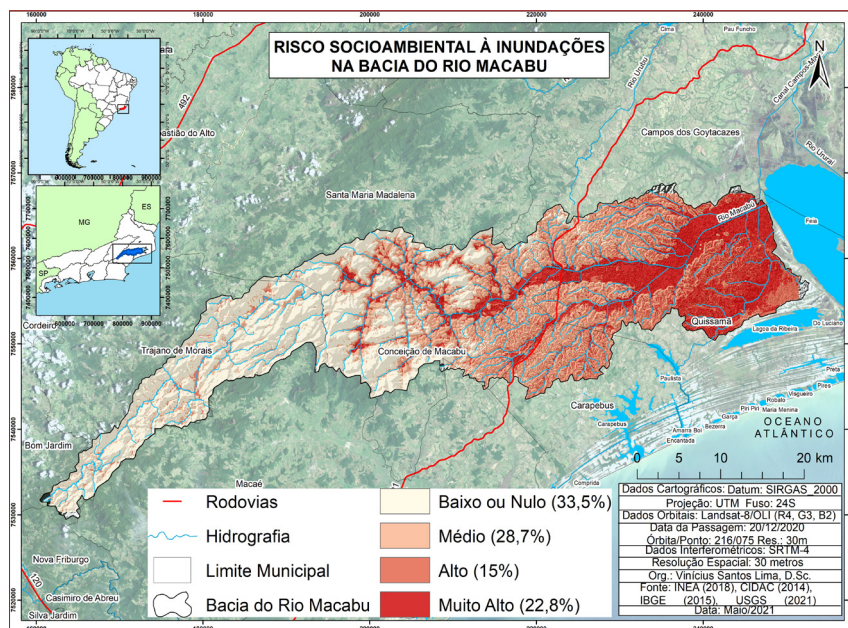
A classe de enquadramento “Média” distribui-se do contato da Planície Fluviomarinha para as Colinas e Tabuleiros Terciários do Grupo Barreiras, sobretudo nos fundos de vale, sendo a segunda classe de maior representatividade espacial, com 336,3 km², ocupando 28,7% da bacia, como se vê na Figura 8.



Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia e do Departamento de Geografia da UFES

Volume 3, n. 37
Julho-Dezembro, 2023
ISSN: 2175-3709

Figura 8. Mapa do risco socioambiental às inundações na bacia do rio Macabu, Rio de Janeiro



Fonte: Os autores.

Foram classificadas como “Alta” e “Muito Alta” 37,8% do total do sistema. Devida atenção deve ser dada a classe “Muito Alta” por encontrar-se em maior potencial de inundação. Sozinha, ela é responsável por 266,6 km² de áreas onde são desenvolvidos todos os usos da terra anteriormente levantados, abrangendo 22,8% da área de estudo.

Estas áreas situam-se, majoritariamente, no domínio da Bacia Sedimentar Cenozóica, notadamente nas morfoesculturas Planície Fluviomarina e nos Tabuleiros Terciários do Grupo Barreiras. São paisagens que se encontram sujeitas aos efeitos das inundações em função das suas baixas declividades, da morfologia do relevo (planície fluvial e várzeas, além dos fundos dos tabuleiros), da densidade de drenagem, das chuvas que caem nas cabeceiras e se destinam às baixadas e do

processo de ocupação e alteração do meio pelas sociedades humanas.

De acordo com o Atlas Nacional de Desastres Naturais (2013), no estado do Rio de Janeiro, entre os anos de 1991 e 2012, foram registrados 190 eventos de inundações. As regiões do estado do Rio de Janeiro mais afetadas são o Noroeste e o Norte Fluminense. Juntas, contam com 107 ocorrências (CEPED, 2013; CBHBPSI, 2019). Ao final de novembro de 2022, a bacia do rio Macabu novamente teve seus usos da terra e cobertura vegetal impactados por eventos extremos.

A população que habita os núcleos urbanos dos municípios de Conceição de Macabu, Carapebus e Quissamã sofreram prejuízos materiais ainda não mensurados, incluindo óbitos. Segundo o divulgado pela imprensa local em 01/12/2022, através do jornal Folha Geral³, em Conceição de Macabu, pelo

3. Cf.: <<https://www.folha1.com.br/geral/2022/12/1286558-chuva-forte-deixa-um-morto-e-cinco-feridos-em-conceicao-de-macabu.html>>.

menos 80 pessoas ficaram desalojadas e 5 desabrigadas. No distrito da Serrinha, em Campos dos Goytacazes, nas proximidades do rio Macabu, altura da BR-101, os impactos das inundações também causaram severos danos.

No intuito de contribuir para a produção acerca deste desastre natural no estado do Rio de Janeiro, buscou-se quantificar os usos da terra e cobertura vegetal da bacia do rio Macabu/RJ quanto ao risco socioambiental às inundações. Assim, 305,9 km² do universo de 706,7 km² de usos destinados às Áreas Antrópicas Agropastoris (AAG) e Áreas Antrópicas Agropastoris Não-Consolidadas (AAG_N_CONS) encontram-se em elevado grau de risco socioambiental à ocorrência de inundações, equivalendo a 26,1% do total da bacia. Já as Áreas Antrópicas Não-Agropastoris possuem muito alto e alto risco, respectivamente, em valores de 3,6 e 5,7 km². Juntas, as áreas sujeitas aos impactos das cheias representam 78% do total desta classe na bacia.

As Áreas Naturais Florestadas possuem, em muito alto e alto risco, respectivamente 1,0 e 16,2 km² de área. Somando 17,2 km², essa classe representa 5,4% do total de 318,5 km² deste uso na bacia. Já para as Áreas Naturais Não Florestadas, foram identificados como muito alto e alto risco socioambiental às inundações 82,8 e 7,8 km². Assim, representam 90,3% de um universo de 100,3 km² do total desta classe para a área de estudo.

Para a classe Restinga, foram mapeados 8,9 km² como muito

alto risco e 2,2 km² como alto risco. Dessa forma, contabilizam 11,1 km² deste uso condicionado aos efeitos das inundações. Ao todo, são 81,6% de Restinga na área de estudo que se encontra em risco socioambiental às inundações. Por fim, a classe Silvicultura encontra-se com 4,1 km² em alto risco, o que representa 30,1% do total desta classe no universo da bacia.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa permitiu que análises fossem realizadas sob a compreensão de processos de pergunta-resposta no sistema, a exemplo das características morfológicas e morfológicas do relevo, apresentarem-se: ora como boas condicionantes para práticas agropecuárias extensivas e/ou construção de sítios urbanos, devido às baixas declividades, uma extensa planície fluviomarina e áreas de fundo de vale; ora como esses mesmos usos mostrarem-se sujeitos aos impactos das inundações.

Neste sentido, concluiu-se que a classe de usos da terra “Áreas Antrópicas Agropastoris” representa 706,7 km² da bacia. Deste universo, 26,1% encontram-se sob alto risco socioambiental às inundações, notadamente nas áreas de várzea e nos fundos de vale dos Morros e Tabuleiros. Ainda, a despeito da classe “Áreas Antrópicas Não Agropastoris” possuir baixa representatividade espacial, devida atenção deve ser dada a esta, visto tratar-se, majoritariamente, de usos residenciais, comerciais, industriais, mineração e solo exposto. Assim, esta



Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia e do Departamento de Geografia da UFES

Volume 3, n. 37
Julho-Dezembro, 2023
ISSN: 2175-3709

classe possui 11,8 km² de ocorrência espacial e, deste universo, 78% encontram-se em alto risco.

As classes onde foram encontrados os maiores riscos às inundações sobre usos da terra e cobertura vegetal foram as “Áreas Naturais Não Florestadas” e “Restinga”. A primeira encontra-se com 90,3% de suas áreas sujeitas à ocorrência deste fenômeno. As Áreas Naturais Não Florestadas tratam-se de formações vegetacionais e não vegetacionais, a exemplo de afloramento rochoso, solo exposto natural, vegetação rupestre, campos de altitude, área alagada e praia. Já a classe Restinga, com 13,3 km², possuem 81,6% de elevado risco às inundações. A restinga é uma extensa faixa de depósitos arenosos paralelos à linha de praia formados pelas sucessivas oscilações eustáticas do nível do mar durante o período Quaternário. Também pertencem à restinga as formações vegetais que se estabelecem em cordões arenosos da planície costeira, com influência marinha e fluviomarinha.

As “Áreas Naturais Florestadas”, que possuem 318,5 km² de representatividade espacial, têm apenas 5,4% de risco socioambiental à ocorrência das inundações. Assim, esta classe figura-se como a de menor risco em detrimento das demais. Nela está contida a vegetação arbórea (excetuando a Silvicultura) independente do estágio sucessional em que se encontra, recobrando serras, morros, colinas e planícies, abrangendo diferentes fitofisionomias da floresta Atlântica.

Assim, assume-se que a ocorrência das inundações e seus impactos sobre os usos da terra e cobertura vegetal possuem estreita relação com o meio físico, sobretudo o sistema geomorfológico (declividade, elevação e densidade de drenagem). As conclusões aqui apresentadas poderão subsidiar políticas públicas, bem como o planejamento e ordenamento territorial e ambiental da bacia do rio Macabu/RJ, e dos municípios a ela pertencentes, além de contribuir, em escala local e regional para o cumprimento dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030 da ONU.

Contudo, alerta-se para a importância de outros estudos de caráter sistêmico e sistemático, onde diferentes áreas do conhecimento devem ser postas em diálogo, frente à complexidade das demandas do mundo contemporâneo, que é dinâmico e, exige cada vez mais um olhar crítico e integrado diante às mudanças climáticas em curso.

Neste sentido, recomendam-se medidas estruturais e estruturantes, como a educação ambiental, realizadas em conjunto por parte das Instituições de Ensino Superior, dos gestores do território e da sociedade civil. São necessários estudos aplicados de natureza integrada (base física, biológica e antrópica), acerca da restauração da bacia de drenagem do rio Macabu/RJ, que envolvam a renaturalização dos rios através da reconstrução de seus meandros, replantio da mata ciliar e ordenamento responsável e integrado das águas, do uso da terra e cobertura vegetal. ●

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) pelo apoio financeiro e bolsa de pesquisa de pós-doutorado do primeiro autor, através do edital PROPPG N° 04/2020.



Revista do Programa de
Pós-Graduação em Geografia e
do Departamento de Geografia
da UFES

Volume 3, n. 37
Julho-Dezembro, 2023
ISSN: 2175-3709

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A N. Bases conceituais e Papel do Conhecimento na Previsão de Impactos. *In: PLANTENBERG-MÜLLER, C.; AB'SABER, A. N. Previsão de Impactos*. São Paulo: Edusp, 2006.
- AMARAL, R. do; RIBEIRO, R. R. Inundações e Enchentes. *In: TOMIGANA, L. K. SANTORO, J. e AMARAL, R. (orgs.). Desastres Naturais: conhecer para prevenir*. São Paulo, Instituto Geológico, 2009.
- ARAUJO, A. P.; ROCHA, P. C. Regime de Fluxo e Alterações Hidrológicas no rio Tibagi- Bacia do Rio Paranapanema/Alto Paraná. *Revista de Geografia*. Recife: UFPE –DCG/NAPA, v. especial VIII SINAGEO, n. 3, Set. 2010.
- ASHMORE, P. Towards a Sociogeomorphology of Rivers. *Geomorphology*. v. 251, 15 December 2015, Pages 149–156.
- ATLAS BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS: 1991 a 2012 / *Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres*. 2. ed. rev. ampl. – Florianópolis: CEPED UFSC, 2013. Volume Rio de Janeiro. Disponível em: <https://s2id.mi.gov.br/paginas/atlas/>. Acesso em: 10/11/2022.
- BACHA, L. *et al.* Current Status of Drinking Water Quality in a Latin American Megalopolis. *Water*, v. 15, p. 165, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4441/15/1/165>. Acesso em: 02/02/2023.
- BACHA, L. *et al.* Risk of Collapse in Water Quality in the Guandu River (Rio de Janeiro, Brazil). *Microbial Ecology* (online), v. 1, p. 1-14, 2021. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00248-021-01839-z>. Acesso em: 02/02/2023.
- BIGARELLA, J. J. *Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais*. Florianópolis: Editora UFSC v.3, 2003. p. 877-1436.
- BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. da. Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental. *In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. (orgs.). Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.
- BV/UERJ. Disponível em <http://www.bvambientebf.uerj.br/arquivos/comissoes/DNOS.htm>. Acesso em 17/08/2021.

CARNEIRO, P. R. F. *Dos pântanos à escassez: uso da água e conflito na Baixada dos Goytacazes*. São Paulo: Annablume: Rio de Janeiro: Coppe/UFRJ, 2003.

CENTRE FOR RESEARCH ON THE EPIDEMIOLOGY OF DISASTERS, UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION (UNDRR). *The Human Cost of Disasters. An Overview of the Last 20 Years (2000–2019)*. 2020. Disponível em: <https://reliefweb.int/report/world/human-cost-disasters-overview-last-20-years-2000-2019>. Acessado em 14 de março de 2022.

CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia Fluvial*. São Paulo: Edgar Blucher Ltda, 1981.

COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DO BAIXO PARAÍBA DO SUL E ITABAPOANA - CBH-BPSI. *Atlas da Bacia Hidrográfica com Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana*. 2019. Disponível em: <https://www.cbhbaixoparaiba.org.br/estudos-projetos.php>. Acesso em: 10 de novembro de 2022.

CRUZ *et al.* *Projeto de Mapeamento da Cobertura da Terra e de Detecção de Mudanças na Cobertura Florestal do Estado do Rio de Janeiro - Relatório Final de Mapeamento da Cobertura da Terra*. Convênio PRUMO LOGÍSTICA COPPETEC-SEA-INEA. Rio de Janeiro, 2018.

CUNHA, S. B. Canais Fluviais e a Questão Ambiental. In: CUNHA, S.B. & GUERRA, A.J. T. (orgs.) *A Questão Ambiental: diferentes abordagens*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. p. 219-238.

CUNHA, S. B. Geomorfologia Fluvial. In: CUNHA, S.B.; GUERRA, A.J.T. (orgs.) *Geomorfologia, exercícios, técnicas e aplicações*. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002. p. 157-189.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. *Diagnóstico do Meio Físico da Bacia Hidrográfica do Rio Macabu, RJ*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. *Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ)*. Súmula da 10. Reunião Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro: 1979. 83p.

GENZ, F.; LUZ, L. Metodologia para considerar a variabilidade hidrológica na definição do regime natural de vazões no baixo curso do rio São Francisco. In: XVII Simpósio Brasileiro de



Revista do Programa de
Pós-Graduação em Geografia e
do Departamento de Geografia
da UFES

Volume 3, n. 37
Julho-Dezembro, 2023
ISSN: 2175-3709

Recursos Hídricos, 2007, São Paulo/SP. Anais, 1 CD-ROM.

GREGORY, K. J. The Human Role in Changing River Channels. *Geomorphology*. Volume 79, 15 September 2006, p. 172-191.

HESS, D. Fluvial Processes. In: _____. *McKnight's Physical Geography: a landscape appreciation*, 11th ed. Pearson, 2014. Chapter 16, p. 466-497.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Manuais Técnicos em Geociências: Manual Técnico de Uso da Terra*. 2 Ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Resolução IBGE nº 1/2005 que altera a caracterização do referencial geodésico brasileiro*. Disponível em: ftp://geoftp.ibge.gov.br/metodos_e_outros_documentos_de_referencia/normas/rpr_01_25fev2005.pdf (2005). Acesso em 30 de julho de 2021.

INEA - Instituto Estadual do Ambiente. Base Temática – *O Estado do Ambiente: indicadores ambientais do Rio de Janeiro*, 2010: http://www.inea.rj.gov.br/basetematica_estadoambiente/. Acesso em: 2 mar. 2015.

INEA – Instituto Estadual do Ambiente. *Mapeamento de Uso do Solo e Cobertura Vegetal da RH IX - Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana*. 2018. Disponível em: <http://www.geoservicos.inde.gov.br/geoserver/ows>. Acesso em: 04 de julho de 2022.

LIMA, V. S.; COELHO, A.L.N. *Impactos Antrópicos e Mudanças na Paisagem: Um Estudo Sobre a Lagoa Feia/Brasil*. 1. ed. Saarbrücken: Novas Edições Acadêmicas, Alemanha, 2017.

LIMA, V.S. *Relações sistêmicas na bacia do rio Imbé-Ururá (RJ) e seus reflexos nas inundações*. 2019. 128 p. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal Fluminense UFF, Niterói – Rio de Janeiro, 2019.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVERIA, I. M. *Climatologia: noções básicas e climas do Brasil*. São Paulo. Editora Oficina de texto. 206p. 2007.

MENDONÇA *et al.* Avaliação de eventos de inundação na Região Norte Fluminense, Rio de Janeiro, utilizando imagens de sensores remotos. In: *Ambi-Agua*, Taubaté, v. 7, n. 1, p. 255-267, 2012.

MENESES, P. M. L.; FERNANDES, M. C. *Roteiro de Cartografia*. 1. São Paulo: Oficina de Textos, 288p, 2013.

NAÇÕES UNIDAS/BRASIL. *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável*. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 10 de novembro de 2021.

PROJETO RADAMBRASIL - *Levantamento de Recursos Naturais. Geologia, Geomorfologia, Solos, Vegetação e Uso Potencial da Terra*. v. 32, Folhas SF 23/24 Rio de Janeiro / Vitória. Rio de Janeiro: IBGE/Ministério das minas e energia – Secretaria Geral, 1983, 775 p.

RELATÓRIO DE DANOS MATERIAIS E PREJUÍZOS DECORRENTES DE DESASTRES NATURAIS NO BRASIL : 1995 –2019 /*Banco Mundial. Global Facility for Disaster Reduction and Recovery*. Fundação de Amparo à Pesquisa e Extensão Universitária. Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil. (Org. Rafael Schadeck). 2.ed. Florianópolis: FAPEU, 2020.

ROMANOVSKI, Z. *Morfologia e aspectos hidrológicos para fins de manejo da microbacia da Rua Nova, Viçosa-MG, para fins de manejo*. 2001. 99f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. *Revista do Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo*, São Paulo, n. 8, p. 63-74.1994.

SANTOS, M. *A Natureza do Espaço: Técnica e Tempo, Razão e Emoção*. São Paulo: EDUSP, 2004.

SENRA, J. B. Á. O desafio do terceiro milênio. In: VIANA, G.; SILVA, M.; DINIZ, N. (orgs). *O desafio da sustentabilidade: um debate socioambiental no Brasil*. São Paulo: Fundação Perseu Abramo, 2001.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (CPRM). *Programa Levantamento Geológico e Geomorfológico Básico do Brasil: estado do Rio de Janeiro em 1:400.000*. 2000. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/>. Acesso em: 05 set. 2022.

SILVA, T. M. da. Geomorfologia do estado do Rio de Janeiro: distribuição espacial das feições morfológicas e contexto evolutivo. In: BICALHO, A. M. S. M.; GOMES, P. C. da C. (orgs.) *Questões Metodológicas e Novas Temáticas na Pesquisa*



Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia e do Departamento de Geografia da UFES

Volume 3, n. 37
Julho-Dezembro, 2023
ISSN: 2175-3709

Geográfica. Rio de Janeiro. Publit, 2009.

SLOCUM, Terry A.; MCMASTER, Robert B; KESSLER, Fritz C.; Howard, Hugh H. *Thematic Cartography and Geovisualization*, 3rd Edition, Ph. Series in Geographic Information Science, Hardcover. 2008.

SOFFIATI NETTO, A.A. *As Lagoas do Norte Fluminense: contribuição à história de uma luta*. Campos dos Goytacazes – RJ: Essentia Editora, 2013.

SOFFIATI NETTO, A.A. Ecofisionomia e História. In: SUZUKI, M.S. *et al.* Áreas Alagáveis do Norte Fluminense, 2005.

SOUZA, C. R. de G. Suscetibilidade morfométrica de bacias de drenagem ao desenvolvimento de inundações em áreas costeiras. In: *Revista Brasileira de Geomorfologia*, Ano 6, Nº 1, 2005. p. 45-61).

SOUZA. S. O. *Vulnerabilidade Ambiental da Planície Costeira de Caravelas (Bahia): Uma proposta geossistêmica*. 2013. 136 p. Dissertação (Mestrado). Pós-Graduação em Geografia, UFES – Vitória, 2013.

STEVAUX, J.C.; LATRUBESSE, E.M. *Geomorfologia Fluvial*. São Paulo: Oficina de Textos, Coleção Geografia, v. 3, 336 pp. 2017.

SUGUIO, K. *Geologia Sedimentar*. 1. Ed. São Paulo: Editora Blucher, 2003.

SUGUIO K.; BIGARELLA, J. J., *Ambientes Fluviais*. 2. ed. Curitiba: UFPR, 1990.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY - USGS. *Aquisição de produtos orbitais e interferométricos*. US, 2021.

VAREJÃO-SILVA, M. A. *Meteorologia e climatologia*. Recife, 2005.

VASCONCELOS, A. M. B. M. de. *O desafio da gestão urbana em Campos dos Goytacazes no contexto das mudanças climáticas: entre a construção da resiliência e a persistência de fórmulas tradicionais de governar*. 2021. 138 p. Dissertação (Mestrado em Políticas Sociais) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências do Homem, Campos dos Goytacazes, RJ: 2021.