

# ESPAÇO ABERTO

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO**

volume 14

número 1

janeiro/junho 2024



Copyright© 2024 Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Programa de Pós-Graduação em Geografia – UFRJ

Coordenador: William Ribeiro da Silva

Vice-Coordenador: Carla Bernadete Madureira Cruz

Editores: Manoel do Couto Fernandes, Rafael Winter Ribeiro, Rebeca Steiman e Telma Mendes da Silva

Apoio

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior



Produção Editorial

Lígia Barreto Gonçalves | Ilustrarte Design e Produção Editorial



Espaço Aberto está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-Não Comercial-Compartilha Igual 4.0 Internacional.

Responsabilidade: O Programa de Pós-Graduação em Geografia e os editores não são responsáveis pelo conteúdo, argumentos e uso de informações contidas nos artigos, estes são de inteira responsabilidade de seus autores.

#### INDEXAÇÃO

A revista Espaço Aberto encontra-se indexada em:

- Diadorim (Diretório de Políticas Editoriais das Revistas Científicas Brasileiras): [Diadorim.ibict.br](http://diadorim.ibict.br/handle/1/947) ou <http://diadorim.ibict.br/handle/1/947>
- Latindex (Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal): <http://www.latindex.unam.mx/buscador/ficRev.html?opcion=1&folio=24783>
- LivRe (Portal para periódicos de livre acesso na Internet): <http://200.156.7.63/ConsultaPorLetra.asp?Letra=E>
- DRJI (Directory of research journal indexing): <http://www.drji.org/JustIncluded.aspx>
- J4F (Journal for Free): <http://www.journals4free.com/link.jsp?l=44062252>
- ROAD (Directory of open access scholarly resources): <http://road.issn.org/issn/2237-3071-espaco-aberto#.Vike8n6rTcc>
- DialNet (Portada de revistas – Dialnet): <https://dialnet.unirioja.es/revistas>
- Google Scholar
- Periódicos CAPES
- ERIHPLUS (European Reference Index for Humanities and Social Sciences) <https://dbh.nsd.uib.no/publiseringskanaler/erihplus/>
- CLASE (Citas Latinoamericanas en Ciencias Sociales y Humanidades) [http://clase.unam.mx/F?func=find-b-0&local\\_base=cla01](http://clase.unam.mx/F?func=find-b-0&local_base=cla01)
- DOAJ (Directory of Open Access Journals) <https://doaj.org/>
- REDIB (Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico) <https://www.redib.org/>
- BIBLAT (Bibliografía Latinoamericana en Revistas de Investigación Científica y Social) <https://biblat.unam.mx/pt/>

E77 Espaço Aberto / Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro. – Vol. 14, n. 1 (2024) – Rio de Janeiro : Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2023 – Semestral  
Disponível online: <https://revistas.ufrj.br/index.php/EspacoAberto>  
ISSN 2237-3071  
1. Geografia – Periódicos. I. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Geografia.

CDU 911

CDD 910

#### Programa de Pós-Graduação em Geografia

Instituto de Geociências

Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Av. Athos da Silveira Ramos nº 274

Cidade Universitária, Ilha do Fundão

CEP: 21941-916

Caixa Postal 68537

# ESPAÇO ABERTO

## PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

### UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

volume 14 número 1 janeiro/junho 2024

## Sumário

- Repensando o Conceito de Nação: uma Visão Geográfica a Partir das Teorias Não-Representacionais  
*Rethinking the Concept of Nation: a Geographical Proposal Based on Non-Representational Theories* .....5  
*Jörn Seemann, Leonardo Luiz Silveira da Silva e Alfredo Costa*
- Mapas e Espaço Concebido: um Olhar Crítico sobre a Representação Cartográfica de Edificações Religiosas no Mapeamento Oficial do Brasil  
*Map as Conceived Space: a Critical View at the Cartographic Representation of Religious Buildings in the Brazil Official Mapping* .....29  
*João Bosco de Azevedo, Adriene dos Santos Duarte, Flávia Felix da Silva e Letícia de Carvalho Giannella*
- Uso da Cartografia Social para Análise da Percepção Socioambiental: Estudo de Caso na Bacia do Paraíba do Sul – Trecho Paulista3  
*Use of Social Cartography for Analysis of Social-Environmental Perception: a Case Study in the Paraíba do Sul Watershed – São Paulo Stretch*.....43  
*Jocilene Dantas Barros, Gustavo Felipe Balué Arcoverde e Raquel Henrique*
- A Contribuição do Turismo na Mudança da Cobertura e Uso da Terra dos Municípios de Angra dos Reis, Paraty e Ubatuba – uma Análise a Partir da Modelagem Espacial  
*The Contribution of Tourism in the Land Use and Land Cover Change in Angra dos Reis, Paraty and Ubatuba Cities – an Analysis from Spatial Modeling*.....65  
*Jéssica Silva Martins, Monika Richter, Carla Bernadete Madureira Cruz e Rafael Cardão Augusto*
- Instrumentos para o Planejamento e Gestão Territorial: Subsídio ao Zoneamento da Área de Proteção Ambiental do Cariri – Paraíba  
*Instruments for Territorial Planning and Management: Subsidy to the Zoning of the Environmental Protection Area of Cariri – Paraíba* .....91  
*Valéria Raquel Porto de Lima, Jorge Flávio Casé Braga da Costa Silva Inocencio de Oliveira Borges Neto e Rafael Albuquerque Xavier*

Análise Comparativa entre Mapas Temáticos de Uso e Cobertura da Terra no Litoral Leste do Estado do Rio de Janeiro <i>Comparative Analysis between Thematic Maps of Land Use and Land Cover on the East Coast of the State of Rio de Janeiro</i> .....	111
<i>Vinicius da Silva Seabra, Evelyn de Castro Porto Costa e Mikaella Pereira dos Santos</i>	
Desenvolvimento e Aplicação de um Protocolo de Avaliação Ambiental de Nascentes <i>Development and Application of a Protocol for the Environmental Assessment of Springs</i> .....	131
<i>Mirella Nazareth de Moura e Miguel Fernandes Felipe</i>	
Mapeamento Digital dos Teores de Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , MnO, Nb e TiO <sub>2</sub> em Morro dos Seis Lagos – AM, Brasil <i>Digital Mapping of Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO, Nb and TiO<sub>2</sub> Contents in Morro Seis Lagos – AM, Brazil</i> .....	157
<i>Niriele Bruno Rodrigues, Júlio Cesar Lopes da Silva, Renan Pereira Marinatti da Silva, Helena Saraiva Koenow Pinheiro e Waldir de Carvalho Júnior</i>	
Avaliação Limnológica na Bacia do Rio Limoeiro no Estado de São Paulo, Brasil <i>Limnological evaluation in the Limoeiro River Basin in State of São Paulo, Brazil</i> .....	175
<i>Rodolfo Durante Serraglio, Marta Aparecida de Moura, Sérgio Marques Costa, Alba Regina Azevedo Arana e Maíra Rodrigues Uliana</i>	
Geodiversidade como Integradora entre a Geografia Acadêmica e Geografia Escolar no Ensino Básico na Cidade do Rio de Janeiro <i>Geodiversity as a Tool to Integrate Geographical Science and School Geography in Elementary Education in Rio de Janeiro City</i> .....	201
<i>Luana de Almeida Rangel, Antonio José Teixeira Guerra e Maria Vitória Gomes Allochio</i>	
Avaliação Multicritério para a Viabilidade de Parques Eólicos Onshore na Zona Costeira de Sergipe – Brasil <i>Multicriteria Assessment for the Viability of Onshore Wind Farms in the Coastal Zone of Sergipe – Brazil</i> .....	223
<i>Paulo Henrique Neves Santos, Rosemeri Melo e Souza, Manoel do Couto Fernandes e Neise Mare de Souza Alves</i>	

# Repensando o Conceito de Nação: uma Visão Geográfica a Partir das Teorias Não-Representacionais

## Rethinking the Concept of Nation: a Geographical Proposal Based on Non-Representational Theories

Jörn Seemann<sup>i</sup>  
Ball State University  
Muncie, EUA

Leonardo Luiz Silveira da Silva<sup>ii</sup>  
Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Norte de Minas Gerais  
Salinas, Brasil

Alfredo Costa<sup>iii</sup>  
Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Rio Grande do Sul  
Caxias do Sul, Brasil

**Resumo:** Este artigo propõe-se à criação de um conceito de nação à luz das Teorias Não-Representacionais (TNR). As TNR permitem romper com as limitações das formas tradicionais de representação ao focar sua reflexão sobre as relações, processos, práticas e corporificações que se estabelecem entre actantes no espaço geográfico. O artigo adota uma perspectiva bibliográfico-analítica e utiliza os conceitos de afeto, *affordances* e *assemblages* para transitar na interface entre nação e não-representação de modo a explorar suas potencialidades e limitações. Ao final, propõe a noção de que as nações são resultantes de arranjos relacionais heterogêneos entre pessoas, coisas e outros seres vivos, cuja dimensão é efêmera e incompatível com os limites territoriais dos Estados-nação.

**Palavras-chave:** Teorias Não-Representacionais; Nação; *Assemblages*.

**Abstract:** This article proposes the creation of a concept of nation in the light of non-representational theories (NRT). NRT make it possible to overcome the limitations of traditional forms of representation by focusing their reflection on the relationships, processes, practices and embodiments that are established between actants in geographic space.

---

<sup>i</sup> Professor Associado do Departamento de Geografia e Meteorologia. [jseemann@bsu.edu](mailto:jseemann@bsu.edu). <https://orcid.org/0000-0002-7105-4335>

<sup>ii</sup> Professor do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico do IFNMG. [leonardo.silveira@ifnmg.edu.br](mailto:leonardo.silveira@ifnmg.edu.br). <https://orcid.org/0000-0002-7082-529X>

<sup>0</sup> Professor do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico do IFRS. [alfredo.costa@caxias.ifrs.edu.br](mailto:alfredo.costa@caxias.ifrs.edu.br). <https://orcid.org/0000-0002-1735-6711>

The manuscript adopts a bibliographic-analytical perspective and uses the concepts of affect, affordances and assemblages to navigate the interface between nation and non-representation, its potentialities and limitations. In the end, it proposes the notion that nations are the result of heterogeneous relational arrangements between people, things and other living beings, whose dimension is ephemeral and incompatible with the territorial limits of Nation-States.

**Keywords:** Non-Representational Theories; Nation; Assemblages.

## Introdução

Aquilo que chamamos de nação não existe? Essa provocação inicial alude ao título de um artigo emblemático do geógrafo cultural americano Don Mitchell (1995) que alegou que não existe aquilo que chamamos de cultura e propôs uma reconceitualização da ideia de cultura em geografia. Mitchell desconstrói o conceito e convida a repensar o que se concebe como ideia de cultura, revelando muitos paralelos com o conceito de nação. Assim como Mitchell declarou sobre a reificação da cultura, percebe-se que o tratamento da nação como uma entidade descritível e consensualmente compreendida parece não condizer com pressupostos alinhados com as perspectivas relacionais e construtivistas que têm ganhado representatividade crescente na geografia. Nação não é uma “coisa” ou um organismo vivo, mas uma construção social baseada em ideias, visões de mundo e discursos que impede uma definição sem ambiguidade e não se resume em poucas palavras. A afirmação de Jan Penrose (2009) diagnostica a situação que aqui apontamos:

Nação é uma das palavras mais usadas e menos compreendidas na língua inglesa. Ironicamente, uma boa parte do poder e da resiliência daquilo que é chamado de nações decorre da ambiguidade associada ao conceito de nação ao longo do tempo, tanto no domínio acadêmico como no cotidiano. (PENROSE, 2009, p. 223, tradução nossa)<sup>1</sup>

Se não existe aquilo que chamamos de nação, o que nos resta? Qual é a serventia desse conceito para os estudos geográficos? Essas perguntas servem como ponto de partida para esse artigo bibliográfico-analítico, com o intuito de repensar o conceito de nação na geografia a partir de uma abordagem alternativa, especificamente alicerçada nas Teorias Não-Representacionais, definidas como um conjunto de ideias, teorias e metodologias surgido em meados dos anos 1990 que enfatiza relações, processos, práticas e corporificações (*embodiments*) na vida sociocultural em detrimento das limitações de representações como forma de captar a realidade.

Cerca de 40 anos atrás, Benedict Anderson (2008 [1983]) se tornou uma expressiva referência nos estudos sobre nações e nacionalismo, desmistificando a tangibilidade material desses conceitos. Ele apontou que as nações seriam comunidades imaginadas, ou seja, construções sociais que produzem um senso de comunhão entre os que se entendem como pertencentes ao mesmo grupo. Em outras palavras, nações podem ser consideradas como “a maior coletividade autodefinida de pessoas cujos membros *acreditam*

que compartilham uma certa forma de associação territorial e são genealogicamente relacionados” (PENROSE, 2009, p. 223, grifo no original). Desta maneira, a compreensão do conceito de nação, analogamente à ideia de cultura de Mitchell (1999), vai além de meras representações e estereótipos e aponta para arranjos relacionais heterogêneos, isto é, configurações e conexões diversificadas, em lugares, tempos e escalas diferenciados. Por um lado, pode servir como uma espécie de moldura flexível a ser manipulada pelos poderosos, fazendo com que a categoria se torne uma ferramenta de controle e opressão. Por outro lado, a ideia de nação se constrói a partir da imaginação geográfica, capaz de evocar imagens e sentimentos coletivos que frequentemente alimentam o que Michael Billig (1995) define como nacionalismo banal: representações do dia a dia para animar identidades nacionais e nacionalistas que possam ser reproduzidas facilmente pelo Estado.

Sob essa premissa, aportes teórico-metodológicos tradicionais e convencionais que sustentam abordagens ontológicas talvez não consigam captar a envergadura daquilo que expressa uma nação. É importante notar que essa discussão transita nos domínios da materialidade e imaterialidade, da mente e da matéria, do afeto e da performance, que são à *prima facie* dicotomias rigorosamente apartadas. Vê-se, por intermédio do nosso escrutínio, que tais dicotomias são, na verdade, domínios essencialmente complementares, entrelaçados e indissociáveis. É notável que o pensamento relacional impõe instabilidade nos significados, semelhante ao que Thompson (1987) outrora argumentou sobre classes, que deveriam ser vistas como “relações”. O pensamento relacional oferece soluções importantes para os conceitos que são construídos coletivamente. É no seio do pensamento relacional – mais detidamente nos pressupostos das Teorias Não-Representacionais (TNR) – que buscamos soluções para a compreensão da ideia de nação.

Assim, o objetivo deste artigo é propor a construção da ideia de nação pelas vias das TNR, inferindo sobre as potencialidades e limitações dessa construção. Há de se destacar, inicialmente, que as TNR são uma corrente incipiente na geografia brasileira que floresceu na aurora do século XXI no mundo anglófono. Mesmo ampliando o foco para a geografia lusófona, trabalhos em língua portuguesa que abordam as TNR são escassos (SEEMANN, 2015; PAIVA, 2017; 2018; SILVA 2022; 2023).

Nossa estratégia discursiva neste artigo é uma revisão bibliográfica da literatura na interface entre nação e não-representação. Esse artigo contempla uma primeira parte dedicada a refletir sobre o conceito de nação considerando as mudanças paradigmáticas observadas no campo da geopolítica e da geografia nas últimas décadas. A segunda parte centra-se na apresentação dos pressupostos das TNR de forma a aplicá-los diretamente à discussão da nação para apontar possíveis caminhos na pesquisa.

## **Nação: um Conceito Elusivo**

A geopolítica clássica tradicionalmente tratava os Estados e nações como entidades tangíveis que possuíam sua essência observável no plano material. Na segunda metade do século XX, outras correntes de interpretação – responsivas à efervescência epistemológica ocorrida não somente no seio da geografia como das ciências humanas em geral – passaram a reduzir paulatinamente o protagonismo dos Estados como chave interpre-

tativa (SILVA, 2018). Tal movimentação deslocou o âmago da interpretação geopolítica a atores sociais, outras escalas e ideologias alternativas que igualmente contribuem à construção da ideia de nação. No contexto da geografia, o geógrafo político John Agnew (1994) expôs as inadequações das elaborações tradicionais de interpretação geopolítica centradas nos Estados como unidades coesas e portadoras de vontade própria, que agiriam como personagens no sistema-mundo; a opção pelas abordagens tradicionais conduziriam os analistas à “armadilha territorial” (*territorial trap*), ou seja, levariam analistas geopolíticos a cometer avaliações errôneas ou incompletas por apostarem em uma metodologia que não condiz com as características atuais do mundo.

As tendências de transformação na análise geopolítica são interdisciplinares (extrapolam, portanto, a geografia) e em certos casos, notadamente no campo das relações internacionais, antecedem a aguçada crítica de Agnew (1994). Dentre os autores que ousaram a desafiar os paradigmas estadocêntricos destacam-se Robert Keohane e Joseph Nye Jr. (2012[1977]), que formularam a Teoria da Interdependência Complexa; Kenichi Ohmae (1999), que passou a compreender que o Estado-nação perdeu a centralidade da explicação geopolítica para o Estado-região; Bertrand Badie que anunciou o fim dos territórios (BADIE, 1995) e das soberanias (BADIE, 1999); Francis Fukuyama (1992), que, por sua vez, compreendeu que vivemos em uma era de irrefreável hegemonia da democracia e do liberalismo; Immanuel Wallerstein (2002 [1995]), que, em oposição a Fukuyama, acredita que os novos tempos são de ruína liberal, e Samuel Huntington (1997) que considerou que os novos focos de tensão do pós-Guerra Fria seriam definidos por clivagens civilizacionais.

Devemos considerar o conceito de nação para além de sua reificação, como forma de nos desviarmos daquilo que Agnew (1994) chamou de armadilha territorial. A nação como conceito e ideia parece ter ganhado forma no Romantismo (HALINK, 2014), apesar de existirem vozes que apontam para uma origem anterior, localizada no medievo europeu (SMITH, 2008). Ernest Renan (1990), por exemplo, afirma que as nações são fenômenos relativamente novos na história da humanidade e que os antigos impérios não se configuravam – em nenhum ângulo de análise – como nações. O autor salienta que “a antiguidade clássica tinha repúblicas, reinos municipais, confederações locais e impérios, mas dificilmente se pode dizer que tinha nações em nossa compreensão do termo” (RENAN, 1990, p. 9). A mídia – revolucionada a partir das prensas de imprensa – destaca-se como pilar da consolidação da nação e do sentimento nacionalista: a partir do século XVIII tornou-se possível que uma mensagem comum chegasse à grande audiência. A leitura em massa dos jornais tornou-se uma forma de celebração coletiva da nação (HAMMETT, 2021) e – segundo Anderson (2008) – é uma das bases para a compreensão da nação como uma “comunidade imaginada”.

Neste contexto, sentimentos nacionalistas estabeleceram uma ligação entre uma nação e o espaço que habita. Um exemplo é a aprazibilidade paisagística de teor fortemente etnocêntrico, o que permitiu noções como: “nada é tão belo quanto o céu da Itália” ou “como é excepcional o horizonte da Grécia”. Essas noções são valorações que exprimem o sentimento de centralidade perante o mundo e aproximam as categorias nação, paisagem e lugar. Muitos mitos tornam-se indissociáveis das feições da natureza, fazendo com que seja fortalecida a territorialização simbólica. O monte Etna, localizado

na Sicília, é *locus* de mitos greco-romanos e se simboliza como marco identitário e paisagístico (BUXTON, 2016). Montes, rios, cavernas e florestas apresentam-se como palco de narrativas mitológicas que, para além de celebrar esteticamente a paisagem, inspiram valores éticos e morais construídos ao longo do tempo e lembrados por intermédio do particularismo das cosmologias.

Homi Bhabha considera que interseções que envolvem o tempo e o lugar constituem a “problemática experiência moderna da nação ocidental” (BHABHA, 1990, p. 293). Sabe-se que os tempos idos são muito importantes para a construção da nação. Trata-se da passagem do tempo que permite o reconhecimento e a glorificação das grandes sagas e a construção dos heróis e mitos nacionais. Concomitantemente, sabe-se que a nação se torna, na mente daqueles que a idealizam, um lugar que vive em um tempo homogêneo e vazio (CHATTERJEE, 2001). Por isso, é necessário considerar as imprecisões dos limites da nação imaginada que certamente podem não coincidir com o desenho político da colcha de retalhos territorial do sistema-mundo. A fluidez do espaço-tempo consagra-se como mais uma faceta do caráter imaginado da nação. Bhabha acrescenta a essa discussão que o povo, importante componente da nação, é um “corpo arcaico de uma massa despótica ou totalitária” (BHABHA, 1990, p. 294). Nação e povo são categorias que se apresentam como arbitrariedades que silenciam nuances identitárias. Assim como as narrativas, as nações perdem suas origens nos mitos do tempo e só plenamente realizam seus horizontes na mente das pessoas.

A ideia de Benedict Anderson (2008) de que a nação é uma comunidade imaginada pode ser um ponto de partida adequado para o estudo de nações porque atinge diferentes escalas e dimensões ao mesmo tempo. Segundo o autor, a nação “é imaginada porque mesmo os membros da mais minúscula das nações jamais conhecerão, encontrarão ou nem sequer ouvirão falar da maioria de seus companheiros, embora todos tenham em mente a imagem viva da comunhão entre eles” (ANDERSON, 2008, p. 32). O autor desenvolve a ideia de que “qualquer comunidade maior do que a aldeia primordial do contato face a face (e talvez mesmo ela) é imaginada” (ANDERSON, 2008, p. 33). A proposição de Anderson é amparada, aplicada e reinterpretada por muitos autores, como Kevin M. Doak (1997) em seu estudo sobre a evolução da ideia de nação japonesa. Para Doak, existe um desajuste entre a percepção da imagem da nação a partir dos seus nacionais comparativamente à imagem produzida pelos estrangeiros, o que já nos mostra que o imaginário acerca da nação não é composto por uma elaboração mental única. Pensando na particularidade da ideia de nação japonesa, Doak (1997) conclui que o mito da nação se edifica a partir de outras categorias imaginadas, como, por exemplo, a de etnia. No caso japonês há uma ideia comumente difundida de que a homogeneidade étnica do país é um dos trunfos nacionais; todavia, esquece-se que a própria ideia de etnia também é definida arbitrariamente. No período militarmente ativo da história do Japão moderno – precisamente na primeira metade do século XX – a ideia acerca da existência de uma nação étnica japonesa (*minzoku*) serviu a um discurso geopolítico que incluiu noções de coesão social e superioridade, e teve um papel afetivo relevante.

Há de se destacar que a ideia de comunidade imaginada também não é livre de críticas. Partha Chatterjee apresenta o seu principal ponto de discordância ao perguntar que “se os nacionalismos ao redor do mundo devem escolher e moldar sua comunidade

imaginada a partir de certas formas europeias e americanas já moduladas e disponíveis a eles, o que lhes resta imaginar?” (CHATTERJEE, 1993, p. 5). A problematização de Chatterjee já nos anuncia que a imaginação talvez não seja um ato tão livre como se possa inicialmente supor. Essa crítica fundamentada em pressupostos pós-coloniais penetra aparentemente nos meandros relacionais propostos pelas Teorias Não-Representacionais (TNR). As TNR são reconhecidas como capazes de estabelecer reflexões no interior da dimensão sociopolítica: o afeto – um dos seus conceitos basilares – é consistentemente percebido como um meio de manipulação (BARNETT, 2008), também no contexto da ideia de nação. Nigel Thrift (2004) argumenta que a descoberta de novos meios de praticar o afeto é também a descoberta de um novo meio de manipulação por parte dos poderosos. A dimensão imaginativa não é inerte: atua intensamente sobre o plano afetivo, interferindo na performance dos atores que se relacionam espacialmente.

É importante conceber que as abstrações sobre a paisagem – o arcabouço da nação (SILVA, 2021; SILVA, 2022) – e sobre a organização da vida social povoam a mente e afetam indivíduos, que reagem deixando suas marcas no espaço mediante crenças tomadas como certas. Os simbolismos expressos na paisagem são sinais da existência da crença em ordens imaginadas – incluindo a nação – e afetam continuamente as pessoas: vivemos cotidianamente sob o assédio de marcas espaciais inscritas. A paisagem, assim, apresenta-se como uma prensa capaz de marcar continuamente corações e mentes, mas ao mesmo tempo, traz marcas que revelam interpretações bem particulares oriundas das identidades. O processo dialético aqui descrito é inspirado em Berque (1984) que vê a paisagem como marca e matriz. Do ponto de vista relacional, o dinamismo paisagístico pode ser compreendido por meio das relações indissociáveis de afeto e performance.

Pensar a nação como comunidade imaginada não é somente travar um debate idealista. O afastamento da perspectiva exclusivamente materialista não tem no idealismo extremado uma resposta adequada. Se faz necessário intermediar mente e matéria, numa estratégia outrora já encampada pela nova geografia cultural. A ampla metaforização da paisagem, vista como teatro, carnaval, espetáculo (COSGROVE, 1989), artefato (BESSE, 2006), cinema (LUKINBEAL, 2005), biografia (MEREDITH, 1985), texto (ROWNTREE, 1986; COSGROVE; JACKSON, 1987; DUNCAN; DUNCAN, 1988; COSGROVE, 1990) e intertexto (DUNCAN; DUNCAN, 1988; SILVA, 2021), permitiu entendermos como o plano material e as ideias se entrelaçam. Nas TNR é possível encontrar pressupostos que não somente aninham o plano material ao imaginativo, mas que nos permitem cotidianamente compreender como as relações entre pessoas, objetos, plantas e animais constroem afetiva e performativamente o espaço e, portanto, categorias como a nação. O pensamento em rede, não escalar e não cartesiano, nos permite pensar a nação em suas teias associativas. No sentido “não-representacional”, a nação é aquilo que as redes heterogêneas fazem dela. É o que nos motiva a apresentar no próximo tópico os pressupostos das TNR, aplicando-os à reflexão acerca da nação.

## **As Teorias Não-Representacionais (TNR) e as Nações**

É fundamental ter em mente que a nação é uma representação no seu sentido mais amplo. Representa simbolicamente identidades, estruturas e valores confirmados ou

contestados, rejeitados ou inventados para gerar uma imagem e sensação de pertencimento geográfico. Nações podem ser territórios imensos ou apenas construções mínimas ou paradoxais como o caso de Gornja Siga, uma pequena área de sete quilômetros quadrados posicionada junto às margens de um trecho do Rio Danúbio, que se apresenta espremida entre a Sérvia e a Croácia e foi declarada independente em 2015 (RIDING; DAHLMAN, 2022). É um trecho de várzea visto como litigioso, apesar do aparente desinteresse sérvio. Criado por Vít Jedlicka, Gornja Siga – também conhecida como Liberland – é um assombro ao sistema-mundo. Alusões à sua existência soam como um lembrete acerca do caráter imaginativo de todas as nações. Ao desmitificar Gornja Siga, autoridades de outros Estados buscam utilizar argumentações que desqualificam a materialidade e a eternidade da ideia de Jedlinka. Ao fazerem isso, contudo, chamam a atenção para os mais atentos de que tais qualidades não estão presentes em lugar algum. Nações são representações e a evidência do seu caráter imaginativo pode bem ser trabalhada na dimensão da construção de teses não-representacionais.

As TNR floresceram em um contexto marcado pela crise das representações (DUNCAN; SHARP, 1993) na qual foi evidenciado um aumento da descrença quanto à capacidade da linguagem de refletir a realidade (CURRY, 1991). Os anos 1980 foram, nesse sentido, uma base importante para os seus pilares teóricos, visto que a década em questão assistiu ao desenvolvimento da teoria ator-rede (TAR), inserções pós-estruturais na geografia e a ascensão do pensamento dito pós-moderno. Tanto na TAR quanto na TNR, é acolhida a ideia de que o social não pode ser presumido (COWAN; MORGAN; MCDERMONT, 2009), e, portanto, não é adequada a consideração acerca da existência de um corpo social tangível, passível de descrição que seja definidora de sua essência. É importante notar que as TNR absorvem parcela do arcabouço teórico da TAR<sup>2</sup>, incluindo o uso de um vocabulário comum.

O que dá sentido em pensar acerca da não-representação é justamente a dúvida quanto à capacidade das representações espelharem as relações entre os seres humanos. Até que ponto as conceituações tomadas como certas são de fato capazes de explicar o comportamento humano? Seriam as representações de fato consensuais e capazes de afetar homogeneamente os indivíduos? Se as interpretações acerca das representações – e as próprias representações sobre os mesmos fatos – são múltiplas, como lidar com o árduo terreno da comunicação? São questionamentos que fazem os geógrafos buscarem praticar a “geografia do que acontece” (THRIFT, 2008). Edward Thompson (1987) mostrou-se cético quanto às representações tomadas como certas e cravou que as classes deveriam ser vistas como relações. Essa postura não difere muito da procura em praticar a geografia do que acontece. Parte-se do pressuposto que a tangibilidade do mundo se dá nas práticas cotidianas. É importante dizer que isso não significa ignorar as abstrações, dentre as quais as crenças ideológicas e a formação de valores; mas significa pontuar que a vida cotidiana é eficaz para apontar as relações entrelaçadas entre mente e matéria. É o cotidiano que se mostra capaz de evidenciar a vida relacional. É no seio dos métodos de pesquisa que buscam compreender o cotidiano que os entrelaces entre o afeto e a prática são elucidados. Assim, a busca obsessiva pelas práticas cotidianas está diretamente ligada ao rompimento com as tradicionais formas de lidar com as representações, pois tais práticas irão revelar as formas muito distintas de relações que esfacelam as considerações ontológicas das categorias.

Cunhado pelo geógrafo inglês Nigel Thrift em meados dos anos 1990, o termo TNR não consiste em teorias propriamente ditas, mas deve ser visto como uma chave de interpretação para se ler o espaço como palco de relações entre os seres humanos, animais e objetos. O que distingue essa abordagem de outras é que se trata de uma

tentativa de inventar novas maneiras de abordar questões sociais fundamentais e, ao mesmo tempo, deslocar muitas dessas questões para novas áreas e problemas. Ao fazê-lo, acreditamos ter multiplicado “sinais de existência”, ajudando a introduzir todos os tipos de novos atores, forças e entidades nos relatos geográficos e, ao mesmo tempo, auxiliando na invenção de novos modos de escrever e encaminhar novos estilos de realizar relatos geográficos. (ANDERSON; HARRISON, 2016, p. 2, tradução nossa)<sup>3</sup>

Devido à sua complexidade e heterogeneidade, não cabe aqui apresentar as TNR em detalhe e na sua envergadura completa. Com base nos princípios centrais dessa abordagem definidos por Thrift (2008, p. 5-18), enfocamos as ideias que se relacionam mais com o conceito de nação: estudos que se apoiam nas TNR<sup>4</sup> se fundamentam em observações empíricas de sensações e percepções da vida cotidiana, dão uma ênfase às práticas corporais das pessoas, investigam o entrelaçamento entre pessoas e “coisas” e animais, possuem um caráter performativo (experiências e experimentações) e consideram a dimensão emocional da vida (afeto e sentidos).

Na literatura sobre as TNR, é destacado o uso do termo *actante*, que se refere a atores humanos e a elementos não humanos que se entrelaçam nas redes. Ademais, é ressaltado um vocabulário próprio que inclui diversos conceitos-chave que norteiam as pesquisas com base nas TNR e que serão apresentados em seguida: *afeto*, *affordance* e *assemblage*.

## *Afeto*

O afeto é um conceito elusivo (BONDI, 2005; BARNETT, 2008; PILE, 2010; ANDERSON, 2017) e muitas vezes é confundido com emoções. O afeto pode englobar as emoções, mas é uma construção cognitivo-emocional que guia a nossa forma de ver o mundo e inspira as nossas performances (atuações). Potencialmente somos capazes de afetar e sermos afetados. É plausível considerar que o afeto é uma condição permanente que paira sobre a vida relacional. Desse modo, podemos sintetizar que o afeto é uma camada da existência corporificada (*embodied existence*) e apresenta-se duplamente localizado: primeiramente, no campo relacional “em-entre” (*in-between*) corpos e, segundo, no nível abaixo da consciência intencional (BARNETT, 2008). Estas duas localizações se entrelaçam.

Uma parcela do afeto está centrada no subconsciente, fato que faz com seja impossível descrevê-lo. Justamente por isso, Nigel Thrift (2004) argumenta que a descoberta de novos meios de praticar o afeto é também a descoberta de um novo meio de manipulação por parte dos poderosos. Afinal, as causas e consequências afetivas podem não estar muito bem esclarecidas. Como exposto, o afeto influencia severa-

mente a nossa performance, materializando-se por meio de práticas corporificadas (*embodied practices*) (MACPHERSON, 2010), que passam, por sua vez, a serem manifestações do afeto que atingem outros corpos. A expressão *embodied practices* é muito presente na bibliografia das TNR e significa que podemos ver parte importante do afeto por intermédio da performance das pessoas. É como se o afeto – imaterial por concepção – possuísse corpos. Assim, nas TNR, é dada grande importância aos corpos, pois estes são os veículos do afeto e, conseqüentemente, dos subprodutos afetivos: paixões, emoções, intensidades e sentimentos (THRIFT, 2008). Afeto e performance são conceitos que precisam ser vistos em conexão (VANNINI, 2015a), pois, “as dinâmicas afetivas são vistas como dispositivos para que o corpo possa performar certas ações, incluindo o discurso” (HUTTA, 2015, p. 296).

O conceito de afeto é muito útil para pensarmos a nação. Sabe-se, por exemplo, que a nação entrelaça o reino animal e as pessoas. Por exemplo, as cédulas atualmente em circulação no Brasil, selos postais (BRUNN, 2000; RAENTO; BRUNN, 2008; FULLER, 2015), cartões postais (MARSH, 1985; VAN EEDEN, 2011) e moedas (LEIB, 2011; PENROSE, 2011) em muitos países consistem em veículos do nacionalismo banal (BILLIG, 1995). No caso brasileiro, as cédulas estampam animais endêmicos da fauna nacional. Em meio a esse debate, é de se destacar que a natureza não se define, como destacou Simon Schama (2009) dentre muitos outros. Por isso, não causa espanto existir uma série de sistemas classificatórios que recaem sobre seus elementos. Em meio às concepções arbitrárias e imaginativas que repousam sobre a ideia da nação, seria uma blasfêmia para muitos brasileiros a consideração da possibilidade de o mico-leão dourado ser argentino. O termo nacionalismo banal se refere às ações de teor nacionalistas que são implícitas, apesar de estarem presentes no cotidiano das pessoas. A imagem metonímica do nacionalismo banal não é uma bandeira erguida e agitada com paixão intensa – é a de uma bandeira discretamente pendurada em um prédio público (YUMUL; ÖZKIRIMLI, 2000). No contexto do nacionalismo banal, o caráter implícito e relacional do afeto é uma temática familiar aos pressupostos das TNR.

O afeto envolto na ideia da nação também envolve as pessoas, objetos inanimados, vegetais e feições da natureza em uma rede de significados que ajudam a construir o sentido nacional. Certas feições da paisagem tornam-se, mundo afora, indissociabilidades espaço-nacionais; o Pão de Açúcar no Rio de Janeiro exala brasilidade enquanto que o Monte Fuji e o Rio Ganges *japonesidade e indianidade*, respectivamente. Nos Estados Unidos, um monte sagrado para o povo Sioux Lakota foi ressignificado e incorporou simbolicamente o mito nacional ao ponto de ter sido transformado fisicamente. Como resultado deste processo, o Monte Rushmore traz consigo o rosto de quatro ex-presidentes norte-americanos. A arquitetura vernacular alude à nação, como é o caso das torres de vento barenitas em Manama e cercanias (DAYARATNE, 2012), dos característicos adornos butaneses em torno das janelas na cidade capital de Timphu, dos iglus em Nunavut no Canadá setentrional e do design histórico de Timbuctu.

Dentre os artefatos produzidos pelo homem, as bandeiras mostram um grande potencial afetivo. Bandeiras nacionais são frequentemente tratadas como sagradas e são cercadas de culto. Em alguns países a bandeira nacional possui seu próprio festival, como ocorre no dia 14 de junho nos Estados Unidos e no 2 de maio na Polônia

(JASKULOWSKI, 2016). Na lei americana consta um código de procedimentos vinculados à bandeira com notável grau de especificidade. Em muitos países, como na Argentina, Áustria, Alemanha, Polônia, Romênia, Turquia e Índia, atos públicos de destruição ou mutilação da bandeira são definidos por lei como insultos e são criminalizados. Ademais, narrativas épicas podem estar diretamente vinculadas às bandeiras nacionais. Sabe-se que na Dinamarca há um discurso que concebe a bandeira do país como a mais antiga dentre as bandeiras nacionais contemporâneas. De acordo com a mitologia nacional dinamarquesa, a bandeira caiu do céu no século XIII durante a batalha de Lyndanisse que até então tinha desdobramentos desfavoráveis para os dinamarqueses. O rei dinamarquês Valdemar II capturou a bandeira antes que ela tocasse ao chão, empunhou-a restaurando animicamente o moral do seu exército, que foi capaz de derrotar o exército estoniano rival (JASKULOWSKI, 2016).

No reino vegetal, o cedro estampa a bandeira libanesa, a cerejeira é a árvore nacional japonesa e a tulipa a flor nacional holandesa. Na Palestina, o cacto – chamado em árabe de *saber* – se entrelaça esplendidamente com a sociedade e com a nação imaginada: tratava-se de um elemento dominante na Palestina histórica, usado como um delimitador de propriedades. Construiu-se em torno do cacto uma simbologia que transmitia a associação do vegetal com a virtude da paciência. Na Palestina, quando pessoas estão em dificuldade, não é incomum ouvir o mantra “*saber as-sabbar*”, que significa “a paciência do cacto” (ABUFARHA, 2008). Os exemplos dos entrelaces entre elementos humanos e não humanos em torno da ideia nacional são tão abundantes que se torna uma tarefa difícil selecionar alguns para incorporar nossa narrativa.

Em determinados períodos, as relações entre sociedade, Estado e paisagem em torno da ideia mítica acerca da nação podem se tornar muito intensas. É o que ocorre nos períodos em que países recebem grandes eventos internacionais, como as Olimpíadas e a Copa do Mundo de futebol. No Brasil, nem é necessário que o país seja a sede da Copa do Mundo para que possa se notar nas grandes cidades uma profusão de bandeiras e as cores verde e amarela cobrindo muros e até mesmo as ruas. Angharad Closs Stephens (2016) chamou este fenômeno temporário de atmosferas afetivas [*affective atmospheres*] do nacionalismo, em seu estudo que avaliou o afeto durante as Olimpíadas de Londres realizadas em 2012. Para Marco Antonsich e Michael Skey (2023), as atmosferas afetivas precisam ser vistas por intermédio da ideia de nacionalismo banal de Billig; todavia, as atmosferas afetivas podem se apresentar em distintas gradações.

A sutileza nacionalista que muitas vezes vem à nossa mente quando pensamos no nacionalismo banal, constituída de elementos discretos compondo paisagens ordinárias, pode muito bem ser substituída pela presença marcante de elementos nacionais que compõem uma “atmosfera nacional densa”. É interessante o apontamento de Shanti Sumartojo (2016), que salientou que o simbolismo arquitetônico – assim como o contexto paisagístico dos memoriais – contribui sobremaneira para a construção de uma atmosfera afetiva que intensifica a experiência dos rituais. Não se faz necessário conhecer profundamente as intencionalidades simbólicas de um monumento para ser afetado pelo texto que o seu sistema simbólico carrega. Parece ser este um apontamento muito relevante para compreendermos o mecanismo afetivo das atmosferas de afeto nacionalista.

## Affordance

O conceito de *affordance* refere-se justamente à possibilidade de relação entre organismos e objetos que ocorre por intermédio de estímulos dos segundos nos primeiros (PAIVA, 2017). *Affordance* designa “a qualidade de um objeto que convida e permite que se faça algo com ele” (INGOLD, 2012, p. 28). Parte-se da crença de que as pessoas podem agir sobre os objetos que as circundam e, então, “os objetos ‘agem de volta’ e fazem com que elas façam ou permitem que elas alcancem aquilo que de outro modo não conseguiriam” (INGOLD, 2012, p. 33).<sup>5</sup> A relação entre pessoas e objetos pode ser tão intensa ao ponto de os objetos serem proximamente estimados como extensão dos corpos das pessoas que os utilizam. É de se imaginar a relação estabelecida entre uma pessoa situada em um terreno amplo e pedregoso e o seu calçado, como extensão do próprio corpo.

Em outro exemplo, carros transformam pessoas em trajetórias puras. As autoestradas podem se tornar palco de uma suspensão da consciência como se os automóveis tivessem pilotos-automáticos. Nesse sentido, o interior do carro torna-se um não espaço por meio de sua condição de insularidade frente ao mundo exterior. A paisagem da estrada é “espaçada no para-brisa, desprovida de detalhes, não se constituindo mais como um mundo de objetos, mas um cenário achatado em um presente perpétuo e indiferenciado” (EDENSOR, 2003, p. 153). Nesse sentido, o homem-bandeira nacional, ou seja, um indivíduo que empunha a bandeira e a agita por intermédio do seu esforço, não é mais somente um homem e tampouco a bandeira é sinônimo de um punhado de tecido. Tornam-se por meio da *affordance* um fenômeno interativo que produz um significado novo e poderoso. De forma similar, podemos pensar nas pessoas condecoradas com medalhas ou títulos honoríficos nacionais simbolizados em objetos cerimoniais. É de se considerar que tais objetos têm o potencial de elevar os agraciados a um outro patamar social.

## Assemblage

Os pressupostos das TNR consideram a possibilidade de vermos espacialidades instáveis, de limites flutuantes e tênues presumidos mediante a complexidade de fluxos, formalizando espécies de agrupamentos de fluxos (entendidos aqui como relações que envolvem atores heterogêneos), chamados na literatura estrangeira anglófona de *assemblages*. O conceito tem tido uso crescente na geografia; seus usos e fontes utilizadas nos estudos geográficos têm apresentado expressiva variação (MCFARLANE, 2009). Nota-se que o conceito em questão é utilizado em diversos campos do saber. Na arqueologia, por exemplo, o termo é usado para se referir a um grupo de diferentes artefatos que se associam e são encontrados em um sítio. Na ecologia o sentido é similar, referindo-se a uma comunidade de espécies vivendo em um dado espaço e tempo. Já nas artes, o termo é utilizado em um sentido um pouco mais afastado, sendo, muitas vezes, tido como sinônimo de pastiche. Pode referir-se, assim, a obras artísticas que reúnem elementos distintos (ANDERSON *et al.*, 2012).

Podemos definir as *assemblages* como uma coleção de relações envolvendo entidades heterogêneas e que perduraram durante algum tempo (MÜLLER; SCHURR, 2016) ou como “montagem de elementos específicos que determinam a ação social através do

seu relacionamento” (PAIVA, 2017, p. 163). Isto significa considerar as relações entre atores humanos e não humanos. Por isso, também substancia o arcabouço das TNR na chamada geografia mais-que-humana (*more-than-human geography*), que tem no centro de suas premissas a ideia de que a vida humana só pode ser compreendida se analisada de forma emaranhada com elementos não humanos (PITT, 2015), o que inclui a relação humana com objetos, plantas e animais, como já vimos. Os métodos associados à perspectiva trazida pelo conceito de *assemblage* distanciam-se das formas positivistas de elaboração, consistindo em experimentações qualitativas que visam compreender como se dão as associações heterogêneas entre actantes (humanos e não humanos) (DAVIES; DWYER, 2007). As *assemblages* são definidas como um todo no qual as propriedades emergem por intermédio das relações entre as partes. Por exemplo, os significados e as funções dos objetos apenas são construídos quando estes são inseridos nas redes de relações entre actantes (EDENSOR, 2005). Nas *assemblages*, indivíduo e o todo se entrelaçam: o todo é impactado pelo indivíduo e este impacta o todo.

É importante destacar que a reflexão emanada pelo conceito de *assemblage* retira a importância da escala, pois a distância métrica pode não interferir nas relações entre os atores interconectados. Uma *assemblage* pode representar diferentes sistemas em diferentes escalas, por exemplo, redes interpessoais, cidades, mercados ou nações. A ideia das *assemblages* é positiva ao transmitir a noção da complexidade social irredutível do mundo, tornando-se, assim, “alternativas às totalidades orgânicas ou estruturais postuladas pela ciência social clássica” (ESCOBAR, 2007, p. 107). O termo passou a ser utilizado no contexto das crescentes críticas à estabilidade do estruturalismo e da rigidez das categorias e de adjetivações antagônicas (VENN, 2006). A princípio, a ideia de *assemblage* pode denotar a tentativa de reificação de uma rede; mas a instabilidade relacional e afetiva no interior das *assemblages* são incondizentes à suposta reificação.

Para Jason Dittmer (2014), os atores que compõem as *assemblages* não podem ter suas funções reduzidas na participação do todo, visto que, sem dúvida, tais atores participam de múltiplos “todos” em um dado momento. É possível dizer que *assemblage* é uma nomenclatura que alude a um conjunto de trajetórias que se cruzam ou se engajam em diferentes extensões no espaço-tempo (FEATHERSTONE, 2011). Essas trajetórias vão muito além dos domínios de uma *assemblage*, penetrando em outros campos relacionais. John Allen (2012) pontua que muitas das relações que entrelaçam atores em um lugar são externas àquilo que é comumente identificado como *assemblage*. Em suas palavras, “a maneira pela qual os conjuntos se mantêm juntos sem realmente formar totalidades coerentes pode ser atribuída a uma geografia relacional que é, parcialmente, constituída de partes de outros lugares” (ALLEN, 2012, p. 192). Esta é outra forma de expressar aquilo de que muitos autores tratam ao falar sobre a indissociabilidade entre local/global que permitiu a ascensão do termo glocalização. Allen prossegue argumentando: “é precisamente por essa razão que o binarismo local/global tem tão pouca importância dentro das *assemblages* assim como a divisão entre macro e micro” (ALLEN, 2012, p. 193).

Em que medida podemos considerar que as nações são *assemblages*? Em nações sem Estado, movimentos nacionalistas adormecidos podem se revigorar mediante a percepção de ameaça à existência da nação. Por exemplo, o ambiente de insegurança dos curdos na Turquia, Síria e Iraque certamente colaborou para o reavivamento e mobili-

zação do nacionalismo curdo. Enquanto bascos e *quebecois* geralmente discutem as ameaças que pairam sobre sua língua e cultura, curdos experimentam um alto grau de insegurança material e imaterial que vai muito além do ataque aos seus costumes (IÇDUYGU; ROMANO; SIRKECI, 1999). Ações temporalmente espaçadas como os ataques de Saddam Hussein aos curdos do Iraque e as perseguições sofridas pelos curdos na Turquia colaboram – paradoxalmente ao olhar de quem os persegue – para que a latência do nacionalismo curdo se torne organização e militância. É a solidariedade que une os nacionais. Não é incomum pessoas torcerem para esportistas que jamais ouviram falar, praticantes de esportes individuais transmitidos pela televisão, devido ao fato de que representam o seu país. A nação apresenta-se como uma solidariedade de grande escala, constituída pelo sentimento do sacrifício dos antepassados e daqueles que ainda estão dispostos a se martirizar pela sua ideia; pressupõe um passado, apesar de ser sintetizada no presente por fatos tangíveis, nomeáveis e consentidos, que constituem os claros desejos expressos de uma vida em comum (RENAN, 1990).

Sabe-se que a escala da *assemblage* de acordo com as TNR não é bem definida e, no caso da nação, isso também é observável. Os actantes se envolvem em redes bem mais amplas do que os limites do Estado-nação podem sugerir. John Agnew (1994) já havia apontado que o pensamento relacional estava desafiando a velha ordem de análise geopolítica, baseada nas seguintes premissas: o Estado como unidade fixa de espaço soberano, como recipiente que guarda sociedades e a existência de uma polaridade envolvendo o ambiente doméstico e o internacional. Isso significa dizer que faz mais sentido, em substituição ao tradicional pensamento geopolítico, considerar que a ideia de nação é formulada e reformulada por relações de interioridade e exterioridade que se entrelaçam. Não significa dizer que os limites do estado-nação não afetam a ideia nacional. Pelo contrário, tais limites possuem grande potencial afetivo. Todavia, não definem a nação.

É importante observar que uma bolha retificadora das características nacionais pode se formar mesmo que uma parcela expressiva dos nacionais, em um dado momento do tempo, não reconheça as características que são atribuídas à nação: japoneses como matemáticos natos, franceses que não apreciam banhos, britânicos pontuais e iemenitas terroristas são ideias que circulam e interferem afetivamente na concepção da nação. Edward Said (2007) destacou a possibilidade do árabe se ver não como suas tradições ditam, mas a partir dos estereótipos construídos pelos *outsiders*. Não significa que as relações entre os não nacionais e nacionais determinam a ordem imaginativa, mas mostra que é um afeto de escala indefinida que precisa ser levado em conta. Há de notar que as feições paisagísticas externas ao contorno do território-nacional podem integrar o seu corpo espacial-imaginativo, como podemos exemplificar a partir do lago Kinneret – Tiberíades para os árabes-palestinos – e que possui controle atual israelense. Na ótica de parte dos árabes-palestinos, o lago possui importância para além da econômica, penetrando no domínio simbólico. A distinta toponímia frente ao nome de batismo israelense atesta esse fato. O mesmo acontece em diversas outras áreas litigiosas, como ocorre com o lugar ocupado pelas ilhas Malvinas no imaginário argentino.

Tal como ocorre com uma *assemblage*, a nação precisa ser entendida como um arranjo relacional heterogêneo dentre múltiplos que se entrecruzam em uma mesma espa-

cialidade (FEATHERSTONE, 2011; DITTMER, 2014). Isso significa dizer que os actantes partícipes da *assemblage* nacional atuam concomitantemente em outras *assemblages*. Basta pensar que o arranjo relacional da nação indiana – assim como diversos outros exemplos poderiam ser apresentados – é atravessado por planos concomitantes de outras bases relacionais. Certamente na Índia, o arranjo relacional hindu difere muito do muçulmano. Apesar disso, o plano relacional que constrói a nação indiana inclui muitos elementos presentes nas *assemblages* religiosas aqui citadas. É interessante pensar que a *assemblage* nacional não elimina diferenças religiosas – assim como ocorre com quaisquer outras diferenças – mas se constitui a partir delas. Em um arranjo relacional heterogêneo é o todo que precisa ser compreendido, visto que as partes são incapazes de representar isoladamente o conjunto.

### **Considerações Finais: Rumo a Estudos “Não-Represen(t)acionais”**

O objetivo deste artigo era refletir criticamente sobre o potencial das TNR para a releitura do conceito de nação, o que foi realizado por intermédio de uma análise da literatura existente dessa abordagem (aportes teórico-metodológicos e estudos empíricos) e uma ênfase nos conceitos-chave afeto, *affordance* e *assemblage*. É necessário considerar as TNR como herdeiras do pensamento relacional, em substituição a uma velha tradição que enxerga a sociedade e a política como esferas separadas. Assim, é impossível apartar as TNR da chamada virada relacional (*relational turn*) na geografia, que propõe que as relações substituam o pensamento que considera corpos estáveis como “a sociedade” ou “o território” como bases da reflexão política (JONES, 2009). É necessário enfatizar que o espaço relacional, alvo da reflexão das TNR, se opõe à ideia do espaço cartesiano. Visto a partir da perspectiva identitária, o espaço apresenta-se relativo, alongando-se ou comprimindo-se ao sabor das elaborações da mente, que são, por sua vez, influenciadas pela experiência humana relacional.

Como Thrift outrora assumiu, a manipulação do afeto pode se constituir como uma arena importante para a política de poder. Como o Estado é um partícipe efetivo do arranjo das redes em sua base territorial e para além dela, a configuração dessas redes apresenta-se como um veículo do afeto e um elemento que não pode ser desconsiderado na política entre Estados. Sabe-se, todavia, que o afeto é um conceito elusivo. Isso nos exige pormenorizar as oscilações dos seus efeitos entre indivíduos e coletividades. Em outras palavras, não é possível hierarquizar com acuidade o afeto. Como consequência, reflexões sobre o afeto em âmbito geopolítico devem se afastar das análises clássicas e ortodoxas, mirando em alternativas pós-positivistas de abordagem.

A noção trazida pelo conceito de *affordance* evidencia um trânsito permanente entre a materialidade e a imaterialidade: o piloto-no-caça, o militar-hierarquicamente-situado, o civil-condecorado e o torcedor-com-a-bandeira são exemplos de expressões que aludem à junção entre as dimensões simbólica, técnica e o empoderamento do sujeito. No âmbito do sentimento de pertencimento à nação – uma comunidade imaginada permanentemente ávida por reconhecimento – dissemina-se uma plethora de elementos à disposição daqueles que acreditam em sua existência e que são capazes de dar outros contornos à agência humana. Por esta razão, as estratégias associadas àquilo que Mi-

chael Billig (1995) chamou de nacionalismo banal constituem-se como mecanismos de autodefesa do ente-nação, lembrando, mesmo aos olhos dos mais descuidados, de sua existência ontológica.

A ideia de nação como uma *assemblage* evidencia que os arranjos relacionais heterogêneos entre pessoas, coisas e outros seres vivos não possuem sua dimensão espacial exatamente compatível com os limites dos Estados-nação. Assim, em certas áreas situadas no interior de um território, a ideia de nação pode ser mais frágil do que em áreas adjacentes que estão situadas no espaço exterior aos limites do Estado. Essa incongruência entre nação e território exige abordagens interpretativas que não caíam na armadilha territorial (*territorial trap*) (AGNEW, 1994) ao considerar Estados como entidades coesas e, portanto, personificações indevidas tratadas como sujeitos absolutos da política internacional. Assim, mostra-se como potencialidade do pensamento em rede a capacidade de refletir que as relações orientadas pela crença acerca da existência da nação podem ultrapassar os limites dos Estados-nação ou, ainda, se mostrar frágeis ou incipientes em determinadas porções do território.

Nas TNR, a materialidade e imaterialidade se entrelaçam. O mundo material e social afeta a dimensão cognitiva-emocional que, de retorno, por meio de práticas corporificadas, age sobre o mundo material. É uma perspectiva similar à trajeção *berqueniã* que é um processo no qual “o ambiente é antropizado pela técnica e humanizado pelo símbolo, o que o faz um meio humano e onde, simultaneamente, em retorno, este meio condiciona o homem para, indefinidamente, humanizá-lo de volta e assim por diante” (BERQUE, 2017, p. 6).

Ainda que as TNR exibam grandes desafios para a transposição teórica com vistas às aplicações práticas, vislumbramos grandes potencialidades para lidar com a abordagem ontológica da nação, permitindo reflexões que aludem à natureza fluída e assimétrica. Antonsich e Skey (2023), com os quais estamos de acordo, argumentam que é necessário pensar como os conceitos-chave são definidos e operacionalizados de modo a possibilitar analisar questões relativas ao poder e à diferença, sob o risco de a teoria ofuscar em vez de iluminar o próprio objeto de sua investigação. A transposição do debate das TNR do epistemológico para o empírico não é simples e apresenta – nas inúmeras tentativas registradas até então na literatura anglófona – uma plethora de metodologias e estratégias discursivas.

O pressuposto do caráter socialmente construído da nação permite nos livrarmos dos vícios das abordagens tradicionais que lidavam com o seu conceito a partir de um viés indevidamente rígido. A pouca amplitude e a fixidez cronológica do conceito de nação parece ser um problema que remonta às origens do sistema internacional de Estados. Todavia, hodiernamente, a abordagem tradicional certamente enfrenta desafios que são compatíveis com a paulatina porosidade das fronteiras e com o descolamento entre a ideia de nação e sua base territorial. Desta maneira, repensar nação, Estado-nação e nacionalidade pela ótica das TNR pode abrir espaço para um debate inovador “não-represen(t)acional” (tirando o t da representação) que visa compreender a nação a partir de emoções, performances e subjetividades. Encontramos em Phillip Vannini (2015b) uma síntese do que pensamos: as tentativas mais-que-representacionais brotaram em meio à vontade incontrolável de experimentar, falhar e aperfeiçoar. Por isso, é desejável

que os interessados em transcender os limites do representacionalismo quebrem regras, pensem, sintam e escrevam de maneira não convencional. Nesse sentido, nunca devem ter medo de ser um pouco irritantes.

## Referências Bibliográficas

ABUFARHA, N. Land of symbols: cactus, poppies, orange and olive trees in Palestine. *Identities: Global Studies in Culture and Power*, v. 15, n. 3, p. 343-368, 2008.

ADAMS-HUTCHESON, G. Farming in the troposphere: drawing together affective atmospheres and elemental geographies. *Social & Cultural Geography*, v. 20, i. 7, p. 1004-1023, 2019.

AGNEW, J. The territorial trap: the geographical assumptions of international relations theory. *Review of International Political Economy*, v. 1, n. 1, p. 53-80, 1994.

ALLEN, J. L. Topological twists: Power's shifting geographies. *Dialogues in Human Geography*, v. 1, n. 3, p. 283-298, 2011.

\_\_\_\_\_. A more than relational geography? *Dialogues in Human Geography*, v. 2, n. 2, p. 190-193, 2012.

ANDERSON, B. Practices of judgement and domestic geographies of affect. *Social & Cultural Geography*, v. 6, n. 5, p. 645-659, 2005.

\_\_\_\_\_. Affect. In: RICHARDSON, D.; CASTREE, N.; GOODCHILD, M. F.; KOBAYASHI, A.; LIU, W.; MARSTON, R. (eds.) *The International Encyclopedia of Geography: People, the Earth, Environment and Technology*, p. 16-18. Chichester: John Wiley & Sons, 2017.

\_\_\_\_\_; KEARNES, M.; MCFARLANE, C.; SWANTON, D. On assemblages and geography. *Dialogues in Human Geography*, v. 2, n. 2, p. 171-189, 2012.

\_\_\_\_\_. *Comunidades imaginadas*. São Paulo: Companhia das Letras, 2008.

\_\_\_\_\_; HARRISON, P. The promise of non-representational theories. In: ANDERSON, B.; HARRISON, P. (eds.) *Taking-place: non-representational theories and geography* Londres: Routledge, 2016. p. 1-34.

ANTONSICH, M.; SKEY, M. Affective nationalism: Issues of power, agency and method. *Progress in Human Geography*, v. 41, i. 6, p. 843-845, 2023.

BADIE, B. *O fim dos territórios. Ensaio sobre a desordem internacional e sobre a utilidade social do respeito*. Lisboa: Instituto Piaget, 1995.

\_\_\_\_\_. *Um mundo sem soberania. Os Estados entre o artifício e a responsabilidade*. Lisboa: Instituto Piaget, 1999.

BARNETT, C. Political affects in public space: normative blind-spots in non-representational ontologies. *Transactions of the Institute of British Geographers*, v. 33, n. 2, p. 186-200, 2008.

BERQUE, A. Paysage-empreinte, paysage-matrice: éléments de problématique por une géographie culturelle. *L'Espace Géographique*, v. 13, n. 1, p. 33-34, 1984.

\_\_\_\_\_. A cosmofoania das realidades geográficas. *Geograficidade*, v. 7, n. 2, p. 4-16, 2017.

BESSE, J-M. *Ver a terra: seis ensaios sobre a paisagem e a geografia*. São Paulo: Perspectiva, 2006.

BHABHA, H. K. DissemiNation: time, narrative, and the margins of the modern nation. In: BHABHA, H. K. *Nation and narration*. Londres: Routledge, 1990. p. 291-322

BILLIG, M. *Banal nationalism*. Londres: Sage Publications, 1995.

BISSELL, D. Obdurate pains, transient intensities: affect and the chronically pained body. *Environment and Planning A*, v. 41, i. 4, p. 911-928, 2009.

BONDI, L. Making connections and thinking through emotions: between geography and psychotherapy. *Transactions of the Institute of British Geographers*, v. 30, n. 4, p. 433-448, 2005.

BRUNN, S. D. Stamps as iconography: celebrating the independence of new European and Central Asian states. *GeoJournal*, v. 52, n. 4, p. 315-323, 2000.

BUXTON, R. Mount Etna in the greco-roman imaginaire: culture and liquid fire. In: MCI-NERNEY, Jeremy; SLUITER, Ineke (eds.). *Valuing landscape in classical antiquity: natural environment and cultural imagination*. Leiden and Boston: Brill, 2016. p. 25-45

CADMAN, L. Nonrepresentational Theory/Nonrepresentational Geographies. In: KITCHEN, Rob; THRIFT, Nigel (eds.). *International Encyclopedia of Human Geography*. 1st ed. Oxford: Elsevier, 2009. p. 456-463

CHATTERJEE, P. *The nation and its fragments*. New Jersey: Princeton University Press, 1993.

\_\_\_\_\_. The nation in heterogeneous time. *The Indian Economic & Social History Review*, v. 38, n. 4, p. 399-418, 2001.

COSGROVE, D.; JACKSON, P. New directions in cultural geography. *Area*, v. 19, n. 2, p. 95-101, 1987.

\_\_\_\_\_. A terrain of metaphor: cultural geography 1988-89. *Progress in Human Geography*, v. 13, n. 4, p. 566-575, 1989.

\_\_\_\_\_. Landscape studies in geography and cognate fields of the humanities and social sciences. *Landscape Research*, v. 15, n. 3, p. 1-6, 1990.

COWAN, D.; MORGAN, K.; MCDERMONT, M. Nominations: an actor-network approach. *Housing Studies*, v. 24, n. 3, p. 281-300, 2009.

CURRY, M. Postmodernism, language, and the strains of modernity. *Annals of the Association of American Geographers*, v. 81, n. 2, p. 210-228, 1991.

DAVIES, G.; DWYER, C. Qualitative methods: are you enchanted or alienated? *Progress in Human Geography*, v. 32, n. 2, p. 257-266, 2007.

DAYARATNE, R. Landscapes of nation: constructing national identity in the deserts of Bahrain. *National Identities*, v. 14, n. 3, p. 309-327, 2012.

DITTMER, J. Geopolitical assemblages and complexity. *Progress in Human Geography*, v. 38, n. 3, p. 385-401, 2014.

DOAK, K. M. What is a nation and who belongs? National narratives and the ethnic imagination in twentieth-century Japan. *The American Historical Review*, v. 102, n. 2, p. 283-309, 1997.

DUNCAN, J.; DUNCAN, N. (Re)reading the landscape. *Environmental and Planning D. Society and Space*, v. 6, n. 2, p. 117-126, 1988.

DUNCAN, N.; SHARP, J. P. Confronting representation(s). *Environment and Planning D. Society and Space*, v. 11, n. 4, p. 473-486, 1993.

EDENSOR, T. Defamiliarizing the mundane roadscape. *Space & Culture*, v. 6, n. 2, p. 151-168, 2003.

\_\_\_\_\_. Waste matter – the debris of industrial ruins and the disordering of the material world. *Journal of Material Culture*, v. 10, n. 3, p. 311-332, 2005.

ENGELMANN, S. More-than-human affinitive listening. *Dialogues in Human Geography*, v. 5, n. 1, p. 76-79, 2015.

ESCOBAR, A. The “ontological turn” in social theory. A commentary on “human geography without scale” by Sallie Marston, John Paul Jones II and Keith Woodward. *Transactions of the Institute of British Geographers, New Series*, v. 32, n. 1, p. 106-111, 2007.

FEATHERSTONE, D. On assemblage and articulation. *Area*, v. 43, n. 2, p. 139-142, 2011.

FUKUYAMA, F. *O fim da história e o último homem*. Rio de Janeiro: Rocco, 1992.

FULLER, H. Father of the nation: Ghanaian nationalism, internationalism and the political iconography of Kwame Nkrumah, 1957-2010. *African Studies Quarterly*, v. 16, n. 1, p. 33-70, 2015.

GIBBS, L. M. Water places: cultural, social and the more-than-human geographies of nature. *Scottish Geographical Journal*, v. 125, n. 3-4, p. 361-369, 2009.

GIBSON, J. *The ecological approach to visual perception*. Boston: Houghton-Mifflin, 1979.

HALINK, S. The Icelandic mythscapes: sagas, landscape and national identity. *National Identities*, v. 16, n. 3, p. 209-233, 2014.

HAMMETT, D. From banal to everyday nationalism: narrations of nationhood. *Geography*, v. 106, n. 1, p. 16-24, 2021.

HAYWARD, P. Aquapelagos and aquapelagic assemblages. *Shima*, v. 6, n. 1, p. 1-11, 2012.

HUNTINGTON, S. *O choque das civilizações*. Rio de Janeiro: Objetiva, 1997.

HUTTA, J. S. The affective life of semiotics. *Geographica Helvetica*, v. 70, n. 4, p. 295-309, 2015.

IÇDUYGU, A.; ROMANO, D.; SIRKECI, I. The ethnic question in an environmental of insecurity: the kurds in Turkey. *Ethnic and Racial Studies*, v. 22, n. 6, p. 991-1010, 1999.

INGOLD, T. Trazendo as coisas de volta à vida: emaranhados criativos em um mundo de materiais. *Horizontes Antropológicos*, v. 18, n. 37, p. 25-44, 2012.

JASKULOWSKI, K. The magic of the national flag. *Ethnic and Racial Studies*, v. 39, n. 4, p. 557-573, 2016.

JONES, M. Phase space: geography, relational thinking, and beyond. *Progress in Human Geography*, v. 33, n. 4, p. 487-506, 2009.

KEOHANE, R. O.; NYE Jr., J. S. *Power and interdependence*. Nova York: Longman, 2012.

LATOUR, B. On actor-network theory: a few clarifications. *Soziale Welt*, v. 47, i. 4, p. 369-381, 1996.

LAW, J. Notes on the theory of the actor-network: ordering, strategy, and heterogeneity. *Systems Practice*, v. 5, n. 4, p. 379-393, 1992.

LEIB, J. Identity, banal nationalism, contestation, and North American license plates. *The Geographical Review*, v. 101, n. 1, p. 37-52, 2011.

LUKINBEAL, C. Cinematic landscapes. *Journal of Cultural Geography*, v. 23, n. 1, p. 3-22, 2005.

MACPHERSON, H. Non-representational approaches to body-landscape relations. *Geography Compass*, v. 4, n. 1, p. 1-13, 2010.

MARSH, J. Postcard landscapes: an exploration in method. *Canadian Geographer*, v. 29, n. 3, p. 265-267, 1985.

MCFARLANE, C. Translocal assemblages: space, power and social movements. *Geoforum*, v. 40, n. 4, p. 561-567, 2009.

MEREDITH, T. The upper Columbia Valley, 1900-1920: an assessment of "boosterism" and the "biography of landscape". *Canadian Geographer*, n. 29, v. 1, p. 44-55, 1985.

MITCHELL, D. There's no such thing as culture: towards a reconceptualization of the idea of culture in geography. *Transactions of the Institute of British Geographers, New Series*, v. 20, n. 1, p. 102-116, 1995.

MÜLLER, M.; SCHURR, C. Assemblage thinking and actor-network theory: conjunctions, disjunctions, cross-fertilisations. *Transactions of the Institute of British Geographers, New Series*, v. 41, n. 3, p. 217-229, 2016.

NOBRE, J. C. A.; PEDRO, R. M. L. R. Reflexões sobre possibilidades metodológicas da Teoria Ator-Rede. *Cadernos UniFOA*, n. 14, p. 47-56, 2010.

OHMAE, K. *O fim do estado-nação*. Rio de Janeiro: Campus, 1999.

PAIVA, D. Teorias não-representacionais na geografia I: conceitos para uma geografia do que acontece. *Finisterra*, v. 52, n. 106, p. 159-168, 2017.

\_\_\_\_\_. Teorias não-representacionais na geografia II: métodos para uma geografia do que acontece. *Finisterra*, v. 53, n. 107, p. 159-168, 2018.

PENROSE, J. Nation. In: KITCHIN, R.; THRIFT, N. (eds.) *International encyclopedia of human geography*. Oxford: Elsevier, 2009. p. 223-228.

\_\_\_\_\_. Designing the nation. Banknotes, banal nationalism and alternative conceptions of the state. *Political Geography*, v. 30, n. 8, p. 429-440, 2011.

PILE, S. Emotions and affect in recent human geography. *Transactions of the Institute of British Geographers, New Series*, v. 35, n. 1, p. 5-20, 2010.

PITT, H. On showing and being shown plants – a guide to methods for more-than-human geography. *Area*, v. 47, n. 1, p. 48-55, 2015.

RAENTO, P.; BRUNN, S. D. Picturing a nation: Finland on postage stamps 1917-2000. *National Identities*, v. 10, n. 1, p. 49-75, 2008.

RENAN, E. What is nation? In: BHABHA, H. K. *Nation and narration*. Londres: Routledge, 1990. p. 8-22.

RIDING, J.; DAHLMAN, C. T. Montage space: borderlands, micronations, terra nullius, and the imperialism of the geographical imagination. *Dialogues in Human Geography*, v. 12, n. 2, p. 278-301, 2022.

RIESTO, S. *et al.* Plans for uncertain futures heritage and climate imaginaries in coastal climate adaptation. *International Journal of Heritage Studies*, p. 1-18, 2021.

ROWNTREE, L. Cultural/humanistic geography. *Progress in Human Geography*, v. 10, n. 4, p. 580-586, 1986.

SAID, E. *Orientalismo*. São Paulo: Companhia de Bolso, 2007.

SCHAMA, S. *Paisagem e memória*. São Paulo: Companhia das Letras, 2009.

SEEMANN, J. O fim das representações na geografia cultural? In: ROMANCINI, S. R.; ROSSETTO, O. C.; DALLA NORA, G. (orgs.). *As representações culturais no espaço: perspectivas contemporâneas em geografia*. Porto Alegre: Imprensa Livre, 2015. p. 37-57.

SILVA, L. L. S. O desafio do novo mundo à geopolítica clássica. *Caminhos da Geografia*, v. 19, n. 65, p. 257-268, 2018.

\_\_\_\_\_. Paisagem entre textos e intertextos. *Tamoios*, v. 17, n. 21, p. 129-147, 2021.

\_\_\_\_\_. Uma geografia do que acontece. *Revista Geográfica Acadêmica*, v. 16, n. 2, p. 72-85, 2022.

\_\_\_\_\_; SILVA, L. S. R. Paisagem: o arcabouço da nação. *Revista de Geopolítica*, v. 13, n. 2, p. 1-17, 2022.

\_\_\_\_\_. Elucidando as teorias não-representacionais. *Geotemas*, v. 13, n. 1, e02301, p. 1-20, 2023.

Jörn Seemann, Leonardo Luiz Silveira da Silva e Alfredo Costa

SMITH, A. D. The shifting landscapes of “nationalism”. *Studies in Ethnicity and Nationalism*, v. 8, n. 2, p. 317-330, 2008.

STEPHENS, A. C. The affective atmospheres of nationalism. *Cultural Geographies*, v. 23, i. 2, p. 181-198, 2016.

SUMARTOJO, S. Commemorative atmospheres: memorial sites, collective events and the experience of national identity. *Transactions of the Institute of British Geographers*, v. 41, i. 4, p. 541-553, 2016.

THOMPSON, E. P. *A formação da classe operária*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

THRIFT, N. Intensities of feeling: towards a spatial politics of affect. *Geografiska Annaler*, v. 86, n. 1, p. 57-78, 2004.

\_\_\_\_\_. *Non-representational theory: space/politics/affect*. Londres: Routledge, 2008.

VAN EEDEN, J. Surveying the “empty land” in selected South African landscape post-cards. *International Journal of Tourism Research*, v. 13, n. 6 p. 600-612, 2011.

VANNINI, P. Non-representational research methodologies: an introduction. In: VANNINI, P. *Non-representational methodologies: re-envisioning research*. Nova York: Routledge, 2015a. p. 1-18.

\_\_\_\_\_. Non-representational ethnography: new ways of animating lifeworlds. *Cultural Geographies*, v. 22, n. 2, p. 317-327, 2015b.

VENN, C. A note on assemblage. *Theory, Culture & Society*, v. 23, n. 2-3, p. 107-108, 2006.

WALLERSTEIN, I. *Após o liberalismo*. Petrópolis: Vozes, 2002.

YUMUL, A.; ÖZKIRIMLI, U. Reproducing the nation: “banal nationalism” in the Turkish press. *Media, Culture & Society*, v. 22, n. 6, p. 787-804, 2000.

ZARA, C. Venice in Vanarasi: Fluid landscapes, aesthetic encounters and the unexpected geographies of tourist representation. *Shima*, v. 15, n. 1, p. 225-255, 2021.

Recebido em: 28/02/2023. Aceito em: 16/10/2023.

## Notas

<sup>1</sup> “Nation is one of the most used and least understood words in the English language. Ironically, a good part of the power and resilience of what are called nations stems from the ambiguity associated with the concept of nation over time and in both academic and everyday realms.”

<sup>2</sup> Ao propor a ampliação da noção de agência, a teoria ator-rede desenvolvida nos anos 1980, possui, como foi anunciado, franca interação frente às TNR. Como a cronologia nos permite considerar, certamente a teoria ator-rede contribuiu para o desenvolvimento do arcabouço das TNR. Todavia, enquanto a teoria ator-rede (TAR) defende a simetria entre a agência humana e não humana (LAW, 1992), as TNR tendem a enfatizar “as práticas expressivas dos homens como as mais indicativas da fluidez e da perturbação da vida cotidiana” (CADMAN, 2009, p. 3). A TAR trata a consideração acerca da dominância da agência humana ou não humana sobre a rede como um reducionismo. No contexto da ordem social, essas agências humana e não humana estão entrelaçadas de forma indissociável (LAW, 1992). “Pensar, agir, escrever, amar, ganhar – todos estes atributos que nós normalmente associamos aos seres humanos, são gerados em redes que passam através e se ramificam com e por intermédio do corpo” (LAW, 1992, p.384). Para aprofundar a leitura sobre TAR, ver Latour (1996), Mcfarlane (2009), Nobre e Pedro (2010) e Allen (2011).

<sup>3</sup> “(...) attempt to invent new ways of addressing fundamental social issues and, at the same time, displacing many of these issues into new areas and problems. In doing so we believe that it has multiplied ‘signs of existence’, helping to introduce all new kinds of actors, forces and entities in geographic accounts and, at the same time, aiding in the invention of new modes of writing and address new styles of performing geographic accounts.”

<sup>4</sup> São exemplos de tais estudos Anderson (2005), David Bissell (2009), Leah M. Gibbs (2009), Philip Hayward (2012), Sasha Engelmann (2015), Krause e Strang (2016), Gail Adams-Hutcheson (2019), (RIESTO *et al.*, 2021) e Cristina Zara (2021).

<sup>5</sup> Não há uma palavra na língua portuguesa para acertar o sentido da expressão. Originalmente, *affordance* se referia ao que o meio ambiente podia oferecer, providenciar e fornecer para animais (GIBSON, 1979, p. 127). No contexto das TNR, o termo diz respeito à relação complementar entre as qualidades de um “objeto” e a pessoa que o usa, possibilitando a ampliação das possibilidades performáticas.



# Mapas e Espaço Concebido: um Olhar Crítico sobre a Representação Cartográfica de Edificações Religiosas no Mapeamento Oficial do Brasil

## Map as Conceived Space: a Critical View at the Cartographic Representation of Religious Buildings in the Brazil Official Mapping

João Bosco de Azevedo<sup>i</sup>

Escola Nacional de Ciências Estatísticas (ENCE)  
Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)  
Rio de Janeiro, Brasil

Adriene dos Santos Duarte<sup>ii</sup>

Escola Nacional de Ciências Estatísticas (ENCE)  
Rio de Janeiro, Brasil

Flávia Felix da Silva<sup>iii</sup>

Escola Nacional de Ciências Estatísticas (ENCE)  
Rio de Janeiro, Brasil

Letícia de Carvalho Giannella<sup>iv</sup>

Escola Nacional de Ciências Estatísticas (ENCE)  
Rio de Janeiro, Brasil

**Resumo:** A humanidade sempre retratou o espaço por meios de mapas, transformando-os em um importante instrumento de sua representação gráfica, proporcionando uma gama de interpretações e leituras. Dentre os diferentes elementos que compõem o espaço, as edificações religiosas são usualmente representadas nos mapas oficiais através de um olhar cristão do agente público detentor do poder legal, processo que não se tornou mais inclusivo mesmo com o advento de recursos viabilizados pelas novas tecnologias. Este artigo propõe uma reflexão sobre a construção de um espaço concebido – mapa oficial normatizado pelo poder público – sem considerar a vida cotidiana e os espaços social-

---

<sup>i</sup> Doutorando do Programa de Pós-graduação em População, Território e Estatísticas Públicas da ENCE e Professor Assistente do Departamento de Engenharia Cartográfica da UERJ. joao.azevedo@ibge.gov.br. <https://orcid.org/0000-0003-2827-5164>

<sup>ii</sup> Mestranda do Programa de Pós-graduação em População, Território e ENCE. adriene.duarte@yahoo.com.br. <https://orcid.org/0000-0001-9695-579X>

<sup>iii</sup> Mestranda do Programa de Pós-graduação em População, Território e Estatísticas Públicas da ENCE. dasilvaflavia05@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0002-4061-7182>

<sup>iv</sup> Professora do Programa de Pós-graduação em População, Território e Estatísticas Públicas da ENCE. leticia.giannella@ibge.gov.br. <https://orcid.org/0000-0002-1105-0121>

mente produzidos com um caráter sagrado ou de práticas de diferentes denominações religiosas e seu ocultamento/apagamento nas normativas cartográficas em vigor no país.

**Palavras-chave:** Tríade Lefebvriana; Mapa; Representação Cartográfica; Religião.

**Abstract:** Humanity has always portrayed its space through maps, transforming them into an important tool of its graphic representation, providing a range of interpretations and readings. Among the different elements that make up the space, religious buildings are represented on the maps through a Christian look of the public agent holding legal power, even with the resources made available by new technologies, this look has never undergone an inclusion process. This article proposes a reflection on the construction of a conceived space – official map standardized by the government – without considering the day-to-day reality and the socially produced spaces with a sacred character or practices of different religious denominations and their concealment/erasure in the cartographic regulations in force in the country.

**Keywords:** Lefebvrian Triad; Map; Cartographic Representation; Religion.

## Introdução

Desde os primórdios, a humanidade busca retratar seus lugares de vida por meio da linguagem cartográfica, processo dinâmico que resulta na produção de múltiplas representações, entendidas aqui como uma das dimensões fundamentais do processo de produção social do espaço, segundo Henri Lefebvre (1974). Para este autor, o espaço socialmente produzido pode ser apreendido por meio da tríade representações do espaço–espaços de representação–práticas espaciais, na qual o primeiro termo associa-se ao espaço concebido; o segundo, ao espaço vivido; e o terceiro, ao espaço percebido.

As representações do espaço produzidas por meio da linguagem cartográfica necessitam obedecer a diversas especificações técnicas e normalizações, tendo como objetivo central possibilitar a apreensão das suas informações de forma universal, ou seja, por qualquer leitor situado em qualquer parcela do globo terrestre.

Dentre os vários elementos que os mapas, em geral, buscam representar, principalmente ao retratar núcleos urbanos, estão as edificações religiosas. Entretanto, nota-se que suas representações têm como base simbologias que não representam efetivamente a pluralidade de manifestações religiosas presentes nos espaços vividos e percebidos, denotando, portanto, contradições entre as três dimensões que produzem o espaço. Trata-se da construção de uma representação hegemônica que oculta e se sobrepõe aos espaços de representação. Neste contexto, o objetivo deste artigo é iniciar um debate acerca da inclusão de diferentes formas de compreensão do espaço, através das representações cartográficas contidas no mapeamento oficial do país e tendo como foco as edificações religiosas. Esse debate não tem como objetivo específico a proposição da inclusão de diferentes representações cartográficas de crenças ou práticas religiosas através das edificações religiosas contidas nos mapas, visto que esse estudo deve ser desenvolvido com pesquisadores que vivenciam o tema, além da geografia e cartografia.

## Mapas e Representações do Espaço

Segundo Oliveira (2005, p. 35), a cartografia, na perspectiva de muitos autores, é entendida como a técnica, arte e/ou ciência de confeccionar mapas, que são representações planas de uma dada realidade e seus aspectos. O mapa foi entendido, desde sempre, como uma forma de comunicação, utilizada por diversas sociedades para representar, ao longo de uma construção histórica, seus espaços de vida (HARLEY, 1991).

Originalmente, a cartografia era retratada apenas como um objeto representativo da Terra, posteriormente passando a se preocupar com os usuários do mapa, as informações transmitidas e a eficácia como meio de comunicação (SIMIELLI, 1986). Contudo, existem diferenças entre as perspectivas daqueles que produzem essas representações e aqueles que as utilizam.

Como ciência da comunicação, a cartografia utiliza uma linguagem gráfica própria por meio de símbolos com o intuito de registrar e transmitir informações, orientar as ações humanas e facilitar a visualização e compreensão dos elementos e processos espaciais, constituindo-se como um importante canal de transmissão de informações relacionadas ao espaço e às relações natureza/sociedade que o produzem. Conforme afirma Joly (1990, p. 7), “ele (o mapa) é uma construção seletiva e representativa que implica o uso de símbolos e de sinais apropriados. As regras dessa simbologia pertencem ao domínio da semiologia gráfica, que estabelece uma espécie de gramática da linguagem cartográfica”.

Dessa forma, os mapas se assemelham aos meios comuns de comunicação, dotados de todos os componentes necessários à compreensão da realidade. Cartografar passou a ser uma forma de representar os espaços e suas significâncias, entendendo o mapa como instrumento descritivo de processos e fenômenos socioeconômicos que possam ser lidos espacialmente. Dessa maneira, analisar um mapa possibilita enxergar uma gama de informações, carregada de textos e discursos a serem lidos (HARLEY, 1991) e utilizando-se de uma simbologia própria, sendo de grande valia para a construção do conhecimento.

Robinson e Petchenik (1976) enfatizam que, nesse processo, cartógrafos e usuários não são independentes um do outro, e essa dependência se reflete tanto na superposição da “realidade” quanto na continuidade do processo de criação e uso do mapa. Ambos exercem papéis ativos na comunicação cartográfica.

Há uma necessidade crescente de representar o espaço geográfico para uma troca de informações mais rápida e eficiente. Tal representação pode ser feita por meio de cartas, plantas, mapas, entre outros, utilizando a linguagem cartográfica como função da comunicação de informações sobre a realidade do espaço. A representação por meio de mapas permite o registro, processamento e comunicação de informações geográficas, constituindo-se em importante ferramenta de conhecimento e ação sobre uma determinada realidade.

A percepção humana sobre o espaço está atrelada à delimitação e representação por meio de ferramentas de comunicação, sendo o mapa um importante instrumento de representação. Palsky (2006) acredita que o mapa é uma das ferramentas capazes de compreender, perceber e agir sobre a realidade. É importante destacar o caráter criador

do mapa enquanto representação do espaço, uma vez que o mesmo se torna um instrumento que permite ou interdita determinadas ações e relações sociais que o produzem.

Embora o mapa seja uma imagem conjugada de título, legenda, toponímia, fonte de dados, entre outros elementos, não há formas previamente indicadas como corretas para a representação de distintos objetos/fenômenos que ocorrem no espaço. Porém, muitos campos do conhecimento utilizam a representação cartográfica há tempos tentando estabelecer suas próprias convenções de mapeamento. Assim, dedicamo-nos, neste trabalho, a desvendar o papel cumprido pelos mapas, produzidos atualmente pelas agências oficiais de mapeamento, na construção de representações do espaço que se utilizam de determinadas convenções e elementos gráficos, indicando as intencionalidades que estão subjacentes a esses usos e seus desdobramentos na produção social do espaço.

## **A Tríade da Produção Social do Espaço e os Mapas**

A cartografia tem como propósito elaborar mapas que possam auxiliar na compreensão do espaço nas mais diversas escalas. Harley e Woodward (1987) afirmam que os mapas tiveram atuação na vida das civilizações, seja em seu pensamento ou na imaginação. De acordo com os autores, os mapas podem servir como memórias da sociedade, a partir da qual qualquer avaliação de sua importância histórica deve levar em consideração os fatores da sua concepção, e seu papel na sociedade da época.

Henri Lefebvre, em sua obra “A produção do espaço” (1974), elaborou uma tríade para a apreensão da totalidade da produção social do espaço: espaço percebido, espaço concebido e espaço vivido. Tais dimensões são indissociáveis. O espaço percebido relaciona-se às práticas espaciais e pode ser compreendido como o espaço da experiência material e sensorial, que está associado à realidade do dia a dia, aos sentidos, aos deslocamentos, à disposição material das coisas no espaço. O espaço concebido corresponde às representações do espaço e consiste no espaço idealizado pelos planejadores, espaço dos códigos de ordenação, fragmentação e restrição. Já o espaço vivido é o espaço da criação, da imaginação, do sonho, que luta por se colocar na produção do espaço enquanto espaço percebido, traduzindo-se enquanto prática espacial.

Os espaços vivido, percebido e concebido, que consistem nas diferentes formas de pensar, viver, perceber, imaginar e conceber as mais diversas localidades, podem ser retratados de diferentes formas, como na escrita, oralmente, graficamente e cartograficamente (KATUTA, 2001, p. 179). A sociedade, de modo geral, sempre buscou representar seu espaço vivido por meio de representações cartográficas, como, por exemplo, ao tentar “representar saberes sobre os territórios” (KATUTA, 2001, p. 179). Os mapas oficiais, todavia, produzidos por agências governamentais, representam o espaço concebido.

A realidade pode ser retratada através de um mapa, e a sua perspectiva pode ser construída não só com elementos patrimoniais, mas também símbolos da trajetória da sociedade. Ou seja, a cartografia não deve se manifestar de forma singular. Neste sentido, alguns autores afirmam “a importância de se considerar nas ‘leituras geográficas’, além das dimensões mais objetivas, os aspectos voltados para a subjetividade e para a simbologia dos territórios e paisagens”, uma vez que a representação dos territórios deve ser baseada nos espaços vividos (ALMEIDA, VARGAS e MENDES, 2011).

Mesmo com o advento das tecnologias digitais que modernizaram os processos de produção, acesso e uso, os mapas são a expressão gráfica dos fenômenos físicos, sociais e econômicos que produzem o espaço, nunca sendo, porém, registrada sua completude ou detalhamento. O mapa é um modelo da realidade que se aproxima, mas nunca é a realidade. Conforme Joly (1990, p. 7), “mesmo o mais detalhado dos mapas é uma simplificação da realidade. Ele é uma construção seletiva e representativa que implica o uso de símbolos e de sinais apropriados”. Porém, o mapa produz realidades.

Considerando o mapa como um modelo de dados, o desenvolvimento dessa abstração e as escolhas para o desenvolvimento desse modelo não implicam em caracterizar a realidade em si, mas sim a visão associada à concepção cognitiva, cultural e política do produtor. Ao mesmo tempo, o usuário busca, pelo mapa, entender os elementos espaciais no recorte ali modelado, proporcionando assim, sua leitura, interpretação e análise. Todo esse processo cognitivo de tradução – decodificação – do conjunto de signos que o produtor do mapa utiliza para registrar uma mensagem – codificação – é uma relação interativa. Se o usuário não decodificar a mensagem que se apresenta no mapa, a função essencial do mapa como meio de comunicação é perdida.

O mundo real é tão complexo que apenas reduzi-lo ou colocar uma pequena parte dele num formato de imagem o tornaria ainda mais confuso. Consequentemente, os mapas retratam apenas a informação que foi escolhida para se adequar ao uso do mapa. Essas informações são submetidas a diversas operações, como classificação e simplificação, para facilitar o entendimento. (ROBINSON; MORRISON; MUEHRCKE, 1995, p. 450)

Robinson *et al.* (1995) afirmam que no processo de codificação o produtor do mapa seleciona quais elementos devem ser representados, simplificando seu comportamento espacial através de uma lógica euclidiana e agregando um significado através do uso de variáveis visuais<sup>1</sup> que registram diversidade, ordem e proporção.

Tendo o produtor do mapa o conhecimento técnico-científico para retratar graficamente a realidade através do reconhecimento, seleção, classificação, simplificação e simbolização dos elementos ou fenômenos que compõem ou interagem com o espaço, uma pergunta se torna importante. O mapa é um instrumento de poder? Garel (1997) propõe que mapas, antigos e modernos, mostram múltiplos sinais de apropriação pelos círculos dominantes, em particular pelo poder do Estado, controlando a atividade cartográfica e utilizando o mapa para conquistar e administrar o espaço, impondo uma visão do mundo através dos mapas, ordenada de acordo com seus valores.

## O Poder do Estado nas Normativas Cartográficas

O vínculo entre Estado e território surge no século XVII com o Tratado de Westphalia (1648), sendo o território a condição material e suporte do poder do Estado, que busca garantir o domínio sobre um espaço físico, geométrico e inerte, legitimando sua soberania e autoridade. A partir desse momento,

no mundo compartimentado da geografia, a unidade política é o território. Seja o conjunto do território nacional de um Estado, seja o conjunto das terras agrupadas em uma unidade que depende de uma autoridade comum e desfruta de um regime dado, território é um compartimento do espaço politicamente distinto daquele que o rodeia. Quer se trate de um Estado soberano ou de um país dependente, o território define a existência física desta entidade jurídica, administrativa e política. (GOTTMANN, 1952 *apud* CATAIA, 2011, p. 117)

Nas últimas décadas, o conceito de território vem se transformando profundamente, deixando de estar atrelado unicamente ao Estado e passando a se vincular às relações de poder. Entretanto, abordamos neste texto a dimensão estatal do poder que modela o território e, mais especificamente, impõe representações que estarão expressas nos mapas a serem analisados. O território, sendo uma forma particular do espaço e resultado das ações exercidas por um ator que se revela através das relações de poder (RAFFESTIN, 1993), necessita de contornos geométricos que materializam seus limites. A forma mais eficiente de materializar os limites de um território é representando-o em mapas. Lynch (1996) apresenta uma sequência do processo cartográfico para as diferentes fases da formação do Estado e o subdivide em quatro partes (Quadro 1):

Quadro 1 – Cartografia e formação do Estado

Penetração e orientação	Também denominados de mapas de conquista, são destinados ao conhecimento das características topográficas, da infraestrutura e dos recursos
Territorialização	Mapas cujo objetivo é a demarcação dos limites do Estado e da alocação das propriedades da terra dentro do Estado
Administrativa	Mapas que estabelecem um contexto espacial, facilitando o controle centralizado sobre o território nacional
Zoneamento	Mapas destinados ao controle estatal dos usos da terra

Fonte: Lynch (1996).

Esses processos cartográficos se encontram ao longo da construção do território e estão inseridos na Constituição Brasileira de 1988 (BRASIL, 1988), pois esta confere ao Estado o exercício do poder, que se organiza e cria um suporte administrativo para desenvolver suas tarefas (MOTTA FILHO, 2003).

Conforme Art. 21, inciso XV da Constituição Federal de 1988, compete à União “organizar e manter os serviços oficiais de estatística, geografia, geologia e cartografia de âmbito nacional”; e Art. 22, inciso XVIII, compete privativamente à União legislar sobre “sistema estatístico, sistema cartográfico e de geologia nacionais”.

É notório que os artigos citados caracterizam o monopólio do mapeamento pelo Estado, em especial suas normativas. Essas normativas definem regras para a representação do território brasileiro e suas diretrizes e bases estão fixadas no Decreto-Lei nº 243 de 1967 (BRASIL, 1967). Devido à sua promulgação ter ocorrido na década de 1960 e toda

sua elaboração estar baseada nas questões políticas, culturais e tecnológicas daquele momento, as atividades de natureza cartográfica (série de cartas gerais das escalas de 1:250.000 e maiores) obedecem às normas técnicas definidas pela Diretoria do Serviço Geográfico do Exército (DSG).

## **Representações Cartográficas das Edificações Religiosas no Mapeamento Oficial**

Os trechos do Decreto-Lei nº 243, que estão descritos a seguir, não têm como objetivo serem analisados à luz do direito, mas apenas para afirmar o papel dos mapas – cartas gerais – como a representação do espaço produzida pelo poder público.

Art. 7º A cartografia sistemática tem por fim a representação do espaço territorial brasileiro por meio de cartas, elaboradas seletiva e progressivamente, consoante prioridades conjunturais, segundo os padrões cartográficos terrestre, náutico e aeronáutico.

Art. 15. Os trabalhos de natureza cartográfica realizados no território brasileiro obedecem às Normas.

Art. 16. É vedada a impressão – nas séries da Cartografia Sistemática Terrestre Básica – de folhas de cartas incompletas ou que, por qualquer outra forma, contrariem as Normas Técnicas estabelecidas.

Art. 17. Os órgãos públicos, as autarquias, as entidades paraestatais, as sociedades de economia mista e as fundações que elaborarem, direta ou indiretamente, cartas para quaisquer fins, compreendidas entre as escalas de 1:1.000.000 a 1:25.000, ficam obrigados a obedecer às escalas-padrão e às normas da Cartografia Sistemática, exceto quando houver necessidade técnica. (BRASIL, 1967)

É notório que o mapeamento oficial do país deve seguir as instruções normativas estabelecidas e mesmo outras instituições são obrigadas a seguir as referidas normas para que seus mapeamentos possam ser considerados oficiais e ter fé pública. Neste caso, a legislação atribui ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) a responsabilidade de “difundir e fazer observar tôdas as Normas Técnicas estabelecidas para as cartas gerais” conforme § 4º do art. 15 (BRASIL, 1967).

Como a cartografia pode ser entendida como uma linguagem e sendo esta normatizada, apenas alguns elementos e suas respectivas representações são selecionados para a produção do mapa, que se caracteriza assim como uma estratégia de controle a partir de uma relação de poder (SACK, 2013).

A normativa para as convenções cartográficas é publicada pela DSG através do Manual Técnico T 34-700 (DSG, 1998). Não se pode ignorar que o Manual Técnico estabelece a possibilidade de apresentação, pelo usuário, de “sugestões que possam ampliar sua clareza e exatidão”, mas entende-se que essas sugestões estão limitadas a modificações no manual para melhor entendimento do mesmo, não para novas formas de representação.

Dentre as diferentes formas de representação cartográfica contidas no Manual Técnico, as edificações englobam um conjunto de construções referentes a habitações indígenas, prédios públicos, igrejas, ruínas, entre outras. Cada grupo de edificações possui normativa para sua representação simbólica pontual<sup>2</sup>. Tomando a representação de igreja para análise, esta é baseada na simbologia de uma cruz (Figura 1), sendo a cruz um símbolo para identificar a fé cristã. Tillich (1986 *apud* ZILLES, 2006, p. 11) afirma que “símbolos religiosos dispensam qualquer justificativa, quando se compreendeu sua significação. Seu sentido consiste em serem a linguagem da religião, a única linguagem através da qual a religião se pode expressar de maneira imediata”. Neste sentido, o uso da cruz como representação cartográfica de igrejas desconsidera a existência de outras denominações religiosas.

Nº	EDIFICAÇÕES	AQUISIÇÃO DE DADOS		REPRESENTAÇÃO GEOMÉTRICA	REPRESENTAÇÃO FINAL		T 14-700 (2ª PARTE)
		Símbolo	Especificações		Símbolo	Especificações	
308	Igreja em templo não representável em escala com qualquer número de metros (que não exceda de 0,60 mm a 0,60 mm)		IGREJA - 130 mm	Ponto		IGREJA - 130 mm	CAPÍTULO 4 PESAGEM 4.1 ULTRAMAR 4.1
309	Igreja em templo representável em escala com qualquer número de metros (que exceda de 0,60 mm a 0,60 mm)		IGREJA - 130 mm TRIANGULO ESCALA	Limite de área		IGREJA - 130 mm TRIANGULO ESCALA	CAPÍTULO 4 PESAGEM 4.1 ULTRAMAR 4.1

Figura 1 – Manual Técnico: Convenções Cartográficas – Catálogo de Símbolos.  
Fonte: DSG, 2000, p. 29.

A DSG não só normatiza as convenções cartográficas, mas também a estrutura de dados geoespaciais vetoriais oficial para compor as bases cartográficas relativas às escalas de 1:1.000 e menores, por meio da Especificação Técnica para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais – ET-EDGV (CONCAR, 2018). Os dados geoespaciais são estruturados em classes de objetos que agrupam elementos com características e comportamentos comuns como: Trechos de Drenagens, Estação de Geração de Energia, Aldeia Indígena, Complexos Portuários, entre outros, totalizando 215 classes de objetos.

Nesta especificação não há a classe Igreja, mas a classe de Edificação Religiosa (classe 2.4.23) que deve ser estruturada no banco de dados com os quatro atributos<sup>3</sup> definidos na Figura 2.

Classe	Descrição		Código	Geometria
Edif. Religiosa	Edificação religiosa é aquela destinada a culto em reuniões de caráter religioso		2.4.23	* □
Atributo	Tipo (tamanho)	Descrição	Domínio	Requisito
tipoEdifRelig	tipo_Edif_Relig	Indica a denominação específica da edificação religiosa.	Seção 3.5.1	1
ensino	Auxiliar	Indica se a edificação religiosa também comporta a funcionalidade de educação, além da finalidade religiosa propriamente dita.	Seção 3.4	1
religiao	Alfanumérico (100)	A religião praticada na edificação religiosa.	A ser preenchido	0..1
crista	Booleano	Indica se a edificação ou construção religiosa pertence à religião cristã.	-	1

Figura 2 – Edificação Religiosa na ET-EDGV.  
Fonte: CONCAR, 2018, p. A123.

Para evitar que diferentes produtores preencham o mesmo atributo de formas distintas é definido o domínio “valores que os atributos podem assumir” (CONCAR, 2018,

p. 10), ou seja, uma lista de possíveis preenchimentos para cada atributo. No atributo Tipo de Edificação Religiosa (Tipo\_Edific\_Relig) a ET-EDGV apresenta essa lista na seção 3.91, conforme Figura 3. Esse atributo tem uma inconsistência pela relação entre o seu nome e sua descrição. O nome se refere ao tipo da edificação (Igreja, Mesquita, Templo, Terreiro...), como é possível de constatar pelo seu domínio, porém sua descrição está associada à denominação específica da edificação (Figura 3).

Outro atributo é a religião, que identifica a prática religiosa, porém não existe uma listagem com os possíveis valores a serem preenchidos, deixando para o técnico o preenchimento. Essa escolha pode acarretar inconsistência na informação por questões de diferentes grafias para a mesma prática religiosa. Uma possível solução seria o uso do domínio utilizado pelo Censo Demográfico 2010 sobre a pergunta 6.12 “Qual é a sua religião ou culto?” no questionário da amostra<sup>4</sup>.

Uma pergunta é necessária, e talvez sem resposta. Qual a finalidade do atributo booleano (sim ou não) cristã (Figura 2) que identifica se a edificação é da religião cristã? Nos parece uma clara imposição ou mesmo uma supremacia das religiões cristãs sobre as demais, caracterizando, mais uma vez, a presença do poder público hierarquizando e atribuindo valores aos comportamentos sociais, culturais e religiosos da população.

Nome/Valor	Descrição
Tipo_Edific_Relig	Indica o tipo de denominação específica da edificação religiosa.
Desconhecido	Valor desconhecido.
Administração	Edificação ou construção que tem função administrativa.
Capela mortuária	-
Centro	-
Convento	-
Igreja	-
Mesquita	-
Mosteiro	-
Sinagoga	-
Templo	-
Terreiro	-
Outros	Outro valor não listado.

Figura 3 – Domínio do atributo Tipo de Edificação Religiosa.

Fonte: CONCAR, 2018, p. B28.

Ao analisar as duas normativas, Convenções Cartográficas e Estrutura de Dados Geoespaciais Vetoriais, mesmo que a ET-EDGV possibilite identificar as denominações religiosas, estas só possuem um tipo de representação cartográfica (♣).

Pode-se exemplificar buscando nos mapas oficiais a representação do primeiro templo judaico do Rio de Janeiro, denominado de Grande Templo Israelita do Rio de Janeiro e localizado na Rua Tenente Possolo nº 8 no centro da cidade do Rio de Janeiro. “Em estilo eclético e inspirado na arquitetura monumental das sinagogas de Trieste e de Florença, o edifício religioso com torres de 26 m foi inaugurado em 1932, depois de 7 anos de obras. Sua pedra fundamental foi colocada pelo então presidente da República, Washington Luiz.”<sup>5</sup> A Figura 4 apresenta: a fachada do Templo pelo Google Street View (A); sua representação cartográfica no Open Street Map (B); sua representação cartográfica

oficial no mapeamento 1:25.000 da DSG (folha SF.23-Z-B-IV-4-SO)<sup>6</sup> (C); e o mapeamento digital mais recente do IBGE na escala 1:25.000 (D)<sup>7</sup>. O Templo se encontra representado cartograficamente na folha topográfica produzida pela DSG (4c) porém com a representação cartográfica representativa da religião cristã. No mapeamento do IBGE o Templo não é representado no mapeamento (4d).



Figura 4 – Exemplo da representação cartográfica do Grande Templo Israelita (RJ).  
Fonte: OSM, DSG e IBGE.

Compreende-se que os mapas, ao utilizar essa simbologia, acabam por cumprir o papel de construção de representações do espaço associadas ao poder hegemônico estatal, trazendo como consequência a concepção das edificações religiosas como manifestações no espaço percebido alinhadas à religiosidade de matriz cristã. Esta constatação alinha-se à perspectiva que apresenta a nação brasileira como uma nação majoritariamente cristã. Deste modo, o mapa atua como mais um instrumento de apagamento ou ocultamento de outras manifestações religiosas que podem estar presentes nas mesmas parcelas do espaço percebido, porém que permanecem na esfera do espaço vivido e não alcançam o espaço concebido, ou seja, as representações do espaço.

## Conclusões

Fernandes e Loch (2007) discutem os problemas encontrados na representação cartográfica urbana e afirmam que:

A representação dos templos religiosos sempre vem acompanhada de uma cruz, o que nem todas as práticas religiosas possuem. Para um templo onde não tem como base o Cristianismo, verifica-se a divergência na utilização da cruz. Mas por convenção a cruz é associada. Outro fato relevante é o termo igreja, o que para outras religiões é chamado de templo, entre outros termos. Entretanto o termo igreja vem sendo o termo mais convencional nas cartas.

O detentor legal da imposição normativa, ao considerar apenas a representação cartográfica, acompanhada de uma cruz, desterritorializa as diferentes práticas religiosas que não têm, na sua matriz, a denominação cristã. Esse ato esconde a pluralidade característica da sociedade brasileira e as multiterritorialidades que as crenças religiosas concebem no convívio diário dentro do espaço vivido e percebido, dando foco apenas no espaço concebido pelo Estado e tornando este a ferramenta básica para conhecer e atuar sobre o território nacional.

Esse artigo buscou iniciar um debate sobre a carência de representação cartográfica das diversas religiões que resulta em uma ocultação de um espaço e de uma religião. Esse acontecimento pode ser atribuído à herança colonial do Brasil. Segundo Cruz (2017, p. 15),

a colonialidade é um resíduo irredutível de nossa formação social e está arraigada em nossa sociedade, manifestando-se das mais variadas maneiras em nossas instituições políticas e acadêmicas, nas relações de dominação/opressão, em nossas práticas de sociabilidades autoritárias, em nossa memória, linguagem, imaginário social, em nossas subjetividades e, conseqüentemente, na forma com produzimos conhecimento.

Isto é, o fim do colonialismo não denominou o fim da colonialidade do poder, do saber e do ser. Não obstante, torna-se oportuno frisar que vivemos em uma sociedade multicultural e diversificada, e, nesta perspectiva, o Estado ou detentor legal da normativa deve contribuir para o enriquecimento do pluralismo religioso e a valorização de todas as manifestações religiosas evitando assim uma delimitação errônea e oculta do espaço religioso.

Um novo olhar que contemple essa pluralidade deve ser construído com a sociedade que vivencia as diferentes crenças e práticas religiosas, sendo fundamental para a continuidade desta pesquisa e a proposição de representações cartográficas adequadas e sua variabilidade gráfica nas diferentes escalas do mapeamento oficial.

## Referências Bibliográficas

ALMEIDA, M. G. D.; VARGAS, M. A. M.; MENDES, G. F. Territórios, paisagens e representações: um diálogo em construção. *Mercator-Revista de Geografia da UFC*, v. 10, n. 22, p. 23-35, 2011.

BERTIN, J. *Semiology of graphics: diagrams, networks, maps*. Tradução de William J. Berg. Madison: University of Wisconsin Press, 1983.

João Bosco de Azevedo, Adriene dos Santos Duarte, Flávia Felix da Silva e  
Letícia de Carvalho Giannella

BRASIL. *Decreto-lei N° 243*. Brasília: [s. n.], 1967. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/1965-1988/Del0243.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/1965-1988/Del0243.htm)>. Acesso em: abr. 2021.

\_\_\_\_\_. *Constituição da República Federativa do Brasil*. Brasília: [s. n.], 1988. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm)>. Acesso em: jul. 2022.

CATAIA, M. A. Território político: fundamento e fundação do Estado. *Sociedade & natureza*, v. 23, n. 1, p. 115-125, 2011.

CONCAR. *Especificação Técnica para a Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais*. Brasília: CONCAR, 2017. 246 p. Disponível em: <[http://www.geoportal.eb.mil.br/imagens/PDF/ET\\_EDGV\\_Vs\\_2\\_1\\_3.pdf](http://www.geoportal.eb.mil.br/imagens/PDF/ET_EDGV_Vs_2_1_3.pdf)>. Acesso em: set. 2018.

CRUZ, V. C. Geografia e pensamento descolonial: notas sobre um diálogo necessário para a renovação do pensamento crítico. In: CRUZ, V. C. *Geografia e giro descolonial: experiências, ideias e horizontes de renovação do pensamento crítico*. Rio de Janeiro: Editora Letra Capital, 2017. p. 15-36.

DSG. *Convenções cartográficas: normas para o emprego dos símbolos, manual técnico*. T-34-700, 1ª Parte. Brasília: [s. n.], 1998.

\_\_\_\_\_. *Convenções cartográficas: catálogo de símbolos, manual técnico*. T-34-700, 2ª Parte. Brasília: [s. n.], 2000.

FERNANDES, V. O.; LOCH, R. E. N. Análise da simbologia de cartas cadastrais urbanas no Brasil. *Geodésia Online*, n. 4, 2007. 19p.

GAREL, J. Première traduction en français de B. Harley. *Espace Géographique*, v. 26, n.3, p. 286-287, 1997.

HARLEY, J. B. A nova história da cartografia. *O Correio da UNESCO*, v. 19, n. 8, p. 4-9, 1991.

\_\_\_\_\_; WOODWARD, D. *The history of cartography: cartography in prehistoric ancient, and medieval europe and the mediterranean*. Chicago: University of Chicago Press, v. 1, 1987.

JOLY, F. *A Cartografia*. Campinas: Papyrus, 1990.

KATUTA, A. M. Representação do espaço vivido, percebido, imaginário e concebido. *Boletim de Geografia*, v. 19, n. 2, p. 179-186, 2001.

LEFÈVRE, H. La producción del espacio. *Papers: Revista de Sociología*, n. 3, p. 219-229, 1974.

LYNCH, B. D. *Marking territory and mapping development; protected area designation in the Dominican Republic*. Berkeley: University of California, 1996. Paper presented to the international Association for the Study of Common Property.

MOTTA FILHO, S. C. D. *Direito Constitucional: teoria e jurisprudência e 1000 questões*. 12. ed. Rio de Janeiro: Impetus, 2003.

OLIVEIRA, C. D. *Curso de cartografia moderna*. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1993.

OLIVEIRA, I. J. D. A Linguagem dos mapas: utilizando a cartografia para comunicar. *Revista Temporis (ação)*, v. 1, n. 8, p. 35-62, 2005.

PALSKY, G. John Brian Harley (1932-1991) et l'histoire de la cartographie. Ouvertures théoriques et blocages idéologiques. *Séminaire Fonctions et usages de la cartographie dans le champ des sciences, XVIIe-XXe siècle*, Paris, 2006.

RAFFESTIN, C. *Por uma geografia do poder*. Tradução de Maria Célia FRANÇA. São Paulo: Editora Ática, 1993.

ROBINSON, A. H.; MORRISON, J. L.; MUEHRCKE, P. C. *Elements of cartography*. Nova York: John Wiley & Sons, 1995.

\_\_\_\_\_; PETCHENIK, B. B. *The nature of maps: essays toward understanding maps and mapping*. Chicago: University of Chicago, 1976.

SACK, R. D. O significado de territorialidade. In: MOURA, N. R. *Territorialidade humanas e redes sociais*. Tradução de Rosanc MENCGHETTI. 2. ed. Florianópolis: Editora Insular, 2013. p. 63-89.

SIMIELLI, M. E. R. *O mapa como meio de comunicação: implementações no ensino de geografia do 1º grau*. 1986. Tese (Doutorado em Geografia) – FFLCH Pós-Graduação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1986.

TEMER, M. *Elementos de Direito Constitucional*. 22. ed. São Paulo: Malheiros Editores, 2007.

ZILLES, U. *Significação dos símbolos cristãos*. 6. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2006.

Recebido em: 12/07/2023. Aceito em: 27/09/2023.

## Notas

- <sup>1</sup> Orientação, Tamanho, Forma, Cor, Tom, Contorno e Textura.
- <sup>2</sup> Ponto como elemento geométrico para representação, utilizado quando as dimensões do elemento forem insignificantes perante a escala de representação.
- <sup>3</sup> A Classe Edificação Religiosa também herda atributos da Classe Edificações como Nome, Situação Física, entre outros.
- <sup>4</sup> [https://celade.cepal.org/censosinfo/manuales/BR\\_ManCensista\\_2010.pdf](https://celade.cepal.org/censosinfo/manuales/BR_ManCensista_2010.pdf) p.195.
- <sup>5</sup> <https://riomemorias.com.br/memoria/grande-templo-israelita/>
- <sup>6</sup> Acesso via o plug-in DSGTools (acesso em 31 ago. 2023)
- <sup>7</sup> [https://geoftp.ibge.gov.br/cartas\\_e\\_mapas/bases\\_cartograficas\\_continuas/bc25/rj/versao2018\\_edgv\\_3.0/shapefile/](https://geoftp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/bases_cartograficas_continuas/bc25/rj/versao2018_edgv_3.0/shapefile/) (acesso em 31/ ago. 2023)

# Uso da Cartografia Social para Análise da Percepção Socioambiental: Estudo de Caso na Bacia do Paraíba do Sul – Trecho Paulista

## Use of Social Cartography for Analysis of Social-Environmental Perception: a Case Study in the Paraíba do Sul Watershed – São Paulo Stretch

Jocilene Dantas Barros<sup>i</sup>

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
São José dos Campos, Brasil

Gustavo Felipe Balué Arcoverde<sup>ii</sup>

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
São José dos Campos, Brasil

Raquel Henrique<sup>iii</sup>

Universidade do Vale do Paraíba  
São José dos Campos, Brasil

**Resumo:** A Cartografia Social envolve a inclusão das comunidades no processo de desenvolvimento dos mapas e possibilita estabelecer uma metodologia participativa importante para análises quali-quantitativas de percepção socioambiental, contribuindo para a construção do conhecimento coletivo e gestão territorial. O objetivo do artigo é apresentar o uso da Cartografia Social como ferramenta para a análise da percepção socioambiental na bacia do rio Paraíba do Sul, trecho paulista. A análise foi realizada por meio da Cartografia Social, a partir do levantamento de potencialidades e problemas socioambientais e sua comparação com dados de fontes secundárias. Como potencialidades destacaram-se a vegetação nativa, unidades de conservação e atributos turísticos e em relação aos problemas socioambientais, a monocultura do eucalipto, saneamento básico precário, ocupação urbana e extração de areia. Os resultados reforçam o potencial da Cartografia Social em dar visibilidade ao conhecimento local, e em contribuir na construção do conhecimento coletivo e no diagnóstico territorial participativo.

**Palavras-chave:** Cartografia Social; Percepção Socioambiental; Metodologia Participativa; Sistema de Informação Geográfica.

<sup>i</sup> Mestre, LADIS/DIIAV/CGCT, INPE. [jocilene.barros@inpe.br](mailto:jocilene.barros@inpe.br). <https://orcid.org/0000-0001-7869-7424>

<sup>ii</sup> Doutor, LADIS/DIIAV/CGCT, INPE. [gustavo.arcoverde@inpe.br](mailto:gustavo.arcoverde@inpe.br).  
<https://orcid.org/0000-0002-0082-5710>

<sup>iii</sup> Doutora, IP&D, UNIVAP. [kellhenrique@gmail.com](mailto:kellhenrique@gmail.com). <https://orcid.org/0000-0001-5899-3816>

**Abstract:** The Social Cartography involves the inclusion of communities in the map development process and enables the establishment of an important participatory methodology for qualitative-quantitative analyses of socio-environmental perception, contributing to the construction of collective knowledge and territorial management. The objective of the article is to present the use of Social Cartography as a tool for analyzing socio-environmental perception in the Paraíba do Sul River basin, Paulista section. The analysis was carried out by Social Cartography, based on the survey of socio-environmental potentialities and problems, and their comparison with data from secondary sources. Native vegetation, conservation units, and tourist attributes stood out as potentialities; and concerning socio-environmental problems, eucalyptus monoculture, precarious sanitation, urban occupation, and sand extraction were highlighted. The results reinforce the potential of Social Cartography in bringing visibility to local knowledge and contributing to the construction of collective knowledge and the participatory territorial diagnosis.

**Keywords:** Social Cartography; Social-Environmental Perception; Participatory Methodology; Geographic Information System.

## Introdução

Historicamente, os mapas foram apropriados pelos sistemas políticos como forma de legitimação de dominação territorial e poder social (ACSELRAD; COLI, 2008). Assim, eles foram utilizados como meio de diálogo no mundo socialmente construído, carregado de juízos de valor por representarem o discurso de poder (HARLEY, 2009), geralmente, apropriados como recurso de controle pelas classes dominantes. No desenvolvimento da ciência cartográfica, surge a Cartografia Social (CS) como metodologia para representar dados, intenções e produtos sociais a partir da percepção social de um território (VAUGHAN, 2018). Esta cartografia difundiu-se em 1970 em pesquisas de percepção ambiental e metodologias de diagnóstico participativo rural (ACSELRAD, 2010), alinhando-se ao fortalecimento dos movimentos sociais diante do avanço do capitalismo liberal no mercado de terras (BARGAS; CARDOSO, 2015).

No Brasil, a partir da década de 1990, narrativas participativas e novos atores passaram a ganhar espaço com o uso de mapas, permitindo a reafirmação e representação do território de comunidades menos contempladas (ACSELRAD; COLI, 2008). Hoje, é um recurso vital para o planejamento urbano e rural em várias esferas de governança. No Brasil, exemplos de aplicações da Cartografia Social incluem os estudos de Galdino *et al.* (2016), Carvalho *et al.* (2020), Batista *et al.* (2020) e as diversas iniciativas do Projeto Nova Cartografia Social da Amazônia (NOVA CARTOGRAFIA SOCIAL, 2020). Tais pesquisas demonstram a importância da utilização da Cartografia Social para análises quali-quantitativas de percepção socioambiental, contribuindo para a construção do conhecimento coletivo e gestão territorial mais participativa.

O artigo tem o objetivo de apresentar o uso da Cartografia Social como ferramenta para analisar a percepção socioambiental na bacia do rio Paraíba do Sul, trecho paulista, comparando o mapeamento participativo com dados secundários e outras pesquisas. Neste estudo, a CS foi desenvolvida com atores locais da bacia em uma formação de

pesquisadores populares para produção de cenários adaptativos e resilientes aos efeitos das mudanças climáticas, e também fez parte do processo formativo “Cenários para a Bacia do Paraíba do Sul a partir da Educação Ambiental”.

A formação fez parte do projeto de pesquisa “Recursos Hídricos na Bacia do Paraíba do Sul: Integrando Aspectos Naturais e Antrópicos” (INPE, 2020), coordenado pela Divisão de Impactos, Adaptação e Vulnerabilidades (DIIAV) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e pela Agência Nacional de Águas (ANA), Processo Nº 2180/2017. O curso envolveu 31 participantes, representando diferentes segmentos sociais ao longo dos municípios da bacia, como professores da rede pública, membros de associações e organizações da sociedade civil, funcionários públicos municipais, graduandos e pós-graduandos em cursos da área ambiental, pesquisadores e entusiastas da educação ambiental (EA).

A CS foi uma das atividades promovidas no curso para a construção do processo de educação ambiental, devido à sua capacidade de incitar diálogo e troca de saberes coletivos (LANDIN NETO; SILVA; COSTA, 2016). Isso permitiu uma representação visual acessível do diagnóstico baseado nas experiências de vida, valores e conhecimentos dos participantes (COSTA *et al.*, 2016). A iniciativa contribuiu para uma etapa posterior de diagnóstico e cenários para a bacia no contexto mais amplo do curso, tornando-se uma ferramenta crucial na construção do cenário ambiental para a bacia do Rio Paraíba do Sul, trecho paulista.

## Referencial Teórico

Pesquisas que abordam a percepção ambiental demandam abordagens interdisciplinares para lidar com o desafio de capturar ou decifrar processos cognitivos, especialmente quando essa percepção envolve um coletivo de indivíduos (SEEMANN, 2003). As manifestações concretas têm se mostrado como uma maneira viável para tais interpretações, envolvendo diversos tipos de profissionais, desde psicólogos até arqueólogos, que observam comportamentos, ações, desenhos, escritos, entre outros. Oliveira (2002) ressalta que a geografia também desempenha um papel crucial nesse aspecto, enfatizando que a percepção e a cognição estão intrinsecamente ligadas à representação, e abordar a representação é adentrar diretamente no âmbito dos mapas, uma questão fundamental na Geografia.

A Geografia das Representações aborda um dos temas mais originais que é a integração das representações espaciais dos indivíduos e das sociedades na análise e na compreensão das práticas espaciais (BAILLY, DEBARBIEUX, 1995; SEEMANN, 2003), o que denota que a CS é integrante desta Geografia, sendo ainda considerada como uma vertente da ciência cartográfica (GORAYEB, MEIRELES, SILVA, 2015). Independentemente de qual corrente científica faça parte, é unânime que a CS, diferentemente da cartografia tradicional, tem como foco o mapeamento conjunto, permitindo que grupos possam expressar nos mapas sua percepção, relações com o ambiente e a sociedade, os lugares em que realizam suas atividades, conflitos socioambientais, dentre outros elementos; envolvendo uma metodologia de desenvolvimento de mapas com foco na participação social

que permite que as comunidades conheçam e construam um conhecimento abrangente de seu território, para que possam escolher uma maneira melhor de viver. [...] Esse tipo de mapa (ao contrário dos mapas tradicionais produzidos apenas por técnicos) é produzido pela comunidade em um processo de planejamento participativo, reunindo conhecimento coletivo (horizontal) e legitimando-o. (HABEGGER, MANCILIA, 2006, p. 6)

A CS é definida como uma prática que busca envolver as comunidades locais no desenvolvimento de mapas, valorizando seus conhecimentos e percepções sobre o espaço em que vivem (BARGAS, CARDOSO, 2015). Para Carvalho *et al.* (2020, p. 104), o mapeamento participativo, também chamado de Cartografia Social, é “um processo de produção de mapas a partir da visão das pessoas ou comunidades locais e suas respectivas experiências e vivências no território”. O mapeamento participativo faz parte do grupo de metodologias participativas, que são definidas como um conjunto de técnicas de pesquisa com o princípio comum da participação, em que os envolvidos contribuem para a identificação e solução de problemas (THIOLLENT, SILVA, 2007). No presente artigo, mapeamento participativo e Cartografia Social são utilizados como sinônimos.

No Brasil, a inclusão de comunidades no processo de construção de mapas teve início na década de 1990 e, de 1992 a 2012, foram catalogadas 284 experiências de Cartografia Social (ACSELRAD, 2013). De acordo com o mesmo autor, os mapeamentos participativos envolviam principalmente o reconhecimento territorial e projetos etno-ecológicos ou de manejo ambiental.

Dentre as experiências listadas por Acselrad (2013), destaca-se o Projeto Nova Cartografia Social da Amazônia (PNCSA), que ainda está em andamento. Há treze anos, o PNCSA vem desempenhando um papel significativo, visando viabilizar uma auto-cartografia dos povos e comunidades tradicionais na Amazônia. Isso possibilita adquirir um entendimento mais aprofundado acerca do processo de ocupação nessa localidade, enquanto se configura como um recurso inovador para fortalecer os movimentos sociais (NOVA CARTOGRAFIA SOCIAL, 2020).

O uso da CS como um meio de reivindicar direitos é destacado por Sletto *et al.* (2013) e Acselrad e Viégas (2013). Sletto *et al.* (2013, p. 194) consideram-na “uma ferramenta popular para demarcação e defesa de territórios e terras tradicionais”, e Acselrad e Viégas (2013, p. 18) seguem a mesma linha, afirmando que ela é um elemento importante para a ação política da comunidade, proporcionando visibilidade e ampliando o conhecimento dos grupos sociais sobre seus territórios e contribuindo nos “processos de reivindicação, defesa e proteção dos territórios e seus recursos”.

Galdino *et al.* (2016) também ressaltam as potencialidades do uso da CS para o desenvolvimento de pesquisas com abordagens mais democráticas, como no contexto de defesa de territórios tradicionais. Os autores utilizaram a CS como uma ferramenta de contribuição no processo de demarcação de uma terra indígena localizada no estado do Ceará, nordeste do Brasil, construindo um mapa social de uso e ocupação da aldeia Monguba com a ajuda da CS.

Outro exemplo de mapeamento utilizando a CS foi apresentado por Batista *et al.* (2020) e envolveu o mapeamento dos usos e conflitos em um trecho do litoral sul do es-

tado do Rio Grande do Norte. A partir de fóruns de discussão foi possível criar um mapa com o compartilhamento dos usos e sugestões para o ordenamento da costa com base no reconhecimento do território por parte dos que vivenciam aquele ambiente, incluindo pescadores, veranistas, empresários e moradores (BATISTA *et al.*, 2020).

Bacci e Santos (2013) reforçam o valor do mapeamento participativo como instrumento didático-pedagógico para gestão dos recursos naturais, ressaltando que é um meio para a aprendizagem social e um tipo de metodologia participativa que permite a comunidade dialogar e refletir sobre os conflitos socioambientais a partir do levantamento de dados espaciais locais e propor “ações consensuais para a melhoria da qualidade de vida de todos” (BACCI; SANTOS, 2013, p. 68).

O mapeamento participativo também é considerado uma ferramenta de educação ambiental para sociedades mais sustentáveis (CARVALHO *et al.*, 2020). Os autores apresentaram estudos de caso em três regiões do estado de São Paulo nos quais a Cartografia Social foi trabalhada com comunidades e estudantes do ensino médio. Os autores evidenciaram que esta ferramenta foi essencial para identificação de informações sobre problemas locais como também sobre a exposição a riscos socioambientais percebidos pelos participantes (CARVALHO *et al.*, 2020).

Percebe-se que a Cartografia Social pode ser aplicada em diferentes contextos, como no reconhecimento territorial de comunidades tradicionais, no fortalecimento de movimentos sociais, na gestão dos recursos naturais, no mapeamento dos usos e conflitos e na educação ambiental. Contudo, em todas essas aplicações a proposta de incluir as comunidades no processo de construção dos mapas a partir de uma metodologia participativa se mantém em evidência.

## **Materiais e Métodos**

### *Caracterização da Área de Estudo*

O recorte territorial para a referida formação de educação ambiental popular, bem como a experiência de CS relatada neste artigo, foi a bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, porção paulista (Figura 1).

A bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul é conhecida geograficamente como Vale do Paraíba, por ser estruturada entre os contrafortes da Serra da Mantiqueira e Serra do Mar, tem como seu curso d'água principal o Rio Paraíba do Sul (REGEA, 2016). Determinada como Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 02 (UGRHI 02) pelo governo estadual, possui uma área de 14.491,17 km<sup>2</sup>, abrangendo 39 municípios dos quais 34 possuem sede na região desta bacia (REGEA, 2016). A variedade de municípios, em localizações geográficas diferentes na bacia, atrelada às condições históricas e socioeconômicas distintas, confere grandes diferenças de realidade entre estes, como municípios fortemente pautados na industrialização e urbanização como Jacareí, São José dos Campos, Caçapava, Taubaté e Guaratinguetá, e ainda municípios localizados próximos a encostas da Serra do Mar e da Mantiqueira, que se mantêm vinculados ao setor primário da economia (REGEA, 2016).

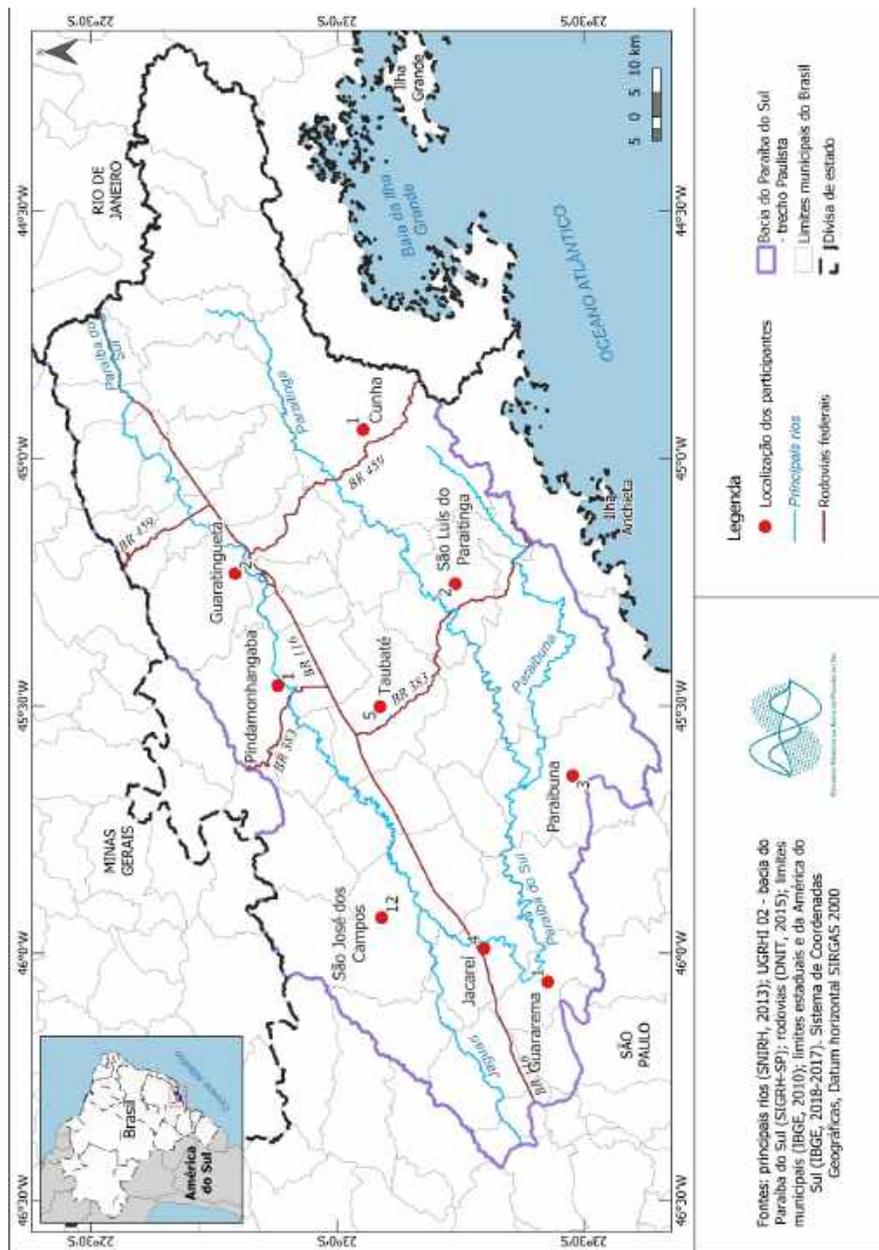


Figura 1 – Localiza o da  rea de estudo e dos participantes do mapeamento.

Apesar das especificidades territoriais e econômicas entre os municípios, estes possuem questões ambientais comuns, um exemplo é uma grande porção da região composta atualmente de pastagens degradadas, algumas em uso e outras já abandonadas, resquícios da produção de carne bovina e leite (RONQUIM *et al.*, 2016). Apesar dos mesmos autores identificarem uma alteração considerável deste uso e ocupação do solo degradado para áreas em estágio de regeneração primário e secundário promissoras, ocorre uma pressão pela especulação imobiliária destas áreas para o avanço de condomínios fechados e propriedades rurais destinadas ao lazer (RONQUIM *et al.*, 2016).

Outra atividade a ser acompanhada com mais cautela, considerando a manutenção da qualidade ambiental da bacia, é a mineração, sobretudo a extração de areia, realizada em maior exploração no município de Jacareí (REGEA, 2016). O município em 2016 teve uma barragem de rejeito do beneficiamento de areia rompida, ocasionando a suspensão temporária do abastecimento de água em seu município vizinho, São José dos Campos (REGEA, 2016).

A questão sobre o uso do rio Paraíba do Sul para abastecimento humano tem sido, na última década, ponto de tensão política, dado a complexidade de ser um curso d'água que abrange territorialmente três estados: São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro, abastecendo cerca de 14,2 milhões de pessoas CEIVAP ([202-]). Em decorrência da crise hídrica de 2013-2014, o estado de São Paulo deu início, em 2015, à obra de interligação das águas do rio Jaguari, importante contribuinte da margem direita do rio Paraíba do Sul, para o sistema Atibainha-Cantareira (OROSCO, 2018). Esta obra aumentou o debate e as disputas em torno da manutenção da qualidade e quantidade de água desta bacia.

### *Procedimentos Metodológicos*

A seguir são apresentados os passos para obtenção dos mapas síntese com a padronização dos elementos mapeados pelos grupos durante a oficina de Cartografia Social.

O mapeamento participativo foi realizado no dia 30 de março de 2019 em São José dos Campos/SP e participaram 31 pessoas que moram em municípios da bacia (Figura 1) e estas pessoas foram divididas em 6 grupos. Cada grupo possuía um mapa impresso em tamanho A0 contendo a base cartográfica do trecho (rodovia, hidrografia, limites territoriais e limite da bacia).

Pediu-se aos participantes de cada grupo que registrassem no mapa aquilo que mais chamava atenção deles quanto aos aspectos socioambientais da bacia, aquilo que fosse mais importante ou relevante para eles, apontando os principais problemas e pontos positivos da bacia na opinião deles. Também foi pedido que escrevessem em separado (em um papel sulfite) uma lista de problemas e pontos positivos. Em seguida, cada grupo apresentou o que tinha mapeado para os demais grupos e foi feita uma discussão geral em roda com percepções sobre tudo que foi apresentado.

Também foi indicado para os participantes que este mapeamento participativo seria uma das ferramentas de diagnóstico para entender o contexto socioambiental atual da bacia e contribuir na construção de cenários em uma etapa seguinte do projeto de pesquisa "Recursos Hídricos na Bacia do Paraíba do Sul: Integrando Aspectos Naturais e Antrópicos".

O próximo passo consistiu na digitalização dos mapas e posterior georreferenciamento no software de Sistema de Informação Geográfica (SIG) QGIS versão 3.4. Em seguida foi criado um arquivo no formato *geopackage* para armazenar os elementos mapeados. A vetorização dos mapas georreferenciados foi feita na escala de 1:1.000.000, separando as camadas nas primitivas gráficas ponto, linha e área (CARVALHO, 2011), e feito o armazenamento dos dados alfanuméricos na tabela de atributos. Nesse momento foram criadas categorias pela equipe organizadora do curso a fim de agrupar termos semelhantes e assim sintetizar a informação e facilitar a comunicação a partir de uma legenda. Os registros dos termos originais também foram mantidos na tabela de atributos do *geopackage*, bem como a indicação do número do grupo.

Após a vetorização, alteração da simbologia e elaboração do layout, foram gerados seis mapas, um para cada grupo, com os termos originais utilizados por eles, além de três mapas síntese com a legenda categorizada, um mapa com elementos pontuais, outro com elementos lineares e outro com áreas (polígonos) devido à grande quantidade de elementos. Os mesmos foram levados novamente para os grupos para validação em um encontro realizado no dia 13 de setembro de 2019. De volta ao trabalho de gabinete, foram realizados ajustes considerando o que foi apontado pelos grupos e elaborados novos mapas síntese, agora validados.

Toda a quantificação dos elementos mapeados foi feita a partir dos municípios da bacia. Para analisá-los em relação aos limites municipais utilizou-se a ferramenta de geoprocessamento "Interseção", cruzando pontos, linhas e áreas com o *shapefile* de municípios do Brasil do IBGE. O resultado do processamento foi a identificação do município no qual cada feição está inserida nas tabelas de atributos de cada geometria. Isso implica que áreas e linhas localizadas em mais de um município foram computadas em cada um dos municípios separadamente. As tabelas de pontos, áreas e linhas foram exportadas no formato de Planilha OpenDocument (.ods) e unidas no LibreOffice Calc.

Com base nos mapas e planilhas produzidos a partir da CS, conduziu-se uma análise quantitativa e espacial dos elementos mapeados como parte integrante desta metodologia. Essa análise envolveu uma comparação com dados secundários e estudos sobre a bacia do rio Paraíba do Sul, trecho paulista, além da identificação das potencialidades e problemas socioambientais mapeados. Em relação aos dados espaciais secundários, utilizou-se o mapeamento de uso e cobertura da terra do Projeto Mapbiomas (2019) da coleção 5, bem como o mapeamento das Unidades de Conservação do Ministério do Meio Ambiente (2019).

## Resultados e Discussões

### *Quantificação de Elementos Mapeados*

A partir desta construção participativa de mapas para a bacia do Paraíba do Sul, trecho paulista, obteve-se 657 elementos mapeados, distribuídos em 35 municípios da bacia. Do total de primitivas gráficas mapeadas (áreas, pontos e linhas), 29% encontram-se em três municípios: São José dos Campos (91), São Luís do Paraitinga (50) e Taubaté (47). Isso pode ter relação com a influência dessas cidades no Vale do Paraíba ou por

grande parte dos cursistas morarem nesses municípios, o que facilitaria o reconhecimento de atividades onde vivem. Considerando as formas de representação, a do tipo ponto foi a mais representada (466 dos 657 elementos mapeados). A Tabela 1 contém a lista de municípios e a quantidade de elementos mapeados por tipo de primitiva gráfica considerando todos os grupos.

Em São José dos Campos a vegetação nativa foi mapeada 13 vezes, com destaque para o distrito de São Francisco Xavier, seguida de hidrografia (9) e de Unidades de Conservação (6). Em Taubaté destacaram-se a Mineração de areia (6) e Vegetação nativa (5). São Luís do Paraitinga se destacou com as Unidades de Conservação (9) e nos Atributos turísticos (6). Isso reflete a relevância dos atributos naturais dos municípios na percepção dos grupos.

Tabela 1 – Municípios e quantidade de elementos mapeados.

Município	Quantidade de elementos				Percentual (Total)
	Total	Ponto	Linha	Área	
São José dos Campos	91	69	11	11	13,9
São Luís do Paraitinga	50	46		4	7,6
Taubaté	47	35	1	11	7,2
Cunha	30	22		8	4,6
Lagoinha	27	25		2	4,1
Natividade da Serra	26	22		4	4,0
Pindamonhangaba	25	13		12	3,8
Jambeiro	23	20	2	1	3,5
Caçapava	23	12	1	10	3,5
Guaratinguetá	23	11		12	3,5
Monteiro Lobato	23	21		2	3,5
Paraibuna	23	15	2	6	3,5
Jacareí	22	13	4	5	3,3
Areias	15	11		4	2,3
Guararema	14	12		2	2,1
São José do Barreiro	14	10		4	2,1
Aparecida	13	7		6	2,0
Cruzeiro	13	7		6	2,0
Tremembé	13	5		8	2,0
Bananal	12	9		3	1,8
Queluz	12	9		3	1,8
Roseira	12	5		7	1,8
Lorena	11	6		5	1,7
Redenção da Serra	11	9	1	1	1,7

Município	Quantidade de elementos				Percentual (Total)
	Total	Ponto	Linha	Área	
Cachoeira Paulista	10	6		4	1,5
Arapeí	9	5		4	1,4
Igaratá	9	5	3	1	1,4
Lavrinhas	9	5		4	1,4
Potim	9	4		5	1,4
Santa Branca	8	5	1	2	1,2
Silveiras	8	6		2	1,2
Piquete	7	5		2	1,1
Canas	6	4		2	0,9
Santa Isabel	5	4	1		0,8
Mogi das Cruzes	4	3		1	0,6
<b>Soma</b>	<b>657</b>	<b>466</b>	<b>27</b>	<b>164</b>	<b>100,0</b>

Dentre as categorias elencadas pelos grupos considerando toda a bacia na porção paulista, a que possui maior expressividade é a classe Unidades de Conservação, mapeada 75 vezes entre os municípios da bacia, seguida de Pastagem (66), Vegetação nativa (58), Monocultura do eucalipto (56), Atributos turísticos (50) e Saneamento básico precário (45), juntos, correspondem a mais da metade do que foi mapeado, 53% (Tabela 2).

Tabela 2 – Categorias e quantidade de elementos mapeados nos municípios.

Atributos	Quantidade de elementos				Percentual (Total)
	Total	Ponto	Linha	Área	
Unidades de conservação	75	42		33	11,4
Pastagem	66	40		26	10,0
Vegetação nativa	58	58			8,8
Monocultura do eucalipto	56	56			8,5
Atributos turísticos	50	50			7,6
Saneamento básico precário	45	45			6,8
Mineração de areia	42	11		31	6,4
Ocupação/área urbana	41			41	6,2
Degradação do solo e de corpos hídricos	25	25			3,8
Indústria	22	22			3,3
Urbanização/especulação imobiliária	21	21			3,2

Atributos	Quantidade de elementos				Percentual (Total)
	Total	Ponto	Linha	Área	
Patrimônio – histórico, cultural, material e imaterial	18	18			2,7
Hidrografia	16		16		2,4
Monocultura do arroz	14			14	2,1
Disponibilidade/infraestrutura hídricas	13	13			2,0
Represas	11			11	1,7
Rodovia	11		11		1,7
Culturas – agroecologia	10	8		2	1,5
Projetos e movimentos sociais	10	10			1,5
Ocupação irregular	7	7			1,1
Perda de vínculo cultural	7	7			1,1
Prática de esportes	7	7			1,1
Falta de opções de transporte	6	6			0,9
Pagamento por serviços ambientais	6	6			0,9
Serra Quebra Cangalha	6			6	0,9
Infraestrutura tecnológica e de pesquisa	5	5			0,8
Perda da arborização urbana	5	5			0,8
Infraestrutura viária	2	2			0,3
Aterro sanitário	1	1			0,2
Incêndios	1	1			0,2
<b>Soma</b>	<b>657</b>	<b>466</b>	<b>27</b>	<b>164</b>	<b>100,0</b>

### *Relação com Dados de Uso e Cobertura da Terra*

Ao observar o mapa (Figura 2) com as classes de uso e cobertura da terra para a bacia, derivado de dados do Projeto Mapbiomas (2019), percebe-se que os elementos indicados pelos grupos, como Pastagem e Área urbana, também estão contemplados no mapa. A Vegetação nativa e a Monocultura do eucalipto também mapeadas pelo grupo, embora não estejam representadas com este termo, estão incluídas nas classes Formação Florestal e Savânica e Floresta Plantada. A monocultura do eucalipto é uma atividade histórica no Vale do Paraíba, utilizada para produção de celulose visando a comercialização no mercado internacional e, de 1985 a 2011, teve sua área expandida de 375 km<sup>2</sup> para 863 km<sup>2</sup> (SILVA *et al.*, 2016), ou seja, um aumento de 130,1%.

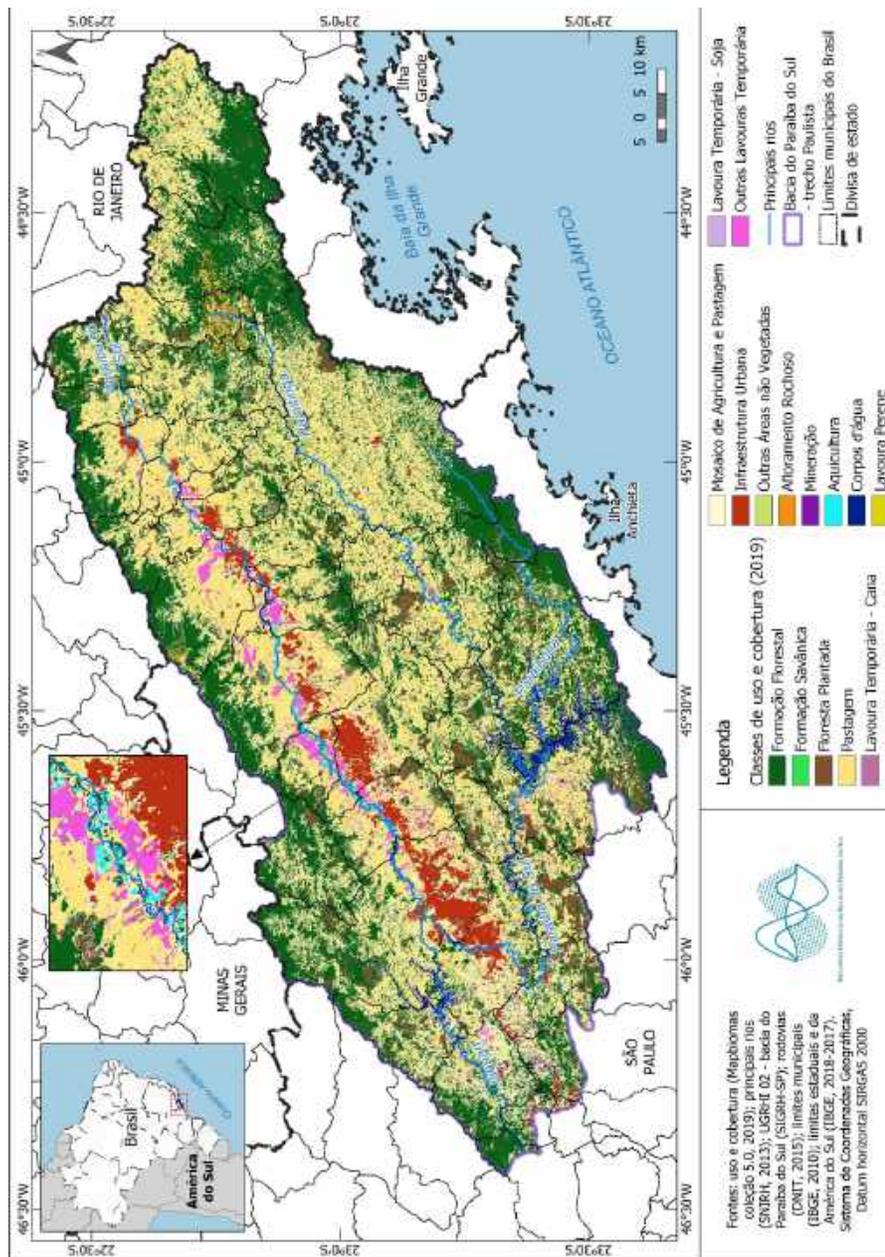


Figura 2 – Mapa de uso e cobertura da terra para a bacia do Alto Paraib  do Sul (2019). Elaborado pelos autores (2020) com base em Mapbiomas (2019).

A expansão da Floresta Plantada também pode ser constatada nos dados de total de área (km<sup>2</sup>) dessa classe somando os dados dos 35 municípios mapeados, a partir de estatísticas do Projeto Mapbiomas (2020a). Em 1985 foram mapeados 126,06 km<sup>2</sup>, em 2011, 673,8 km<sup>2</sup>, e em 2019 a Floresta Plantada aumentou para 811,45 km<sup>2</sup>. Em termos percentuais, de 1985 para 2011 houve um aumento de 434,5% e de 1985 para 2019 seria 543,7%.

Pode-se citar como possível explicação para a diferença de quantidade de área (km<sup>2</sup>) dos dados de Silva *et al.* (2016) e do Projeto Mapbiomas (2020a) a metodologia de mapeamento das áreas. No primeiro caso utilizou-se a classificação supervisionada pelo método da Máxima Verossimilhança (SILVA *et al.*, 2016) e no segundo caso a classificação pelo método Random Forest através da plataforma Google Earth Engine (PROJETO MAPBIOMAS, 2020b).

### Mapas Síntese

A seguir são apresentados os mapas síntese, gerados a partir da união do mapeamento dos seis grupos. É importante ressaltar que o objetivo nesse caso não foi a precisão na localização dos elementos, mas a possibilidade de diagnóstico regional por parte dos grupos e o foco na percepção socioambiental dos mesmos, auxiliando “na ampliação do conhecimento dos grupos sociais sobre seus territórios, sobre suas histórias e sobre os usos que fazem de seus recursos naturais” (ACSELRAD; VIÉGAS, 2013, p. 18).

Na Figura 3 observa-se a hidrografia e rodovias mapeadas pelos grupos, reunidas na parte oeste da bacia, sendo a hidrografia mais concentrada no município de São José dos Campos.

O mapa síntese de áreas (Figura 4) e o mapa de Unidades de Conservação (Figura 5) evidenciam a presença de unidades de conservação, sobretudo nas bordas norte e sul da bacia. A ocupação/área urbana se estende por toda a BR 116, já as áreas de pastagem são distribuídas pela bacia, os grupos também mapearam culturas, represas e a Serra Quebra Cangalha (Figura 4).

Concordando com os dados de REGEA (2016) sobre a industrialização e urbanização de municípios como Jacareí, São José dos Campos, Caçapava, Taubaté e Guaratinguetá, é possível verificar o mapeamento desses dois temas nas Figuras 4 e 6, ao longo da Av. Presidente Dutra (BR 116 conforme Figura 3) e dentro de parte desses municípios.

De fato, no trecho paulista da bacia do Paraíba do Sul existem várias Unidades de Conservação (UCs), como a APA do Paraíba do Sul, a APA São Francisco Xavier, o Parque Estadual da Serra do Mar, o Parque Nacional da Serra da Bocaina e o Parque Estadual de Campos do Jordão. A distribuição de todas as UCs pode ser visualizada na Figura 5, mapeadas a partir de dados do Ministério do Meio Ambiente (2019).

O mapa síntese de pontos teve uma grande quantidade de elementos representados e diversidade de usos, atividades e problemas socioambientais na bacia (Figura 6). Para facilitar a leitura, os elementos repetidos no município foram ocultados do mapa, mas incluídos na contagem em relação aos municípios. As categorias Vegetação nativa, Monocultura do Eucalipto e Atributos turísticos foram as mais indicadas.

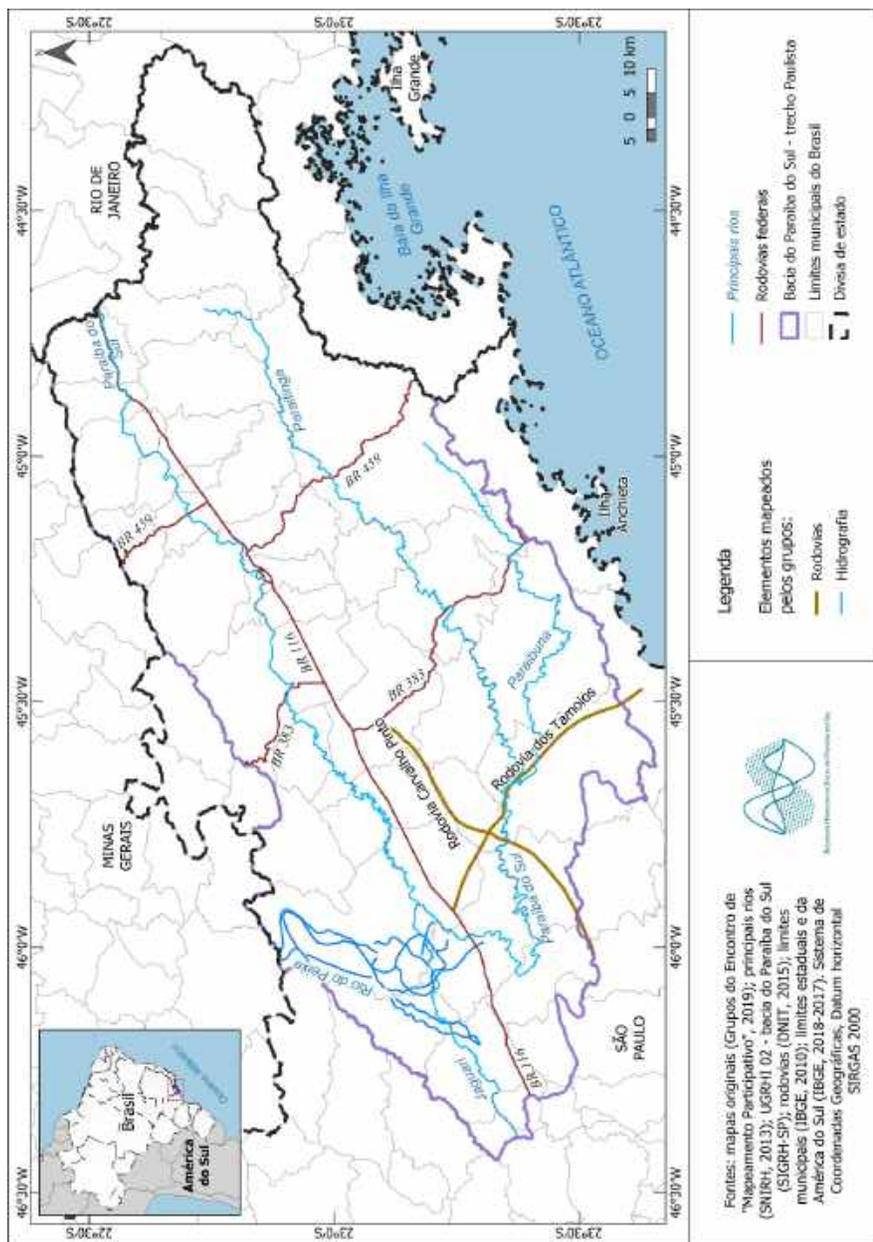


Figura 3 – Mapa s ntese de linhas. Elaborado pelos autores (2020) com base na oficina de Cartografia Social (2019).





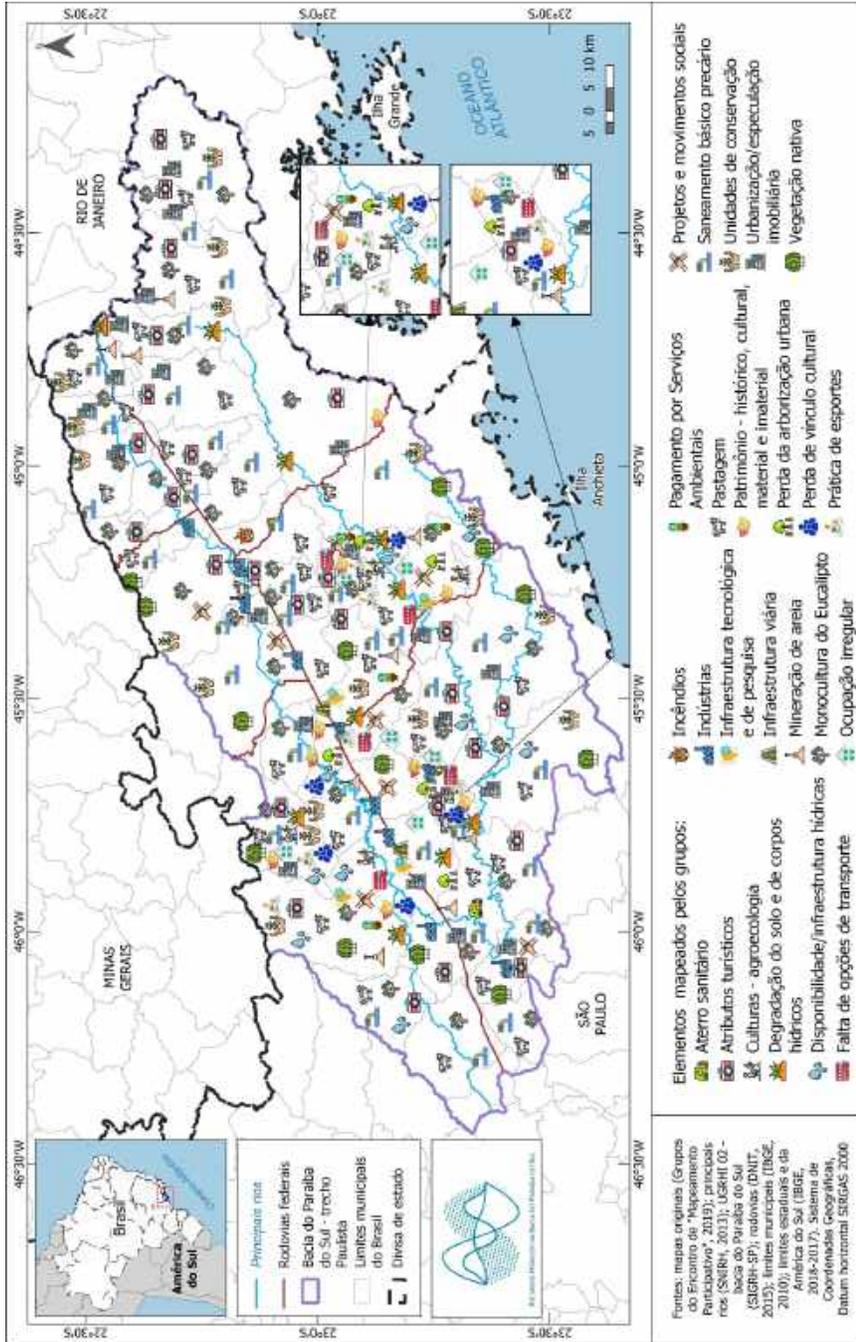


Figura 6 – Mapa síntese de pontos. Elaborado pelos autores (2020) com base na oficina de Cartografia Social (2019).

A monocultura do eucalipto, o saneamento básico precário, a ocupação urbana, a extração de areia/mineração, a degradação do solo e de corpos hídricos e a presença de indústrias são exemplos de problemas socioambientais representados nos mapas (Figuras 4 e 6). Alguns desses registros também são abordados por Devidé *et al.* (2014) quando dissertam sobre o papel da exploração desordenada na degradação dos corpos hídricos, os danos da monocultura do eucalipto à fauna e atividades tradicionais e o impacto do crescimento populacional no saneamento dos municípios do Vale do Paraíba Paulista. As pastagens degradadas mencionadas por Ronquim *et al.* (2016) podem ser relacionadas com o mapeamento de pastagens e de degradação dos solos pela Cartografia Social.

Como potencialidades naturais e turísticas destacam-se a vegetação nativa ainda preservada em fragmentos da bacia, as diversas Unidades de Conservação e diferentes tipologias de turismo (como o turismo histórico e religioso e o ecoturismo), espacializadas na Figura 6. Tais atributos representam potencialidades importantes para a promoção da sustentabilidade neste território, que podem ser aproveitadas pelas gestões municipais.

Em relação aos atributos turísticos, os grupos destacaram vários tipos de turismo nesta porção da bacia do Paraíba do Sul, envolvendo a prática de *birdwatching* (observação de pássaros), ecoturismo, turismo de aventura, turismo cultural, turismo histórico, turismo religioso e o turismo rural. Também identificaram a Rota Gastronômica do Cambuci (na Figura 6 identificada como Atributos turísticos), que tem como objetivo “resgatar o cultivo e o consumo do Cambuci, fruto nativo da Mata Atlântica, como estratégia de conservação das matas e geração de renda para os produtores da região da Serra do Mar Paulista” (INSTITUTO AUÁ, 2020, p. 1).

Os resultados apresentados reforçam o potencial do processo de construção do mapa participativo em dar visibilidade ao conhecimento guardado nas pessoas (ACSELRAD; VIÉGAS, 2013) e na construção do conhecimento coletivo (HABEGGER; MANCILIA, 2006). Além disso, o levantamento desses dados a partir da percepção socioambiental dos atores locais em mapas permite agregar as informações para que as prioridades do local possam ser consideradas no processo de negociação e gestão da bacia.

## Conclusão

Considera-se que o uso metodológico da Cartografia Social como meio de obtenção de informações do território se mostrou eficiente para evidenciar vários problemas e potencialidades a partir da percepção dos atores locais. Isto permite agregar as informações do território pelo Estado, em um nível de investigação que, muitas vezes, o mesmo não consegue alcançar.

Com a Cartografia Social os grupos puderam explicar o conhecimento local que possuem, demonstrados, por exemplo, nas potencialidades turísticas e relevância das unidades de conservação, que podem ser aproveitadas de maneira sustentável pela gestão pública.

O mapeamento participativo também colocou em evidência os principais problemas socioambientais da bacia na visão dos participantes, como o saneamento básico precário, a ocupação urbana e a degradação do solo e de corpos hídricos, elementos que contribuem para a degradação ambiental e comprometem a saúde da população.

Outro ponto a se destacar é que vários elementos mapeados a partir da percepção dos grupos também são reforçados pelos dados do Mapbiomas, Ministério do Meio Ambiente e de pesquisas que estudam o Vale do Paraíba. Isso mostra a relevância do conhecimento coletivo baseado nas experiências dos moradores da Bacia do Paraíba do Sul, trecho paulista.

Conclui-se que a Cartografia Social como ferramenta de diagnóstico permitiu uma ampliação do conhecimento territorial a partir do diálogo conjunto, articulando percepções e saberes individuais a partir da experiência do espaço vivido, sendo capaz assim de contribuir em ações futuras de reivindicação de direitos mais democráticas, resolução de conflitos e proteção dos recursos naturais de forma mais participativa.

## Referências Bibliográficas

ACSELRAD, H. Mapeamentos, identidades e territórios. In: ACSELRAD, H. (org.). *Cartografias sociais e dinâmicas territoriais: marcos para o debate*. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano e Regional, 2010. p. 9-46.

ACSELRAD, H. Apresentação. In: ACSELRAD, H. (org.). *Cartografia social, terra e território*. IPPUR/UFRJ: Rio de Janeiro, 2013. p. 5-14.

\_\_\_\_\_; COLI, L. R. Disputas cartográficas e disputas territoriais. In: ACSELRAD, H. (org.). *Cartografias sociais e território*. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Pesquisa e Planejamento urbano e Regional, 2008. p. 13-43.

\_\_\_\_\_; VIÉGAS, R. N. Cartografias sociais e território – um diálogo latino-americano. In: ACSELRAD, H. (org.). *Cartografia social, terra e território*. IPPUR/UFRJ: Rio de Janeiro, 2013. p. 15-40.

BACCI, D. de L. C.; SANTOS, V. M. N. dos. Mapeamento socioambiental como contribuição para a gestão dos recursos naturais. In: JACOBI, P. R. *Aprendizagem social e unidades de conservação: aprender juntos para cuidar dos recursos naturais*. São Paulo: IEE/PROCAM, 2013. p. 67-74.

BAILLY, A. S.; DEBARBIEUX, B. Géographie et représentations spatiales. In: BAILLY, A. S. (org.). *Les concepts de la géographie humaine*. 3. ed. Paris: Masson, 1995. p. 157-164.

BARGAS, J. K. R; CARDOSO, L. F. C. Cartografia social e organização política das comunidades remanescentes de quilombos de Salvaterra, Marajó, Pará, Brasil. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi Ciências Humanas*, v. 10, n. 2, p. 469-488, 2015. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1981-81222015000200013>.

BATISTA, J. L. D. V.; ROCHA, L. M.; BEZERRA, J. P.; BARROS, J. D.; LIMA, M. S. P.; GRIMALDI, G. G. *Que litoral queremos? Mapeamento de usos e sugestões ao ordenamento do litoral construídos com quem mora, trabalha e frequenta as praias*: Projeto Ponta de Pirangi/Oceânica. Parnamirim, RN: Oceânica, 2020.

CARVALHO, C. M.; IWAMA, A. Y.; MEDEIROS, L. C. C.; SANTOS, R. S.; SANTOS, K. C.; FURTADO, D. R. P.; SILVA, D. F. C.; SOUZA, L. M.; ALBAGLI, S. O mapeamento participativo como ferramenta de educação ambiental para a sustentabilidade. In: GRANDISOLI, E; SOUZA, D. T. P.; JACOBI, P. R.; MONTEIRO, R. A. A. (orgs.). *Educar para a sustentabilidade: visões de presente e futuros*. São Paulo: IEE-USP – Reconnectta: Editora Na Raiz, 2020. p. 100-123.

CARVALHO, E. A. *Leituras Cartográficas e Interpretações Estatísticas I*, 2011. Disponível em: <[https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/203783/2/Le\\_Ca\\_I\\_LIVRO\\_WEB.pdf](https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/203783/2/Le_Ca_I_LIVRO_WEB.pdf)>. Acesso em: 10 out. 2020.

CEIVAP – Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. *Dados gerais do CEIVAP*. ([202-]). Disponível em: <<http://www.ceivap.org.br/dadosgerais.php>> Acesso em: 11 abr. 2024.

COSTA, N. O. *et al.* Cartografia social uma ferramenta para a construção do conhecimento territorial: reflexões teóricas acerca das possibilidades de desenvolvimento do mapeamento participativo em pesquisas qualitativas. *ACTA Geográfica*, Edição Especial. V CBEAGT, p. 73-86, 2016. Disponível em: <https://revista.ufr.br/actageo/article/view/3820>. Acesso em: 10 out. 2020.

DEVIDE, A. C. P.; CASTRO, C. M.; RIBEIRO, R. L. D.; ABOUD, A. C. S.; PEREIRA, M. G., RUMJANEK, N. G. História ambiental do Vale do Paraíba Paulista, Brasil. *Revista Biociências*, v. 20, n. 1, p. 12-29, 2014.

GALDINO, L. K. A.; NETO, F. O. L.; SILVA, E. V.; GORAYEB, A. Territorialidade e meio ambiente da terra indígena pitaguary, Ceará – Brasil: reflexões acerca das possibilidades do mapeamento participativo na aldeia de monguba. *Acta Geográfica*, [S.L.], p. 114-127, 6 set. 2016.

GORAYEB, A.; MEIRELES, A. J. de A.; SILVA, E. V. da. Princípios básicos de cartografia e construção de mapas sociais: metodologias aplicadas ao mapeamento participativo. In: GORAYEB, A.; MEIRELES, A. J. A.; SILVA, E. V. (orgs.). *Cartografia social e cidadania: experiências de mapeamento participativo dos territórios de comunidades urbanas e tradicionais*. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2015. p. 1-196.

HABEGGER, S.; MANCILA, I. *El poder de la Cartografía Social en las prácticas contrahegemónicas o La Cartografía Social como estrategia para diagnosticar nuestro territorio*. Biblioteca Digital de Extensión Universitaria. UNICEN, 2006.

HARLEY, B. Mapas, saber e poder. *Confins – Revista Franco-Brasileira de Geografia*, Tradução Mônica Balestrin Nunes, n. 5, 2009. 24p. Disponível em: [http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/agosto2011/geografia\\_artigos/6art\\_mapas\\_saber\\_poder.pdf](http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/agosto2011/geografia_artigos/6art_mapas_saber_poder.pdf) Acesso em: 10 out. 2020

HENRIQUE, R. Área de Proteção Ambiental (APA) como instrumento de planejamento territorial e regional para o desenvolvimento sustentável: o caso da APA de São Francisco Xavier. 2018. 232f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) – Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos, São Paulo, 2018.

INPE. *Projeto de pesquisa recursos hídricos na bacia do Paraíba do Sul: integrando aspectos naturais e antrópicos (RHPS)*, 2020. Disponível em: <<http://www.ccst.inpe.br/projetos/recursos-hidricos-na-bacia-do-paraiba-do-sul-integrando-aspectos-naturais-e-antronicos/>>. Acesso em: 15 ago. 2020.

INSTITUTO AUÁ. *Rota do Cambuci*, 2020. Disponível em: <<http://institutoaua.org.br/empreendimentos/rota-do-cambuci/>>. Acesso em: 20 mar. 2020.

LANDIN NETO, F. O. L.; SILVA, E. V. DA; COSTA, N. O. DA. Cartografia social instrumento de construção do conhecimento territorial: reflexões e proposições acerca dos procedimentos metodológicos do mapeamento participativo. *Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)*, v. 18, n. 2, p. 56-70, 2016. Disponível em: <https://rcgs.uvanet.br/index.php/RCGS/article/view/302>. Acesso em: 15 set. 2020.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Shapefile com os limites das Unidades de Conservação do Brasil*. 2019. Disponível em: <<http://mapas.mma.gov.br/i3geo/data-download.htm>>. Acesso em: 20 mar. 2020.

NOVA CARTOGRAFIA SOCIAL. *Apresentação do Projeto Nova Cartografia Social em português do Brasil*, 2020. Disponível em: <<http://novacartografiasocial.com.br/apresentacao/>>. Acesso em: 15 ago. 2020.

OLIVEIRA, L. Ainda sobre percepção, cognição e representação em geografia. In: MENDONÇA, F.; KOZEL, S. (orgs.). *Elementos de epistemologia da Geografia Contemporânea*. Curitiba: Editora UFPR, 2002. p. 189-196.

OROSCO, R. T. Conflitos na gestão de recursos hídricos no Brasil: o caso da interligação Jaguari-Atibainha na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO RIO PARAÍBA DO SUL, III, *Anais*. Juiz de Fora: ABRHidro, 2018. 10p. Disponível em: <https://anais.abrhidro.org.br/job.php?Job=4117>. Acesso em 16 ago. 2020.

PROJETO MAPBIOMAS. *Coleção 5. 0 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil*, 2019. Disponível em: <<https://mapbiomas.org/download>>. Acesso em: 10 out. 2019.

\_\_\_\_\_. *COBERTURA ESTADOS & MUNICÍPIOS (V2): dados de área (ha) de cobertura e uso do solo por bioma e estado e município de 1985 a 2019*, 2020a. Disponível em: <<https://mapbiomas.org/estatisticas>>. Acesso em: 10 out. 2020.

\_\_\_\_\_. *MapBiomias General "Handbook"*. Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD), Collection 5, 2020b. Disponível em: <[https://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/ATBD\\_Collection\\_5\\_v1.pdf](https://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/ATBD_Collection_5_v1.pdf)>. Acesso em: 10 out. 2020.

REGEA Geologia, Engenharia e Estudos Ambientais; VALE VERDE Associação de Defesa do Meio Ambiente; Comitê das Bacias Hidrográficas do Rio Paraíba do Sul – CBH-PS. *Revisão e Atualização do Plano de Bacias da UGRHI 2*, 2016. Disponível em: <[http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents/CBH-PS/14089/sintese-do-plano-de-bacia-ugrhi\\_02-01-08-17-completo.pdf](http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents/CBH-PS/14089/sintese-do-plano-de-bacia-ugrhi_02-01-08-17-completo.pdf)>. Acesso em: 15 set. 2020.

RONQUIM, C. C. *et al.* Carbon sequestration associated to the land-use and land-cover changes in the forestry sector in Southern Brazil. *Remote Sensing for Agriculture, Ecosystems and Hidrology XVIII*, v. 9998 99981T-2, 2016. 14p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/149463/1/Paper-Carbono-Ronquim-SPIE-16.pdf>. Acesso em: 15 set. 2020.

SILVA, R. F. B.; BATISTELLA, M.; MORAN, E. F.; LU, D. Land Changes Fostering Atlantic Forest Transition in Brazil: Evidence from the Paraíba Valley. *The Professional Geographer*, v. 69, n. 1, p. 80-93, 2016. doi: <https://doi.org/10.1080/00330124.2016.1178151>.

SEEMANN, J. Mapas e percepção ambiental: do mental ao material e vice-versa. *OLAM – Ciência & Tecnologia*, v. 3, n. 1, p. 200-223, 2003.

SLETTO, B.; BRYAN, J.; TORRADO, M.; HALE, C.; BARRY, D. Territorialidad, mapeo participativo y política sobre los recursos naturales: la experiencia de América Latina. *Cuadernos de Geografía – Revista Colombiana de Geografía*, v. 22, n. 2, p. 193-209, 2013.

THIOLLENT, M.; SILVA, G. O. Metodologia de pesquisa-ação na área de gestão de problemas ambientais. *Revista Eletrônica de Comunicação, Informação & Inovação em Saúde*, [S. l.], v. 1, n. 1, 2007. DOI: 10.29397/reciis.v1i1. 888.

VAUGHAN, L. *Mapping society: the spatial dimensions of social cartography*. Londres: University College London, 2018.

Recebido em: 22/08/2023. Aceito em: 30/11/2023.

## Agradecimentos

Agradecimento aos participantes da oficina de Cartografia Social por permitirem a utilização dos mapas originais para elaborar os mapas síntese deste artigo, à CAPES e à ANA pelo financiamento do projeto, ao CNPQ pela bolsa de pesquisa PCI da primeira autora e novamente à CAPES e ao Laboratório de Estudos Socioecológicos de Paisagem pelo fomento à pesquisa da terceira autora.

# A Contribuição do Turismo na Mudança da Cobertura e Uso da Terra dos Municípios de Angra dos Reis, Paraty e Ubatuba – uma Análise a Partir da Modelagem Espacial

## The Contribution of Tourism in the Land Use and Land Cover Change in Angra dos Reis, Paraty and Ubatuba Cities – an Analysis from Spatial Modeling

Jéssica Silva Martins<sup>i</sup>

Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Rio de Janeiro, Brasil

Monika Richter<sup>ii</sup>

Universidade Federal Fluminense  
Angra dos Reis, Brasil

Carla Bernadete Madureira Cruz<sup>iii</sup>

Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Rio de Janeiro, Brasil

Rafael Cardão Augusto<sup>iv</sup>

Agrosatélite Geotecnologia Aplicada Ltda.  
Florianópolis, Brasil

**Resumo:** Este trabalho visa a simulação da mudança da cobertura e uso da terra nos municípios de Angra dos Reis, Paraty e Ubatuba entre os anos de 2016 e 2021, buscando identificar a relação de variáveis turísticas na transição da cobertura e uso da terra. Para tanto, fez-se uso de modelagem dinâmica espacial utilizando autômatos celulares. O resultado da simulação demonstrou que as variáveis turísticas influenciam na expansão urbana, com maior probabilidade de crescimento nas áreas centrais e nas áreas periféricas com apelo turístico. Também chama a atenção a transição de floresta para áreas urbanas que ocorre próximo a áreas de alta densidade de hospedagem, e em menor intensidade próximo aos atrativos turísticos. Apesar dessa transição ocorrer em menor percentual, devido às unidades de conservação, é preocupante a perda de vegetação para construção

---

<sup>i</sup> Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Geografia. [martins.jess89@gmail.com](mailto:martins.jess89@gmail.com). <https://orcid.org/0000-0003-3877-1620>

<sup>ii</sup> Profa Associada do Departamento de Geografia e Políticas Públicas do Instituto de Educação de Angra dos Reis. [mrichter@id.uff.br](mailto:mrichter@id.uff.br). <https://orcid.org/0000-0002-2129-4007>

<sup>iii</sup> Prof<sup>a</sup> Titular do Departamento de Geografia. [carlamad@gmail.com](mailto:carlamad@gmail.com). <https://orcid.org/0000-0002-3903-3147>

<sup>iv</sup> Doutor em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia. [rafaelcardao@hotmail.com](mailto:rafaelcardao@hotmail.com). <https://orcid.org/0000-0002-1599-3506>

civil a longo prazo, tendo em vista os investimentos “turísticos” direcionados à região e a flexibilização das leis ambientais.

**Palavras-chave:** Modelos Dinâmicos; Construção de Cenários; Variáveis Explicativas.

**Abstract:** This work aims to simulate the change in land cover and use in Angra dos Reis, Paraty and Ubatuba cities between 2016 and 2021, seeking to identify the relationship of tourist variables in the transition of land cover and use. For that, was used spatial dynamics modeling using cellular automata. The result of the simulation showed that tourism variables influence urban sprawl, with greater probability of growth in central and peripheral areas with tourist appeal. Also noteworthy is the transition from forest to urban areas, which occurs close to areas of high density of accommodation, and to a lesser extent close to tourist attractions. Although this transition occurs in a lower percentage, due to the conservation units, the loss of vegetation for long-term civil construction is worrying, in view of the “tourist” investments directed to the region and the relaxation of environmental laws.

**Keywords:** Dynamic Models; Scenario Construction; Explanatory Variables.

## Introdução

O turismo é um fenômeno essencialmente espacial e sua implementação pode implicar em mudanças estruturais e funcionais onde se desenvolve. Projetos turísticos são geralmente idealizados como modelos de desenvolvimento local, devido ao seu dinamismo, que envolve diversos setores da economia e seu poder de geração de renda e emprego. Contudo, administradores e gestores públicos se apropriam de tal discurso para mascarar interesses privados e externos, alheios à população local.

Assim, antes de se promover projetos ambiciosos, deve-se estudar a realidade local, de forma a conhecer as oportunidades e ameaças do destino e quais atores sociais são primeiramente impactados por possíveis transformações espaciais. Dessa forma, este trabalho buscou identificar a relação de variáveis turísticas na transição da cobertura e uso da terra dos municípios de Angra dos Reis (RJ), Paraty (RJ) e Ubatuba (SP), considerando a possível influência do turismo para o crescimento de áreas centrais e periféricas e a conservação de ambientes naturais.

Esta análise se deu por meio do método de pesos de evidência que se baseia na probabilidade condicional de Bayes, que indica a probabilidade de um evento ocorrer dada a presença ou ausência de determinadas variáveis (ALMEIDA, 2004). Ademais, realizou-se uma simulação da mudança da cobertura e uso da terra entre os anos de 2016 e 2021 de maneira a identificar o ajuste de variáveis explicativas para mudanças relacionadas à expansão urbana, supressão da vegetação e recuperação vegetal, com destaque para as variáveis turísticas.

A simulação resultou de modelos dinâmicos baseados em autômatos celulares (AC) que são idealizações matemáticas, podendo ser caracterizados por seu poder de autorreplacação; e apesar de sua construção simples, são capazes de reproduzir comportamentos complexos (WOLFRAM, 1983).

Vale explicitar que o objetivo deste trabalho não é apresentar resultados de experimentos de simulação, e sim compreender o poder de transformação espacial de variáveis turísticas e socioambientais, além de compreender as etapas da construção de um modelo dinâmico. A construção de modelos estimula debates e questionamentos e proporciona novas perspectivas sobre mudanças da cobertura e uso da terra (FEITOSA *et al.*, 2012).

Este trabalho se faz necessário devido ao recente crescimento urbano na região, induzido principalmente pelo desenvolvimento do turismo, que tem despontado no território desde os anos 1970, após a abertura da Rodovia BR 101 (Rio–Santos). Atualmente, a região também tem despertado o interesse de investidores devido aos incentivos do governo federal que tenciona transformar a Baía da Ilha Grande, que compreende Angra dos Reis e Paraty, em um modelo de turismo semelhante a Cancún, destino turístico mexicano.

Por fim, foram gerados mapas de probabilidade de transição e, a partir da parametrização de algoritmos de transição, foram construídos mapas de simulação com o propósito de verificar e validar a ligação das variáveis escolhidas com a mudança da cobertura e uso da terra.

Nesse sentido, a simulação e análise de variáveis constituem-se em importantes métodos para identificação de ameaças e oportunidades na região, sendo um auxílio para a tomada de decisão para aqueles envolvidos com o planejamento e gestão do uso da terra e daqueles afetados por tal uso.

Localizados entre os estados de Rio de Janeiro e São Paulo, os municípios de Angra dos Reis (RJ), Paraty (RJ) e Ubatuba (SP) encontram-se no litoral sudeste do país (Figura 1). Segundo o censo do IBGE (2022), a população de Angra dos Reis é de 210.171 pessoas, a de Paraty 44.175 pessoas e a de Ubatuba 92.819.

Apesar da variação populacional, tais municípios compartilham características, tais como o relevo escarpado, localização costeira, histórico de disputas pela terra e os múltiplos usos de seus territórios. Dentre tais usos ressalta-se o turismo, vetor de diferentes transformações espaciais na região. Também vale destacar os usos conservacionistas, a exemplo da existência de diferentes unidades de conservação (UCs) que protegem ecossistemas e contribuem para manutenção de um dos principais remanescentes contínuos da Mata Atlântica. Além desses, os usos tradicionais, praticados por comunidades de pescadores artesanais, caiçaras, indígenas e quilombolas presentes há décadas no território.

O turismo se desenvolveu na região a partir da década de 1970 com a abertura do trecho Rio–Santos da BR-101 e o projeto Turis que declarou o trecho situado entre as localidades de Mangaratiba (RJ) e Bertioga (SP) como Zona Prioritária de Interesse Turístico, reordenando o território do litoral Rio–Santos. O projeto Turis baseou-se em três modelos de desenvolvimento turístico europeu: *Côte d’Azur*, *Languedoc-Roussillón* e *Côte d’Aquitaine* (FRATUCCI, 2000).

Ao longo da história do planejamento turístico no Brasil, a região costeira é prioritária para o desenvolvimento de polos turísticos, com clara preferência pelos empreendimentos do tipo *resort*, buscando um padrão internacional, a exemplo do projeto Turis supracitado. Esse tipo de projeto traz consigo profundas transformações espaciais, a começar pelas grilagens e desterritorialização de comunidades tradicionais, desmatamento, segregação socioespacial, especulação imobiliária e outros; tendo como contrapeso promessas de emprego e renda.

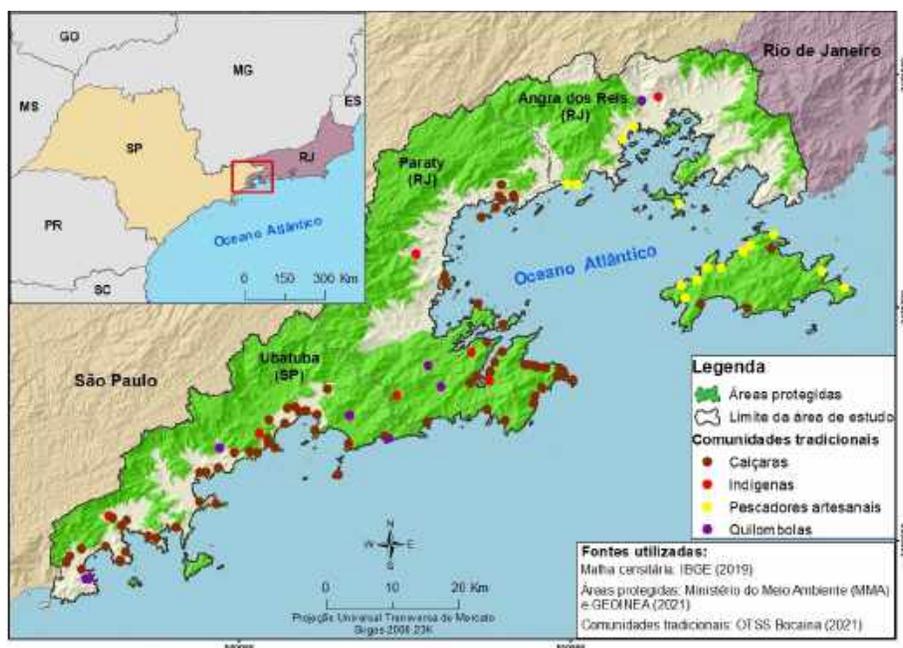


Figura 1 – Localização dos municípios de Angra dos Reis (RJ), Paraty (RJ) e Ubatuba (SP) e a distribuição de unidades de conservação e comunidades tradicionais sobre o território.  
Fontes: IBGE, 2010; MMA, 2021; GEOINEA, 2021.

Esse panorama pode se repetir por meio do “projeto Cancun” que tenciona transformar a Baía da Ilha Grande em um tipo de Cancun Brasileira, atraindo investimentos externos e flexibilizando leis ambientais. Nessa atmosfera, os municípios de Angra dos Reis, Paraty e Ubatuba se uniram para o lançamento da “Rota Verde Azul”, projeto que visa o intercâmbio do turismo a nível internacional, nacional e regional após a pandemia da COVID-19 (TAMOIOSNEWS, 2020).

Também em 2021 a companhia aérea Azul, lançou o projeto Azul Conecta que opera voos comerciais regulares para destinos turísticos durante a alta temporada, partindo das cidades do Rio de Janeiro, São Paulo, Porto Alegre, Belo Horizonte e Fortaleza para os municípios de Angra dos Reis, Paraty, Ubatuba e outros (MELHORESDESTINOS, 2020).

Apesar do esforço para se alcançar um padrão internacional, é curioso ressaltar que a região se sobressai no cenário nacional e internacional devido a seu patrimônio histórico-cultural, sua diversidade sociocultural e por suas belezas naturais, como praias e a exuberância da Mata Atlântica. Em 2019, Paraty e Ilha Grande, em Angra dos Reis, receberam o título de Patrimônio Mundial pela Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura (UNESCO). Reconhecida na categoria de Sítio Misto – natural e cultural –, o título abrange todo o município de Paraty e uma parte importante

de Angra dos Reis, bem como pequenas porções de municípios vizinhos como Ubatuba (PORTAL IPHAN, 2019).

O sítio misto utiliza como critério ser um exemplo de assentamento humano tradicional que produz uma cultura pautada na interação com a natureza e um modo de vida característico que perpassa os tempos e se mantém mesmo com mudanças estruturais nas técnicas e no espaço. Além disso, é preciso abrigar habitats naturais estratégicos para a conservação da diversidade biológica, com destaque para as espécies endêmicas (CARVALHO, 2020, p. 2).

Segundo Carvalho (2020, p. 2), todos os Sítios Mistos na América Latina correspondiam a uma cultura imaterial já inexistente, como sítios arqueológicos. A região mencionada é a primeira em que “resiste e persiste uma cultura viva.” Assim, o turismo não pode limitar-se a apenas a um modelo rígido e arbitrário. Modelos turísticos precisam adequar-se à realidade da comunidade local e seguir premissas que busquem o desenvolvimento local com sustentabilidade ambiental e equidade social.

## **Fundamentação Teórica: Modelagem e Autômatos Celulares – Caminhos para a Construção de Cenários**

A complexidade da representação da realidade envolve um conjunto de variáveis e suas relações, exigindo recorrer a processos de abstração. Neste sentido, os modelos são importantes ferramentas para a análise e representação de certa porção do mundo real. De acordo com Christoffoleti (2009), modelos são utilizados, principalmente, em razão do seu poder de simplificação e síntese, representando um fenômeno em seu conjunto, possibilitando conclusões melhor embasadas e mais assertivas.

Dentre os vários modelos teórico-conceituais existentes voltados para a organização espacial, vale destacar neste trabalho a contribuição de Christaller (1963) para a área do turismo, que seguindo sua Teoria dos Lugares Centrais (1933), o autor em seu artigo, evidencia a relação do turismo como atividade econômica com o desenvolvimento de áreas periféricas de localidades já densamente construídas.

Christaller (1963) ressalta que o turismo, em áreas naturais, é uma atividade que evita os lugares centrais e as aglomerações industriais, sendo este atraído para a periferia das regiões densamente povoadas, devido sua procura por lugares remotos, como montanhas, bosques e praias isoladas. Dessa forma, o turismo possui força intrínseca para combater a tendência à concentração e uma forma para se atingir o desenvolvimento econômico em regiões periféricas por meio do fluxo de turistas proveniente das regiões metropolitanas. Portanto, a periferização turística evolui de áreas mais próximas até as mais distantes dos grandes centros (CHRISTALLER, 1963); (SILVA, 1996).

Segundo Fratucci (2008) a turistificação dos espaços se constitui em um processo de diferenciação geográfica (SANTOS, 1997), que ao (re)valorizar trechos específicos dos espaços, faz com que o turismo ocorra de forma espacialmente descontínua, atribuindo-lhes novas funções, novos fixos, além de refuncionalizar outros já existentes, estabelecendo novas interações internas e externas e, de certa maneira, inserindo-os no sistema global.

O fenômeno turístico exige a interação simultânea de vários sistemas, com atuações que se somam para resultar no efeito final, dependendo, portanto, do somatório dos recursos naturais, culturais, sociais e econômicos, constituindo um campo de estudo amplo, complexo e pluricausal (BENI, 1997).

Nesse sentido, o turismo é capaz de promover diferentes transformações espaciais onde se desenvolve, principalmente em função da implantação de infraestrutura turística, como os serviços de hospedagem, restauração e recreação, além de forte demanda por infraestrutura e mobilidade urbana. Tais fatores, associados aos atrativos naturais, culturais e eventos, possuem forte representatividade no desenvolvimento do turismo, grau de atratividade e competitividade com os demais destinos turísticos (ŚWIDYŃSKA e WITKOWSKA-DĄBROWSKA, 2021; MTUR e SEBRAE 2014).

Apesar dos problemas relacionados ao turismo, como especulação imobiliária, gentrificação, exclusão política e desinteresse da população local em participar do processo turístico (PARRALEJO, DÍAZ-PARRA, 2021; SONAGLIO, 2018); o turismo tem sido um tema constante no discurso do desenvolvimento sustentável desde o relatório “Nosso Futuro Comum” e uma forma de alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (HALL, 2019). Dessa forma, a Agenda 2030 influencia a agenda política do turismo, sendo imprescindível a criação de trajetórias alternativas de desenvolvimento de maneira a responder aos problemas atuais e estimular novas relações entre sociedade-ambiente.

### *Modelagem Dinâmica Espacial e Autômatos Celulares*

Em modelagem dinâmica espacial a evolução de padrões espaciais em um sistema é descrita ao longo do tempo. Um modelo que responde a questões clássicas como: “Por que”, “Quando”, “Onde” e “Quanto” é capaz de prever a evolução de um fenômeno, integrando suas escalas temporal e espacial (PEDROSA, CÂMARA, 2004). E é nesse viés que se pode abordar os modelos de autômatos celulares (AC).

Stephen Wolfram (2002) se dedicou intensamente ao estudo dos AC, desenvolvendo vasta obra intitulada “*A New Kind of Science*”, lançada em 2002. O autor descreve os AC como idealizações matemáticas de sistemas físicos em que o espaço e o tempo são discretos. Um AC consiste em uma rede uniforme regular (ou “matriz”), geralmente de extensão infinita, com uma variável discreta em cada célula.

O estado de um AC é especificado pelos valores das variáveis em cada célula. O AC evolui em intervalos de tempo discretos, no qual o valor da variável em uma célula é afetado pelos valores das variáveis das células em sua “vizinhança” no período anterior. Desta forma, os modelos de AC simulam processos de mudança ou crescimento (BATTY, 2000).

Em relação às regras e vizinhanças, para que um AC evolua, é preciso definir quais são as células vizinhas e qual a regra de transição que fará parte da atualização de todas as células a cada instante. Logo, faz-se necessário definir as condições do entorno, a qual tange à vizinhança das células (MELOTTI, 2009). Atualmente é possível citar diferentes trabalhos com AC aplicado a áreas do conhecimento, como em biologia, medicina, estudos ambientais e uso e cobertura da terra.

## Material e Métodos

O trabalho foi desenvolvido em três etapas: (i) classificação baseada em objeto das imagens Sentinel 2016 e 2021; (ii) aquisição e processamento dos dados; e (iii) modelagem dinâmica espacial utilizando AC (Figura 2). A classificação das imagens Sentinel e processamento dos dados foram realizados no software eCognition e em ambiente SIG, respectivamente. Já o modelo de AC utilizado foi o DINAMICA EGO<sup>1</sup>, software desenvolvido pelo Centro de Sensoriamento Remoto da Universidade Federal de Minas Gerais (CSR – UFMG). Tais etapas são explicitadas a seguir.

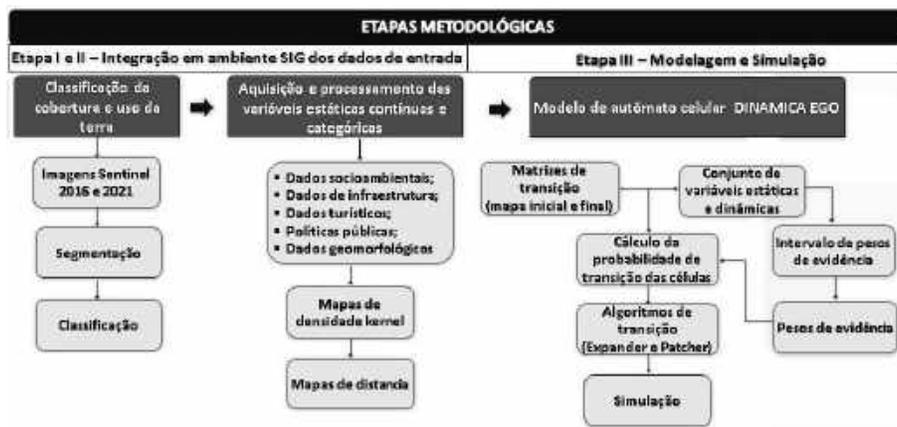


Figura 2 – Fluxograma metodológico.

Os dados que alimentaram o modelo de AC foram provenientes de sensoriamento remoto e de dados secundários. As imagens Sentinel 2A foram classificadas para um período de cinco anos (2016-2021), considerado suficiente para identificar as mudanças da cobertura da terra. Foram adquiridas seis cenas (USGS, 2021) com as seguintes datas:

- 2016 – 02 cenas de 08/04/2016 e 01 cena de 24/04/2016;
- 2021 – 02 cenas de 11/04/2021 e 01 cena de 08/04/2021.

No *eCognition* as imagens supracitadas foram segmentadas por meio do algoritmo *multiresolution segmentation*. Após a segmentação houve a coleta de amostras para a classificação.

Também através da construção de índices de classificação, como o NDVI, NDWI, NDBI e os valores espectrais das bandas, utilizou-se a lógica *fuzzy* e booleana para geração das classes: floresta, manguezal, áreas não vegetadas, áreas urbanas e outros. Vale mencionar que o número de classes é proporcional à complexidade do modelo, assim como ao desempenho da máquina utilizada.

As variáveis explicativas da mudança da cobertura e uso da terra foram selecionadas tendo em vista o conhecimento prévio da localidade e podem ser de dois tipos: estáticas

e dinâmicas. As dinâmicas correspondem à distância a determinadas classes da cobertura e uso da terra que são atualizadas no decorrer das simulações. Já as variáveis estáticas não sofrem atualização ao longo da simulação.

Esse conjunto de variáveis explica onde as mudanças ocorrem e neste trabalho se relacionam a diferentes fatores, como aqueles que regulam a ocupação no município, tais como a presença de fatores físicos; bem como aspectos da paisagem (proximidade com o mar e outros) e da análise das mudanças ocorridas por meio dos mapas de cobertura da terra pretéritos. Dessa forma, foram selecionadas 21 variáveis com potencial para atrair ou repelir manchas de mudança (Quadro 1), a saber:

Quadro 1 – Variáveis selecionadas para compor o modelo de simulação dinâmica espacial.

<b>Variáveis turísticas</b>	<b>Fonte</b>
Distância das casas de segunda residência de altíssima, alta, média e baixa densidade de ocupação	Arquivos de pontos obtidos na plataforma Apify em 2021 oriundos da plataforma AIRBNB
Distância dos atrativos turísticos de alta, média e baixa densidade de ocupação	Arquivos de pontos espacializados de inventários turísticos e do Google Earth.
<b>Variáveis socioculturais</b>	<b>Fonte</b>
Distância euclidiana aos quilombos, às aldeias indígenas e às comunidades caiçaras e pescadores artesanais.	Arquivos de pontos – OTSS Bocaina
<b>Variáveis geomorfológicas</b>	<b>Fonte</b>
Declividade, Altimetria e Orientação das vertentes	Projeto Topodata
<b>Variáveis de infraestrutura</b>	<b>Fonte</b>
Distância das estradas principais e Distância do arruamento	Open Street Maps
<b>Variáveis políticas</b>	<b>Fonte</b>
Distância das UCs, Zoneamento da APA de Cairuçu, Zoneamento de Angra dos Reis e Zoneamento de Ubatuba	MMA, 2021; ICMBIO, 2018; Prefeitura de Angra dos Reis, 2009; Prefeitura de Ubatuba, 2016.
<b>Variáveis físico-ambientais</b>	<b>Fonte</b>
Distância da hidrografia e Distância da costa	Base contínua IBGE 250 (2019)

Os pontos provenientes da plataforma *Airbnb* (empresa que opera um mercado online de hospedagem) correspondem a diferentes tipos de hospedagem, como hotéis, pousadas, chalés, contudo, a maioria representa casas de família para aluguel por temporada.

As densidades de ocupação mencionadas (altíssima, alta, média e baixa) foram elaboradas a partir de estatística *kernel* no *ArcGIS*. As curvas de densidade foram divididas

em quatro classes para as casas de segunda residência e em três classes para os atrativos turísticos. Tais classes foram reclassificadas e exportadas separadamente. Posteriormente, essas classes foram inseridas no DINAMICA EGO, no qual foram gerados mapas de distância para cada uma das densidades mencionadas.

A estatística de densidade *kernel* foi atribuída às variáveis turísticas devido à grande quantidade de pontos distribuídos na área de estudo. Esse método estatístico gera curvas de densidade e auxilia na identificação de padrões espaciais.

Considerou-se 4000 metros como o raio de influência do *kernel*, pois com esse valor foi possível incluir os *outliers*. A densidade *kernel* quantifica as relações dos pontos dentro desse raio de influência, baseado em uma função estatística.

A construção do modelo de simulação no DINAMICA EGO envolve diferentes etapas que contribuem para calibração e validação do modelo. A primeira etapa consiste no cálculo da matriz de probabilidade de transição (para cada classe de mudança considerada) por meio da inserção dos mapas inicial e final, ou seja, 2016 e 2021.

Com esses dados realiza-se uma tabulação cruzada através de um processo estocástico denominado cadeias de Markov. As taxas de transição geradas são utilizadas pelos algoritmos de transição (*expander* e *patcher*) para a projeção de taxas futuras de transição (SOARES-FILHO *et al.*, 2002).

A partir das probabilidades de transição, os mapas de transição de uso da terra são elaborados e representam a probabilidade de uma célula na posição (x, y) mudar do estado i para o estado j. As probabilidades espaciais de transição são calculadas para cada célula no mapa e para cada transição especificada. Para tanto, empregou-se o método pesos de evidência utilizando todas as variáveis dinâmicas e estáticas. Esse método seleciona as áreas mais favoráveis para cada tipo de transição. Posteriormente, esses mapas são utilizados pelas funções de transição na seleção de células a serem transicionadas (SOARES-FILHO *et al.*, 2002).

Sobre os pesos de evidência, Caixeta (2014) também elucida que eles “indicam a influência que cada variável apresenta em relação ao fenômeno de transição, sendo que, quando maiores que zero, representam um valor positivo ao fenômeno e quando menores que zero, o fator é negativo (repulsão)”. Este método possui como condição que todas as variáveis sejam espacialmente independentes.

O modelo DINAMICA EGO utiliza como regra de AC local um mecanismo de transição composto por duas funções de transição complementares, o *Expander* e o *Patcher*. A função *Expander* é destinada apenas à expansão ou contração de manchas previamente existentes de uma determinada classe. A função *Patcher* é projetada para formar ou gerar manchas a partir de células nucleadas. Para cada transição, deve-se definir a porcentagem de transições executadas pelo *Expander* e pelo *Patcher* (SOARES-FILHO *et al.*, 2002).

Em relação à validação, o método utilizado no DINAMICA EGO baseia-se em similaridade nebulosa (*fuzzy*) e no ajuste por múltiplas resoluções de acordo com janelas móveis. Assim, verifica-se a adequação espacial entre dois mapas por meio de uma função de decaimento exponencial ou constante em um tamanho de janela variável, utilizando os mapas inicial, final e simulado (CRS.UFMG, 2015).

Segundo Novaes *et al.* (2013) esse tipo de validação contribui para realização de ajustes nos algoritmos *Expander* e *Patcher*, de forma que o padrão espacial do mapa simulado, assemelhe-se o máximo possível aos padrões contidos no mapa observado, que neste trabalho refere-se ao mapa de 2021. Os autores afirmam que mapas com índices de similaridade obtidos com decaimento exponencial próximos a 0,4 refletem um bom ajuste de compatibilidade entre o mapa simulado e o real.

## Resultados e Discussão

Calculadas as matrizes de transição, obteve-se como resultado a matriz global (período total de cinco anos) e a anual. As transições consideradas para este modelo foram aquelas resultantes em expansão urbana (transição de floresta, manguezal e áreas não vegetadas para áreas urbanas), supressão da vegetação (transição de floresta e manguezal para áreas não vegetadas) e recuperação vegetal (transição de áreas não vegetadas para floresta e manguezal).

A Figura 3 representa a cobertura e uso da terra em 2021, no qual nota-se que as áreas florestadas representam a maior porção do território, principalmente no município de Ubatuba, sendo que, a maior parte das áreas de floresta encontram-se protegidas em UCs. Já as áreas não vegetadas, em sua maioria, situam-se fora das UCs e mais afastadas da orla marítima, enquanto as áreas urbanas concentram-se, sobretudo, no litoral.

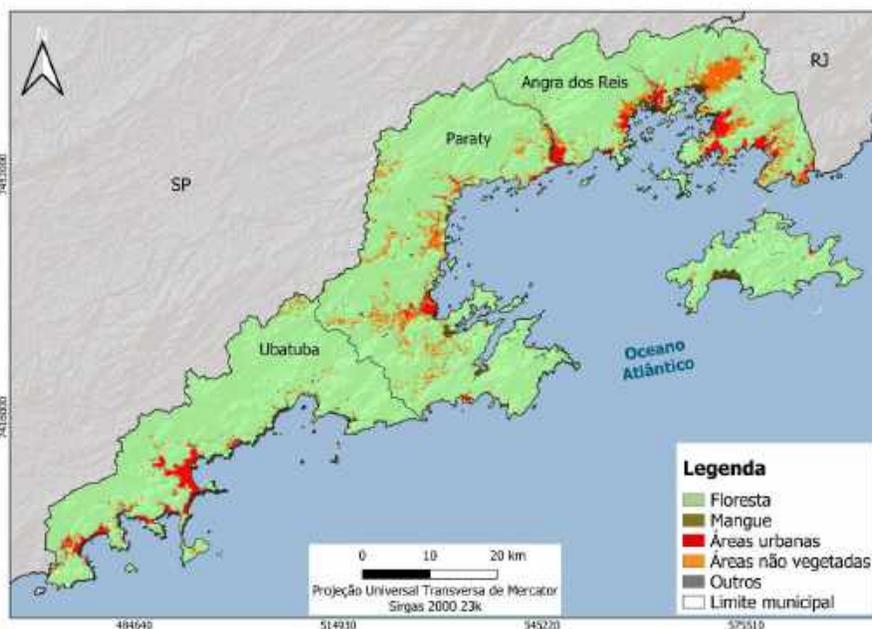


Figura 3 – Cobertura e uso da terra dos municípios de Angra dos Reis, Paraty e Ubatuba em 2021.

As transições da cobertura e uso da terra para o período de 5 anos (2016-2021) estão retratadas na Figura 4. Verifica-se que a supressão da vegetação ocorre, principalmente, em função de transições de floresta para áreas não vegetadas em um percentual de 1,15%, o que representa 2.530 ha de floresta, seguida pelas áreas de manguezal com 0,76%, isto é, 15 ha.

A transição de áreas não vegetadas para floresta representa o maior percentual das transições analisadas, com um valor de 25,22% ao longo de 5 anos, ou seja, houve 3.261 ha de recuperação florestal. Em relação ao manguezal, sua recuperação ocorre a um percentual de 0,27%, o que equivale a 35 ha.

No tocante às áreas não vegetadas, para o período analisado, houve maior recuperação vegetal do que supressão da vegetação. Sobre a expansão de áreas urbanas, apesar da transição de áreas não vegetadas para áreas urbanas ter apresentado um percentual maior de 5,24%, o que corresponde a 678 ha; a transição de floresta para áreas urbanas é mais significativa, com 0,36%, isto é, 792 ha, e por último o manguezal, com 0,27%, o que corresponde a 5,5 ha. Em relação à simulação, utilizou-se a matriz de transição anual que considera o percentual de transição para cada ano do período entre 2016 e 2021.



Figura 4 – Valores absolutos (ha) e relativos (%) da cobertura e uso da terra para as transições resultantes em expansão urbana, supressão da vegetação e recuperação vegetal para o período de 2016 a 2021.

De forma a melhor compreender a distribuição das casas de segunda residência nos municípios estudados (lembrando que também existe a oferta de pousadas, chalés e outros), são apresentados os mapas a seguir (Figura 5 e Figura 6), que exibem a densidade de anúncios ativos na Airbnb por meio do método estatístico *kernel* divididos em alta, média e baixa densidade. O primeiro mapa considera a quantidade de pontos e o segundo, além da localização considera o valor das diárias, ou seja, a densidade mais alta coincide com as diárias com valores mais altos.

Nota-se que os anúncios de segunda residência se concentram majoritariamente na orla dos municípios, com maior concentração nas áreas centrais. Em Angra dos Reis há melhor distribuição das casas de segunda residência que variam de alta a média densidade em diferentes localidades, como Garatuaia, Verolme, Pontal, Bracuí, Frade e Mambucaba. Na Ilha Grande a maior densidade encontra-se no Abraão que é a principal mancha urbana da ilha. Também há uma média concentração de segunda residência na Praia de Araçatiba.

Em Paraty, o Centro Histórico e arredores concentram a maior quantidade de casas de segunda residência, seguido por Pedra Branca, Pantanal e Trindade com densidade média. Há outras localidades turísticas que variam de média a baixa densidade, como Taquari, Praia Grande, Ilha do Araújo e Paraty Mirim.

No município de Ubatuba a maior densidade de segunda residência estende-se do centro até a praia da Enseada. As demais localidades com média densidade de hospedagem são: Praia do Itamambuca, Lázaro e arredores, praia da Lagoinha, Maranduba e outros.

Apesar das áreas centrais concentrarem a maior probabilidade de transição para áreas urbanas, sabe-se do recente aumento pela procura de maior contato com a natureza e com a pandemia do coronavírus essa tendência ganhou força. Dessa forma, os lugares mais afastados das áreas centrais e ainda com infraestrutura e com belezas naturais ganham destaque, o que pode influenciar o crescimento das áreas periféricas com apelo turístico. Assim, tais áreas necessitam de maior atenção quanto ao planejamento e ordenamento territorial para que seu possível crescimento não ocorra de forma desordenada.

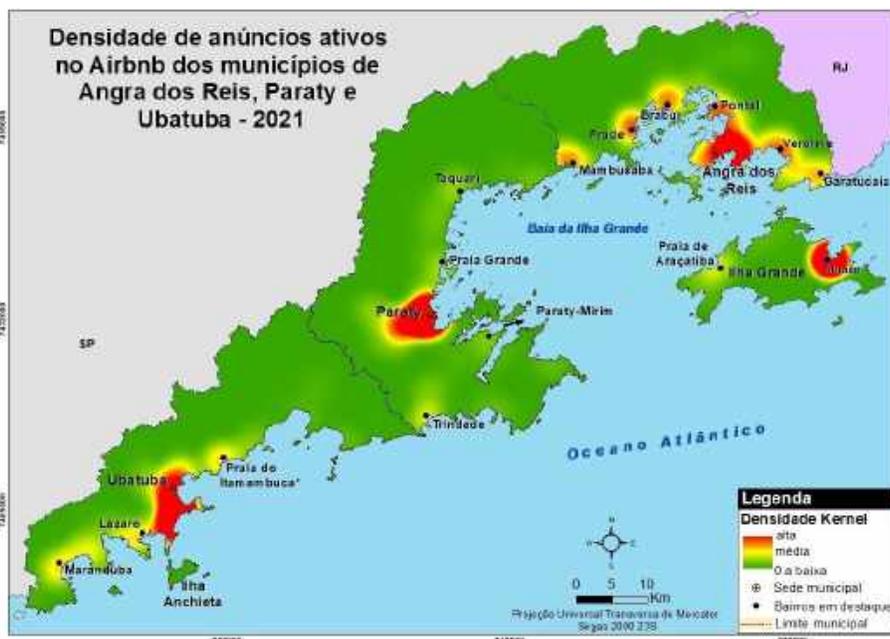


Figura 5 – Densidade *kernel* dos anúncios ativos no Airbnb dos municípios de Angra dos Reis, Paraty e Ubatuba em 2021.

Ao analisar a densidade de casas de segunda residência de acordo com o valor da diária tem-se uma mudança das manchas no mapa (Figura 6), principalmente no município de Angra dos Reis. Nesta cidade, o valor da diária varia de R\$ 32,00 a R\$ 56.900,00 sendo que as casas de segunda residência com valores mais altos concentram-se no bairro Portugal, no centro de Angra dos Reis e arredores, no Pontal e no Frade, onde situam-se diferentes condomínios de alto padrão, especialmente na orla marítima. Percebe-se

que a mancha de densidade diminuiu no Abraão, em Mambucaba e no Verolme, que é um bairro industrial.

Em Paraty o valor da diária varia de R\$45,00 a R\$10.111,00 com os valores mais altos no Centro Histórico e arredores, seguido pela Praia Grande e Ilha do Araújo com valores médios. Já em Ubatuba o valor da diária varia de R\$41,00 a R\$18.000,00, onde se destacam, com valores mais altos, além do centro da cidade se estendendo até a Praia da Enseada, as localidades de Itamambuca e do Lázaro até a Praia da Lagoinha. Os valores médios concentram-se em Maranduba.



Figura 6 – Densidade *kernel* dos anúncios ativos no Airbnb por valor da diária dos municípios de Angra dos Reis, Paraty e Ubatuba em 2021.

O item abaixo expressa os pesos de evidência das variáveis turísticas (distância às casas de segunda residência e aos atrativos turísticos) e socioculturais (distância euclidiana das comunidades tradicionais) por município, apontando a influência dessas variáveis em relação ao fenômeno de transição.

### Influência das Variáveis Turísticas e Socioculturais na Transição da Cobertura e Uso da Terra

Os gráficos a seguir relacionam os intervalos de distância em metros (*range*) com os pesos de evidência (*weight*), lembrando que quanto mais positivo se torna o valor, maior é a atração para manchas de mudanças e quanto mais negativo o valor, maior é o efeito repelente.

As variáveis abaixo retratam a distância às casas de segunda residência registradas na plataforma *AIRBNB* em 2021, classificadas em quatro categorias: distâncias de altíssima, alta, média e baixa densidade, contudo só as mais significativas foram representadas.

Para melhor compreensão das densidades, as áreas de altíssima densidade de casas de segunda residência em Angra dos Reis, que ocorrem apenas na Ilha Grande na Vila do Abraão, possuem 385 pontos, já umas das áreas de alta densidade em Angra dos Reis – o centro do município possui 285 pontos de um total de 2.279 pontos distribuídos pelo município. Em Paraty a área de altíssima densidade de casas de segunda residência possui 715 pontos de um montante de 2.720 pontos, já em Ubatuba são 2.266 pontos na área de altíssima densidade de um conjunto de 6.670 pontos.

A Figura 7 exibe diferentes categorias de densidade em relação à transição de floresta para áreas urbanas em Angra dos Reis, demonstrando que as distâncias às áreas de alta e média densidade das casas de segunda residência possuem maior poder de atração de manchas urbanas. Deve-se mencionar que as áreas de alta densidade compreendem, além da Ilha Grande, diferentes bairros continentais, como: Garatucaia, Verolme, bairros centrais a exemplo de Marinas, Praia da Chácara, Praia do Jardim, Parque das Palmeiras, Praia Grande, Vila Velha; e bairros mais a sudoeste do município, como Ponta da Cruz, Bracuí, Frade e Parque Perequê.

Chama a atenção o fato da distância às áreas de altíssima densidade apresentar valores negativos, ou seja, houve uma repulsão de transição de florestas para áreas urbanas. Ressalta-se que neste estudo as áreas de altíssima densidade de casas de segunda residência em Angra dos Reis ocorrem apenas na Ilha Grande na Vila do Abraão. A Ilha Grande é composta por um mosaico de UCs, pratica um tipo de turismo mais voltado para natureza, como o turismo de aventura, de base comunitária e outros, além da presença de comunidades tradicionais.

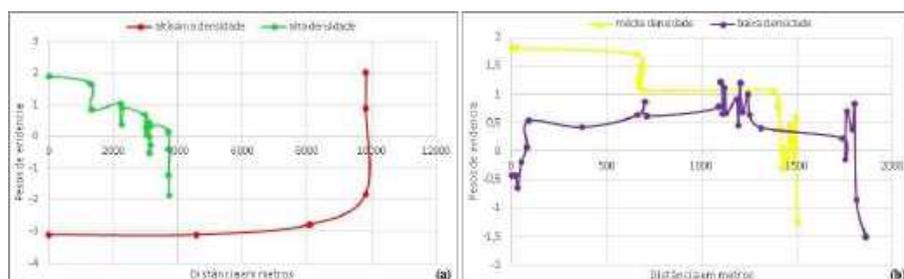


Figura 7 – Influência das variáveis de distância às casas de segunda residência em Angra dos Reis na transição de floresta para áreas urbanas, sendo (a) distância de altíssima e alta densidade e (b) distância de média e baixa densidade.

A Figura 8 a seguir representa a distância às casas de segunda residência em Angra dos Reis de altíssima e alta densidade em dinâmicas de recuperação florestal, demonstrando que mesmo com a concentração de segundas residências na Ilha Grande, o local tem poder de atração para manchas de floresta. Ressalta-se que a Ilha Grande é formada

por um mosaico de UCs, como o Parque Estadual da Ilha Grande – categoria de proteção integral, que cobre quase toda a extensão da Ilha.

Note-se que em relação à alta densidade de casas de segunda residência o poder de atração para a recuperação florestal diminui consideravelmente, destacando que as áreas de alta densidade abrangem diversos bairros continentais de Angra dos Reis.

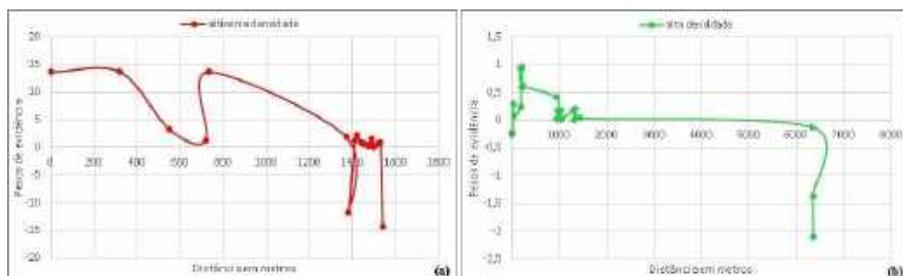


Figura 8 – Influência das variáveis de distância às casas de segunda residência em Angra dos Reis na transição de áreas não vegetadas para floresta, sendo (a) distância de altíssima densidade e (b) distância de alta densidade.

Em Paraty todas as densidades às casas de segunda residência (altíssima, alta, média e baixa – Figura 9) atraem manchas urbanas, todavia as de altíssima densidade possuem maior poder de atração. Apenas o Centro Histórico de Paraty e arredores foram considerados como de altíssima e alta densidade; Pedra Branca, bairros próximos e Trindade foram classificados como de média densidade e as demais localidades turísticas, como São Gonçalo, Taquari, Ilha do Araújo, Saco do Mamanguá, Paraty-Mirim, Praia do Sono e outros foram considerados de baixa densidade, lembrando que estas caracterizam-se como territórios de comunidades tradicionais.

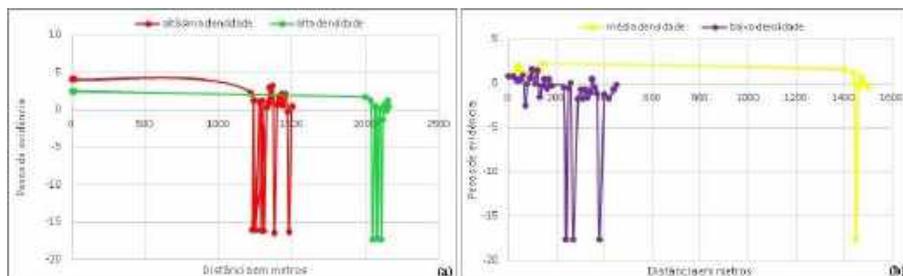


Figura 9 – Influência das variáveis de distância às casas de segunda residência em Paraty na transição de floresta para áreas urbanas, sendo (a) distância de altíssima e alta densidade e (b) distância de média e baixa densidade.

Também as três últimas localizam-se em UC – Saco do Mamanguá e Paraty-Mirim na APA de Cairuçu e Praia do Sono na Reserva Ecológica da Juatinga. Ressalta-se que o

poder de atração em relação à transição de floresta para áreas urbanas diminui conforme a densidade de casas de segunda residência diminui.

A densidade de casas de segunda residência em Paraty (altíssima, alta e média – Figura 10) também apresenta potencial para a supressão do manguezal, como no manguezal no bairro Jabaquara e ao lado do Rio Mateus Nunes no centro da cidade.

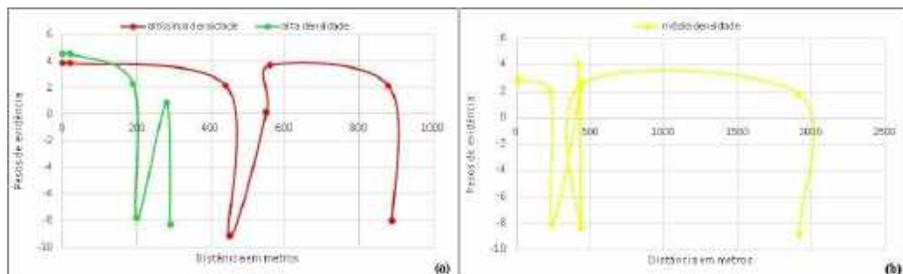


Figura 10 – Influência das variáveis de distância às casas de segunda residência em Paraty na transição de manguezal para áreas urbanas, sendo (a) distância de altíssima e alta densidade e (b) distância de média densidade.

A influência da densidade de casas de segunda residência em Ubatuba considerando a transição de floresta para áreas urbanas está representada na Figura 11, na qual observa-se que as áreas de altíssima densidade possuem maior poder de atração de manchas urbanas comparada às áreas de alta e média densidade.

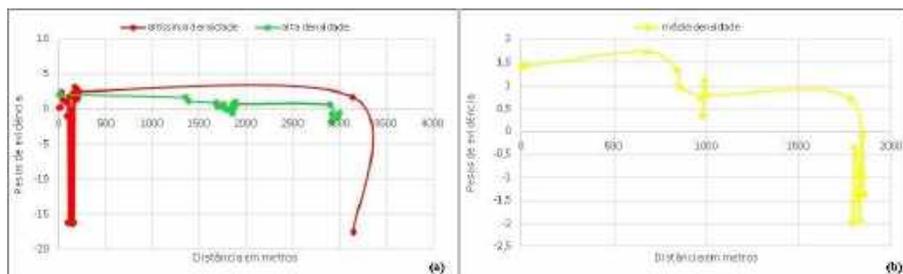


Figura 11 – Influência das variáveis de distância às casas de segunda residência em Ubatuba na transição de floresta para áreas urbanas, sendo (a) distância de altíssima e alta densidade e (b) distância de média densidade.

Outra variável turística analisada neste trabalho foi a distância aos atrativos turísticos, a exemplo da Figura 12, que exhibe a influência de diferentes densidades de atrativos turísticos na transição de floresta para áreas urbanas. Percebe-se que todas as densidades (alta, média e baixa) atraem manchas urbanas, todavia apresentam pesos menos significativos se comparados às diferentes densidades de casas de segunda residência, com a maioria dos intervalos de distância com peso menor que um.

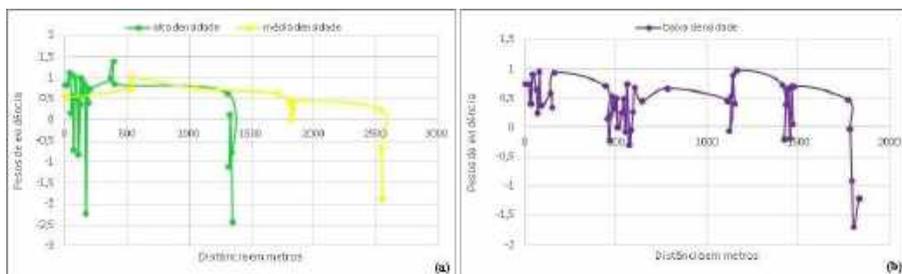


Figura 12 – Influência das variáveis de distância aos atrativos turísticos na transição de floresta para áreas urbanas em Angra dos Reis, sendo (a) distância de alta e média densidade e (b) distância de baixa densidade.

Já as mesmas variáveis consideradas para o município de Paraty apresentaram maior poder de atração para as áreas urbanas (Figura 13), principalmente a distância de alta densidade de atrativos turísticos que compreende o Centro Histórico de Paraty e Trindade.

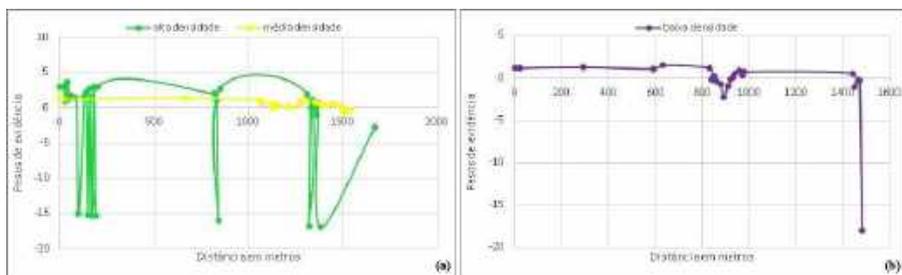


Figura 13 – Influência das variáveis de distância aos atrativos turísticos na transição de floresta para áreas urbanas em Paraty, sendo (a) distância de alta e média densidade e (b) distância de baixa densidade.

Em Ubatuba a distância à densidade de atrativos turísticos (alta, média e baixa) também possuem potencial para atração de manchas urbanas (Figura 14), sendo mais significativas se comparadas ao município de Angra dos Reis. Também se nota maior poder de atração conforme aumenta a densidade de atrativos turísticos.

Os atrativos turísticos de Paraty exibiram maior poder de atração para manchas urbanas, provavelmente devido à maior concentração de atrativos no Centro Histórico da cidade. Já nos demais municípios não há a mesma concentração de atrativos nas áreas centrais.

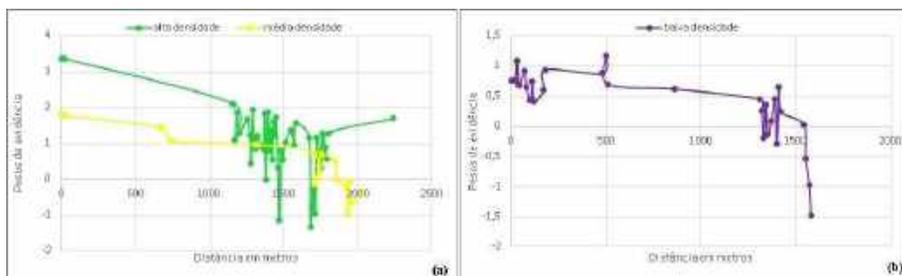


Figura 14 – Influência das variáveis de distância aos atrativos turísticos na transição de floresta para áreas urbanas em Ubatuba, sendo (a) distância de alta e média densidade e (b) distância de baixa densidade.

Também se verificou a relação das comunidades tradicionais presentes no território com a cobertura e uso da terra, para tanto, utilizou-se a distância aos quilombos, às comunidades caiçaras e às aldeias indígenas como variáveis estáticas em diferentes transições da cobertura e uso da terra. A Figura 15 demonstra uma clara ligação positiva entre a recuperação florestal e a presença de comunidades tradicionais no município de Angra dos Reis, principalmente nas proximidades do quilombo de Santa Rita do Bracuí e da aldeia Sapukai no Bracuí, que apresentaram pesos de evidência alto nos primeiros intervalos de distância.

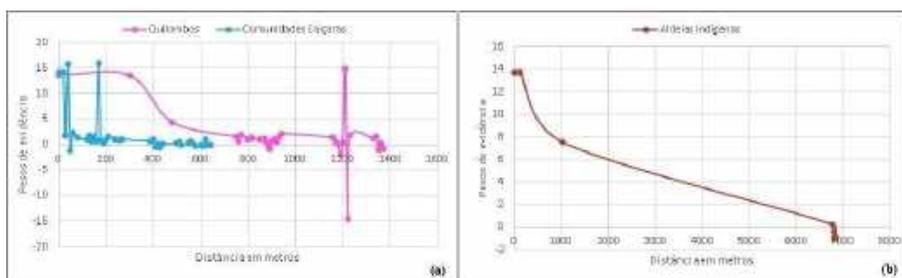


Figura 15 – Influência das variáveis de distância euclidiana às comunidades tradicionais na transição de áreas não vegetadas para floresta em Angra dos Reis, sendo (a) distância euclidiana aos quilombos e comunidades caiçaras e (b) distância as aldeias indígenas.

Em Paraty essa relação também é positiva (Figura 16), contudo os pesos não são expressivos como em Angra dos Reis. Existem dois quilombos em Paraty, o quilombo do Cabral e o quilombo Campinho da Independência, que apresentam pesos positivos até cerca de 370 metros. As comunidades caiçaras encontram-se distribuídas em Paraty, como em Tarituba, São Gonçalo, Paraty-Mirim, Saco do Mamanguá, Trindade e outros e atraem manchas de florestas até aproximadamente 1300 metros, porém, a maioria dos intervalos de distância possuem pesos menores que um. Já as aldeias indígenas são três: aldeia Rio Pequeno, Paraty-Mirim e Araponga que apresentam influência na recuperação florestal até 1100 metros.

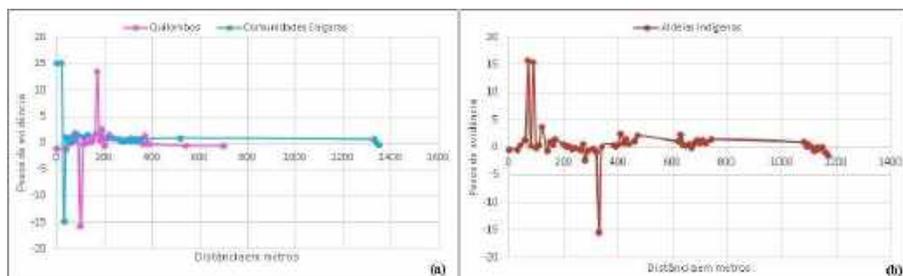


Figura 16 – Influência das variáveis de distância euclidiana às comunidades tradicionais na transição de áreas não vegetadas para floresta em Paraty, sendo (a) distância euclidiana aos quilombos e comunidades caiçaras e (b) distância euclidiana às aldeias indígenas.

Também existe influência das comunidades tradicionais na transição de áreas não vegetadas para floresta em Ubatuba (Figura 17) com pesos maiores nas comunidades quilombolas que são quatro: quilombo do Camburi, da Fazenda, Sertão do Itamambuca e Caçandoca. Já as comunidades caiçaras são 36 e se distribuem por diferentes bairros, como Camburi, Picinguaba, Ubatumirim, Puruba, Promirim, Praia da Fortaleza e outros, com pesos positivos até 280 metros. As comunidades indígenas são duas: Boa Vista Sertão do Promirim e Renascer e apresentam pesos positivos até 610 metros, após esse intervalo existe bastante variação entre pesos positivos e negativos.

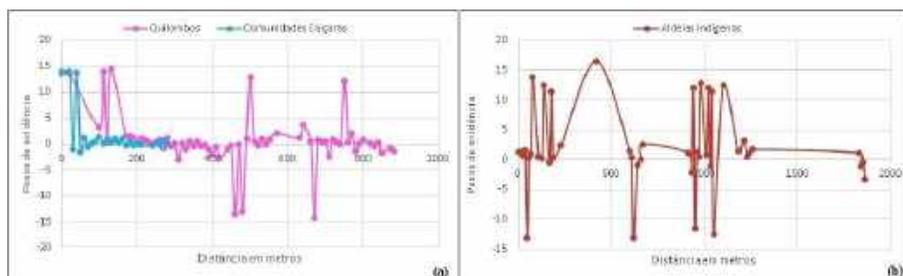


Figura 17 – Influência das variáveis de distância euclidiana às comunidades tradicionais na transição de áreas não vegetadas para floresta em Ubatuba, sendo (a) distância euclidiana aos quilombos e às comunidades caiçaras e (b) distância euclidiana às aldeias indígenas.

Em suma, verificou-se a influência das variáveis turísticas para o crescimento de áreas centrais e periféricas, que se desenvolvem devido à necessidade de oferta de infraestrutura básica aos turistas e visitantes, a exemplo dos equipamentos turísticos, como meios de hospedagens, restaurantes, agências de turismo e outros.

As casas de segunda residência, que neste estudo representam a oferta de meios de hospedagem, concentram-se principalmente nas áreas centrais, onde existe maior

convergência de infraestrutura turística e urbana, como serviços de alimentos e bebidas, agências de traslado e receptivo, agências bancárias e de câmbio, supermercados, farmácias, acesso à internet e outros, que atendem as necessidades básicas dos turistas e visitantes. Devido à orientação da área de estudo para o turismo de sol e praia, as casas de segunda residência também se concentram ao longo da costa, em enseadas, e onde o acesso às praias e o deslocamento pela Rio-Santos são facilitados. Nessas localidades, especialmente em Angra dos Reis, não é incomum encontrar resorts, hotéis de grande porte e loteamentos de alto padrão, que ocupam grandes porções de terra. Por isso, as classes de altíssima e alta densidade de casas de segunda residência possuem relação positiva na transição de floresta para áreas urbanas (expansão urbana), já que o turismo de sol e praia geralmente envolve fatores como infraestrutura urbana e proximidade com atrativos naturais, como praias e áreas conservadas.

A influência para a expansão urbana diminui à medida que a oferta de hospedagem também diminui, a exemplo das classes de média e baixa densidade que apresentam pesos menores para expansão urbana, como por ser observado nas Figuras 7, 9 e 11.

A classe ocupação de média densidade, em sua maioria, situa-se ao redor das áreas de alta densidade, sendo áreas um pouco mais afastadas dos principais atrativos e serviços. Já as áreas de baixa densidade, localizam-se em áreas mais isoladas, geralmente relacionadas ao turismo rural, ecoturismo e turismo de base comunitária, seja em áreas montanhosas, próximas à Serra do Mar, ou em áreas de praias de difícil acesso. Nessas classes de média e baixa densidade, normalmente, predomina uma infraestrutura de menor porte, como pousadas, sítios, chácaras, *hostels* e sistemas de *bed & breakfast*, no qual, geralmente, os anfitriões residem na casa e oferecem pernoite e café da manhã. Estas áreas apresentam menor alteração da cobertura da terra, o que se relaciona diretamente com o uso da mesma, voltado para a proteção de áreas naturais e onde habitam população rural e tradicional, como povos indígenas, quilombolas e caçaras.

A Ilha Grande, em Angra dos Reis, apresenta um diferencial, pois embora seja uma das portas de entrada do turismo internacional no Brasil e de ter sido classificada como área de altíssima densidade de casas de segunda residência, foi a única localidade que apresentou influência negativa para a expansão urbana e a que demonstrou maior influência para recuperação florestal (Figura 7 e Figura 8). Isto reflete algumas particularidades da área, como o acesso restrito, sendo necessário travessias de barco para chegar a Ilha, que leva cerca de 40 minutos partindo de Angra dos Reis. Outrossim, é a oferta de hospedagem, formada majoritariamente por instalações de médio e pequeno porte. Aliado a estes fatores, deve-se ressaltar os usos da Ilha Grande, sendo a maior parte de suas áreas voltadas para proteção ambiental e habitada por população tradicional de pescadores artesanais.

A alta densidade de atrativos turísticos também coincide com as áreas centrais dos municípios onde existe oferta não apenas de atrativos naturais, como as praias, mas também atrativos histórico-culturais, como igrejas, museus, teatros, arquitetura, aquários, monumentos, praças e outros. Este fato relaciona as áreas de alta densidade de atrativos turísticos com a expansão urbana, principalmente em Paraty (Figura 13), onde existe

maior concentração de atrativos histórico-culturais no Centro Histórico da cidade comparado aos municípios de Angra dos Reis e Ubatuba.

A média densidade de atrativos turísticos ocorre de forma mais dispersa na área de estudo, ao longo da costa, representada principalmente por atrativos naturais, como praias, grutas e mirantes. Apesar desses atrativos se localizarem em áreas preservadas, eles também apresentam certa proximidade de manchas urbanas de menor densidade, onde os turistas e visitantes encontram serviços de hospedagem e restauração.

Já os atrativos turísticos de baixa densidade, como praias, cachoeiras e picos, se situam em áreas mais isoladas das manchas urbanas e de difícil acesso. Os atrativos turísticos, principalmente as praias, possuem influência para a expansão urbana devido a seu poder de valorização local e vantagens comparativas. A população atraída pela possibilidade de maior qualidade de vida passa a ocupar áreas do entorno, e com o aumento do fluxo turístico para a localidade, surgem infraestruturas e serviços para atender as necessidades de turistas e visitantes.

No tocante às comunidades tradicionais, o seu modo de organização econômica e social em pequena escala e sua relação mais harmônica com o meio natural, utilizando-o como recurso para sua reprodução cultural, religiosa e econômica, contribuem para a menor alteração da cobertura da terra. Outra característica importante para a relação positiva desses povos com a recuperação florestal (Figuras 15, 16 e 17) é o relativo isolamento de seus territórios, geralmente distantes das manchas urbanas e das principais vias de acesso.

## **Validação do Modelo de Simulação**

A Figura 18 é um exemplo de um mapa de probabilidade de expansão urbana (transição de florestas para áreas urbanas) para o município de Angra dos Reis. No DINAMICA EGO é gerado um mapa de probabilidade de transição para cada mudança de uso da terra identificada no período de simulação. Esses mapas são construídos a partir dos pesos de evidência de forma a selecionar as áreas mais favoráveis para cada tipo de transição. Neste trabalho os pesos de evidência foram gerados a partir das variáveis explicativas contidas no Quadro 1.

Observa-se que a probabilidade de expansão urbana em Angra dos Reis concentra-se, principalmente, na orla do município, tanto próximo das áreas centrais, com maior densidade urbana, quando nas áreas periféricas. Ressalta-se a eficácia das UCs como barreira à expansão urbana coincidindo com as áreas de ausência de probabilidade de transição.

No que concerne à validação do modelo, a simulação de 2021 apresentou similaridade de 0.58 em uma janela de 5x5 e de 0.73 em uma janela de 11x11, significando uma boa resposta em uma janela de média resolução, e uma melhor resposta numa janela de baixa resolução. Logo, as variáveis selecionadas foram suficientes para explicar a localização da maior parte das mudanças, lembrando que índices de similaridade próximos a 0.4 indicam um bom ajuste de compatibilidade entre o mapa simulado e o real.

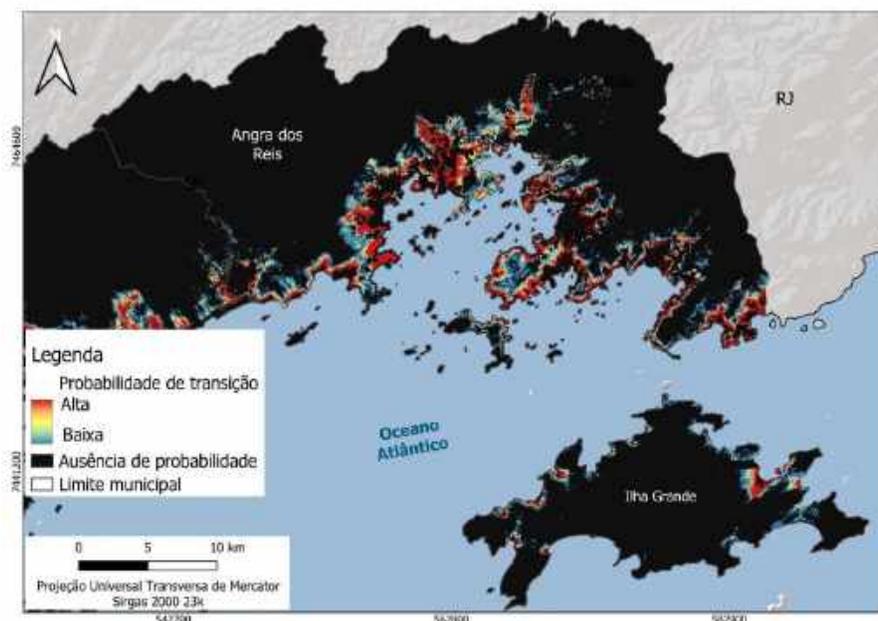


Figura 18 – Mapa de probabilidade de transição de floresta para áreas urbanas a partir dos pesos de evidência das variáveis contidas no Quadro 1 para o município de Angra dos Reis.

## Conclusão

A partir das análises realizadas utilizando métodos estatísticos, geotecnologias e autômatos celulares, identificou-se que o turismo – que para se desenvolver necessita de equipamentos turísticos básicos, como meios de hospedagem, acessibilidade e estabelecimentos de alimentos e bebidas – influencia na mudança da cobertura e uso da terra da área de estudo, principalmente em relação à transição de floresta para áreas urbanas.

Esse tipo de transição ocorre especialmente próximo a áreas de alta densidade de hospedagem e em menor intensidade próximo aos atrativos turísticos. Apesar da transição de floresta para áreas urbanas ocorrer em menor percentual na área de estudo, especialmente devido às unidades de conservação que limitam a ocupação no território, é preocupante a perda de áreas vegetadas, como floresta e manguezal, para construção civil a longo prazo, tendo em vista os investimentos “turísticos” direcionados à região de estudo e o consequente aumento do fluxo turístico e a flexibilização das leis ambientais.

Nesse contexto destaca-se a Ilha Grande – reconhecida como Patrimônio Mundial junto com Paraty – que mesmo atraindo fluxo de turistas nacionais e internacionais e com alta densidade de casas de segunda residência, é capaz de repelir manchas urbanas e atrair manchas de recuperação florestal, em virtude de diferentes fatores, como o mosaico de unidades de conservação que protegem a ilha da ocupação desenfreada, a presença de povos tradicionais que habitam a ilha e o tipo de turismo que se pratica na mesma, como o turismo de base comunitária e o ecoturismo.

Tal panorama se contrapõe ao tipo de turismo praticado na área continental de Angra dos Reis, voltado principalmente para o turismo de sol e praia baseado em segunda residência, a exemplo das áreas de alta densidade de hospedagem na parte continental. Outra característica a ser ressaltada são os valores das diárias, sendo a Ilha Grande mais acessível em termos de hospedagem, se comparada a outras áreas de alta densidade de hospedagem da parte continental de Angra dos Reis e dos municípios de Paraty e Ubatuba.

Em relação a Paraty, o Centro Histórico, onde concentra-se alta densidade de casas de segunda residência com altos valores, já não mais abriga as comunidades tradicionais, pois a especulação imobiliária e alta dos preços afastou esses povos para áreas periféricas do município, sendo o Centro Histórico ocupado principalmente pelo comércio e pelo turismo.

Também se avaliou a influência das comunidades tradicionais na mudança da cobertura e uso da terra, tendo estas destaque na recuperação florestal. Dentre os povos tradicionais presentes nos territórios estudados, os quilombos e aldeias indígenas apresentaram maior influência para recuperação florestal, possivelmente devido às comunidades caiçaras habitarem, em sua maioria, as áreas litorâneas dos municípios, em conflito com áreas de expansão turística.

Vale destacar que muitas comunidades tradicionais atuam com o turismo, sendo classificadas como áreas de baixa densidade de casas de segunda residência e menor influência para atração de manchas urbanas.

Assim, a partir das variáveis explicativas selecionadas e do modelo de autômato celular utilizado (DINAMICA EGO), considera-se que a modelagem da simulação do período de 2016 a 2021 mostrou-se satisfatória para explicar a mudança da cobertura e uso da terra na região estudada. Vale lembrar que existem variáveis que não são passíveis de representação, devido a fatores como imprevisibilidade, falta de dados, incompatibilidade com a escala de análise e outros. Contudo, outras variáveis e parâmetros de entrada podem ser testados para o aprimoramento e melhor validação do modelo, a exemplo da inserção de mapas de fluxo turístico. Também é viável a exploração de possíveis cenários e tendências das dinâmicas da cobertura e uso da terra.

A modelagem de cenários configura-se como um método de grande importância para simulação de processos dinâmicos e como ferramenta de apoio para o planejamento e gestão da cobertura e uso da terra, contribuindo para tomada de decisão, a exemplo do direcionamento turístico de determinada região.

## Referências Bibliográficas

ALMEIDA, C. M. *Modelagem da dinâmica espacial como uma ferramenta auxiliar ao planejamento: simulação de mudanças de uso da terra em áreas urbanas para as cidades de Bauru e Piracicaba (SP)*. 2004, 321f. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2004.

BAR-YAM, Y. *Dynamics of Complex Systems*. Addison-Wesley. 1. ed., 1997. Disponível em: <https://fernandonogueiracosta.files.wordpress.com/2015/08/yaneer-bar-yam-dynamics-of-complex-systems.pdf/>. Acesso em: 30 set. 2021

BATTY, M. GeoComputation using cellular automata. In: OPENSHAW, S.; ABRAHART, R. *Geocomputation*, p. 95-126. Nova York: Taylor & Francis, 2000.

Jéssica Silva Martins, Monika Richter, Carla Bernadete Madureira Cruz e Rafael Cardão Augusto

BENI, M. C. *Análise estrutural do turismo*. 10. ed. São Paulo: Senac, 1997.

CAIXETA, P. R. C. *Modelagem espacial da dinâmica da mancha urbana de Viçosa-MG*. 2014. 92 f. Dissertação (Mestrado em Magister Scientiae) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014.

CARVALHO, N. L. Angra dos Reis e seu patrimônio ameaçado: da Riviera Francesa à Riviera Maya, velhas ideias, novas investidas. Grupo de Estudos da Baía da Ilha Grande – GEBIG. Texto de Apoio, n. 5, set. 2020. Disponível em: <http://gebig.org/wp-content/uploads/2020/09/Angra-e-seu-patrim%C3%B4nio-amea%C3%A7ado-Nathalia-Carvalho-ago-2020-GEBIG-1.pdf>/ Acesso em: 05 maio 2022.

CHRISTALLER, W. Some Considerations of Tourism Location in Europe: the peripheral regions – under-development countries – recreation áreas. Regional Science Association, *Papers XII*, Lund Congress, 1963.

CHRISTOFOLETTI, A. *Modelagem de sistemas ambientais*. São Paulo: Blucher, 2009.

CSR.UFMG, 2015. Disponível em: <<https://csr.ufmg.br/dinamica/>>. Acesso em: 05 dez. 2017.

FEITOSA, F. F.; MARETTO, R. V.; MONTEIRO, A. M. V.; ANAZAWA, T. M. Urbanização e vulnerabilidade social em zonas costeiras: a construção de um modelo de simulação das dinâmicas residenciais de Caraguatatuba, SP. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, XVIII, ABEP, *Anais...* Águas de Lindóia/SP, 2012. 21 p. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/233832611\\_Urbanizacao\\_e\\_Vulnerabilidade\\_Social\\_em\\_Zonas\\_CosteirasA\\_Construcao\\_de\\_um\\_Modelo\\_de\\_Simulacao\\_das\\_Dinamicas\\_Residenciais\\_de\\_Caraguatatuba\\_SP](https://www.researchgate.net/publication/233832611_Urbanizacao_e_Vulnerabilidade_Social_em_Zonas_CosteirasA_Construcao_de_um_Modelo_de_Simulacao_das_Dinamicas_Residenciais_de_Caraguatatuba_SP). Acesso em: 03 maio 2021

FRATUCCI, A. C. *A dimensão espacial nas políticas públicas brasileiras de turismo: as possibilidades das redes regionais de turismo*. 2008. 309 f. Tese (Doutorado em geografia) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2008.

FRATUCCI, A. C. *O ordenamento territorial da atividade turística no estado do Rio de Janeiro. Processos de inserção dos lugares turísticos nas redes do turismo*. 2000, 177 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2000.

GEOINEA. Base de Dados Espaciais. Disponível em: <https://inea.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=00cc256c620a4393b3d04d2c34acd9ed>. Acesso em: 02 maio 2021.

HALL, M. Constructing sustainable tourism development: the 2030 agenda and the managerial ecology of sustainable tourism. *Journal of Sustainable Tourism*, v. 27, n. 7, p. 1044-1060, 2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *IBGE Cidades*, 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 29 set. 2023.

\_\_\_\_\_. *Bases Cartográficas Contínuas*, 2019. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/bases-cartograficas-continuas/15759-brasil.html?edicao=16033&t=downloads/>>. Acesso em: 05 fev. 2022.

ICMBIO – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. *APA de Proteção Ambiental Cairucu*, 2018. Disponível em: <<https://www.icmbio.gov.br/cairucu/plano-de-manejo.html/>> Acesso em: 09 nov. 2021.

INEA – Instituto Estadual do Ambiente. *GEOINEA Base de Dados Geoespaciais*, 2021. Disponível em: <<https://geoportal.inea.rj.gov.br/portal/apps/experiencebuilder/experiencia/?id=d40de9b2dd2243ccb777971cef2eb14e/>> Acesso em: 25 de jan. 2022.

MELHORESDESTINOS. 2020. Disponível em: <https://www.melhoresdestinos.com.br/azul-conecta-voos-angra-paraty-ubatuba-buzios-canela.html> Acesso em: 14 maio 2021.

MELOTTI, G. *Aplicação de autômatos celulares em sistemas complexos: um estudo de caso em espalhamento de epidemias*. 2009. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Download de dados geográficos*, 2021. Disponível em: <<http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm/>> Acesso em: 18 de jan. 2022.

\_\_\_\_\_. *Unidades de Conservação*. Disponível em: <https://dados.mma.gov.br/dataset/unidadesdeconservacao>. Acesso em: 02 maio 2021.

MTUR – Ministério do Turismo; SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. *Índice de competitividade do turismo nacional: destinos indutores do desenvolvimento turístico regional – relatório Brasil 2014*. Brasília, DF: SEBRAE, 2014. Disponível em: [https://bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS\\_CHRONUS/bds/bds.nsf/43779dd8403a4ee79017f87719638a81/\\$File/5315.pdf](https://bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/43779dd8403a4ee79017f87719638a81/$File/5315.pdf)

NOVAES, M. R.; RUDORFF, B. T.; ALMEIDA, C. M. Validação de modelos estacionário e prescritivo do manejo da cana-de-açúcar para o ano-safra 2010 nas regiões de Jaú e Ribeirão Preto, São Paulo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR), 2013. Foz do Iguaçu. *Anais...* São José dos Campos: INPE, 2013. p. 474-481.

PARRALEJO, J. J.; DÍAZ-PARRA, I. Gentrification and touristification in the central urban areas of Seville and Cádiz. *Urban Science*, v. 5, n. 2, 2021. 11 p. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2413-8851/5/2/40> Acesso em: 25 jul. 2023.

PEDROSA, B. M.; CÂMARA, G. Modelagem dinâmica e geoprocessamento. In: DRUCK, S.; CARVALHO, M. S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V. *Análise Espacial de Dados Geográficos*. Brasília: EMBRAPA, 2004. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/cap6-dinamica.pdf> Acesso em: 25 jul. 2019.

Jéssica Silva Martins, Monika Richter, Carla Bernadete Madureira Cruz e Rafael Cardão Augusto

PORTAL. IPHAN, 2019. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/noticias/detalhes/5164/paraty-e-ilha-grande-rj-ganham-titulo-de-patrimonio-mundial-da-unesco/> Acesso em: 26 jul. 2020.

SANTOS, M. *Metamorfoses do Espaço Habitado*. 5ª ed. São Paulo: HUCITEC, 1997.

SILVA, S. B. M. Metropolização e raízes da periferização turística. *Turismo em Análise*, São Paulo, 1996.

SOARES-FILHO, B. S.; CERQUEIRA, G. C.; PENNACHIN, C. L. Dinâmica – a stochastic cellular automata model designed to simulate the landscape dynamics in an Amazonian colonization frontier. *Ecological Modelling*, v. 154, p. 217-235, 2002.

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. Stochastic cellular automata modeling of urban land use dynamics: empirical development and estimation. *Computers, Environment and Urban Systems*, v. 27, n. 5, p. 481-509, 2003.

SONAGLIO, K. E. Aproximações entre o turismo e a resiliência: um caminho para a sustentabilidade. *Turismo. Visão e Ação*, v. 20, n. 1, p. 80-104, 2018. Disponível em: <https://www.redalyc.org/journal/2610/261058528010/html/> Acesso em: 15 set. 2023.

ŚWIDYŃSKA, N.; WITKOWSKA-DĄBROWSKA, M. Indicators of the Tourist Attractiveness of Urban–Rural Communes and Sustainability of Peripheral Areas. *Sustainability*, v. 13, n. 12, 2021. 24p. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/12/6968> Acesso em: 02 ago. 2023.

TAMOIOSNEWS, 2020. Disponível em <https://www.tamoiosnews.com.br/noticias/cidades/ubatuba-e-ilhabela-se-unem-a-paraty-angra-e-ilha-grande-para-projeto-turistico-internacional/>. Acesso em: 25 jul. 2020.

USGS – United States Geological Survey. *Earth Explorer*, 2021 Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 02 maio 2021.

WOLFRAM, S. *A new kind of science*. Wolfram Media, Champaign, Illinois, 2002

\_\_\_\_\_. Statistical mechanics of cellular automata. *Reviews of Modern Physics*, v. 55, n. 3, p. 601-644, 1983. Disponível em: <https://content.wolfram.com/sw-publications/2020/08/statistical-mechanics-cellular-automata.pdf>. Acesso em: 02 ago. 2023.

Recebido em: 31/08/2023. Aceito em: 23/11/2023.

## Nota

<sup>1</sup> O DINAMICA EGO é uma plataforma para modelagem ambiental com possibilidades de design desde modelos espaciais estáticos simples até modelos dinâmicos complexos. O software foi escrito em linguagem C++ orientada a objetos e interface gráfica em JAVA e disponibiliza uma série de algoritmos projetados para simulações espaciais, incluindo funções de transição e métodos de calibração e validação. É possível realizar o download do software no seguinte endereço: <https://csr.ufmg.br/dinamica/>

# **Instrumentos para o Planejamento e Gestão Territorial: Subsídio ao Zoneamento da Área de Proteção Ambiental do Cariri – Paraíba**

## **Instruments for Territorial Planning and Management: Subsidy to the Zoning of the Environmental Protection Area of Cariri – Paraíba**

Valéria Raquel Porto de Lima<sup>i</sup>  
Universidade Estadual da Paraíba  
Campina Grande, Brasil

Jorge Flávio Casé Braga da Costa Silva<sup>ii</sup>  
Universidade Federal da Paraíba  
João Pessoa, Brasil

Inocencio de Oliveira Borges Neto<sup>iii</sup>  
Universidade Federal do Paraná  
Curitiba, Brasil

Rafael Albuquerque Xavier<sup>iv</sup>  
Universidade Estadual da Paraíba  
Campina Grande, Brasil

**Resumo:** O Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) foi um avanço na lei que cria as Unidades de Conservação (UC) no Brasil. No entanto, muitas das UCs são criadas e não possuem planos de manejo e zoneamento, instrumentos de gestão imprescindíveis para sua efetivação. A Área de Proteção Ambiental (APA) do Cariri, localizado no Estado da Paraíba, é um dos exemplos de UCs que foram criadas, mas não avançaram com relação à efetivação. O objetivo do artigo é propor um zoneamento da APA do Cariri com base em duas metodologias usadas em escala nacional – IBAMA (2001) – e estadual – SUDEMA (2017). Para o mapeamento do zoneamento foi utilizada a imagem de alta resolução adquirida pelos satélites WorldView-2 e 3 com resolução espacial de 70 cm. A maior área da APA deve ser destinada à Zona de Conservação em que são

---

<sup>i</sup> Professora Adjunta do Departamento de Geografia do Campus I. valeriaraquelportodelima@servidor.uepb.edu.br. <https://orcid.org/0000-0001-7744-3502>

<sup>ii</sup> Doutor em Geografia pela Universidade Federal da Paraíba. jorgekzbra@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0002-6597-2412>

<sup>iii</sup> Doutorando em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia. iobngpb@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0002-1380-3879>

<sup>iv</sup> Professor Associado do Departamento de Geografia do Campus I. rafaelxavier@servidor.uepb.edu.br. <http://orcid.org/0000-0002-1737-7547>

permitidos usos moderados e sustentáveis dos recursos naturais. Em seguida ocorrem as Zonas de Proteção e de Manejo.

**Palavras-chave:** Unidade de Conservação; Zoneamento; Cariri.

**Abstract:** The National System of Conservation Units (SNUC) was a breakthrough in the law that creates Conservation Units (UCs) in Brazil. However, many of the UCs are established without management plans and zoning, essential management tools for their effectiveness. The Cariri Environmental Protection Area (APA), located in the state of Paraíba, is an example of a UC that was created but hasn't progressed towards its implementation. The aim of this article is to propose zoning for the Cariri APA based on two methodologies used at the national scale – IBAMA (2001) – and at the state level – SUDEMA (2017). High-resolution imagery acquired by WorldView-2 and 3 satellites with a spatial resolution of 70 cm was used for zoning mapping. The largest area of the APA should be allocated to the Conservation Zone, where moderate and sustainable use of natural resources is allowed. This is followed by the Protection and Management Zones.

**Keywords:** Conservation Unit; Zoning; Cariri.

## Introdução

A política ambiental pautada em uma gestão descentralizada e democrática iniciou tardiamente no Brasil, desenvolvendo-se, segundo Cunha e Coelho (2003), a partir de 1980 e avançando até os dias atuais. Uma das políticas ambientais que surgiu durante este período e que merece destaque é a Lei nº 9.985/2000 que instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC). Apesar do avanço na promulgação da lei e do ascendente número de Unidades de Conservação (UC), muitas das UCs, sobretudo as instituídas no âmbito estadual e municipal, foram criadas mas não possuem a aplicação dos instrumentos de gestão para sua efetivação, e a elaboração dos planos de manejo e o zoneamento. São vários os casos conhecidos pelo Brasil, o que Terborgh e Schaik (2002) chamam de “UCs de papel”. A Área de Proteção Ambiental (APA) do Cariri Paraibano é mais um exemplo da negligência dos órgãos públicos na elaboração dos instrumentos de gestão previstos pelo SNUC. A APA do Cariri, localizada na Microrregião do Cariri da Paraíba, foi criada pelo Decreto Estadual 25.083-2004 pela Superintendência de Administração do Meio Ambiente da Paraíba (SUDEMA), possui uma área de 18.560 hectares e engloba parte dos municípios de Boa Vista, Cabaceiras e São João do Cariri (PARAÍBA, 2004), mas ainda não possui plano de manejo e zoneamento.

No total, o Estado da Paraíba possui 34 UCs, sendo 16 delas geridas pelo Governo do Estado e as demais geridas por proprietários particulares (CNUC-MMA, 2022). No Cariri Paraibano, atualmente, não existe unidade de conservação de gestão federal, evidenciando o déficit com relação à conservação do bioma Caatinga. Essa situação expõe o grau de fragilidade das Caatingas e a extrema necessidade de fortalecer e consolidar as UCs já criadas, estabelecendo estratégias que assegurem a conservação da biodiversidade, e nas categorias de uso sustentável um desenvolvimento regional e local (BRASIL, 1981).

Diante da problemática apresentada, o objetivo deste artigo é desenvolver uma proposta de zoneamento que sirva como subsídio para o órgão gestor realizar a aplicação dos instrumentos de gestão na APA do Cariri, no Estado da Paraíba. O zoneamento representa um instrumento de ordenamento territorial, utilizado com a finalidade de melhorar o planejamento da gestão de uma determinada área (LIMA, CESTARO, 2010; SANTOS, OLIVEIRA JÚNIOR, BORGES, 2021). O ordenamento busca apresentar uma delimitação de zonas com características e potencialidades ambientais de vegetação semelhantes, dada pela análise dos aspectos ambientais de forma integrada (LAWLEY, LEWIS, OSTENDORF, 2011). Nesse sentido, o Zoneamento Ambiental é um instrumento usado para a racionalização de ocupação dos espaços indicando as atividades nele desenvolvidas (LAWLEY; LEWIS; OSTENDORF, 2011; LIMA; CESTARO, 2010).

## Metodologia

### Área de Estudo

A APA do Cariri possui uma área total de 18.560 hectares abrangendo parcelas de três municípios localizados na região intermediária e imediata de Campina Grande (IBGE, 2017), que são os municípios de Boa Vista, Cabaceiras e São João do Cariri (Figura 1).

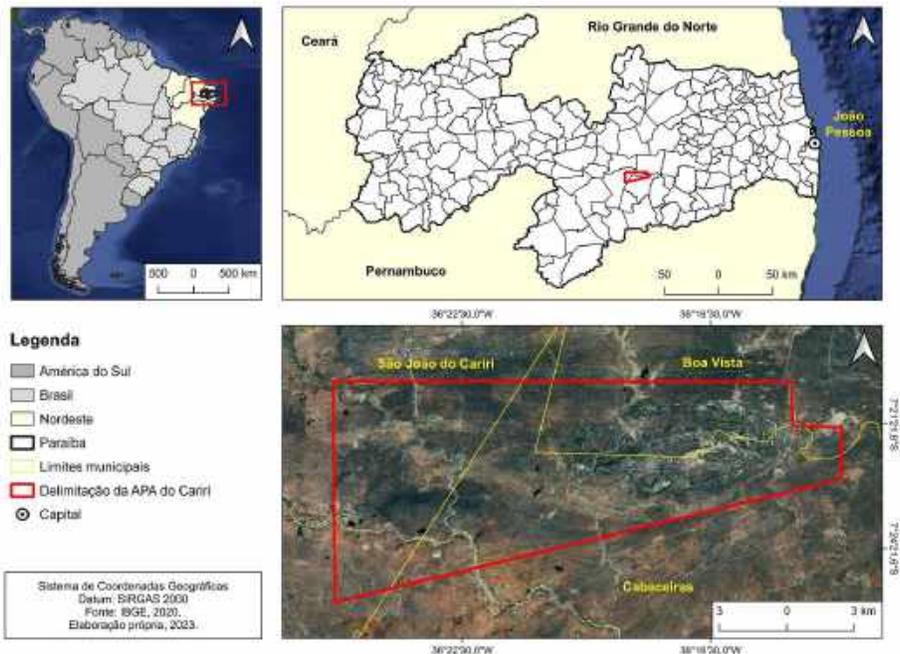


Figura 1 – Localização da área de estudo.  
Fonte: IBGE (2020).

A principal atividade econômica dos três municípios é a agricultura familiar, sendo que a maior parte dos pequenos agricultores não possuem máquinas e não utilizam técnicas como correção de solos, irrigação, que, por sua vez, devido à ausência de assistência técnica rural, limitam a produção. O perfil do produtor é de agricultores com mais de 55 anos de idade, o que corresponde a mais de 40% do total de produtores rurais, sendo 80% homens e 20% mulheres (IBGE, 2017).

No que tange às questões geomorfológicas da APA Cariri, Xavier *et al.* (2022) realizaram uma compartimentação do relevo e verificaram uma forte relação com o embasamento geológico. Predominam superfícies aplainadas e de colinas amplas suaves, ambas desenvolvidas sobre rochas do complexo metamórfico indiferenciado. Os relevos de maior amplitude foram classificados como morros e serras que se configuram como relevos residuais sustentados por rochas graníticas do Ciclo Brasileiro.

Uma das feições presentes na APA é o Plúton Bravo. Para Lages *et al.* (2013) esse Plúton é um corpo ígneo neoproterozoico, composto por mozogranitos e granodioritos, que apresenta granulação grossa, expondo um material (magma) misto, no corpo rochoso. Os autores supracitados destacam que o Plúton originou-se a 580 milhões de anos, tendo sido aflorado durante o soerguimento regional do Planalto da Borborema no Cenozoico.

O clima local é semiárido quente e seco, com chuvas escassas e irregulares, e temperaturas médias anuais elevadas, entre 25 e 27°C (LIMA; ALMEIDA, 2017). A pluviometria média anual histórica é de 490 mm em Boa Vista, 445 mm em São João do Cariri, e 390 mm em Cabaceiras (LIMA; ALMEIDA, 2017). Os rios presentes na APA são em sua maioria efêmeros, tendo poucos canais intermitentes, como o Taperoá, o Boa Vista e o Soledade.

No inventário florístico realizado por Guimarães *et al.* (2022) no lajedo da Sambaíba, dentro do Plúton Bravo, foram identificadas 80 espécies, que se dividem em quatro estratos. O primeiro estrato arbóreo-arbustivo compreende o equivalente a 45 espécies como, por exemplo: *Caesalpinia pyramidalis* Tul., *Ziziphus joazeiro* Mart. *Erythrina velutina* Willd. O segundo extrato de trepadeiras e lianas 11 espécies, sendo identificadas espécies como *Cissus verticillata* (L.) Nicolson & C.E. Jarvis, *Fridericia dichotoma* (Jacq.) L.G.Lohmann, *Cissus decídua* Lombardi. No terceiro extrato bromeliáceas e cactáceas 10 espécies, como exemplo: *Bromelia laciniosa* Mart. ex Schult. & Schult.f. *Tacinga inamoena* (K.Schum.) N.P.Taylor & Stuppy *Pilosocereus gounellei* (F.A.C.Weber) Byles & Rowley e o quarto e último as herbáceas a 14 como, por exemplo: *Cyperus surinamensis* Rottb., *Oxalis divaricata* Mart. ex Zucc, *Portulaca oleracea* L.

### *Procedimentos Metodológicos*

Os procedimentos metodológicos foram realizados em algumas etapas, sendo elas: levantamento bibliográfico, elaboração do mapa de uso e cobertura do solo, classificação das zonas e trabalhos de campo de validação.

O levantamento bibliográfico deu ênfase na política de áreas protegidas no Brasil; bioma Caatinga; gestão da biodiversidade; plano de manejo e zoneamento ambiental em unidades de conservação.

A elaboração do mapa de uso e cobertura do solo se deu a partir de imagens adquiridas pelos satélites *WorldView 2* e *3*, com datas de 19/10/2016 e 30/12/2016, as imagens possuem resolução espacial de 70 centímetros com projeção UTM/SIRGAS 2000. Para a confecção do mapa, foi utilizado o método da Classificação Supervisionada por Máxima Verossimilhança (MAXVER), que considera a ponderação das distâncias entre as médias dos valores dos pixels das classes, através de parâmetros estatísticos (ROSA e BRITO, 2013). Foram realizadas, ainda, campanhas de coleta de dados em campo para auxiliar na classificação da imagem e melhor acurácia na definição das classes de uso e ocupação do solo. Para classificação de uso do solo e das zonas foi usado o Sistema Informações Geográficas *ArcGIS 10* (licença acadêmica).

As campanhas de atividades em campo para levantamento de dados primários de solos e vegetação, coleta de amostras espectrais para classificação supervisionada das imagens orbitais e registro fotográfico foram realizadas de forma sistemática para obter uma melhor acurácia das informações.

As principais referências metodológicas usadas para elaborar os critérios de zoneamento da APA do Cariri foram: Roteiro Metodológico para o de Planejamento de Área de Proteção Ambiental (APA), desenvolvido pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA, 2001) e o documento de elaboração de zoneamento da APA de Tambaba, localizada no litoral sul do Estado da Paraíba, desenvolvido em 2017 pela SUDEMA. A escolha do último documento se deu em decorrência do órgão gestor de meio ambiente do Estado da Paraíba ter desenvolvido uma proposta passível de ser replicada em outros contextos socioambientais, auxiliando, assim, na elaboração do zoneamento da APA do Cariri aqui apresentado.

O zoneamento permite o controle seletivo de atividades em diferentes áreas e estabelece núcleos de áreas para conservação, como as zonas de santuário ecológico, onde os usos que perturbam o meio são proibidos. Nesse aspecto, o zoneamento é entendido como uma ferramenta com capacidade de: aumentar a visitação com um maior nível de segurança em diferentes propostas de uso; permitir isolar áreas para sua recuperação; proteger e dá condições para o repovoamento de peixes e outros organismos em áreas próximas aos limites das unidades; e estabelecer o manejo de diferentes usos.

A proposta desenvolvida pelo IBAMA (2001), divide no zoneamento ambiental as áreas em:

1. Áreas de Proteção que enquadram os remanescentes de ecossistemas e paisagens pouco ou nada alterados; os refúgios de fauna ou flora importantes; as configurações geológicas e geomorfológicas especiais; os conjuntos representativos do patrimônio paleontológico, espeleológico, arqueológico e cultural e podem ser subdivididos em: ZP1 – Zona de Proteção Prioritária e ZP2 – Zona de Proteção Especial;
2. Áreas de Conservação: Nessas áreas, condições ambientais já alteradas pelo processo de uso e ocupação do solo apresentam níveis diferenciados de fragilidade, conservação e degradação. Estas, por sua vez, podem ser divididos em: ZC1 – Zona de Conservação Prioritária e ZC2 – Zona de Conservação Especial;

3. Áreas de Ocorrência Ambiental: são áreas de pequena dimensão territorial que apresentam situações físicas e bióticas particulares, ocorrendo de forma dispersa e generalizada em quaisquer das zonas ambientais estabelecidas, seja de proteção ou conservação. São passíveis de enquadramento nesta categoria: 3.1 Áreas de Preservação Permanente – APP, que correspondem a situações enquadradas e definidas pelo Código Florestal e outros instrumentos legais que regulamentam situações específicas, tais como mata de galeria, encostas, manguezais etc.; 3.2 Áreas de Proteção Especial – APE, que correspondem a situações específicas de vulnerabilidade e podem ampliar as ocorrências protegidas pelo Código Florestal. São exemplos dessas ocorrências as manchas isoladas de vegetação natural, cavernas conhecidas, sítios paleontológicos arqueológicos, as lagoas perenes ou temporárias e outras ocorrências isoladas no território da APA.

## Resultados e Discussão

No processo de ocupação das terras, os efeitos de uma relação interativa entre sociedade e natureza dão formas e conteúdos às paisagens. A perda de cobertura de Caatingas mais densas ao longo do tempo é o reflexo da história da ocupação do Cariri e das formas como ela se processou (LIMA, 2012; SOUZA, SOUZA, 2016). As consequências dos impactos ambientais negativos das atividades humanas como fogo, a pecuária extensiva, o sistema agrícola e extrativismo vegetal terminaram gerando mudanças acentuadas nas paisagens (ALVES, NASCIMENTO, SOUZA, 2009; SILVA, SOUZA, 2020; SOUZA, ARTIGAS, LIMA, 2015).

Segundo Souza (2016), na década de 1980 a pecuária volta a ser a atividade econômica dominante no Cariri. Existe assim um aumento do rebanho e da pressão sobre a vegetação, principalmente o caprino que, devido a seus hábitos alimentares, transformaram a herbívora numa característica comum nestas terras (SOUZA, 2008; SOUZA, ARTIGAS, LIMA, 2015). Além disso, existe a introdução de espécies exóticas que são utilizadas como alimento/forragem para o gado, como a palma forrageira (*Oponthus fícus*) de introdução mais antiga na região do Cariri paraibano, e secundariamente a algaroba (*Prosopis juliflora*), junto com o capim-buffel (*Cenchrus ciliaris*), que passaram a dominar espaços ocupados pelos diversos tipos de caatinga (SOUZA, 2008; SOUZA, MENEZES, ARTIGAS, 2015; SOUZA, SOUZA, 2016). Esta condição foi uma constante em toda a área da APA.

A flora foi parcialmente degradada, em função da retirada da cobertura vegetal arbórea, e os dados levantados na pesquisa apontam para a existência de uma área que ocupa 55,40% da APA do Cariri de vegetação de caatinga com porte arbustivo e com pouca densidade, portanto, aberta, refletindo o processo histórico de degradação (Tabela 1).

Tabela 1 – Dados de classe de uso do solo em porcentagem de área.

<b>Classes de uso e ocupação do solo</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Área (%)</b>
Afloramento Rochoso	5,09	3,28
Agropecuária	9,43	6,08
Avicultura	0,27	0,18
Caatinga Arbórea	0,13	0,09
Caatinga Arbórea Arbustiva Aberta	7,26	4,68
Caatinga Arbórea Arbustiva Fechada	2,65	1,71
Caatinga Arbustiva Aberta	85,96	55,40
Caatinga Arbustiva Fechada	17,93	11,56
Comunidades Agrícolas	0,64	0,41
Estradas	0,19	0,12
Hidrografia	4,52	2,91
Lagoa temporária	0,29	0,19
Mata de Galeria	3,63	2,34
Mineração	1,17	0,75
Nuvem e sombra de nuvem	5,01	3,23
Silvicultura (algaroba)	4,96	3,19
Solo exporto	5,99	3,86
Turismo	0,02	0,01

Quanto à distribuição dos usos, podemos observar a partir da leitura do mapa de uso e cobertura do solo (Figura 2) uma maior concentração de áreas com vegetação de Caatinga arbórea arbustiva fechada, sobretudo em superfícies de relevo mais movimentado como os morros, serras, com altimetrias superiores a 600m de altitude e entorno de afloramento rochosos, com altimetria baixas inferiores a 300m de altitude, como pode ser observado na Figura 3.

Esses locais, quando associados a um regime bioclimáticos mesófilo subúmido (PORTO DE LIMA *et al.*, 2022) ou condições similares mais úmidas, podem ser considerados refúgios (AB'SABER, 2003; KEPPEL *et al.*, 2012; LUNGUINHO, 2018), em meio a uma vegetação estacional decídua de Caatinga (Figura 4E). Segundo Prado (2003) esses ambientes (refúgios) tiveram origem no período do Quaternário tardio, entre 200.000 e 10.000 anos BP, época em que o clima da Terra era determinado por glaciações severas. Na APA são consideradas as áreas onde foi localizada a vegetação de caatinga arbórea, associadas a espécies de Mata Atlântica, além de estrutura de solo e condições de clima local característicos (LUNGUINHO, 2018).

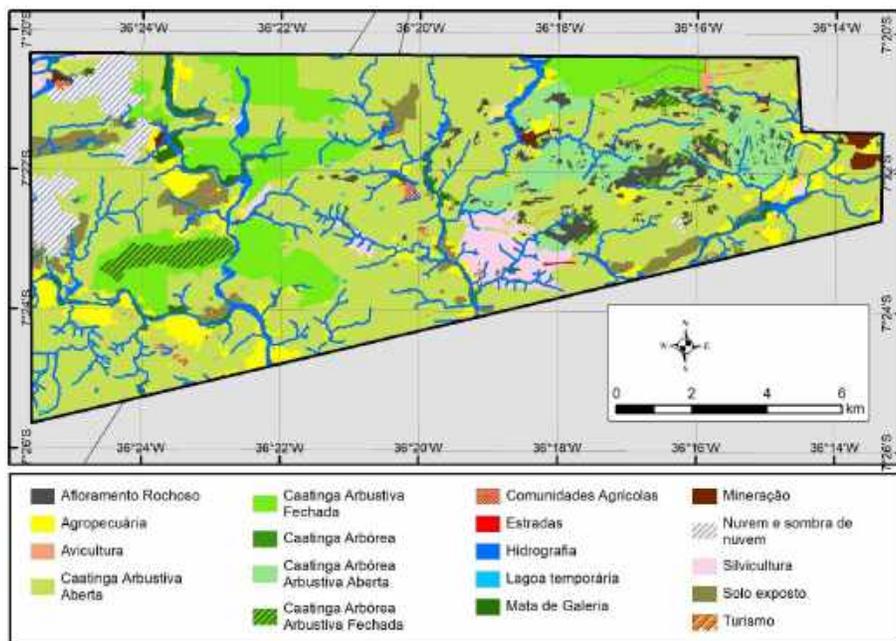


Figura 2 – Mapa de uso e ocupação da APA do Cariri.

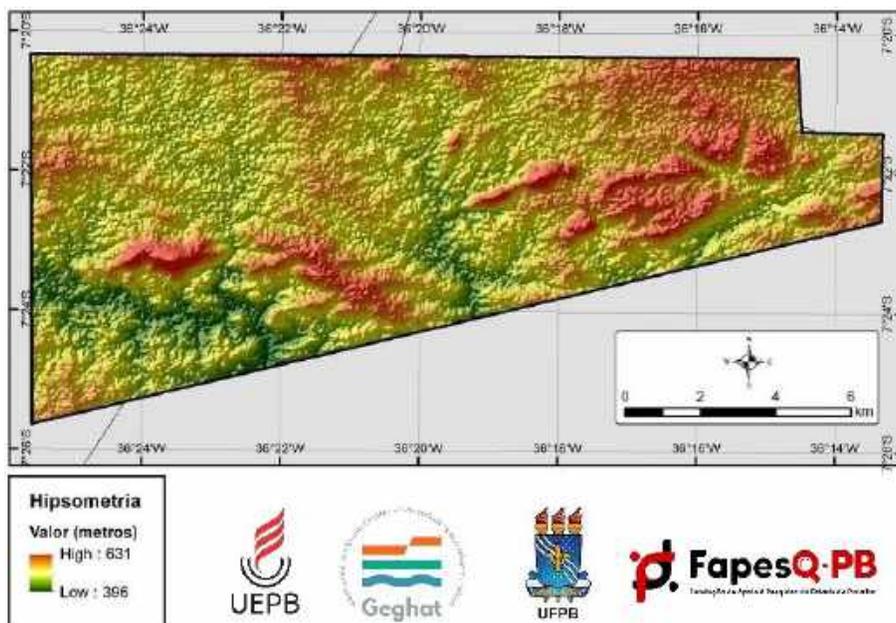


Figura 3 – Mapa hipsométrico APA do Cariri.

A vegetação de Caatinga degradada consideradas as arbustivas abertas e fechadas que ocupam mais de 60% de toda a APA, encontram-se nas áreas com superfícies planas e levemente onduladas na porção central das bacias (Figura 4C e 4D), onde são desenvolvidas atividades econômicas tais como agricultura e criação de caprinos, bovinos, aves e onde existem os aglomerados urbanos (Figura 4A). É importante mencionar que a mineração para extração do minério bentonita (LAGES *et al.*, 2018) é uma atividade presente na APA e mesmo cobrindo uma porcentagem pequena do território, a mesma acarreta um forte impacto ambiental, por isso, a regulação e fiscalização do uso deve ser frequente por parte dos órgãos ambientais. Os impactos extrapolam a área de exploração mineral, visto que o tráfego de veículos das empresas mineradoras é uma grande ameaça para fauna local.



Figura 4 – Exemplos de uso e ocupação do solo na área da APA do Cariri paraibano. 4A – Agropecuária, 2017; 4B – Solo exposto, 2018; 4C – Caatinga arbustiva aberta, 2016; 4D – Caatinga arbustiva fechada, 2020; 4E – Caatinga arbórea, 2018; 4F – Caatinga aberta e mata galeria, 2020.

Fotos: Acervo dos autores.

Nessas áreas mais degradadas é importante desenvolver uma proposta de recuperação e propor ideias semelhantes ao que Hildenbrand (1993) descreve como paisagem de qualidade para o desenvolvimento rural na Andalucía na Espanha. Para ele:

Entendemos por calidad de paisaje los valores estético-visuales que residen en la manifestación formal o fisonómica del territorio, sin perder de vista, por ello, los otros valores (ecológicos, culturales, etc.) que se suelen atribuir al concepto del paisaje (HILDENBRAND, 1993, p. 43).

Também nota-se que as áreas em melhor estado de conservação estão localizadas próximos dos cursos d'água (Figura 4F) e dos afloramentos rochosos, onde a porção oeste encontra-se em melhor estado de conservação que a porção leste.

Na área de ocorrência da Caatinga no Estado da Paraíba, segundo dados levantados em sítios eletrônicos do Ministério do Meio Ambiente e SUDEMA, existe hoje uma UC de gestão federal criada em 2023, porém grande parte das UCs são de gestão estadual e a maioria não possui plano de manejo. Esse dado é preocupante, visto que são crescentes as ameaças de desmatamento da Caatinga no Estado da Paraíba, mas, sobretudo, no alto curso do rio Paraíba em decorrência da transposição do rio São Francisco, que provavelmente atrairá indústrias vinculadas a produção de grãos e fruticultura irrigada, o agrohidronegócio (ALVES, LIMA, FARIAS, 2012; CASTRO, 2011). Essa situação mostra a extrema necessidade de fortalecer e consolidar as UCs criadas, estabelecendo estratégias que assegurem a conservação da biodiversidade.

Na área da APA foram mapeadas zonas com solo exposto, cobrindo cerca de 6% do total da APA (Figura 4B). Estas áreas possuem uma forte propensão ao processo de desertificação (SOUZA, ARTIGAS, LIMA, 2015; SOUZA, SUERTEGARAY, LIMA, 2009). A desertificação é reconhecida como uma das principais ameaças a zonas de clima seco, árido e semiárido em todo mundo (CHERLET *et al.*, 2018). No Brasil, esse fenômeno tem atingido especialmente o bioma Caatinga, e é um processo que para Whitford (1995) vem desencadeando sérias mudanças na estrutura de comunidades de plantas, sendo possível observar o pouco desenvolvimento estrutural dos indivíduos, que não ultrapassam o porte arbustivo, a não ocorrência de espécies herbáceas, além da ocorrência de espécies pioneiras e de relativa resistência à antropização, o que faz com que colonizem ambientes submetidos a diferentes pressões antrópicas (SOUZA, MENEZES, ARTIGAS, 2015). As espécies pioneiras mais comuns na Caatinga paraibana são: *Croton sonderianus* (Marmeleiro), *Piptadenia stipulacea* (Jurema Branca) e *Poincianella pyramidallis* (Catingueira), segundo dados obtidos por Lima (2012).

O mapa da Figura 5 especifica a existência de quatro zonas, sendo que uma delas está destinada na Zona de Área de Proteção Permanente. As Áreas de Preservação Permanente (APP), na metodologia proposta pelo IBAMA, são consideradas Áreas de Ocorrência Ambiental além da Área de Interesse Especial. As APPs nesta classificação são áreas em situações físicas e bióticas que ocorrem de forma dispersa em quaisquer das zonas estabelecidas e que, devido às peculiaridades, requerem normatização específica em relação às demais existentes em outras zonas. As APPs são aquelas que possuem uma cobertura vegetal de preservação permanente, conforme estabelece a

Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, ou outras que vierem a ser declaradas para a mesma finalidade.

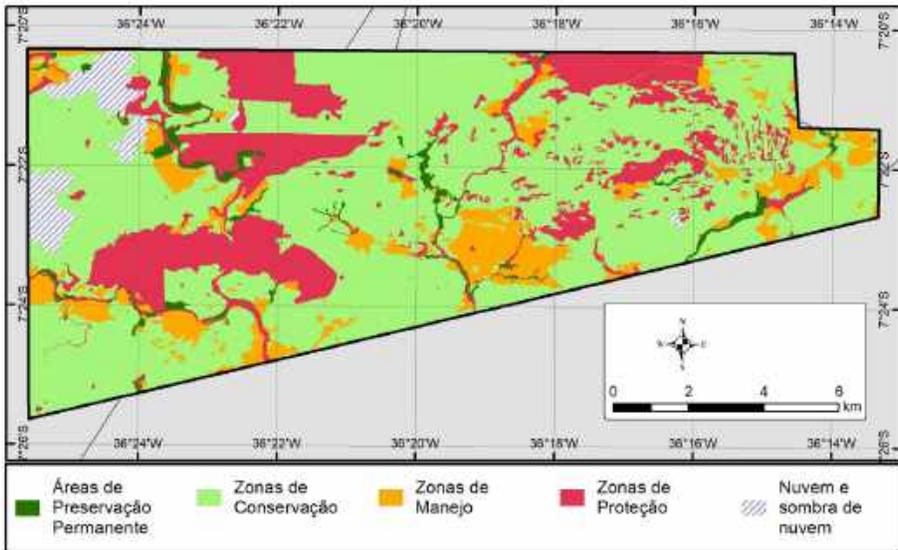


Figura 5 – Proposta de Zoneamento da APA do Cariri.

Outro aspecto importante descrito na metodologia proposta pela SUDEMA (2017) é que essas áreas buscam interligar os fragmentos vegetais, contribuindo para o fluxo gênico, presentes nos corredores ecológicos da Zona de Preservação Permanente, que possibilitam o fluxo de genes e o movimento da biota, facilitando a dispersão de espécies e a recolonização de áreas degradadas, bem como a manutenção de populações que demandam para sua sobrevivência áreas com extensão maior do que aquelas das unidades individuais.

As APPs indicadas na APA do Cariri são, sobretudo, as áreas de afloramento de rocha e matas galerias presentes nas margens das redes de drenagem, sendo esses corredores ecológicos e reservas legais que devem ser priorizados nos processos de restauração realizados dentro da APA, conforme já foi indicado por Lunguinho (2018). O topo dos afloramentos rochosos, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25° são considerados pelo Código Florestal (Lei nº 12.651/2012) APPs, com o objetivo de facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

As Zonas de Conservação (ZC) foram definidas como áreas de relevante valor para a ecologia da paisagem, destinadas à preservação da diversidade local da flora e fauna, bem como dos recursos hídricos e belezas cênicas. As áreas com cobertura vegetal em estágio médio de regeneração, classificadas de acordo com a Lei nº 12.651/2012, inclusive as áreas em que foram encontradas espécies ameaçadas de extinção, foram destinadas a Zona de Preservação Permanente.

A ZC é destinada ao uso moderado e sustentável dos recursos naturais e pode ser utilizada desde que respeite as normas de usos e não usos propostas nesse plano. O seu objetivo é a preservação dos recursos ecológicos, genéticos e da integridade dos ecossistemas.

São indicações das metodologias usadas que nestes ambientes sejam permitidos os seguintes usos:

- a) A ampliação das áreas de vegetação nativa e formação de corredores ecológicos entre os fragmentos florestais deverão ser incentivadas, para que o manejo favoreça a conservação do solo, da fauna e a proteção dos recursos hídricos;
- b) A admissão do uso moderado e autossustentado da biota, regulado de modo a assegurar a manutenção dos ecossistemas naturais, protegendo os remanescentes de vegetação nativa e outras áreas relevantes;
- c) Os projetos de expansão, duplicação ou construção de novas rodovias devem prever a restauração florestal com monitoramento mínimo de cinco anos e a instalação de dispositivos para passagem de fauna, inclusive para grandes mamíferos, também com monitoramento mínimo de cinco anos;
- d) Manter preservadas ao máximo as áreas com remanescentes de vegetação nativa, admitida a supressão mediante estudo prévio a ser avaliado pelo Órgão Gestor da APA;
- e) Nas áreas aonde vierem a existir intervenções: fica determinado, contudo, que os projetos para implantação dos usos permitidos para ocupação, utilizem da vegetação existente, aproveitando-a como parte das áreas verdes comuns com integração aos projetos paisagísticos ou área de reserva legal, baseado nas leis da norma "a)", citada anteriormente. Especificamente, caso seja identificada de modo localizado a presença de vegetação com espécie rara ou em extinção e que esteja apresentando sinais de degradação ou vulnerabilidade em consequência da pressão antrópica local, poderão de modo excepcional visando sua preservação ser adotadas medidas compensatórias;
- f) No processo de licenciamento de empreendimentos novos, os estudos deverão avaliar o grau de comprometimento da conectividade dos fragmentos de vegetação nativa e da existência de corredores ecológicos;
- g) O turismo de observação e aventura, como: passeios ciclísticos e caminhadas;
- h) O estímulo dos sistemas alternativos de tratamento de esgotos, desde que homologados pelos órgãos de meio ambiente;
- i) A pesquisa científica de qualquer tipo desde que autorizados pelo Órgão Gestor da APA;

São proibidos:

- a) Depositar quaisquer resíduos poluentes como efluentes urbanos ou industriais não tratados sem a devida autorização do órgão ambiental;
- b) Praticar esportes motorizados que possam causar danos à vegetação nativa e criar processos erosivos. A administração da APA do Cariri poderá autorizar locais específicos para a prática do esporte ou eventos esportivos, após avaliação técnica da proposta;

- c) Realizar o parcelamento de solo urbano e rural sem a devida autorização do Órgão Gestor e fora dos padrões estabelecidos pela adoção dos indicadores urbanísticos, definidos neste Plano;
- d) A instalação de aterros sanitários, lixões e qualquer outro tipo de depósito de resíduos sólidos;
- e) Atividade ou empreendimento que não esteja sujeita a licenciamento, caso de-seje se instalar na Zona, deverá ocorrer somente com a autorização específica do Órgão Gestor da Unidade de Conservação;
- f) O desmembramento e a má utilização da área destinada ao turismo, bem como sua degradação e desapropriação.

Algumas adaptações foram realizadas na proposta aqui apresentada, uma delas é de não haver na proposta desenvolvida pelo IBAMA uma categoria descrita Zonas de Manejo. Porém, na proposta desenvolvida pela SUDEMA existe a descrição da categoria que o presente estudo considerou relevante adotar em função das características de uso do solo observadas na APA do Cariri.

Por definição desenvolvida pela SUDEMA as Zona de Manejo (ZM) englobam as áreas urbanas e rurais consolidadas e em processo de regularização, mas que contém importância especial para a conservação dos solos e da água e, conseqüentemente, para a conservação da biodiversidade. Podem ser descritas como áreas onde predominam as atividades produtivas sobre matrizes de paisagens antropizadas. Estas, por sua vez, estão presentes na APA, nas mais diferentes atividades econômicas.

O objetivo da área de Zona de Manejo (ZM) é contribuir com a promoção do uso sustentável e com a melhoria da qualidade ambiental urbana e rural. É preciso mencionar que nesta área existe a necessidade, através o plano de manejo, de disciplinar o uso do solo por meio de diretrizes de uso e de ocupação do solo, e das características ambientais, viabilizando a restauração ecológica da ZC, dando prioridade às áreas indicadas no mapa como áreas prioritárias de recuperação. As ações de manejo possuem o propósito de assegurar o uso racional dos recursos da Caatinga. Na ZM, as ocupações serão controladas de acordo com os índices de ocupação e ainda poderão ser permitidas outras ocupações mediante a adoção de parâmetros urbanísticos diferenciados em função das características ambientais da área em questão.

Na Zona de Proteção (ZP) optou-se na pesquisa por usar a nomenclatura proposta pelo IBAMA cuja observação do entendimento jurídico entende que a zona recebe o mesmo tratamento administrativo de controle que uma “situação de preservação permanente” (Código Florestal Art. 2º). Por isso, optou-se por utilizar o termo Zona de Proteção para uma zona ambiental onde predominam políticas com alto nível de restrição ao uso do solo, tolerando-se uso existentes compatíveis e promovendo-se atividades de interesse ambiental. A ZP tem como objetivo proteger os remanescentes dos ecossistemas e paisagens pouco ou nada alterados ou com alterações pouco significativas, além das áreas que possuam configurações geológicas/geomorfológicas especiais, áreas com cobertura vegetal natural remanescentes dos ecossistemas locais, os refúgios de fauna, e os conjuntos representativos do patrimônio arqueológico e paleontológico, espeleológico e cultural.

Alguns dos critérios de normas e usos no zoneamento descritas para a ZP são de realização de estudos e pesquisas científicas e atividades de monitoramento e fiscalização que não comprometam a integridade ambiental, como: instalação provisória de equipamentos e infraestrutura para o desenvolvimento de projetos para recuperação induzida da área, que devem ser retirados após o término da atividade; e praticar caminhadas ecológicas de baixo impacto por locais previamente autorizados pelo Órgão Gestor da APA para tal fim, após avaliação técnica das propostas. Fica proibido supressão da vegetação existente a fim de manter equilibrados os processos ecológicos existentes na ZP, e de garantir a qualidade dos recursos hídricos e a saúde do solo da APA. Não são permitidas modificações no ambiente natural que possam comprometer a integridade dos recursos naturais da ZP, entre outras regras.

A síntese da proposta descrita da Tabela 2, mostra que cerca de 63,96% da área da APA do Cariri está destinada a Zona de Conservação em que estão inseridas:

- Zona de Conservação Prioritária Caatinga Arbórea Arbustiva Aberta (ZCPCAAA);
- Zona de Conservação Prioritária Caatinga Arbustiva Aberta (ZCPCAA);
- Zona de Conservação Especial Turismo (ZCET).

Na APA do Cariri existem zonas usadas com maior intensidade para o desenvolvimento do turismo como também para produção cinematográfica, podendo ser citados locais como o Lajedo do Pai Mateus para locação de filmes como, por exemplo, *Cinema, Aspirinas e Urubus*, do diretor Marcelo Gomes e *O Auto da Compadecida*, do diretor Guel Arraes. Para o geoturismo, a referência é o Lajedo da Salambaia (SOUZA *et al.*, 2022). Ressalta-se o desenvolvimento de estudos para criação do Geoparque Cariri (LAGES *et al.*, 2018). Neste sentido, a ZCET com indicação presente no zoneamento, apresenta orientações para a ordenação de uso das zonas de conservação.

A Área de Preservação Permanente corresponde a cerca de 2,34% da APA, sendo descrita como: Área de Preservação Permanente Mata Galeria.

Tabela 2 – Valores das áreas destinadas às zonas específicas na APA do Cariri.

Zonas	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)
Áreas de Preservação Permanente – APP	3,63	2,34
Zonas de Manejo – ZM	16,66	10,74
Zonas de Proteção – ZP	30,62	19,74
Nuvem e sombra de nuvem	5,01	3,23
Zonas de Conservação – ZC	99,23	63,96
<b>Total</b>	<b>155,15</b>	<b>100</b>

As Zonas de Manejo estão distribuídas por cerca de 10,74% do total da área da APA, sendo elas:

- Zona de Manejo Agropecuária (ZMAGRO);
- Zona de Manejo Avicultura (ZMA);

- Zona de Manejo Silvicultura (ZMS);
- Zona de Manejo Mineração (ZMM);
- Zona de Manejo Comunidades Rurais (ZMC);
- Zona de Manejo Estradas (ZME).

Por fim, as Zonas de Proteção somam 19,74% da APA do Cariri, sendo elas:

- Zonas de Proteção Especial Afloramentos de Rochas (ZPEAF);
- Zonas de Proteção Especial Caatinga Arbórea Arbustiva Fechada (ZPECAAF);
- Zona de Proteção Prioritária Caatinga Arbórea (ZPPCA);
- Zona de Proteção Especial Caatinga Arbustiva Fechada (ZPECAF);
- Zona de Proteção Especial Hidrografia (ZPEH);
- Zonas de Proteção Especial Lagoas Temporárias (ZPELT).

A proposta de zoneamento ambiental da APA do Cariri possui o intuito de colaborar com o órgão gestor de meio ambiente do Estado da Paraíba no desenvolvimento do plano de manejo e do zoneamento ambiental, sendo este documento um aporte importante de pesquisa e informações.

## Considerações Finais

A APA do Cariri está inserida na realidade descrita anteriormente. A ausência de uma gestão efetiva possibilita usos inadequados do solo, que geram impactos ambientais, ameaçando a biodiversidade. Conforme foi citado ao longo do artigo, a APA possui biodiversidade relevante, afloramentos rochosos que possibilitam o desenvolvimento de ecossistemas únicos, belezas cênicas que são conhecidas nacional e internacionalmente, mas que constantemente sofrem pressões e ameaças pela falta de gestão.

Neste sentido, a pesquisa realizada e os resultados apresentados podem ser uma base para o desenvolvimento dos instrumentos necessários para efetividade da UC. O zoneamento ambiental, Lei n. 6.938/1981 (art. 9º, inc. II) visa a subsidiar e auxiliar os processos de planejamento e de ordenamento do uso e da ocupação do território. Na proposta de zoneamento aqui realizada, entende-se que a maior área da APA deve ser destinada a Zona de Conservação em que são permitidos usos moderados e sustentáveis dos recursos naturais.

A menor zona está destinada a Áreas de Preservação Permanente, considerando, sobretudo, a vegetação de mata ciliar. No entanto, conhecendo a realidade local, as matas ciliares de Caatinga nativa foram praticamente dizimadas e substituídas por espécies exóticas e invasoras, evidenciando a necessidade de haver uma regeneração deste ambiente. Essas áreas também são utilizadas para extração mineral de areia que impactam ambientalmente a UC. No entanto, é preciso considerar as particularidades socioeconômicas do lugar, entender as simbologias culturais de uso do solo existentes, caso contrário há uma probabilidade maior de aumentar os conflitos em decorrência das incompatibilidades de usos.

## Referências Bibliográficas

AB'SABER, A. *Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas*. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

ALVES, T. L. B.; LIMA, V. L. A.; FARIAS, A. A. Impactos ambientais no rio Paraíba na área do município de Caraúbas – PB: região contemplada pela integração com a bacia hidrográfica do Rio São Francisco. *Caminhos de Geografia*, v. 13, n. 43, p. 160-173, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.14393/RCG134316758>. Acesso em: 9 maio 2023.

ALVES, J. J. A.; NASCIMENTO, S. S.; SOUZA, E. N. Núcleos de desertificação no estado da Paraíba. *RA'EGA*, n. 17, p. 139-152, 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v17i0.12314>. Acesso em: 12 ago. 2022.

BRASIL. *Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981*. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1980-1987/lei-6938-31-agosto-1981-366135-publicacaooriginal-1-pl.html>. Acesso em: 25 ago. 2020.

CASTRO, C. N. *Impactos do projeto de transposição do Rio São Francisco na agricultura irrigada no Nordeste Setentrional*. Texto para Discussão, nº 1573, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brasília, 2011, 35p. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/1362>. Acesso em: 9 maio 2023.

CHERLET, M.; HUTCHINSON, C.; REYNOLDS, J.; HILL, J.; SOMMER, S.; VON MALTITZ, G. (eds.) *World Atlas of Desertification*. 3rd ed. Publication Office of the European Union, Luxembourg, 2018. Disponível em: <https://wad.jrc.ec.europa.eu/download>. Acesso em: 5 fev. 2022.

CNUC-MMA. Cadastro Nacional de Unidades de Conservação – Ministério do Meio Ambiente. *Plataforma oficial de dados do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza CNUC 1.0*. Disponível em: <https://cnuc.mma.gov.br>. Acesso em: 10 nov. 2022.

CUNHA, S.; COELHO, M. C. Política e gestão ambiental. In: CUNHA, S.; GUERRA, A. (orgs.). *A questão ambiental: diferentes abordagens*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

GUIMARÃES, Y. C. O.; BARBOSA, V. A.; PORTO, V. R. L.; XAVIER, R. A. Influência da sazonalidade climática na valoração da paisagem da caatinga: aplicação da LAMBIOEVA no Lajedo do Bravo – Boa Vista – Paraíba, Brasil. *Revista Espaço e Geografia*, v. 24, n. 2, p. 95-113, 2022. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/espacoegeografia/article/view/40269>. Acesso em: 28 jun. 2023.

GUERRA, A. J. T.; COELHO, M. C. N. *Unidades de conservação: abordagens e características geográficas*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

HILDENBRAND, A. S. Creación, conservación y gestión del paisaje un elemento clave para el Desarrollo rural en Andalucía. *Revista de Estudios Andaluces (REA)*, n. 19, p. 43-52, 1993. Disponível em: <https://doi.org/10.12795/rea.1993.i19.03>. Acesso em: 20 set. 2021.

IBAMA. Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. *Roteiro metodológico para gestão da área de proteção ambiental*. Brasília: IBAMA, 2001. Disponível em: [https://ava.icmbio.gov.br/pluginfile.php/4592/mod\\_data/content/15445/roteiro\\_metodol%C3%B3gico\\_para\\_gest%C3%A3o\\_de\\_%C3%A1rea\\_de\\_prote%C3%A7%C3%A3o\\_ambiental.pdf](https://ava.icmbio.gov.br/pluginfile.php/4592/mod_data/content/15445/roteiro_metodol%C3%B3gico_para_gest%C3%A3o_de_%C3%A1rea_de_prote%C3%A7%C3%A3o_ambiental.pdf). Acesso em: 03 fev. 2023.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Diretoria de Geociências. Organização do território, malha territoriais, malhas municipais: versão 2020*. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>. Acesso em: 10 out. 2022.

\_\_\_\_\_. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Divisão Regional do Brasil em Regiões Geográficas Imediatas e Regiões Geográficas Intermediárias*: 2017. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/divisao-regional/15778-divisoes-regionais-do-brasil.html>. Acesso em: 28 jun. 2023.

KEPPEL, G.; VAN NIEL, K. P.; WARDELL-JOHNSON, G. W.; YATES, C. J.; BYRNE, M.; MUCINA, L.; SCHUT, A. G. T.; HOPPER, S. D.; FRANKLIN, S. E. Refugia: identifying and understanding safe havens for biodiversity under climate change. *Global Ecology and Biogeography*, v. 21, n. 4, p. 393-404, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2011.00686.x>. Acesso em: 13 set. 2022.

LAGES, G. A.; MARINHO, M. S.; NASCIMENTO, M. A. L. do; MEDEIROS, V. C. de; DANTAS, E. L.; FIALHO, D. Mar de Bolas do Lajedo do Pai Mateus, Cabaceiras, PB: Campo de matações graníticas gigantes e registros rupestres de civilização pré-colombiana. In: WINGE, M.; SCHOBENHAUS, C.; SOUZA, C. R. G.; FERNANDES, A. C. S.; BERBERT-BORN, M.; SALLUN FILHO, W.; QUEIROZ, E. T. (orgs.). *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. 1. ed. Brasília: CPRM, v. III, p. 99-112, 2013. Disponível em: <https://sigep.eco.br/sitio068/sitio068.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2019.

\_\_\_\_\_; FERREIRA, R. V.; MENESES, L. F.; NASCIMENTO, M. A. L.; FIALHO, D. *Projeto Geoparque. Geoparque Cariri Paraibano*. CPRM – Serviço Geológico do Brasil. 2018. Disponível em: [https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/20244/3/rli\\_geoparque\\_cariri\\_paraibano.pdf](https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/20244/3/rli_geoparque_cariri_paraibano.pdf). Acesso em: 10 out. 2019.

LAWLEY, E. F.; LEWIS, M. M.; OSTENDORF, B. Environmental zonation across the Australian arid region based on long-term vegetation dynamics. *Journal of Arid Environments*, v. 75, n. 6, p. 576-585, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2011.01.003>. Acesso em: 9 maio 2023.

Valéria Raquel Porto de Lima, Jorge Flávio Casé Braga da Costa Silva,  
Inocencio de Oliveira Borges Neto e Rafael Albuquerque Xavier

LIMA, F. J.; CESTARO, L. A. Considerações sobre zoneamentos como instrumentos de gestão do território. *Revista de Geografia*, v. 27, n. 3, p. 155-168, 2010. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/228791>. Acesso em: 9 maio 2023.

LIMA, V. R. P. *Caracterización biogeográfica del bioma Caatinga en el sector semiárido de la cuenca del Río Paraíba – Noreste de Brasil: Propuesta de Ordenación y Gestión de um medio semiárido tropical*. 2012. 355 f. Tesis (Doctorado en Geografía Física y Análisis Geográfico Regional), Universidad de Sevilla, Sevilla, 2012. Disponível em: <http://www.secheresse.info/spip.php?article33145>. Acesso em: 22 nov. 2022.

LIMA, V. R.; SOUZA, B. I.; CAMRA, R. A. Classificação Bioclimática da Caatinga na Zona Semiárida da Bacia do Rio Paraíba – PB. *Revista Geosul*, v. 37, n. 83. Dossiê de Biogeografia, p. 259-279, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/2177-5230.2022.e8385>. Acesso em: 04 set, 2023.

LIMA, F. S.; ALMEIDA, N. V. Dinâmica espaço-temporal da cobertura vegetal na Área de Proteção Ambiental (APA) do Cariri, Paraíba-PB, Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 10, n. 3, p. 699-721, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.5935/1984-2295.20170046>. Acesso em: 06 ago. 2022.

LUNGUINHO, R. L. *Nos caminhos dos relevos residuais: contribuição à ec hidrologia de encostas no semiárido brasileiro*. 2018. 299 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/13602>. Acesso em: 13 set. 2022.

PARAÍBA. *Decreto N° 25.083, de 08 de junho de 2004*. Cria a Área de Proteção Ambiental do Cariri, no Estado da Paraíba, e dá outras providências. Disponível em: <https://nossosparques.org.br/pt-br/arp/4700>. Acesso em: 28 fev. 2023.

PORTO DE LIMA, V. R.; BARTOLOMEU ISRAEL DE SOUZA, B. I.; CÂMARA, A. R. Classificação Bioclimática da Caatinga na Zona Semiárida da Bacia do Rio Paraíba – PB. *Revista Geosul*, Florianópolis, v. 37, n. 83 – Dossiê de Biogeografia, p. 259-279, out. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/2177-5230.2022.e83852> Acesso em: 16 set. 2023.

PRADO, D. E. As caatingas da América do Sul. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. (orgs.) *Ecologia e conservação da caatinga*. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2003. p. 3-73.

ROSA, R.; BRITO, J. L. S. *Introdução ao geoprocessamento*. UFU: Apostila. Uberlândia, 2013.

SANTOS, N. A.; OLIVEIRA JUNIOR, I.; BORGES, E. F. Análise integrada da paisagem: subsídios para o zoneamento ambiental em Canudos – BA. *Caderno Prudentino de Geo-*

*grafia*, v. 3, n. 43, p. 178-200, 2021. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/7814>. Acesso em: 9 fev. 2023.

SILVA, L. F.; SOUZA, B. I. Fragilidade ambiental na APA das Onças, município de São João do Tigre-PB no semiárido brasileiro. *Continentes*, v. 9, n. 17, p. 120-148, 2020. Disponível em: <https://www.revistacontinentes.com.br/index.php/continentes/article/view/269>. Acesso em: 9 maio 2023.

SOUZA, N. R.; LIMA, V. R.; XAVIER, R. A. Mapeamento e caracterização de trilhas na fazenda salambaia como subsídio ao desenvolvimento do geoturismo e da geoconservação no semiárido paraibano. *Revista da ANPEGE*, v. 18, n. 36, p. 76-97, 2022. Disponível em: <http://doi.org/10.5418/ra2022.v18i36.15922>. Acesso em: 10 abr. 2023.

SOUZA, B. I.; ARTIGAS, C. R.; LIMA, E. R. V. Caatinga e desertificação. *Mercator*, Fortaleza, v. 14, n. 1, p. 131-150, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.4215/RM2015.1401.0009>. Acesso em: 9 maio 2023.

\_\_\_\_\_. *Cariri paraibano: do silêncio do lugar à desertificação*. 2008. 198 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/15275>. Acesso em: 05 nov. 2022.

\_\_\_\_\_; MENEZES, R.; ARTIGAS, R. C. Efeitos da desertificação na composição de espécies do bioma Caatinga, Paraíba/Brasil. *Investigaciones Geográficas – Instituto de Geografía*. Universidad Nacional Autónoma de México, v. 1, p. 45-59, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.14350/rig.44092>. Acesso em: 9 maio 2023.

\_\_\_\_\_; SOUZA, R. S. Processo de ocupação dos Cariris Velhos – PB e efeitos na cobertura vegetal: contribuição à Biogeografia Cultural do semiárido. *Caderno de Geografia*, v. 26, n. 2, p. 229-258, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.5752/p.2318-2962.2016v26nesp2p229>. Acesso em: 9 maio 2023.

\_\_\_\_\_; SUERTEGARAY, D. M. A.; LIMA, E. R. V. Desertificação e seus efeitos na vegetação e solos do Cariri Paraibano. *Mercator – Revista de Geografia da UFC*, v. 8, n. 16, p. 217-232, 2009. Disponível em: <http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/250>. Acesso em: 9 maio 2023.

SUDEMA. Superintendência de Administração do Meio Ambiente. *Unidades de Conservação da Paraíba são destaque na Semana do Meio Ambiente*. João Pessoa: SUDEMA, 2018. Disponível em: <https://sudema.pb.gov.br/noticias/unidades-de-conservacao-da-paraiba-sao-destaque-na-semana-do-meio-ambiente>. Acesso em: 06 jul. 2019.

\_\_\_\_\_. Superintendência de Administração do Meio Ambiente. *Plano de Manejo APA de Tambaba*. João Pessoa: SUDEMA, 2017. Disponível em: <https://sudema.pb.gov.br/unidades-de-conservacao-1/apa-tambaba>. Acesso em: 29 jan. 2022.

Valéria Raquel Porto de Lima, Jorge Flávio Casé Braga da Costa Silva,  
Inocencio de Oliveira Borges Neto e Rafael Albuquerque Xavier

TERBORGH, J.; SCHAIK, C. van. Porque o mundo necessita de parques. In: TERBORGH, J. et al. (orgs.). *Tornando os parques eficientes – estratégias para a conservação da natureza nos trópicos*. Curitiba: UFPR, 2002. 518 p.

WHITFORD, W. G. Desertification: implications and limitations of the ecosystem health metaphor”, en RAPPORT, D. J.; GAUDET, C. L.; CALOW, P. (eds.) *Evaluating and Monitoring the Health of Large-Scale Ecosystems*. v. 1, n. 28, p. 273-292, 1995. Disponível em: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-79464-3\\_17](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-79464-3_17). Acesso em: 07 jun. 2014.

XAVIER, R. A.; SOUZA, B. I.; CARDOSO, E. C. M.; SEABRA, V. S. Padrões de relevo da Área de Proteção Ambiental do Cariri Paraibano: uma contribuição a cartografia geomorfológica semiárida. *Ciência Geográfica*, v. 26, n. 1, p. 34-50, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.18817/26755122.26.01.2022.2866>. Acesso em: 3 jun. 2023.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Paraíba – FAPESQ, por financiar esta pesquisa.

Recebido em: 29/06/2023. Aceito em: 28/10/2023.

# Análise Comparativa entre Mapas Temáticos de Uso e Cobertura da Terra no Litoral Leste do Estado do Rio de Janeiro

## Comparative Analysis between Thematic Maps of Land Use and Land Cover on the East Coast of the State of Rio de Janeiro

Vinicius da Silva Seabra<sup>i</sup>

Universidade do Estado do Rio de Janeiro  
São Gonçalo, Brasil

Evelyn de Castro Porto Costa<sup>ii</sup>

Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Rio de Janeiro, Brasil

Mikaella Pereira dos Santos<sup>iii</sup>

Universidade Federal Fluminense  
Niterói, Brasil

**Resumo:** A disponibilidade de grandes volumes de dados observada nos dias atuais faz com que tenhamos que dobrar a atenção sobre as diferenças entre os mesmos, fazendo sempre uma análise crítica entre seus limites e potencialidades. Neste sentido, este estudo tem a finalidade de realizar uma comparação entre mapeamentos de uso e cobertura da terra realizados a partir de diferentes metodologias e imagens orbitais. Estes mapeamentos temáticos foram produzidos por distintos grupos, o MapBiomass e o DAGEOP, a partir de classificação pixel a pixel por *machine learning* e classificação Geobia, respectivamente. Os principais resultados apontam para uma correspondência de 79,70% entre os mapeamentos, sendo que boa parte das divergências podem ser explicadas por diferentes aspectos, tais como as características das imagens, legendas escolhidas e metodologias adotadas.

**Palavras-chave:** Classificação de Imagens; GEOBIA; *Machine Learning*; Mapbiomas.

---

<sup>i</sup> Professor Associado, Departamento de Geografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro/Faculdade de Formação de Professores (UERJ/FFP). [vinigeobr@yahoo.com.br](mailto:vinigeobr@yahoo.com.br).  
<https://orcid.org/0000-0003-1294-6015>

<sup>ii</sup> Professora Substituta, Departamento de Geografia, UFRJ. [evelynportocosta@yahoo.com.br](mailto:evelynportocosta@yahoo.com.br).  
<https://orcid.org/0000-0001-7648-6949>

<sup>iii</sup> Mestranda em Geografia, POSGEO/UFF. [mikaellasantos.geo@gmail.com](mailto:mikaellasantos.geo@gmail.com).  
<https://orcid.org/0000-0003-1862-5212>

**Abstract:** The availability of large volumes of data observed today means that we must redouble our attention to the differences between them, always making a critical analysis of their limits and potential. In this sense, this study aims to carry out a comparison between land use and land cover mappings carried out from different methodologies and orbital images. These thematic mappings were produced by different groups, MapBiomass and DAGEOP, based on pixel-by-pixel classification by machine learning and Geobia classification, respectively. The main results point to a correspondence of 79.70% between the mappings, and a good part of the divergences can be explained by different aspects, such as the characteristics of the images, chosen subtitles and adopted methodologies.

**Keywords:** Image Classification; GEOBIA; *Machine Learning*; Mapbiomas.

## Introdução

O sensoriamento remoto é uma importante ferramenta para análise de fenômenos naturais e antrópicos, de diferentes escalas espaciais ou temporais. Um dos produtos do sensoriamento remoto muito adotado para as observações terrestres são as imagens digitais. Essas imagens são representações matemáticas da energia eletromagnética refletida ou emitida pela superfície da Terra, que podem ser processadas para produzir informações sobre o uso da terra, vegetação, recursos hídricos, entre outros aspectos (JENSEN, 2009).

Câmara (2020) aponta que as imagens orbitais são a fonte mais abrangente de dados sobre nosso ambiente, pois elas fornecem informações essenciais para responder aos desafios globais. Ferreira *et al.* (2020) afirma que, atualmente, os pesquisadores têm livre acesso a um número sem precedentes de imagens de sensoriamento remoto coletadas por diferentes satélites e sensores com distintas resoluções espacial, temporal e espectral.

Essa grande diversidade de dados permite que diferentes mapeamentos temáticos sejam realizados, em escalas espaciais e temporais diferentes, a partir de resoluções diversas. A possibilidade de acesso a diferentes imagens de satélite permite que sejam realizados distintos levantamentos terrestres, bem como a produção de mapeamentos temáticos de uso e cobertura da terra.

Algumas das mais difundidas iniciativas, em se tratando de sensores orbitais, é a série Landsat, promovida pela Agência Espacial Americana (NASA) e a Sentinel, promovida pela Agência Espacial Europeia (ESA). Ambas são altamente popularizadas para estudos e pesquisas científicas, pois, além de atenderem muito bem estudos de mesoescala (ex: 1:100.000), são disponibilizadas de forma gratuita ao público.

Destaca-se que as imagens possuem características diferenciadas, dentre elas, a resolução espacial, que permite obter maior detalhamento a partir do tamanho do pixel. As imagens óticas do sensor MSI do Sentinel, fornecem imagens de resolução espacial que variam de 10, 20 a 30 metros. Enquanto o Landsat possui uma limitação de 30 metros de resolução espacial.

Nesse sentido, esta pesquisa se propõe a analisar mapeamentos de uso e cobertura da terra, resultantes da classificação de imagens digitais, processadas com abordagens

metodológicas diferentes. Ressalta-se ainda que os mapeamentos temáticos foram produzidos por distintos grupos, o MapBiomias e o DAGEOP, a partir de classificação pixel a pixel por *machine learning* e classificação Geobia, respectivamente.

Segundo Rosa *et al.* (2019), o MapBiomias é uma iniciativa de monitoramento, criada em 2015, envolvendo universidades, ONGs e empresas de tecnologia, que promove o mapeamento anual de cobertura e uso da terra do Brasil nas últimas três décadas. A estratégia de mapeamento inclui o uso dos mais avançados métodos de processamento, tecnologia e *big data* disponíveis (série temporal Landsat), fornecidos pelo Google Earth Engine.

Os mapeamentos desta iniciativa são apresentados em coleções, para esta pesquisa foi adotada a coleção 7 do MapBiomias, que adota séries temporais de Landsat, com resolução espacial de 30 metros, para a elaboração de mapeamentos de uso e cobertura da terra de todo o território brasileiro, através do uso de algoritmos de aprendizado de máquina.

O grupo de pesquisas Dinâmicas Ambientais e Geoprocessamento da Faculdade de Formação de Professores da UERJ (DAGEOP-FFP) é um grupo que desenvolve pesquisas no âmbito da área da geoinformação no território do Estado do Rio de Janeiro. Este grupo faz uso de metodologias e técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, para realização de mapeamentos do Litoral Leste do Estado do Rio de Janeiro (LLERJ), área de grande relevância econômica e ambiental do território fluminense.

Dentre os trabalhos de relevância desenvolvido pelo DAGEOP na área de estudos podemos destacar, entre os mais recentes, os publicados por Augusto *et al.* (2022), Costa *et al.* (2022), Costa; Seabra (2021a), Costa, Seabra (2021b), Seabra *et al.* (2023), Seabra *et al.* (2022), Seabra *et al.* (2021), Seabra, Augusto (2018) e Silva *et al.* (2023).

É importante ressaltar a escala espacial dos mapeamentos realizados, enquanto o MapBiomias adota como área de estudos todo o território brasileiro, dividido por biomas, o DAGEOP adota subáreas do estado do Rio de Janeiro. Nesse sentido, a proposta deste artigo é realizar uma comparação entre os mapeamentos e investigar os dados de validação das distintas classificações, assim como validar a partir de suas divergências e correspondências às classes temáticas associadas ao objeto.

As investigações de validação e metodologias de mapeamento são de grande relevância no âmbito das geociências, tendo em vista que permitem avaliar o desempenho das técnicas e dados adotados. Os resultados dessas metodologias podem afetar diretamente nas observações terrestres, pois estas podem comprometer as interpretações e análises espaciais realizadas, se equivocadamente classificadas.

McRoberts (2011) argumenta que, para que a ciência de sensoriamento remoto tenha impacto na política e na tomada de decisões em benefício da Terra e de seus habitantes, as análises baseadas em imagens de satélite devem produzir inferências científicas válidas – mapas que carecem de avaliações baseadas em inferências dos parâmetros de interesse são de pouca utilidade para inferências científicas, essencialmente, podem ser apenas imagens bonitas

Nesse sentido, os mapeamentos de uso e cobertura da terra são de grande relevância para os estudos de fenômenos terrestres, logo, estes dados devem possuir o maior nível de assertividade possível e representar o mundo real de modo monossêmico.

## Área de Estudo

O Litoral Leste do Estado do Rio de Janeiro (LLERJ) é um importante recorte espacial (Figura 1), seja do ponto de vista estratégico, já que está inserido entre importantes áreas de produção de petróleo (Bacia de Campos) e a metrópole do Rio de Janeiro, ou do ponto de vista ambiental, já que abriga diferentes tipos de ecossistemas naturais. Também é relevante destacar que as intervenções causadas pela construção e instalação do Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (COMPERJ) em Itaboraí, atualmente conhecido como Polo GasLub, localizado a noroeste do LLERJ, é outro aspecto que produz efeitos significativos na região.



Figura 1 – Localização do Litoral Leste do Estado do Rio de Janeiro.

Para entender as mudanças destes espaços faz-se necessário a obtenção de dados ambientais capazes de subsidiar a compreensão do funcionamento dos sistemas integrados ao homem e à natureza. Portanto, a utilização do Sensoriamento Remoto e de ferramentas de geoprocessamento permite diagnósticos eficientes, propõe soluções de baixo custo e cria alternativas inteligentes para os desafios enfrentados face às mudanças aceleradas que observamos em nosso território (SAUSEN, 2005).

O LLERJ é composto por dez bacias hidrográficas que estão inseridas em dezenove municípios do estado do Rio de Janeiro, localizados a leste do estado (Figura 2). Ressalta-se que neste recorte se localizam importantes empreendimentos comerciais e uma vasta ocupação urbana que se concentra predominantemente a oeste do LLERJ, nos municípios mais próximos da metrópole. Outros núcleos urbanos encontram-se nos municípios da Região dos Lagos, importante unidade turística do estado do Rio de Janeiro.



geologia foram utilizados na descrição destes objetos. A partir destes descritores, os objetos puderam então ser agrupados em classes temáticas.

A classificação do Mapbiomas foi realizada a partir de processamento em nuvem de imagens da coleção do Landsat, tendo como unidade de interpretação o pixel, que nesta imagem tem uma resolução espacial de 30 metros (30m<sup>2</sup>). Neste processo foram empregados algoritmos de aprendizagem de máquina (*machine learning*) através da plataforma Google Earth Engine e adotado o classificador Random Forest para classificar o uso e cobertura da terra.

Os dados de uso e cobertura de ambas as iniciativas foram sobrepostos por meio do software ArcGis, através da ferramenta *intersect*. A partir desse processamento foi possível comparar os resultados e sua distribuição espacial, permitindo uma análise comparativa entre os mapeamentos.

Para ser possível realizar tais análises foi realizada uma adaptação de legenda, no qual as classes foram adequadas de modo a possuir certa equivalência. Essa etapa foi de suma importância para obter uma análise comparativa adequada.

Assim, foram agrupadas as classes divergentes, ou seja, que não se correspondem, bem como agrupadas as classes convergentes, que se correspondem. Esses dados foram processados por meio de análises estatísticas exploratórias.

## Validação dos Mapeamentos

A presença de erros pode introduzir viés substancial em mapas baseados em sensoriamento remoto (OLOFSSON *et al.*, 2013). Nesse sentido, foi adotada a metodologia denominada AREA 2, que se relaciona à estimativa de área e avaliação de precisão.

O AREA 2 (“área ao quadrado” ou “área dois”), abreviação de *Area Estimation & Accuracy Assessment*, é um aplicativo do Google Earth Engine que fornece suporte abrangente para amostragem e estimativa em uma estrutura de inferência baseada em design (BULLOCK; OLOFSSON, 2018).

Desse aplicativo foi adotado o desenho amostral, ou seja, a escolha das amostras ou também denominado amostragem da validação, sendo escolhida a metodologia de amostragem aleatória estratificada, conforme metodologia do AREA2. Olofsson *et al.* (2013) aponta que esse tipo de estimador é expresso como a soma das médias das amostras aleatórias simples dentro dos estratos ponderadas pelos pesos dos estratos calculados como proporções relativas da população dentro dos estratos.

Nesse sentido, a metodologia considera obter um quantitativo de amostras proporcional ao tamanho da classe no mapeamento, evitando assim estimativas e resultados superestimados. Conforme sugestão da metodologia AREA2, foram adotadas um total de 376 amostras, sendo 188 amostras divergentes e 188 amostras convergentes. Esse quantitativo está associado ao recomendado para cada classe, conforme o sugerido pelo estimador, logo essa proporção considera o percentual de cada classe no mapeamento para que sejam adotadas amostras equivalentes ao tamanho das suas áreas (Tabela 1).

Tabela 1 – Quantidade de amostras de cada classe.

Classes	Amostras (divergente)	Amostras (convergente)	TOTAL
Afloramento Rochoso	9	9	18
Agropasto	20	56	76
Área Úmida	9	9	18
Área Urbana	15	9	24
Areia	9	9	18
Complexo Petroquímico	9	9	18
Corpo Hídrico	9	9	18
Floresta	63	42	105
Mangue	9	9	18
Restinga	9	9	18
Reflorestamento	9	0	9
Salina	9	9	18
Solo Exposto	9	9	18
TOTAL	188	188	376

A etapa de validação foi realizada por meio da verificação das amostras pontuais no software Google Earth Pro. Logo, como verdade terrestre foram consideradas imagens de alta resolução espacial do ano de elaboração dos mapeamentos. Dessa forma, ocorreu uma validação pontual integrada aos dois mapeamentos, pois cada ponto possuía uma correspondência em relação a uma classe do MapBiomas e a uma classe do DAGEOP. Nesse sentido, foi verificado o acerto ou o erro de ambas as classificações, sendo esses dados incorporados em uma matriz de confusão.

Por fim, é importante ressaltar que esta pesquisa foi composta por diferentes etapas metodológicas, dentre elas, a adaptação de legendas dos mapeamentos, análise comparativa e validação (Figura 3).

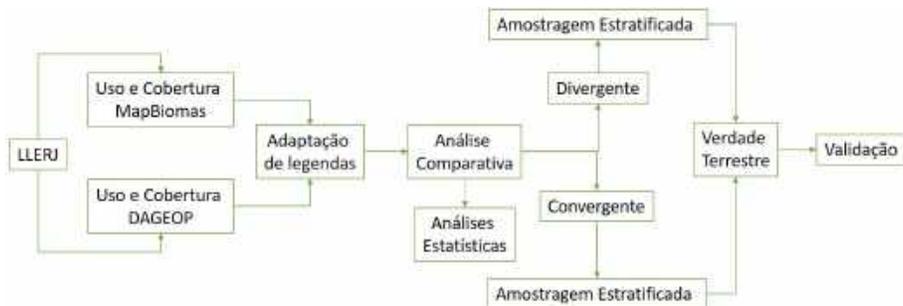


Figura 3 – Fluxograma Metodológico.

## Resultados e Discussões

### *Mapeamentos de Uso e Cobertura da Terra*

O mapeamento de uso e cobertura da terra do DAGEOP 2019 (Figura 4) apresenta 13 classes temáticas e se apresenta de forma bem semelhante ao mapeamento do Map-Biomas (Figura 5), que possui 17 classes temáticas. De modo geral, a distribuição dos mapeamentos se apresenta de forma equivalente, principalmente de modo visual. Com cores equivalentes às classes de mesma correspondência. Chama-se atenção para o fato de o mapeamento do MapBiomas possuir mais classes do que o DAGEOP.

Dentre as classes do LLERJ chama-se atenção para as classes de “Floresta” e “Agropasto”, que se apresentam como as predominantes nos mapas. Além dessas, as classes “Corpo Hídrico”, “Área Úmida” e “Área Urbanizada” se apresentam com presença marcante nas regiões mais costeiras da região.

A partir de análises de sobreposição de camadas de informação em ambiente SIG foram comparados os resultados dos mapeamentos de uso e cobertura da terra do ano de 2019 da coleção do Mapbiomas e do projeto “Análise da paisagem e mudanças de uso e cobertura da terra no litoral leste do estado do Rio de Janeiro”, desenvolvido pelo grupo Dinâmicas Ambientais e Geoprocessamento da Faculdade de Formação de Professores da UERJ (DAGEOP-FFP).

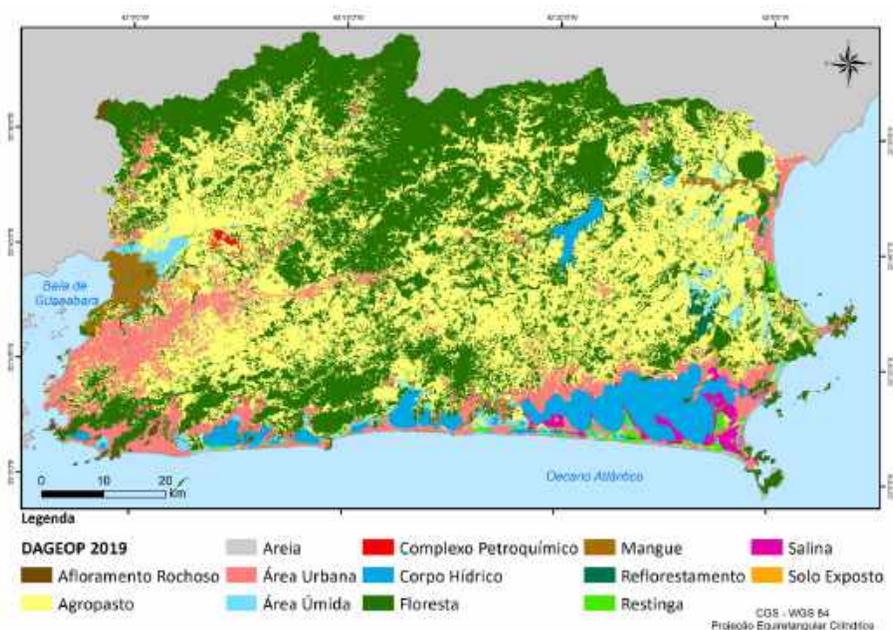


Figura 4 – Mapeamento de uso e cobertura da terra do DAGEOP 2019.

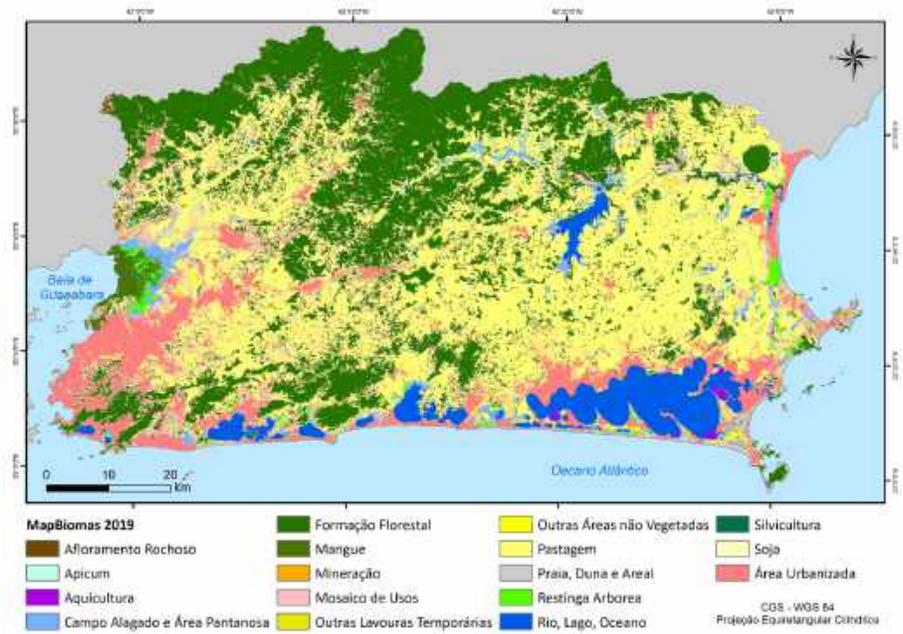


Figura 5. Mapeamento de uso e cobertura da terra do MAPBIOMAS 2019

*Análise Comparativa entre os Mapas Temáticos*

Numa análise ampla, podemos considerar que os resultados dos mapas possuem uma boa correlação, aproximando-se de 80% de similaridade entre as classes (Tabela 2 e Figura 6). No entanto, uma análise detalhada e espacial dos erros permite uma aproximação ainda maior entre estes mapeamentos, já que muitas das divergências são justificadas por diferenças metodológicas e semânticas inerentes a qualquer processo de classificação de imagens.

Tabela 2 – Análise comparativa entre os mapas temáticos de Uso e Cobertura da Terra.

Comparação	Área (km <sup>2</sup> )	Percentual de Área
Convergente	5.099,59	79,70%
Divergente	1.299,07	20,30%

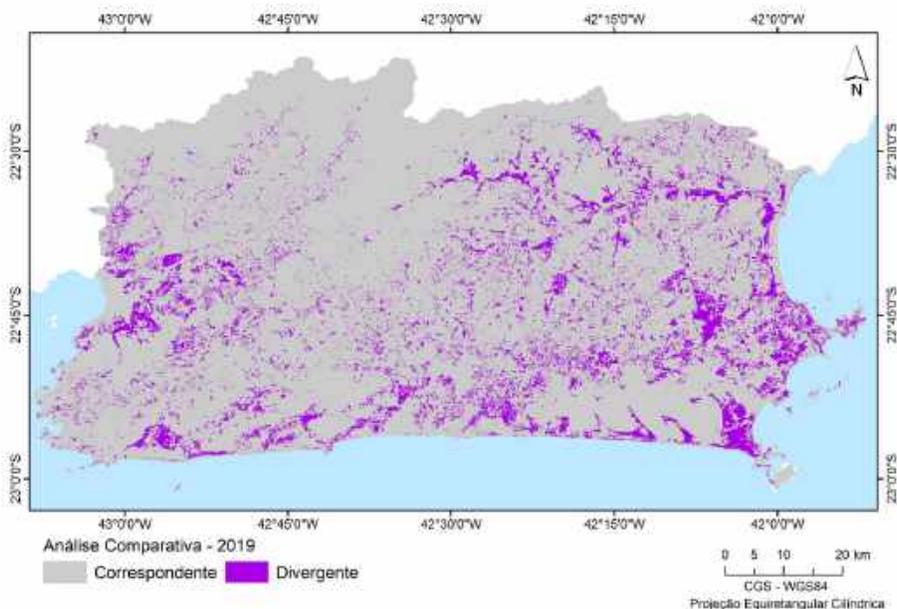


Figura 6 – Distribuição espacial das convergências e divergências entre os mapas de uso e cobertura da terra.

Portanto, objetivou-se realizar a interpretação e discussão das divergências e convergências encontradas nos dois mapas de uso e cobertura da terra (Tabela 2), com apontamentos entre as possíveis causas que justificam a correlação de 79,7% encontrada entre os dois resultados. Esta interpretação pode ser sintetizada nos pontos que apresentamos a seguir:

### *Necessidade de Adaptação das Legendas*

O mapa do Mapbiomas apresentava para o LLERJ uma legenda com 17 classes que precisaram ser agrupadas para as 12 classes do mapa de uso e cobertura da terra mapeados pelo DAGEOP. Neste sentido, a classe “Outras áreas não vegetadas” do Mapbiomas foi convertida para a classe “Agropasto”. Esta adaptação justifica boa parte das divergências encontradas na região da lagoa de Araruama, já que nesta região a classe “Outras áreas não vegetadas” na verdade corresponde às salinas abandonadas, hoje dominadas por vegetação de Casuarinas, fato apresentado e discutido por Costa *et al.* (2022).

Ressalta-se que houve a supressão da classe “Complexo Industrial” do mapeamento realizado pelo DAGEOP, devido à não equivalência desta classe no MapBiomas. Nesse sentido, esta classe foi incorporada à classe de “Área Urbana”. Estas adaptações de legendas podem ser conferidas no Quadro 1:

Quadro 1 – Adaptação de legendas.

<b>Classes MapBiomias (Coleção 7)</b>	<b>Classe DAGEOP</b>
Formação Florestal	Floresta
Mangue	Mangue
Restinga Arborizada	Restinga
Campo Alagado e Área Pantanosa	Área Úmida
Apicum	Área Úmida
Afloramento Rochoso	Afloramento Rochoso
Pastagem	Agropasto
Soja	Agropasto
Outras Lavouras Temporárias	Agropasto
Silvicultura	Reflorestamento
Mosaico de Usos	Agropasto
Praia, Duna e Areal	Areia
Área Urbanizada	Área Urbana
Mineração	Solo Exposto
Outras Áreas não vegetadas	Agropasto
Rio, Lago e Oceano	Água
Aquicultura	Salina

Outra classe do mapa do Mapbiomas alterada foi a “Aquicultura” que, na verdade, corresponde aos marnéis destas mesmas salinas, ativas ou abandonadas. A classe “Mineração” foi convertida para a classe “Solo Exposto”, pois normalmente correspondiam às áreas de saibreiras ou exploração de areia de toda a área. Já a classe de “Apicum”, que teve muito baixa representatividade na área (inferior a 0,5%), foi agregada às áreas de “Mangue”. A classe “Soja” foi também agrupada para “Agropasto”, uma vez que não se observa este tipo de cultivo na região. Esta classe correspondeu, na verdade, a pequenas áreas de cultivo encontradas na bacia dos rios Macacu-Guapiaçu.

A classe “Outras Lavouras Temporárias” do Mapbiomas também foi agregada à classe “Agropasto” do mapa DAGEOP. No entanto, esta classe obteve uma excelente resposta, fato observado ao visualizarmos os polígonos desta classe sobre imagens do sensor MSI do Sentinel2 (2019) e a partir de dados de campo. A legenda final dos mapas corresponde à seguinte descrição:

- **Corpo Hídrico:** lagoas, espelho d'água, rios e lagos artificiais.
- **Área Úmida:** áreas de inundação temporária (não permanente).
- **Área Urbana:** áreas de ocupação urbana ou industriais, caracterizadas como urbano rarefeito, moderado ou intenso
- **Afloramento Rochoso:** exposição natural de uma rocha na superfície.
- **Agropasto:** áreas de agricultura e solos preparados para cultivos, ou vegetação rasteira (gramíneas).
- **Areia:** cordões arenosos e dunas.
- **Floresta:** cobertura arbórea típica de mata atlântica, exceto restingas e mangues.
- **Mangue:** vegetação de mangue e apicum.
- **Reflorestamento:** florestas de eucaliptos.
- **Restinga:** cobertura vegetal em depósitos arenosos.
- **Salina:** área de produção de sal marinho pela evaporação de água salgada. Nesta classe, foram agrupadas salinas úmidas – ativas, em funcionamento – e salinas secas – desativadas, em que não há mais nenhuma atividade de produção.
- **Solo Exposto:** solos preparados para cultivo ou construção civil e mineração.

### *Resultado da Validação dos Mapeamentos*

Como os resultados do mapa de uso e cobertura da terra do DAGEOP foram utilizados por diferentes pesquisas, o processo de validação foi calculado apenas para dois recortes. Santos *et al.* (2020) encontraram índice *kappa* de 79% e exatidão global de 86% na bacia da lagoa de Saquarema, enquanto Costa *et al.* (2019) encontrou 69% de exatidão global na classificação da planície da lagoa de Araruama.

Na coleção 7 do MapBiomias, utilizada neste trabalho, a acurácia global apresentada pelo Mapbiomas foi de 90,1%, 84,4% e 84,3% nos seus diferentes níveis de classificação da legenda (1, 2 e 3, respectivamente).

Em relação a uma validação correlacionada, ou seja, que valida as classes correspondentes e divergentes dos mapeamentos, foi realizada uma amostragem aleatória e estratificada para obter 188 classes de cada classificação. Nesse sentido, as classes divergentes e correspondentes foram submetidas, separadamente, a interface do AREA2, a fim de obter uma amostragem aleatória e estratificada de cada classe do mapeamento.

Como resultados, as 188 amostras divergentes apresentam os erros e os acertos, em valores absolutos e percentuais, para cada classe, em relação ao mapeamento do DAGEOP e do MapBiomias. A partir da análise da Tabela 3, é possível observar que as classes que o DAGEOP mais errou foram as de “Agropasto” e “Corpo Hídrico”. Enquanto as demais classes foram subestimadas pelo mapeamento do MapBiomias, que obteve mais erros do que acertos de modo geral.

Algumas das possibilidades que justificam essas análises se refere a que a classe de “Agropasto” é a classe matriz da área de estudos, tendo em vista que o LLERJ possui um forte predomínio de colinas desmatadas e áreas de pastagem ou agricultura, assim como grande parte do território fluminense. A classe “Corpo Hídrico” pode ter sido confundida

com as classes de “Salina” ou “Área Úmida”, tendo em vista que a depender da época do ano, estas classes podem ser classificadas de modo diferenciado, a depender do seu regime e dinâmica.

Tabela 3 – Resultado da validação das classes divergentes.

Classes Divergentes		Legenda (DAGEOP)				Legenda (MapBiomias)			
		Erro	Acerto	Erro %	Acerto %	Erro	Acerto	Erro %	Acerto %
1	Afloramento Rochoso	1	8	11,1	88,9	8	1	88,9	11,1
2	Agropasto	16	4	80,0	20,0	7	13	35,0	65,0
3	Área Úmida	3	6	33,3	66,7	6	3	66,7	33,3
4	Área Urbana	7	8	46,7	53,3	8	7	53,3	46,7
5	Areia	0	9	0,0	100,0	9	0	100,0	0,0
6	Complexo Petroquímico	0	9	0,0	100,0	9	0	100,0	0,0
7	Corpo Hídrico	5	4	55,6	44,4	3	6	33,3	66,7
8	Floresta	21	42	33,3	66,7	46	17	73,0	27,0
9	Mangue	3	6	33,3	66,7	6	3	66,7	33,3
10	Reflorestamento	4	5	44,4	55,6	5	4	55,6	44,4
11	Restinga	0	9	0,0	100,0	9	0	100,0	0,0
12	Salina	2	7	22,2	77,8	7	2	77,8	22,2
13	Solo Exposto	4	5	44,4	55,6	6	3	66,7	33,3

Em relação às 188 amostras de classificações correspondentes, obtém-se como resultado que a maioria das classes temáticas foram classificadas corretamente, conforme verificado em verdade terrestre, por meio de imagem de alta resolução. Entretanto, apenas as classes de agropasto e solo exposto obtiveram um percentual menor de acerto, alcançando cerca de 3% e 11% de erros, correspondentemente (Tabela 4).

Esses erros podem se atrelar ao fato de que a classe “Agropasto” possui uma vasta possibilidade de classificações, como áreas de pastagem, áreas agrícolas, por exemplo. Essas áreas foram confundidas com áreas de “Salina” e “Área Úmida”, que podem possuir respostas parecidas. Já a classe de “Solo Exposto” está muito remetida a áreas de mineração e preparados para cultivos, que podem ter respostas espectrais semelhantes a classes urbanas, por exemplo.

Tabela 4 – Resultado da validação das classes correspondentes.

Classes Correspondentes	Acerto	Erro	Total de amostras validação	Acerto %	Erro %
Afloramento Rochoso	9	0	9	100,0	0,0
Agropasto	54	2	56	96,4	3,6
Área Úmida	9	0	9	100,0	0,0
Área Urbana	9	0	9	100,0	0,0
Areia	9	0	9	100,0	0,0
Complexo Petroquímico	9	0	9	100,0	0,0
Corpo Hídrico	9	0	9	100,0	0,0
Floresta	42	0	42	100,0	0,0
Mangue	9	0	9	100,0	0,0
Restinga	9	0	9	100,0	0,0
Salina	9	0	9	100,0	0,0
Solo Exposto	8	1	9	88,9	11,1

Ao realizar uma análise da validação comparando as duas classificações, observa-se que ambos acertaram mais de 180 amostras, enquanto ambos erraram menos de 20 amostras. Esse resultado mostra que as classes correspondentes tiveram bom desempenho na validação, e estão de fato equivalentes à verdade terrestre, conforme validado. Já as classes divergentes, apontaram maiores erros para o mapeamento do MapBiomias, que apresentou 113 erros, enquanto o DAGEOP apresentou 67 erros (Figura 7).

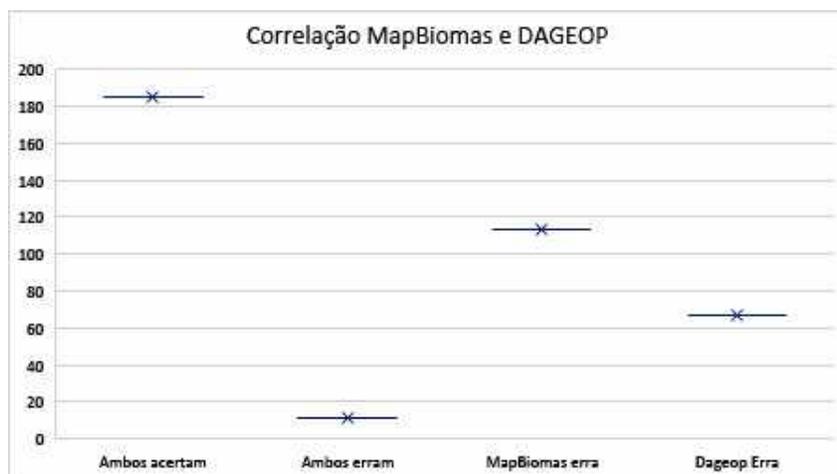


Figura 7 – Resultado sintetizado da validação correlacionada.

### *Análises Espaciais da Comparação*

As diferenças entre as imagens e as metodologias de classificação podem explicar boa parte das divergências entre os quantitativos de fragmentos de “Floresta” e “Agropasto” encontrados no LLERJ, que em termos absolutos representou uma área 594,39 km<sup>2</sup> (Tabela 5). O mapa desenvolvido pelo DAGEOP apresentou maior percentual de área de “Floresta”, com cerca de 31% a mais desta classe, e cerca de 24% a menos de “Agropasto”, em relação ao mapa do Mapbiomas. Em termos quantitativos estas foram as maiores divergências entre os dois mapeamentos. Essas diferenças de área podem ser justificadas também por uma diferença de área mínima entre os mapeamentos.

Quando observamos visualmente os polígonos das divergências entre “Floresta” e “Agropasto” percebemos que a maioria são fragmentos pequenos e em formato alongado. Alguns destes fragmentos são matas ciliares, e outras diferenças entre bordas destes fragmentos nos dois mapas. O índice de circularidade destes fragmentos, calculados pela razão de área por perímetro (LIMA, 1976), descreve estes recortes como pouco circulares, o que corrobora para o que pode ser percebido de forma visual. Estas divergências localizam-se nas áreas mais rebaixadas do relevo, e são raras nas áreas montanhosas, onde a vegetação é mais preservada e contínua.

Tudo indica, portanto, que a maior presença de “Floresta” no mapa do DAGEOP pode, em parte, ser explicada pela utilização de um sensor de maior resolução espacial no processo de classificação. Como a floresta nesta região de baixadas é muito fragmentada, um sensor de maior resolução espacial tende a identificar melhor os menores fragmentos, o que tem uma relação direta com o nível de detalhamento semântico e geométrico das classes.

Também é importante destacar que uma área de aproximadamente 30 km<sup>2</sup> de plantação de eucalipto na bacia do Rio Uma (Gonda Eucaliptos), próxima ao Centro de abastecimento de São Pedro da Aldeia (CEASP), foi classificada equivocadamente como área de “Floresta” no Mapbiomas, o que justifica as divergências entre os dois mapeamentos nessa classe.

A classificação da “Área Urbana” também apresentou divergências que podem ser explicadas pela diferença dos métodos de mapeamento e na escolha do sensor. As maiores diferenças estão justamente nas áreas de urbanização rarefeita não identificadas pelo Mapbiomas. Em contraponto, as áreas não urbanas encontradas no entorno de áreas ocupadas foram equivocadamente classificadas como uso urbano no mapa do DAGEOP. Estas diferenças foram encontradas em maior volume nas bacias da área metropolitana, sendo elas a de Macacu-Guapiaçu, Caceribu, e bacias urbanas de Niterói e São Gonçalo.

Tabela 5 – Matriz de confusão entre os mapeamentos de uso e cobertura.

		MAPBIOMAS											Total no Mapa DAGEOP	
		Afloramento Rochoso	Agropasto	Área Úmida	Área Urbana	Área	Corpo Hídrico	Floresta	Mangue	Reflorestamento	Restinga	Salina	Solo Exposto	Total no Mapa DAGEOP
DAGEOP	Afloramento Rochoso	5,35	4,90	0,13	0,66	0,00	0,56	1,16	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	12,77
	Agropasto	1,51	2.394,04	51,16	88,90	0,32	2,56	75,60	0,03	0,01	1,59	0,00	0,57	2616,29
	Área Úmida	0,32	61,29	55,11	3,94	0,02	4,94	0,95	0,06	0,00	1,45	0,06	0,00	128,14
	Áreas Urbanas	0,29	145,39	3,40	445,29	1,90	2,78	3,87	0,01	0,00	1,02	0,01	0,57	604,52
	Área	0,01	1,93	0,14	3,97	12,54	0,53	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	19,15
	Corpo Hídrico	0,00	4,75	3,22	1,55	0,21	328,18	0,71	0,61	0,00	0,00	0,57	2,06	341,88
	Floresta	0,52	594,39	35,11	9,54	0,14	6,76	1.796,77	2,38	0,02	39,02	0,00	0,10	2484,75
	Mangue	0,00	4,29	6,33	0,30	0,00	0,92	5,61	41,17	0,00	15,85	0,00	0,00	74,48
	Reflorestamento	0,00	5,71	0,10	0,00	0,00	0,00	10,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,74
	Restinga	0,00	18,92	3,45	6,63	1,15	0,68	0,02	0,15	0,00	10,26	0,00	0,00	41,27
	Salina	0,00	5,04	9,74	10,73	0,46	0,00	0,04	0,00	0,00	0,17	10,26	0,00	36,45
	Solo Exposto	0,00	3,21	0,04	3,88	0,00	0,19	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	1,74	9,12
	Total no Mapa Mapbiomas	7,98	3243,87	167,94	575,40	16,73	348,09	1895,73	44,42	0,03	69,98	12,39	2,99	6.385,57

No entanto, em algumas observações comparativas não sistematizadas, foram identificados equívocos nos dois mapeamentos no processo de interpretação destas classes, o que é esperado, já que em ambos os casos existe, assumidamente nos processos de validação, margem de erro para ambos os produtos.

## Conclusão

As diferenças nos desempenhos dos mapeamentos temáticos de uso e cobertura da terra podem estar associadas às diferenças dos tipos de dados e técnicas adotados, tal como às diferenças entre as resoluções espaciais dos sensores e as metodologias aplicadas.

A resolução espacial também se associa à escala do mapeamento, tendo em vista que o Landsat permite uma escala de mapeamento vinculado a uma resolução espacial de 30 metros, enquanto as imagens Sentinel permite uma escala associada a uma resolução espacial de 20 metros.

Além disso, é importante destacar a exatidão temática dos mapeamentos, enfatizando a presença de classes temáticas específicas para essa área de estudos, tais como as áreas de “Salina” e “Reflorestamento”, que foram pouco representativas pelo mapeamento do MapBiomias.

Nesse sentido, estudos que priorizem a validação dos mapeamentos temáticos tendem a auxiliar na compreensão da distribuição espacial de fenômenos. Logo, a comparação e a validação sistemática de mapeamentos de uso e cobertura promovem maior confiabilidade para o uso dos dados em aplicações práticas e permitem compreender as possíveis limitações temáticas do mapeamento.

## Referências Bibliográficas

AUGUSTO, R. C.; CRUZ, C. B. M.; SEABRA, V. S.; MARTINS, J. S. Delimitação de zona ripária em planícies através do Índice Normalizado de Diferença da Água (NDWI) e série multitemporal Landsat. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 15, p. 234-249, 2022.

BULLOCK, E.; OLOFSSON, P. *What is AREA2?*, 2018. Disponível em: <https://area2.readthedocs.io/en/latest/overview.html>. Acesso em: 24 ago. 2023.

CÂMARA, Gilberto. On the semantics of big Earth observation data for land classification. *Journal of Spatial Information Science*, v. 1, p. 21-34, 2020.

COSTA, E. C. P.; SANTOS, M. P.; SILVA, J. G. O.; SEABRA, VINICIUS DA SILVA. Mapeamento multitemporal e cadastral das salinas da lagoa de Araruama – RJ. *Geographia (UFF)*, v. 24, p. 1-24, 2022.

\_\_\_\_\_; SEABRA, V. S. Dinâmicas naturais e atividades socioeconômicas da planície costeira da Lagoa de Araruama – RJ. *Revista Formação*, Presidente Prudente, v. 27, p. 353-382, 2021a.

\_\_\_\_\_; SEABRA, V. S. Mapeamento de uso e cobertura da terra no município de Maricá. In: Instituto Municipal de Informação e Pesquisa Darcy Ribeiro (IDR) (org.). *Estudos maricaenses: o município de Maricá em debate*, v. 1, p. 155-170. 1. ed. Maricá: Editora Instituto Darcy Ribeiro, 2021b.

\_\_\_\_\_. *Do sal ao solo: transformações da paisagem na planície costeira da Lagoa de Araruama entre os anos de 1929 e 2017*. 2019. 145 f. Dissertação (Mestrado em Produção social do espaço: natureza, política e processos formativos em Geografia) – Faculdade de Formação de Professores, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, São Gonçalo, 2019.

FERREIRA, K. R.; QUEIROZ, G. R.; VINHAS, L.; MARUJO, R. F. B.; SIMOES, R. E. O.; PICOLI, M. C. A.; CAMARA, G.; CARTAXO, R.; GOMES, V. C. F.; SANTOS, L. A.; SANCHEZ, A. H.; ARCANJO, J. S.; FRONZA, J. G.; NORONHA, C. A.; COSTA, R. W.; ZAGLIA, M. C.; ZIOTI, F.; KORTING, T. S.; SOARES, A. R.; CHAVES, M. E. D.; FONSECA, L. M. G. Earth Observation Data Cubes for Brazil: Requirements, Methodology and Products. *Remote Sensing*, v. 12, p. 4033, 2020.

JENSEN, J. R.; EPIPHANIO, J. C. N. *Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres*. São José dos Campos: Parêntese, 2009.

LIMA, W. P. *Princípios de manejo de bacias hidrográficas*. Piracicaba: ESALQ, USP, 1976.

MCROBERTS, R. E. Mapas baseados em imagens de satélite: inferência científica ou imagens bonitas? *Sensoriamento remoto do ambiente*, n. 115, p. 715-724, 2011.

OLOFSSON P. *et al.* Fazendo melhor uso de dados de precisão em estudos de mudança de terra: Estimando precisão e área... *Sensoriamento remoto do ambiente*, n. 129, p. 122-131, 2013.

\_\_\_\_\_ *et al.* Boas práticas para estimar a área e avaliar a precisão da mudança de terreno. *Sensoriamento Remoto do Meio Ambiente*, n. 148, p. 42-57, 2014.

ROSA, M.; SHIMBO, J. Z.; AZEVEDO, T. MapBiomass-Mapeando as transformações do território brasileiro nas últimas três décadas. Simpósio de Restauração Ecológica, VIII, *Anais*, p. 95-100, 2019.

SANTOS, M. P.; SILVA, J. G. O.; COSTA, E. C. P.; SEABRA, V. S. Distribuição do uso e cobertura da terra na bacia da Lagoa de Saquarema. In: Jornada de Geotecnologias do Estado do Rio de Janeiro, V. *Anais*, v. 1, p. 222-231, 2020. Niterói: GEOPARTNERS, 2020.

SAUSEN, T. M. *Sensoriamento Remoto e suas aplicações para recursos naturais*. São José dos Campos-SP: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2005.

SEABRA, V. S.; AUGUSTO, R. C. O Litoral Leste do Estado do Rio de Janeiro. In: SEABRA, V. S. S.; AUGUSTO, R. C. (orgs.). *Dinâmicas ambientais e geoprocessamento no litoral leste do Estado do Rio de Janeiro*, v. 1, p. 17-38. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Autografia, 2018.

\_\_\_\_\_; COSTA, E. C. P.; SANTOS, M. P.; SILVA, J. G. O. Índice de transformação antrópica das unidades de paisagem do litoral leste do estado do Rio de Janeiro. In: SOUZA, E. M. F. R. (org.). *Geoinformação e análise espacial: métodos aplicados a áreas antropizadas*. 1. ed. Curitiba: Appris, 2023. p. 141-170.

\_\_\_\_\_; ROCHA LEAO, O. M.; COSTA, F. H. L. Uso e cobertura da terra e dinâmica hidrológica nas bacias hidrográficas urbanizadas do Leste Metropolitano do Rio de Janeiro. In: COSTA, A.; SCHNEIDER, L. (org.). *RIOS URBANOS: diferentes abordagens sobre as águas nas cidades*. 1. ed. Curitiba: CRV, 2022. p. 161-180.

\_\_\_\_\_; CRUZ, C. B. M.; RICHTER, M.; VICENS, S. R. Todas as direções apontam para o São João. In: CRUZ, C. B. M.; RICHTER, M.; SEABRA, V. S. (orgs.). *Um olhar para o São João*. 1. ed. Rio de Janeiro: Autografia, 2021. p. 15-28.

SILVA, P. N.; COSTA, E. C. P.; SEABRA, V. S. Índice de transformação antrópica por unidades de paisagem na bacia do Macacu-Guapiaçu – RJ. *Revista Tamoios*, v. 19.2, 2023. p. 24-44.

Recebido em: 24/08/2023.

Aceito em: 06/11/2023.



# Desenvolvimento e Aplicação de um Protocolo de Avaliação Ambiental de Nascentes

## Development and Application of a Protocol for the Environmental Assessment of Springs

Mirella Nazareth de Moura<sup>i</sup>  
Universidade Federal de Minas Gerais  
Belo Horizonte, Brasil

Miguel Fernandes Felipe<sup>ii</sup>  
Universidade Federal de Juiz de Fora  
Juiz de Fora, Brasil

**Resumo:** Ainda que as nascentes sejam importantes sistemas ambientais, a academia ainda carece de bases metodológicas robustas e concisas o suficiente para compreendê-las e protegê-las. Portanto, através de uma consulta a um painel Delphi, este artigo constrói uma metodologia baseada nas ferramentas da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), propondo um percurso metodológico de aplicação de um índice de avaliação ambiental de nascentes integrado, qualitativo, acessível, sistêmico e holista. Esta proposta metodológica foi aplicada em duas nascentes dentro do campus da Universidade Federal de Juiz de Fora e os resultados indicam que a metodologia é eficiente, apresentando a possibilidade de não apenas categorizar as nascentes, mas também sendo capaz de apontar suas deficiências no ponto de vista de uma gestão integrada.

**Palavras-chave:** Qualidade Ambiental; Indicadores Ambientais; Proposta Metodológica; Geomorfologia Ambiental; Gestão Ambiental.

**Abstract:** Although springs are crucial environmental systems, the academic community still lacks robust and concise methodological foundations to understand and protect them. Therefore, through a Delphi panel consultation, this article constructs a methodology based on OECD tools, proposing a methodological approach for applying an integrated, qualitative, accessible, systemic, and holistic environmental assessment index for springs. This methodological proposal was applied to two springs within the campus of the Federal University of Juiz de Fora, and the results indicate that the methodology is effective, not only enabling the categorization of springs but also identifying their deficiencies from the perspective of integrated management.

---

<sup>i</sup> Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais. mirellanm92@hotmail.com. <https://orcid.org/0000-0002-7552-0006>

<sup>ii</sup> Professor Adjunto do Programa de Pós-graduação em Geografia, Instituto de Ciências Humanas, Universidade Federal de Juiz de Fora. miguel.felippe@ich.ufjf.br. <https://orcid.org/0000-0002-0261-4298>

**Keywords:** Environmental Quality; Environmental Indicators; Methodological Proposal; Environmental Geomorphology; Environmental Management.

## Introdução

A importância das nascentes para a sociedade é indubitável, tendo em vista seu papel na manutenção dos fluxos dos rios e córregos, inclusive em períodos secos (FELIPPE e MAGALHÃES Jr., 2009), configurando ambientes singulares e heterogêneos, dotados de funções geomorfológicas, hidrológicas, ecológicas e sociais. Todavia, além da insuficiência legal que tange a proteção das nascentes (CARMO *et al.*, 2014), estudos acerca desses sistemas ambientais ainda são escassos (STEVENS *et al.*, 2021), portanto muitos tópicos sobre este tema ainda se encontram turvos e sem resposta, não apenas pela complexidade dessa problemática, mas também pela carência de bases teóricas e metodológicas deste assunto.

Para Felipe e Magalhães Jr. (2013), ainda que existam esforços para corroborar com o estudo de nascentes *per se*, muitos deles são monotemáticos, impossibilitando a integração dos vários elementos do sistema ambiental e impedindo de se promover uma relação entre eles. Com isso, há um comprometimento da nascente enquanto *holos*, de uma totalidade complexa, o que limita o conhecimento a respeito de sua qualidade ambiental e integridade.

Como demonstrado por Springer e Stevens (2009), Felipe e Magalhães Jr. (2014), Stevens *et al.* (2021), Felipe (2013), entre outros, a compreensão da estrutura e funcionalidade das nascentes é, por si só, complexa. Quando se envereda pela (des)organização e (des)harmonia desses sistemas, as agruras se tornam ainda mais profundas. De um modo geral, os trabalhos realizados a respeito da qualidade ambiental das nascentes envolvem de forma reducionista descrições fisiográficas e hidrológicas de algumas nascentes, avaliações de impactos/danos ambientais (principalmente através do estudo de qualidade da água) e propostas de recuperação e ou proteção de nascentes.

Entretanto, deve-se ressaltar algumas colaborações para os estudos de qualidade ambiental de nascentes, que foram fundamentais para nortear este trabalho. Almejando-se o diagnóstico dos impactos ambientais de nascentes, foi adaptado por Gomes *et al.* (2005) o Índice de Impacto Ambiental em Nascentes (IIAN), entendido como uma ferramenta interpretativa da qualidade ambiental que permite diagnosticar as perturbações ambientais em determinada nascente.

Pinto (2019) desenvolveu o Protocolo de Avaliação Integrada e Monitoramento de Nascentes de Cursos d'Água (PANÁgua). Segundo o autor, O PANÁgua é proposto como ferramenta de subsídio aos processos de tomada de decisões acerca da gestão de recursos hídricos e o planejamento de bacias hidrográficas, objetivando avaliar e monitorar, integralmente, as condições ambientais de nascentes e áreas de entorno, determinando seu estado de conservação, através da valoração e ponderação de parâmetros e indicadores que abrangem todos os fatores que influenciam essas condições.

Tendo em vista a escassez de técnicas específicas para avaliação de nascentes, ferramentas desenvolvidas para cursos d'água são, frequentemente, utilizadas com adaptações. Ressalta-se aqui o Protocolo de Avaliação Rápida adaptado por Callisto *et al.*

(2002) recorrentemente utilizado para diagnóstico de rios e ambientes fluviais, através da avaliação da água e dos sedimentos, que também pode ser aplicado em nascentes realizando-se alguns ajustes necessários, conforme Moura *et al.* (2016) e Toledo *et al.* (2019). Já Pinto, Roma e Balieiro (2012) propuseram avaliar o impacto de diferentes usos do solo sobre as propriedades físicas, químicas e biológicas da água de nascentes. Para tal, os autores fizeram uso do IQA (Índice de Qualidade da Água).

Baseando-se nas propostas metodológicas já existentes supracitadas, percebe-se que há um vício em se preconizar o fator ambiental “água” em detrimento dos demais. Outrossim, diversas tentativas recaem em simplificações estatísticas que em vez de clarificar a questão para a gestão ambiental, somente deixam-na mais turva. O ponto de partida escolhido para a superação desses hiatos está na compreensão da nascente enquanto uma totalidade sistêmica complexa, dotada de uma organização própria em constante troca de matéria e energia com os sistemas biológico, físico e sócio-econômico-cultural adjacentes. Isso implicaria em realizar um estudo que abrangesse as particularidades que envolvem as nascentes, visando a contribuição para uma eficaz gestão e planejamento desses recursos hídricos.

Deste modo, este artigo objetiva apresentar uma ferramenta de avaliação ambiental de nascentes, intitulado Protocolo de Avaliação Ambiental de Nascentes (PAAN), e aplicá-lo em um recorte espacial pré-definido para validação dos seus resultados. Os elementos que contribuem para que essa nova ferramenta seja original e inédita, são a complexidade, heterogeneidade e interdisciplinaridade. Portanto, este protocolo conta com variáveis ambientais de naturezas diversas, traduzidas na forma de indicadores ambientais abrangentes e sintéticos.

## **Materiais e Métodos**

No intuito de avaliar a qualidade ambiental das nascentes, esta pesquisa antevê a elaboração de um índice capaz de converter uma série de dados técnicos em uma informação de linguagem sucinta e inteligível, como sugerido por Lopes (2012). Ademais, segundo Felipe (2013), para uma proteção eficaz das nascentes é necessário conhecê-las, compreender suas características, seu comportamento e sua gênese. É por isso, que antes da avaliação propriamente dita das nascentes, é aplicado um protocolo de caracterização dessas, onde as informações podem ser coletadas em campo ou via geoprocessamento. Esse protocolo de caracterização é uma peça-chave para um melhor entendimento acerca da dinâmica da nascente, facilitando posteriormente na interpretação dos resultados da avaliação dessas e, conseqüentemente, em uma melhor tomada de decisão.

Assim, o arcabouço metodológico do PAAN perpassa a definição dos parâmetros de avaliação ambiental fundamentais para o diagnóstico das nascentes, a integração matemática desses parâmetros na arquitetura do índice e a aplicação do protocolo, em si, para sua validação.

### Levantamento dos Parâmetros de Avaliação

A escolha dos parâmetros utilizados pautou-se no trabalho prévio de Moura e Felipe (2022), o qual se utilizou de uma consulta a especialistas pela técnica Delphi<sup>1</sup>.

Após duas rodadas de compilação da opinião de pesquisadores com lastro acadêmico na temática, foram eleitos os indicadores apresentados nos Quadros 1 e 2. Durante o processo de consulta, para fins sistemáticos, os parâmetros foram agrupados em quatro categorias: a) parâmetros que refletiam as características estruturais do sistema nascente, atrelados ao reconhecimento e caracterização básica da mesma; b) parâmetros de pressão; c) parâmetros de estado; d) parâmetros de resposta. Essa categorização coaduna com os preceitos do modelo Estado-Pressão-Resposta (E-P-R) (LEVREL *et al.*, 2009); (OCDE, 1993); (ARIZA, NETO, 2010).

Em linhas gerais, este método E-P-R leva em conta que ações antrópicas desempenham determinadas pressões (P) no meio ambiente, acarretando em possíveis mudanças no estado (E) do meio ambiente, podendo alterar, negativamente, a qualidade do mesmo. Assim, cabe à sociedade responder (R) a essas mudanças, através de políticas ambientais, econômicas e programas para reduzir ou mitigar danos causados (ARIZA, NETO, 2010); (OCDE, 1993); (RAMOS, 1997).

Quadro 1 – Parâmetros indicados para a caracterização da nascente.

<b>CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DA NASCENTE</b>
Profundidade do solo
Tipo de uso e ocupação da terra na APP da nascente
Tipo de uso e ocupação da terra na bacia de contribuição
Geologia da bacia de contribuição
Vazão da nascente
Declividade do canal de primeira ordem
Usos da água da nascente
Morfologia da nascente
Tipo de exfiltração

Quadro 2 – Parâmetros indicados de Pressão, Estado e Resposta.

PARÂMETROS DE PRESSÃO	PARÂMETROS DE ESTADO	PARÂMETROS DE RESPOSTA
Acesso de pessoas, animais domésticos e criações à nascente	Arsênio total na água	Articulação entre população e entidades de regulação
Degradação na APP da nascente	Chumbo total na água	Combate e/ou controle de processos erosivos na APP
Degradação na bacia de contribuição da nascente	Cloreto total na água	Combate e/ou controle de processos erosivos na bacia de contribuição
Assoreamento na nascente	Coliformes termotolerantes na água <sup>2</sup>	Combate e/ou controle de processos erosivos na bacia de contribuição
Erosão acelerada na bacia de contribuição	Coliformes termotolerantes na água <sup>3</sup>	Combate e/ou controle de processos erosivos na bacia de contribuição
Lixo na APP da nascente	Coliformes termotolerantes na água <sup>4</sup>	Combate e/ou controle de processos erosivos na bacia de contribuição
Lixo na bacia de contribuição	Eutrofização da água (neste trabalho, medido através do fósforo na água)	Combate e/ou controle de processos erosivos na bacia de contribuição
Nível de dificuldade de acesso à nascente	Fósforo total na água	Existência de algum cuidador da nascente
Registro de queimadas na APP nascente	Materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais na água	Existência de programas/projetos do governo para a proteção/recuperação das nascentes
Registro de queimadas na bacia de contribuição	Mercúrio na água	Existência de programas de educação ambiental voltados para a população que utiliza a água das nascentes
Presença de estruturas de captação (barramento, desvio) com ou sem outorga	Nitrogênio total na água	Garantia de informações à população sobre a qualidade da água para consumo humano e os riscos à saúde associados à mesma
Intervenções diretas com modificação das características morfológicas da nascente	OD na água	Cercamento da nascente para a sua proteção
	Óleos e graxas na água	Localização (unidade de conservação, propriedade particular ou livre acesso)
	PH da água	
	Turbidez da água	
	Percentual de área de vegetação nativa na APP da nascente	
	Percentual de área de vegetação nativa na área da bacia de contribuição	

Os parâmetros de caracterização das nascentes foram colocados à parte na elaboração do índice, sendo considerados elementos estruturais do sistema ambiental, que não denotam qualidade. Por outro lado, são de primeira importância na compreensão da dinâmica desses sistemas, por isso, constituem um background imprescindível para a compreensão da qualidade ambiental das nascentes.

### *Integração dos Parâmetros*

Considerando a natureza dos indicadores selecionados, a melhor alternativa para o tratamento estatístico dos dados seria a análise estatística qualitativa, a partir da cons-

trução de matrizes bidimensionais, onde os parâmetros foram cruzados em pares, para posterior análise combinatória. A seleção da técnica de cruzamentos em matrizes qualitativas bidimensionais foi inspirada em diversos trabalhos que se utilizam de ferramentas similares para integração de dados discretos ou discretizados, como Ross (1994), Freitas *et al.* (2007), Felipe e Magalhães Jr. (2009), Silva *et al.* (2011), Santos e Tessari (2012), Costa *et al.* (2017) e Piekarski e Torkomian (2019).

Sob esses preceitos, os quatro parâmetros de cada classe (pressão, estado e resposta) mais recomendados na consulta a especialistas realizada por Moura e Felipe (2022) foram utilizados.

Primeiramente, cada parâmetro teve suas possíveis respostas categorizadas hierarquicamente em três níveis discretos: 1 – indicador de qualidade ambiental ruim; 2 – indicador de qualidade ambiental média; 3 – indicador de boa qualidade ambiental. A definição das classes baseou-se nos marcos normativos e referenciais bibliográficos sobre a temática e são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros mais recomendados pelos especialistas, categorizados hierarquicamente.

PARÂMETROS	CATEGORIAS HIERÁRQUICAS*			REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO
Assoreamento na nascente (A)	1. RUIM Muito material agradacional (< 70% da área da nascente)	2. MÉDIO Quantidade mediana de material agradacional (30-70% da área da nascente)	3. BOM Pouco material agradacional (>30% da área da nascente)	Sugerido pelos autores
Degradação da APP da nascente (B)	1. RUIM Muito degradada (< 70% da área degradada)	2. MÉDIO Medianamente degradada (30-70% da área degradada)	3. BOM Pouco degradada (> 30% da área degradada)	Sugerido pelos autores
Acesso de pessoas, animais domésticos e criações na nascente (C)	1. RUIM Constante	2. MÉDIO Pouco constante	3. BOM Raro	Sugerido pelos autores
Intervenções diretas com modificações das características morfológicas da nascente (D)	1. RUIM Muitas intervenções	2. MÉDIO Médias intervenções	3. BOM Poucas intervenções	Sugerido pelos autores
Morfodinâmica da nascente (AB)	1. RUIM Intensa	2. MÉDIO Moderada	3. BOM Fraca	Sugerido pelos autores
Contato com a nascente (CD)	1. RUIM Intenso	2. MÉDIO Moderado	3. BOM Fraco	Sugerido pelos autores
Coliformes termotolerantes na água (E)	1. RUIM < 100 UFC	2. MÉDIO 0-100 UFC	3. BOM 0 UFC	CONAMA, n. 274/2000

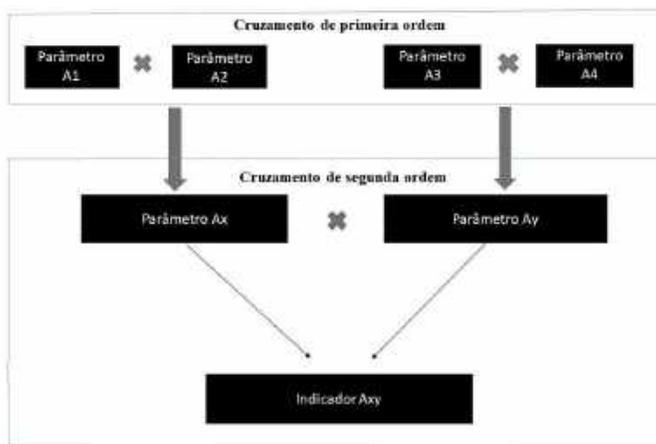
PARÂMETROS	CATEGORIAS HIERÁRQUICAS*			REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO
DBO na água (medida através do Oxigênio na água) (F)	1. RUIM > 2mgL O <sub>2</sub>	2. MÉDIO 2-5 mgL O <sub>2</sub>	3. BOM >5 mgL O <sub>2</sub>	CONAMA, n. 357/2005
Eutrofização na água (Substituída pelo Chumbo na água) (G)	1. RUIM ≥ 0,033 mg/L Pb	2. MÉDIO 0,01-0,033 mg/L Pb	3. BOM ≤0,01 mg/L Pb	CONAMA, n. 357/2005
Óleos e graxas na água (H)	1. RUIM Presente	2. MÉDIO Iridescência	3. BOM Ausente	CONAMA, n. 357/2005
Poluição microbiológica na nascente (EF)	1. RUIM Intensa	2. MÉDIO Moderada	3. BOM Fraca	Sugerido pelos autores
Poluição bioquímica na nascente (GH)	1. RUIM Intensa	2. MÉDIO Moderada	3. BOM Fraca	Sugerido pelos autores
Existência de programas de Educação Ambiental voltados para a população que utiliza nascentes (I)	1. RUIM Poucos programas	2. MÉDIO Média quantidade de programas	3. BOM Muitos programas	Sugerido pelos autores
Articulação entre população e entidades de regulação (J)	1. RUIM Inexistente	2. MÉDIO Pouco vigente	3. BOM Vigente	Sugerido pelos autores
Existência de projetos e/ou programas do governo para a proteção e ou recuperação de nascentes (K)	1. RUIM Inexistente	2. MÉDIO Pouco vigente	3. BOM Vigente	Sugerido pelos autores
Combate e/ou controle de processos erosivos na APP (L)	1. RUIM Inexistente	2. MÉDIO Pouco vigente	3. BOM Vigente	Sugerido pelos autores
Governança (IJ)	1. RUIM Rara	2. MÉDIO Pouco vigente	3. BOM Vigente	Sugerido pelos autores
Recuperação ambiental de nascentes (KL)	1. RUIM Rara	2. MÉDIO Pouco vigente	3. BOM Vigente	Sugerido pelos autores

\* Para determinados parâmetros não foram encontradas referências confiáveis e aplicáveis à realidade deste estudo, seja na literatura científica ou nos marcos normativos. Por conta disso, optou-se por recomendar tais intervalos.

De posse dos 12 parâmetros, eles foram organizados em pares dentro de cada classe (pressão, estado, resposta) para efetivação do cruzamento matricial (matriz 3x3). Este processo foi denominado como cruzamento de primeira ordem (Figura 1). Os resultados do cruzamento de primeira ordem foram apresentados hierarquicamente por categorias discretas: 1 (ruim); 2 (médio); e 3 (bom) (Quadro 3). Posteriormente, os dois parâmetros resultantes dos cruzamentos anteriores foram novamente cruzados entre si (cruzamento de segunda ordem), dando origem a um indicador para cada classe de parâmetros, tido como o produto dos cruzamentos matriciais. Os cruzamentos de segunda ordem foram realizados com as respostas das matrizes dos cruzamentos de primeira ordem, novamente em matrizes 3x3. Porém, para uma maior resolução do indicador sintético (saída

da matriz), optou-se pela resposta em cinco categorias hierárquicas: nível 1 – péssimo; nível 2 – ruim; nível 3 – médio; nível 4 – bom; nível 5 – excelente. O Quadro 3 ilustra os cruzamentos de primeira ordem (A1 x A2 e A3 x A4) e o cruzamento de segunda ordem (Ax x Ay).

Figura 1 – Cruzamento dos pares de parâmetros em níveis de integração.



Após o cruzamento de segunda ordem, originou-se o indicador final das integrações realizadas para cada classe. Dessa forma, ao final de todos os cruzamentos, obteve-se um indicador de pressão, um de estado e um de resposta; cada um representado por algarismos hierárquicos entre 1 (ruim) e 5 (ótimo).

Por fim, a integração desses três indicadores foi realizada seguindo o raciocínio da análise combinatória, que levou a 35 combinações (5 respostas em cada indicador, sem repetição). Cada um dos cinco níveis de resposta dos indicadores de pressão, estado e resposta foram combinados e apresentados na forma de três algarismos justapostos, de forma ordenada, do menor para o maior (Quadro 4).

Dessas 35 combinações, destaca-se que, dos possíveis resultados que o índice pode apresentar, uma nascente com a combinação 111 é o pior cenário possível de qualidade, assim como a combinação 555 é a melhor possibilidade de qualidade ambiental.

A leitura do resultado do índice, na forma dos três indicadores justapostos, permite ao pesquisador compreender de modo mais profundo a qualidade da nascente do que um tradicional índice numérico, pois é possível retornar nos indicadores e averiguar qual deles merece atenção. Em última instância, colabora de forma mais profícua com a definição de estratégias de gestão para melhoria da qualidade ambiental das nascentes.

Quadro 3 – Matriz 3x3 dos cruzamentos de primeira ordem, com resultado em três categorias e cruzamentos de segunda ordem, com resultado em cinco categorias.

Parâmetro A2 e Parâmetro A4	Parâmetro A1 e A2			
		3	2	1
	3	3	2	2
	2	2	2	1
	1	2	1	1
Parâmetro Ax	Parâmetro Ay			
		3	2	1
	3	5	4	3
	2	4	3	2
	1	3	2	1

Quadro 4 – As 35 possíveis respostas hierarquizadas.

111	122	134	222	234	333	355
112	123	135	223	235	334	444
113	124	144	224	244	335	445
114	125	145	225	245	344	455
115	133	155	233	255	345	555

### Roteiro de Aplicação do PAAN

O Protocolo de Avaliação Ambiental de Nascentes (PAAN) pode ser aplicado em seis etapas, incluindo um protocolo acessório de caracterização das nascentes avaliadas (Figura 2).



Figura 2 – Percursos metodológicos para a aplicação do PAAN.

O levantamento dos dados deverá ser realizado de quatro diferentes formas, dependendo da natureza dos mesmos: geoprocessamento, análise laboratorial, levantamento de campo e análise documental, conforme recomendado no Quadro 5. Ressalta-se que há liberdade metodológica para escolha da técnica a ser empregada para determinação de cada parâmetro, em respeito às questões logísticas e financeiras associadas.

Quadro 5 – Parâmetros de caracterização e avaliação e suas respectivas formas de coleta.

<b>PROTOCOLO DE CARACTERIZAÇÃO</b>	
Parâmetros	Técnicas
Tipo de uso e ocupação da terra na APP	Geoprocessamento
Tipo de uso e ocupação da terra na Bacia de contribuição	Geoprocessamento
Litologia da Bacia de contribuição	Geoprocessamento
Litologia do aquífero da nascente	Geoprocessamento
Declividade do canal de primeira ordem	Geoprocessamento
Profundidade do solo	Levantamento em campo
Vazão da nascente	Levantamento em campo
Usos da água da nascente	Levantamento em campo
Morfologia da nascente	Levantamento em campo
Tipo de exfiltração	Levantamento em campo
Mobilidade da nascente	Levantamento em campo
Sazonalidade das nascentes	Levantamento em campo
<b>PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO</b>	
Parâmetros	Técnicas
Degradação na APP da nascente* (B)	Geoprocessamento
Coliformes termotolerantes na água (E)	Análise laboratorial
Eutrofização na água* (substituída pelo chumbo na água) (G)	Análise laboratorial
DBO na água**(oxigênio dissolvido) (F)	Análise laboratorial
Óleos e graxas na água (H)	Levantamento em campo
Intervenções diretas com modificação das características morfológicas da nascente (D)	Levantamento em campo
Acesso de pessoas, animais domésticos e criações à nascente (C)	Levantamento em campo
Existência de programas de educação ambiental voltados para a população que utiliza nascentes (I)	Levantamento em campo
Assoreamento na nascente (A)	Levantamento em campo
Existência de programas/projetos do governo para a proteção/recuperação das nascentes (K)	Levantamento em campo
Articulação entre população e entidades de regulação (J)	Levantamento em campo
Combate e – ou controle de processos erosivos na APP (L)	Levantamento em campo

\* Tendo-se em vista a dificuldade em se encontrar, dentro do prazo disponível, laboratórios que disponibilizassem os ensaios de DBO, apenas para esta pesquisa, única e exclusivamente para não comprometer, totalmente, a verificação da aplicabilidade do índice, optou-se por substituí-lo pelo parâmetro OD. Salienta-se que a escolha por substituir o OD pela DBO, deu-se, primeiramente, pelo fato de que os painelistas mantiveram este parâmetro para a segunda rodada do Delphi, e, segundo, pelo fato de que OD e DBO possuem uma estreita relação, pois a DBO, configura-se, em linhas gerais, como a quantidade de oxigênio utilizada na oxidação bioquímica da matéria orgânica. Dessa forma, a mensuração da quantidade de oxigênio consumido no processo biológico de oxidação da matéria orgânica permite concluir que grandes quantidades

de matéria orgânica utilizam grandes quantidades de oxigênio, assim, quanto maior o grau de poluição, maior a DBO e menor o OD. Visto isso, o parâmetro OD foi analisado por intermédio de uma sonda, cujo eletrodo é capaz de mensurar a quantidade de oxigênio dissolvido existente na água a ser analisada.

\*\* A mesma dificuldade supracitada também foi observada nas análises do parâmetro Eutrofização, optou-se por substituí-lo pelo parâmetro “Chumbo na água”, primeiro, por esse parâmetro ter sido o quinto mais votado entre os disponibilizados entre os painelistas, com uma porcentagem de inclusão de 42,30% e, segundo, por existirem laboratórios que pudessem disponibilizar, em tempo hábil, ensaios de Chumbo Total na água.

No que diz respeito aos três parâmetros analisados em laboratório (Coliformes Termotolerantes, OD e Chumbo na água), é válido destacar quais métodos laboratoriais foram utilizados para a análise desses. Para os Coliformes Termotolerantes foi utilizado a cartela microbiológica Colipaper, que consiste na combinação de dois substratos cromogênicos (Salmon-GAL e X – glicuronídeo) (VILLELA *et al.*, 2010). A cartela após emergida na água, deve ser levada à estufa por 15 horas a temperatura de 36-37°C. Após 15 horas de incubação, deve-se realizar a contagem das colônias.

Para o OD da água, esse foi medido com o auxílio de um oxímetro. Por fim, o Chumbo na água foi analisado à luz dos métodos da USP (US Pharmacopeia), que vem abordando em suas diretrizes o uso de espectrometria de emissão ótica por plasma indutivamente acoplado e espectrometria de massas por plasma indutivamente acoplado

Uma vez que os parâmetros listados acima foram levantados e devidamente categorizados em suas respectivas classes hierárquicas (1, 2 ou 3, respectivamente, ruim, médio e bom), o próximo passo é o cruzamento de primeira e segunda ordem desses parâmetros. Os parâmetros oriundos do cruzamento de primeira ordem formam o cruzamento de segunda ordem e fornecem o indicador final de cada classe.

O Quadro 6 ilustra os dois cruzamentos, mostrando a integração dos quatro parâmetros de entrada, que irão dar origem ao indicador final.

Quadro 6 – A integração estatística dos quatro parâmetros de cada categoria, seus cruzamentos e seu indicador final.

<b>Categoria / Parâmetros</b>	<b>Cruzamentos 1ª ordem</b>	<b>Cruzamento 2ª ordem</b>	<b>Indicador (Cruzamento entre os dois parâmetros de 2ª ordem)</b>
PRESSÃO (P)	Assoreamento na nascente (A)	Morfodinâmica da nascente (AB)	Indicador de Pressão
	Degradação na APP da nascente (B)		
	Acesso de pessoas, animais domésticos e criações à nascente (C)	Contato com a nascente (CD)	
	Intervenções diretas com modificação das características morfológicas da nascente (D)		
ESTADO (E)	Coliformes Termotolerantes na água (E)	Poluição microbiológica na nascente (EF)	Indicador de Estado
	DBO na água (oxigênio dissolvido) (F)		
	Eutrofização na água (Chumbo na água) (G)	Poluição bioquímica na nascente (GH)	
	Óleos e graxas na água (H)		
RESPOSTA (R)	Existência de programas de educação ambiental voltados para a população que utiliza nascente (I)	Governança (IJ)	Indicador de Resposta
	Articulação entre população e entidades de regulação (J)		
	Existência de programas/projetos do governo para a proteção/recuperação das nascentes (K)	Recuperação ambiental das nascentes (KL)	
	Combate e – ou controle de processos erosivos na APP (L)		

#### Etapa 1: Preenchimento do Protocolo de Caracterização de Nascentes

Uma vez que foram adquiridos os dados necessários para a caracterização das nascentes, passa-se à coleta das características intrínsecas a cada nascente. Idealmente, deve vir acompanhado de uma compreensão da estrutura e dinâmica do sistema, agrupando as nascentes estudadas por suas similaridades ou especificidades, podendo-se basear nas tipologias de Bryan (1919), Springer e Stevens (2009) e Felipe e Magalhães Jr. (2014).

Deve-se ressaltar que, para este trabalho, adotou-se a tipologia de Felipe e Magalhães Jr. (2014), devido ao seu cunho hidrogeomorfológico. Todavia, as tipologias de Bryan (1919), Springer e Stevens (2009), também podem ser aplicadas, caso as pesquisas sejam de cunho geológico e ecológico, respectivamente.

### Etapa 2: *Preenchimento do Protocolo de Avaliação de Nascentes*

Tendo-se o levantamento dos dados necessários para a avaliação ambiental das nascentes, esta etapa visa utilizá-los no preenchimento do protocolo de avaliação das mesmas. Ressalta-se a importância da coerência metodológica; uma vez que as nascentes do universo amostral serão comparadas, é imprescindível que os dados de cada parâmetro do protocolo de avaliação sejam coletados pela mesma técnica, sob condições sazonais similares.

### Etapa 3: *Categorização dos Parâmetros de Avaliação Ambiental*

A categorização dos parâmetros de avaliação ambiental será realizada a partir da criação de três classes hierárquicas (nível 1, nível 2 ou nível 3). Dados quantitativos podem ser categorizados pelas técnicas tradicionais da estatística (quebra natural, quartil, intervalos iguais etc.), já os dados qualitativos devem ser categorizados por similaridade (ver Tabela 1).

### Etapa 4: *Cruzamento dos 12 Parâmetros*

Esta etapa consiste nos cruzamentos de primeira e segunda ordem dentro de cada classe de parâmetros. Os quatro parâmetros de entrada de cada categoria (P-E-R) devem ser pareados em uma matriz 3x3.

### Etapa 5: *Integração dos Indicadores*

Uma vez que se tem em mãos os resultados de cada um dos indicadores, é necessário integrá-los. Baseado na análise combinatória, a justaposição em ordem crescente dos algarismos que representam dos indicadores setorizados definirá a resposta do índice.

### Etapa 6: *Monitoramento e Avaliação Periódica*

Considerando que as iniciativas de diagnóstico ambiental se configuram em uma espécie de fotografia, restritas a um tempo-espaço, aconselha-se monitoramento periódico das nascentes, especialmente abarcando as estações seca e chuvosa. Quanto maior a periodicidade do monitoramento, maior o grau de detalhamento acerca da dinâmica ambiental da nascente.

## **Resultados e Discussão**

### *Área de Estudo para Aplicação do Teste da Metodologia*

As nascentes estudadas neste trabalho se encontram no *campus* da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), localizado no município homônimo, com clima Cwa e Cwb – Tropical de Altitude (Köppen – Geiger (1846/1940), atualizado por Kottek *et al.* (2006).

Para Heilbron *et al.* (2004), o relevo de Juiz de Fora insere-se na Faixa Ribeira, no sistema orogênico denominado Província Mantiqueira (terreno ocidental, nos limites do sistema de planaltos centro-sul mineiro), desenvolvido durante a Orogenia Neoproterozoica Brasileiro-Pan Africana (Ciclo Brasileiro). Em relação à geologia o município situa-se no Domínio Juiz de Fora (terreno ocidental), onde ocorre uma intercalação entre as rochas do embasamento Complexo Juiz de Fora e os metassedimentos neoproterozoicos da Megassequência Andrelândia (advindos de uma associação de gnaisses de origem sedimentar), sendo ambos metamorizados em fácies granulito gnaissificados (TUPINAMBÁ *et al.*, 2007; EIRADO *et al.*, 2006).

As nascentes do *campus* são alimentadas por sistemas aquíferos granulares e fissurais, com comunicação dinâmica entre a cobertura granular superficial, associada aos mantos de interação e aos depósitos colúviais e o aquífero fissural sotoposto (MOURA, FELIPPE, 2022).

O processo de construção do *campus* resultou em um relevo antropogênico com topos aplainados e recortados para a fundação de edificações e construções atreladas às necessidades da instituição (OLIVEIRA *et al.*, 2013). Originalmente, o relevo local constituía-se de morros e morrotes<sup>5</sup> de vertentes retilíneas a convexas, com cabeceiras bem demarcadas em anfiteatros e canais de primeira ordem com leito elúvio-colúvial. Oliveira *et al.* (2013) identificaram um total de 27 nascentes localizadas dentro do *campus* da UFJF, que possui uma área de 1.346.793,80 m<sup>2</sup>. Sete anos depois, Moura (2020) acrescentou mais três nascentes ao desenho amostral, somando-se, assim, 30 nascentes identificadas. A Figura 3 espacializa as 30 nascentes identificadas e as Figuras 4 e 5 ilustram-nas.

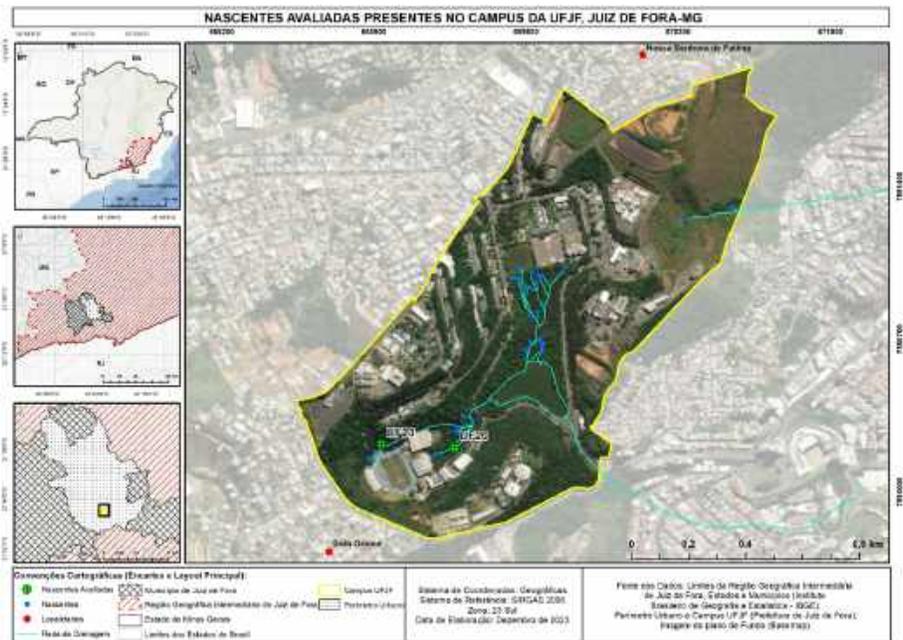


Figura 3 – Nascentes avaliadas dentro do *campus* da Universidade Federal de Juiz de Fora.



Figura 4 – UF20. 4A – Vista o mais a montante possível da nascente. Por ela ser difusa, forma um pequeno brejo, de difícil acesso. 4B, C e D – Poucos metros depois de sua exfiltração, sua morfologia é alterada, passando a drenar em uma canaleta, até desaguar no canal principal, a sua jusante.

Fotos: Acervo dos autores



Figura 5 – UF23. 5A – Nascente difusa, em uma pequena depressão. Detalhe para a manilha a montante. Esta manilha drena águas pluviais da margem direita do canal principal. A água oriunda dessa manilha degrada a nascente, não só alterando as características físico-químicas da nascente, mas também sua morfologia. 5B – Vista para o canal que a nascente difusa forma antes de conectar ao canal principal.

*A Aplicação do PAAN*

Dentre as 30 nascentes mapeadas previamente por Oliveira *et al.* (2013) e Moura (2020) no campus da UFJF, duas foram escolhidas para testar o PAAN. Seguindo o percurso metodológico sugerido na Figura 3, iniciou-se pela aplicação do protocolo de caracterização das nascentes, cujos resultados são apresentados no Quadro 7.

Quadro 7 – Caracterização das duas nascentes do *campus* da UFJF.

<b>Parâmetros de caracterização</b>	<b>UF20*</b>	<b>UF23</b>
Profundidade do solo e das coberturas superficiais	Pouco profunda	Rasa
Tipos de uso e ocupação da terra na APP da nascente e na bacia de contribuição	Áreas especiais	Áreas especiais
Litologia da bacia de contribuição das nascentes	(Silimanita) – Granada- -Biotita Gnaisse, Rocha Calcissilicatica, Anfibotilo e Gondito	(Silimanita) – Granada- -Biotita Gnaisse, Rocha Calcissilicatica, Anfibotilo e Gondito
Litologia do aquífero da nascente	Livre – Granular	Livre – Granular
Vazão da nascente	Sexta magnitude	Sexta magnitude
Declividade do canal de primeira ordem	Baixa	Média
Usos da água da nascente	Abastecimento público	Abastecimento público
Morfologia da nascente	Canal	Concavidade
Tipo de exfiltração	Difusa	Difusa
Mobilidade da nascente	Fixa	Sem dados
Sazonalidade das nascentes	Perene	Sem dados

\* Nascente drenada artificialmente por uma manilha de concreto ou por um cano.

Não apenas as duas nascentes avaliadas, mas todas as nascentes inseridas na área de estudo estão sobre o mesmo sistema aquífero granular-fissural, com comunicação dinâmica entre o manto de alteração, depósitos coluviais e o aquífero fissural sotoposto (Gnaisse). Assim, é comum observar o nível freático aflorando pela ruptura da permeabilidade entre a maior condutividade hidráulica do aquífero granular e a menor condutividade do aquífero fissural (COSTA, 2008; MOURA, FELIPPE, 2022).

Como o contexto da UFJF é uma grande cabeceira de drenagem, as zonas de recarga estão muito próximas das zonas de descarga. Com isso, o nível de base controla não apenas os processos geomorfológicos, mas também a ocorrência da exfiltração do nível freático em si nas rupturas de declive. Ademais, a morfologia dominada por segmentos côncavos faci-

lita o desencadeamento de fluxos rápidos e curtos, isso (acrescido ao fato de que o relevo do *campus* é fortemente marcado pela tecnogenia, com platôs, recortes e terraplanagens) facilita, e muito, o afloramento da água subterrânea (MOURA, FELIPPE, 2022).

A nascente UF20 é utilizada para abastecimento público. Ainda que sua exfiltração ocorra de maneira difusa, sua morfologia é em canal, fruto de uma intervenção antrópica, diretamente ligada ao seu uso. De acordo com Moura e Felipe (2022) esta nascente se enquadra na tipologia de Springer e Stevens (2009) como reocrena (nascentes fluidas, oriundas de um ou mais canais de transmissão, formam um fluxo concentrado).

A nascente UF23, apesar de também apresentar exfiltração difusa, apresenta uma dinâmica distinta, uma vez que se configura como uma área úmida em cobertura superficial espessa. Diante disso, Moura e Felipe (2022) caracterizam esta nascente como helocrena (que emergem de áreas úmidas de baixo gradiente, exfiltrando de aquíferos rasos e não confinados), segundo Springer e Stevens (2009).

De acordo com Moura e Felipe (2022) ambas as nascentes UF20 e UF23 podem ser consideradas como freáticas, ao se levar em conta a tipologia de Felipe e Magalhães (2014). Esse tipo de nascente demonstra uma dinâmica vulnerável à variação do nível freático, no aquífero granular – manto de intemperismo – sotoposto a um aquífero fissural. Com isso, a vazão média anual é baixa, tendendo a diminuir no inverno (diminuição da recarga pela ausência de chuvas). Como a exfiltração ocorre pela interceptação do nível freático pela superfície, essas nascentes são normalmente difusas, ocorrendo em concavidades no relevo que permitam esse contato com a água subterrânea.

Após o reconhecimento do *background* das nascentes pela aplicação do protocolo de caracterização, foi realizada a avaliação ambiental *stricto sensu* pela aplicação do PAAN. O resultado bruto dos parâmetros analisados é apresentado na Tabela 2, juntamente com a sua categorização. Também nesta mesma tabela são apresentados os cruzamentos de primeira e segunda ordem para integração dos indicadores de pressão, estado e resposta.

Tabela 2 – Aplicação do PAAN técnico nas nascentes UF20 e UF23 com suas respectivas pontuações recebidas.

Parâmetros	Nascentes	
	UF20	UF23
A	> 30% da área da nascente (3)	30-70% da área da nascente (2)
B	> 30% da área degradada (3)	30-70% da área degradada (2)
AB	3	2
C	Pouco constante (2)	Raro
D	Muitas intervenções (1)	Muitas intervenções (1)
CD	Muitas intervenções (1)	Algumas intervenções (2)
ABCD	3	3

Parâmetros	Nascentes	
	UF20	UF23
E	8000 UFC ml/l (1)	1600 UFC ml /l
F	3,36(2)	3,29 (2)
EF	1	1
G	0,00009 mgL (3)	0,00038 mgL (3)
H	Ausente (3)	Ausente
GH	3	3
EFGH	3	3
I	Poucos programas	Poucos programas
J	Inexistente	Inexistente
IJ	1	1
K	Pouco vigente	Pouco vigente
L	Inexistente	Inexistente
KL	1	1
IJKF	1	1

**A** = Assoreamento na nascente; **B** = Degradação na APP da nascente; **AB** = Morfodinâmica da nascente; **C** = Acesso de pessoas, animais domésticos e criações na nascente; **D** = Intervenções diretas com modificações das características morfológicas da nascente; **CD** = Contato com a nascente; **ABCD** = Indicador de Pressão; **E** = Coliformes termotolerantes na água; **F** = DBO (Oxigênio dissolvido) na água; **EF** = Poluição microbiológica na nascente; **G** = Eutrofização na água (Chumbo na água); **H** = Óleos e Graxas na água; **GH** = Poluição bioquímica da água; **EFGH** = Indicador de Estado; **I** = Existência de programas de Educação Ambiental voltados para a população que utiliza nascentes; **J** = Articulação entre população e entidades de regulação; **IJ** = Governança; **K** = Existência de projetos e/ou programas do governo para a proteção e/ou recuperação de nascentes; **L** = Combate e ou controle de processos erosivos na APP; **KL** = Recuperação ambiental das nascentes; **IJKL** = Indicador de Resposta.

Após a aplicação do PAAN, constatou-se que tanto a nascente UF20, quanto a UF23, formaram a combinação 133<sup>6</sup>. Sendo o indicador de resposta representado pelo algarismo 1, e os de pressão e estado, pelo algarismo 3. Dentre os parâmetros de resposta (Existência de programas de Educação Ambiental voltados para a população que utiliza nascentes; Articulação entre população e entidades de regulação, Existência de projetos e/ou programas do governo para a proteção e/ou recuperação de nascentes; Combate e ou controle de processos erosivos na APP), todos foram mal avaliados, ou seja, receberam pontuação 1. Conseqüentemente, para o cruzamento de primeira ordem, as notas 1, cruzadas entre si, mantiveram-se com o valor 1 (Conforme ilustrado no Quadro 3: Matriz 3x3). Portanto, ao final do cruzamento de primeira ordem, entre os dois pares, foram gerados dois novos parâmetros, com nota 1: Governança e Recuperação ambiental de nascentes. O próximo passo, o cruzamento de segunda ordem, consistiu no cruzamento

entre o parâmetro Governança e Recuperação ambiental de nascentes. Ambos já estavam com as notas 1, então, conforme mostrado no Quadro 3, o cruzamento entre esses dois parâmetros resultou no indicador final de resposta, também de nota 1.

O indicador de Estado teve resultado mediano (3), assim como o de Pressão (3). Os principais parâmetros que limitaram melhores indicadores foram coliformes termotolerantes e Oxigênio na água para Estado e Acesso e intervenções na morfologia da nascente para Pressão.

Sob a lógica Pressão-Estado-Resposta fica evidente que o resultado da avaliação ambiental das nascentes é resultante da negligência dos atores responsáveis pelo ordenamento territorial. Com o indicador de Resposta tão baixo (denotando carências severas de Governança e políticas ambientais) era esperado que as pressões sofridas pelas nascentes resultassem no prejuízo das suas condições ambientais (estado). Por conseguinte, o indicador desses dois componentes (Pressão e Estado) foram coerentemente os mesmos.

Com isso, concluímos que o resultado final de 133 nos indica que os parâmetros de pressão e estado não estão ruins, mas também estão longe de estarem ideais. Isso mostra que são parâmetros que merecem atenção, cabendo aos gestores buscarem compreender a origem das pressões ali sofridas, bem como a resposta que as nascentes apresentam frente a tais perturbações. Todavia, no quesito do indicador em falha (de resposta), este merece muita atenção e intervenção. É notória a falta de ações (governamentais ou não) e da própria população que faz algum uso da nascente (ainda que de forma indireta). Urge o desenvolvimento de programas de educação ambiental e governança, bem como acesso à informação e mobilização social.

É nesta conjuntura que a eficácia da aplicação deste índice é atestada, não apenas pela sua aplicação propriamente dita bem sucedida, mas também pelas possibilidades que a aplicação nos trouxe: compreender a nascente como um sistema ambiental, alcançar um cenário o mais fiel possível do estado da nascente, com parâmetros que demonstrem de maneira efetiva as pressões ambientais sofridas, e, principalmente, nos mostra onde atuar, nos direciona por onde começar, nos proporcionando, assim, um importante instrumento de gestão.

## Considerações Finais

O (re)conhecimento de uma nascente, é sem dúvida, o primeiro passo para a sua proteção. Portanto, um estudo multidisciplinar é substancial para o entendimento das nascentes, bem como sua qualidade ambiental. No intuito de se avaliá-las, partiu-se do pressuposto de que os parâmetros de avaliação deveriam ser os mais heterogêneos possíveis, refletindo assim, a multidisciplinaridade e a complexidade que abarcam o estudo de nascentes. Entende-se que a multiplicidade de parâmetros segregados não contribui, efetivamente, para uma boa gestão ambiental, contudo, a integração deles, sim. Deste modo, integrá-los em um índice de qualidade ambiental poderá auxiliar na avaliação da qualidade ambiental das nascentes, podendo também nortear estudos mais robustos e de grande importância para o planejamento e gestão ambiental.

Este trabalho teve como finalidade não apenas contribuir diretamente para a gestão e planejamento ambiental, voltados para a proteção das nascentes, mas também,

ainda que indiretamente, com as escassas e pontuais discussões existentes na literatura acerca do tema nascentes, procurando avançar em alguns temas, ainda obscuros no arcabouço teórico-metodológico que envolve esses sistemas ambientais. Ademais, este trabalho também pode ser um trampolim para contribuir, futuramente, com trabalhos que visem avaliar as nascentes não apenas em domínio tropical, levantando-se assim, a possibilidade de, posteriormente, uma adaptação desta pesquisa em diferentes áreas de estudo.

Um índice multidisciplinar, com indicadores que correspondam à complexidade das nascentes, é um grande passo para as ciências de cunho ambiental. Todavia, espera-se que este seja o pontapé inicial para outros estudos que busquem avançar no estudo de nascentes, procurando cada vez mais preencher os hiatos existentes, as carências e falhas teórico-metodológicas, engendrando, assim, um melhor entendimento de sistemas tão fundamentais ao meio ambiente.

## Referências Bibliográficas

ARIZA, C. G.; NETO, M. D. A. Contribuições da geografia para avaliação de impactos ambientais em áreas urbanas, com o emprego da metodologia pressão-estado impacto-resposta (P.E.I.R.). *Caminhos de Geografia*, v. 11, n. 35, p. 128-139, 2010. Disponível em: [http://www.realp.unb.br/jspui/bitstream/10482/24742/1/ARTIGO\\_ContribuicoesGeografiaAvaliacao.pdf](http://www.realp.unb.br/jspui/bitstream/10482/24742/1/ARTIGO_ContribuicoesGeografiaAvaliacao.pdf). Acesso em: 27 out. 2023.

BARRETO, L. V.; BARROS, F. L.; BONOMO, P.; ROCHA, F. A.; AMORIM, J. S. Eutrofização em rios brasileiros. *Enciclopédia Biosfera – Centro Científico Conhecer*, Goiânia, v. 9, n. 16, p. 2165-2179, 2013. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2013a/biologicas/EUTROFIZACAO.pdf>. Acesso em: 26 out. 2023.

BRYAN, K. Classification of Springs. *Journal of Geology*, n. 27, n. 7, p. 522-561, 1919. Disponível em: <https://www.journals.uchicago.edu/doi/abs/10.1086/622677>. Acesso em: 31 out. 2023.

CALLISTO, M.; FERREIRA, W. R.; MORENO, P.; GOUKART, M.; PETRUCIO, M. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). *Acta Limnologica Brasiliensis*, v. 14, n. 1, p. 91-98, 2002. Disponível em: <https://jbb.ibict.br/bitstream/1/708/1/Callisto%20et%20al.pdf>. Acesso em: 22 out. 2023

CARMO, L. G.; FELIPPE, M. F.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. Áreas de preservação permanente no entorno de nascentes: conflitos, lacunas e alternativas da legislação ambiental brasileira. *Boletim Goiano de Geografia*, v. 34, n. 2, p. 275-293, 2014. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/3371/337131734006.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2023.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução nº 274, 29 de novembro de 2000*. Ministério do Meio Ambiente, 2000. Disponível em: <https://www.icmbio.gov>.

br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2000/res\_conama\_274\_2000\_parametro-sambientaisqualidadedasguas.pdf. Acesso em: 07 nov. 2023.

\_\_\_\_\_. *Resolução nº 357, 17 de março de 2005*. Ministério do Meio Ambiente, 2005. Disponível em: [http://conama.mma.gov.br/?option=com\\_sisconama&task=arquivo.download&id=450](http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=450). Acesso em: 07 nov. 2023.

COSTA, W. Hidrogeologia dos meios fissurados. In: FEITOSA, F. et al. *Hidrogeologia: conceitos e aplicações*. 3. ed. rev. Rio de Janeiro: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2008.

COSTA, A. R. S.; SANTOS, T. C. G.; KOZMHINSKY, M.; ALENCAR, S. K.; RAIS P.; VALLE, G. Aplicação da matriz GUT na gestão integrada de resíduos sólidos da cidade do Recife-PE. *Revista AIDIS de Ingeniería Y Ciencias Ambientales. Investigación, Desarrollo Y práctica*, v. 10, n. 2, p. 201-213, 2017. Disponível em: <https://www.revistas.unam.mx/index.php/aidis/article/view/57757>. Acesso em: 30 set. 2023.

EIRADO, L.G.; HEILBRON, M.; ALMEIDA, J.C.H. Os terrenos tectônicos da Faixa Ribeira na Serra da Bocaina e na Baía da Ilha Grande, sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, n. 36, p. 426-436, 2006. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/323192512\\_OS\\_TERRENOS\\_TECTONICOS\\_DA\\_FAIXA\\_RIBEIRA\\_NA\\_SERRA\\_DA\\_BOCAINA\\_E\\_NA\\_BAIA\\_DA\\_ILHA\\_GRANDE\\_SUDESTE\\_DO\\_BRASIL](https://www.researchgate.net/publication/323192512_OS_TERRENOS_TECTONICOS_DA_FAIXA_RIBEIRA_NA_SERRA_DA_BOCAINA_E_NA_BAIA_DA_ILHA_GRANDE_SUDESTE_DO_BRASIL). Acesso em: 13 nov. 2023.

FELIPPE, M. F.; MAGALHÃES Jr., A. P. Conflitos conceituais sobre nascentes de cursos d'água e propostas de especialistas. *GEOgrafias* v. 9, n. 1, p. 70-81, 2013. Disponível em: [https://www.academia.edu/107406288/Conflitos\\_conceituais\\_sobre\\_nascentes\\_de\\_cursos\\_d\\_%C3%A1gua\\_e\\_propostas\\_de\\_especialistas](https://www.academia.edu/107406288/Conflitos_conceituais_sobre_nascentes_de_cursos_d_%C3%A1gua_e_propostas_de_especialistas). Acesso em: 27 out. 2023.

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. Consequências da ocupação urbana na dinâmica das nascentes em Belo Horizonte – MG. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE MIGRAÇÕES, VI, *Anais*, p. 1-19, 2009. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/267770975\\_CONSEQUENCIAS\\_DA\\_OCUPACAO\\_URBANA\\_NA\\_DINAMICA\\_DAS\\_NASCENTES\\_EM\\_BELO\\_HORIZONTE-MG](https://www.researchgate.net/publication/267770975_CONSEQUENCIAS_DA_OCUPACAO_URBANA_NA_DINAMICA_DAS_NASCENTES_EM_BELO_HORIZONTE-MG). Acesso em: 24 out. 2023.

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. Desenvolvimento de uma tipologia hidrogeomorfológica de nascentes baseada em estatística nebulosa multivariada. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 15, p. 393-409, 2014 Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/463/401>. Acesso em: 25 set. 2023.

\_\_\_\_\_. *Gênese e dinâmica de nascentes: contribuições a partir da investigação hidrogeomorfológica em região tropical*. 2013. 254f. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/IGCC-9GQJDJ>. Acesso em: 30 out. 2023.

FERNANDES, P. C. L. *Validação e controle de qualidade do fósforo total em águas: análise da qualidade da água*. 2015, 146f. Dissertação (Mestrado em Química Industrial) – Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal, 2015. Disponível em: [https://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/6072/1/4188\\_8215.pdf](https://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/6072/1/4188_8215.pdf). Acesso em: 29 out. 2023.

FREITAS, L. C.; MACHADO, C. C.; SILVA, E.; JACOVINE, L. A. G. Avaliação quantitativa de impactos ambientais da colheita florestal em dois módulos. *Revista Ceres*, v. 54, n. 313, p. 292-303, 2007. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/3052/305226813005.pdf>. Acesso em: 31 out. 2023.

GOMES, P. M.; MELO, C.; VALE, V. S. Avaliação dos impactos ambientais em nascentes na cidade de Uberlândia – MG: análise macroscópica. *Sociedade & Natureza*, v. 17, n.32, p.103-120,2005. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/3213/321327186009.pdf>. Acesso em: 27 out. 2023.

KOTTEK, M.; GRIESER, J. C.; BECK, B.; RUDOLF, F.; RUBEL, World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*, n. 15, p. 259-263, 2006. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/51997463\\_World\\_Map\\_of\\_the\\_Koppen-Geiger\\_Climate\\_Classification\\_Updated](https://www.researchgate.net/publication/51997463_World_Map_of_the_Koppen-Geiger_Climate_Classification_Updated). Acesso em: 15 jan. 2024.

LEVREL, H.; KERBIRIOU, C.; COUVET, D. OECD pressure–state–response indicators for managing biodiversity: a realistic perspective for a French biosphere reserve. *Biodiversity Conservation*. v. 18, p. 1719-1732, 2009. Disponível em: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10531-008-9507-0.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2023

LOPES, F. W. *A Proposta metodológica para avaliação de condições de balneabilidade em águas doces no Brasil*. 2012. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/MPBB-8YWFSM>. Acesso em: 27 out. 2023.

LOPES, V. C.; LIBÂNIO, M. Proposição de um índice de estações de tratamento de água (IQETA). *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 10, n. 4, p. 318-328, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/JsFVgtRvbfYKmZknNsYJG6R/?lang=pt>. Acesso em: 07 jan. 2024.

MARQUES NETO, R.; SILVA, F. P.; FERNANDES, R. A.; BARRETO, J. B.; EDUARDO, C. C. A espacialidade do relevo em paisagens transformadas e sua representação: Mapeamento geomorfológico da Bacia do rio Paraibuna, Sudeste de Minas Gerais. *Revista Ra'e Ga. Temático de Geomorfologia*, v. 41 p. 65-81, 2017. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/49186>. Acesso em: 09 jan. 2024.

MOURA, M. N.; ALVES, M. J. B.; DIAS, J. S.; ALMEIDA NETO, J. O.; FELIPPE, M. F. Grau de alteração ambiental dos hidrossistemas do campus da UFJF. *Revista de Geografia* –

PPGEO/UFJF, v. 6, n. 2, p. 173-183, 2016. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/360951687\\_GRAU\\_DE\\_ALTERACAO\\_AMBIENTAL\\_DOS\\_HIDROSSISTEMAS\\_DO\\_CAMPUS\\_DA\\_UFJF\\_RATE\\_OF\\_DISTURBANCE\\_OF\\_THE\\_HYDROSYSTEMS\\_OF\\_UFJF\\_CAMPUS](https://www.researchgate.net/publication/360951687_GRAU_DE_ALTERACAO_AMBIENTAL_DOS_HIDROSSISTEMAS_DO_CAMPUS_DA_UFJF_RATE_OF_DISTURBANCE_OF_THE_HYDROSYSTEMS_OF_UFJF_CAMPUS). Acesso em: 06 nov. 2023

\_\_\_\_\_; FELIPPE, M. F. Hydrogeomorphology of Brazilian Springs: Between Diversity and Lack of Knowledge. In: SANTOS, G. B.; FELIPPE, M. F.; MARQUES NETO, R. (eds.). *Geomorphology of Brazil: complexity, interscale and landscape*. 1. ed. Heidelberg, Alemanha. Springer, 2022. p. 83-97.

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. Comparação de chaves de classificação de nascentes: casos de Juiz de Fora – MG. In: SANTOS, G. B.; FELIPPE, M. F.; MARQUES-NETO (orgs.). *Geomorfologia: complexidade e interesalaridade da paisagem*, p. 734-748. 1. ed. São José dos Campos: editora Comum Design, 2022. Disponível em: [https://sinageo.org.br/2020/wp-content/uploads/2022/05/00\\_XIII-SINAGEO-GEOMORFOLOGIA-COMPLEXIDADE-E-INTERES-CALARIDADE-DA-PAISAGEM.pdf](https://sinageo.org.br/2020/wp-content/uploads/2022/05/00_XIII-SINAGEO-GEOMORFOLOGIA-COMPLEXIDADE-E-INTERES-CALARIDADE-DA-PAISAGEM.pdf). Acesso em: 27 out. 2023

\_\_\_\_\_. Qualidade ambiental de nascentes: proposta metodológica. 2020. 232f. Dissertação (Mestrado em Geografia). – Programa de Pós-Graduação em Geografia – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufjf.br/jspui/bitstream/ufjf/14088/1/mirellanazarethdemoura.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2023

\_\_\_\_\_; FELIPPE, M. F. Avaliação de nascentes para a gestão ambiental integrada: Insuficiências e proposições apontadas por um painel de especialistas. *Ateliê Geográfico*, v. 16, n. 3, p. 215-241, 2022. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/atelie/article/view/72240/39175.%20>. Acesso em: 27 out. 2023

NUVOLARI, A. *Dicionário de saneamento ambiental*. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

OECD – Organization for Co-Operation and Development. *Core set of indication for environmental performance review: a synthesis report by the group on the state of the environment*. Paris: OECD, 1993.

OLIVEIRA, M. C. P.; ÁVILA, B. T.; FELIPPE, M. F.; MOURA, M. N.; SILVA, B. M.; DIAS, J. S. Avaliação macroscópica da qualidade das nascentes do *campus* da Universidade Federal de Juiz de Fora. *Revista de Geografia*, v. 3, p. 1-7, 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufjf.br/index.php/geografia/article/view/17930>. Acesso em: 01 nov. 2023.

PIEKARSKI, A. E. T.; TORKOMIAN, A. L. V. Identificação de clusters industriais: uma análise de métodos quantitativos. *Gerpros*, v. 1, n. 1, p. 40-50, 2005. Disponível em: <https://revista.feb.unesp.br/gerpros/article/view/17>. Acesso em: 27 out. 2023.

PINTO, L. V. A.; ROMA, T. N.; BALIEIRO, K. R. C. Avaliação qualitativa da água de nascentes com diferentes usos do solo em seu entorno. *Cerne*, v. 18, n. 3, p. 495-505, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cerne/a/fwFZsKZV4mVXqLX98sYtcHb/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 01 nov. 2023.

PINTO, M. J. R. *Avaliação de condições ambientais de nascentes de cursos de água: ferramenta de subsídio à gestão de recursos hídricos e ao planejamento de bacias hidrográficas*. 2019. 234f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/11741>. Acesso em: 31 out. 2023.

RAMOS, T. B. Sistemas de indicadores e índices ambientais. In: CONGRESSO NACIONAL DOS ENGENHEIROS DO AMBIENTE, IV, *Anais...* Portugal: APEA, 1997. p. 1-12.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. *Revista do Departamento de Geografia da USP*, n. 8, p. 63-74, 1994. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47327>. Acesso em: 27 out. 2023.

SANTOS, A.A.P; TESSARI, C. Técnicas quantitativas de otimização de carteiras aplicadas ao mercado de ações brasileiro. *Revista Brasileira de Finanças*, v. 10, n. 3, p. 369-393, 2012. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/3058/305824788004.pdf>. Acesso em: 23 out. 2023

SILVA, A. A.; DA SILVA, N. S.; BARBOSA, V. A.; HENRIQUE, M. R.; BAPTISTA, J. A. A utilização da Matriz Swot como ferramenta estratégica – um estudo de caso em uma escola de idioma de São Paulo. In: Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, VIII, *Anais...* Resende: SEGeT, 2011. 11 p. Disponível em: <https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos11/26714255.pdf>. Acesso em: 27 out. 2023.

SPRINGER, A. E.; STEVENS, L. E. Spheres of discharge of springs. *Hydrogeology Journal*, v. 17, p. 83-93, 2009. Disponível em: [https://docs.springstewardship.org/PDF/springer\\_stevens\\_spheres\\_origin.pdf](https://docs.springstewardship.org/PDF/springer_stevens_spheres_origin.pdf). Acesso em: 29 out. 2023.

STEVENS, L.E. *et al. The ecological integrity of spring ecosystems: a global review*. Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences, Elsevier, 2021. 16p. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1VhJhTs-fp-vxQvlfGEW3jVC9w9VW3KAD/view>. Acesso em: 23 out. 2023.

TOLEDO, J. A. C.; MOURA, M. N.; ROCHA, N. R. G.; MOREM, D. B. C.; FELIPPE, M. F. Aplicação de protocolos rápidos para a avaliação ambiental de nascentes: empecilhos e possibilidades. In: PINHEIRO, L.S.; GORAYEB, A. (orgs.) *Geografia física e as mudanças globais*. Fortaleza: Editora UFC, 2019.

TUPINAMBÁ, M.; HEILBRON, M.; DUARTE, B. P.; NOGUEIRA, J. R.; VALLARADES, C.; ALMEIDA J.; SILVA L. G. E.; MEDEIROS, S. R.; ALMEIDA, C. G.; MIRANDA, A.; RAGATKY, C. D.; LUDKA, I. Geologia da Faixa Ribeira Setentrional: estado da arte e conexões com a Faixa Araçuaí. *Geonomos*, n. 15, p. 67-79, 2007. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/revistageonomos/article/view/11633>. Acesso em: 23 out. 2023

VILLELA, L. C.; CALDAS, V. T.; GAMBA, R. C. Análise microbiológica em águas minerais envasadas em embalagens de 510 ml, comercializadas no Município de Santos – SP. *Revista Ceciliansa*, p. 4-6, 2010. Disponível em: (Microsoft Word – 2 – AN\301LISE MICROBIOL\323GICA EM \301GUAS MINERAIS ENVASADAS EM EMBALAGENS DE 510 ML, COMERCIALIZADAS NO MUNIC\315PIO D) (unisanta.br). Acesso em: 07 jan. 2024.

Recebido em: 12/11/2023. Aceito em: 19/01/2024.

## Notas

<sup>1</sup> O método Delphi é o resultado final de um projeto oriundo da *Rand Corporation*, realizado na década de 1950, voltado para a utilização da opinião de especialistas para temas de difícil consenso (LOPES, LIBÂNIO, 2005)

<sup>2</sup> Bactérias que se reproduzem ativamente à temperatura de aproximadamente 44,5 °C, estando presentes em grandes quantidades nas fezes humanas bem como dos demais animais de sangue quente (NUVOLARI, 2013)

<sup>3</sup> Bactérias que se reproduzem ativamente à temperatura de aproximadamente 44,5 °C, estando presentes em grandes quantidades nas fezes humanas bem como dos demais animais de sangue quente (NUVOLARI, 2013)

<sup>4</sup> Bactérias que se reproduzem ativamente à temperatura de aproximadamente 44,5 °C, estando presentes em grandes quantidades nas fezes humanas bem como dos demais animais de sangue quente (NUVOLARI, 2013)

<sup>5</sup> Segundo Marques Neto *et al.* (2017, p. 74) Morros apresentam morfologias mamelonares quaternárias de topos convexos a aplainados e vertentes convexo retilíneas com coberturas superficiais argilosas. Morrotes apresentam morfologias mamelonares quaternárias rebaixadas de topos convexos e vertentes convexo retilíneas com coberturas superficiais argilosas.

<sup>6</sup> Antes de se interpretar os resultados, deve-se destacar que a ordem dos algarismos pouco importa, e optou-se por colocá-los justapostos em ordem crescente (conforme já ilustrado no Quadro 4, na seção de metodologia deste trabalho). Portanto, a combinação 3-3-1 será tida como 133. No caso das nascentes estudadas, alguns parâmetros que merecem cuidado são os coliformes, intervenções na morfologia da nascente, acesso e oxigênio dissolvido na água.

# Mapeamento Digital dos Teores de $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , $\text{MnO}$ , $\text{Nb}$ e $\text{TiO}_2$ em Morro dos Seis Lagos – AM, Brasil

## Digital Mapping of $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , $\text{MnO}$ , $\text{Nb}$ and $\text{TiO}_2$ Contents in Morro Seis Lagos – AM, Brazil

Niriele Bruno Rodrigues<sup>i</sup>

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Seropédica, Brasil

Júlio Cesar Lopes da Silva<sup>ii</sup>

Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Rio de Janeiro, Brasil

Renan Pereira Marinatti da Silva<sup>iii</sup>

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Seropédica, Brasil

Helena Saraiva Koenow Pinheiro<sup>iv</sup>

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Seropédica, Brasil

Waldir de Carvalho Júnior<sup>v</sup>

Embrapa Solos  
Jardim Botânico, Brasil

**Resumo:** Conceitos em pedometria e técnicas de *Machine Learning* são cada vez mais utilizados na execução de levantamentos de solos, empregando procedimentos de mapeamento digital de solos. O objetivo do estudo foi avaliar o desempenho de modelos *Multivariate Adaptive Regression Spline* (MARS), *Radial Support Vector Machine* (SVMRadial) e *Random Forest* (RF), para predição espacial de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{Nb}$  e  $\text{TiO}_2$ , em Morro dos Seis Lagos-AM, Brasil. A metodologia consistiu em: Revisão bibliográfica; Compilação dos dados geoquímicos; Tratamento e análise dos dados (*input data*); Seleção de

<sup>i</sup> Doutoranda pelo Programa de Pós-graduação em Agronomia-Ciência do Solo, Departamento de Solos, Instituto de Agronomia. nirielebr@ufrj.br. <https://orcid.org/0000-0001-6230-0058>

<sup>ii</sup> Doutorando pelo Programa de Pós-graduação em Geologia, Instituto de Geociências. jlopes@geologia.ufrj.br. <https://orcid.org/0000-0001-6230-0058>

<sup>iii</sup> Graduando em Geologia, Departamento de Geociências. marinatti.renan@gmail.com. <https://orcid.org/0009-0006-8015-9071>

<sup>iv</sup> Profa. Adjunta no Departamento de Solos, Instituto de Agronomia. koenow@ufrj.br. <https://orcid.org/0000-0001-5742-7556>.

<sup>v</sup> Pesquisador na Embrapa Solos. waldir.carvalho@embrapa.br. <https://orcid.org/0000-0002-8619-0989>.

covariáveis; Aplicação de algoritmos para predição de elementos; Obtenção dos mapas, análise dos resultados e interpretações. Os resultados demonstraram maior acurácia para a predição de teores de óxido de ferro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), manganês ( $\text{MnO}$ ) e nióbio ( $\text{Nb}$ ) com o modelo RF, já para titânio ( $\text{TiO}_2$ ), melhor desempenho foi observado com o modelo SVMRadial. As covariáveis morfométricas foram mais relevantes do que covariáveis derivadas de índices espectrais.

**Palavras-chave:** Pedometria; *Machine-Learning*; Áreas de Difícil Acesso.

**Abstract:** Concepts in pedometrics and Machine Learning techniques are increasingly used in the execution of soil surveys, employing digital soil mapping procedures. The objective of the study was to evaluate the performance of Multivariate Adaptive Regression Spline (MARS), Radial Support Vector Machine (SVMRadial) and Random Forest (RF) models, for spatial prediction of  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{Nb}$  and  $\text{TiO}_2$ , in the Morro dos Seis Lagos-AM, Brazil. The methodology consisted of: Thematic review; Compilation of geochemical data; Treatment and analysis of data (input data); Selection of covariates; Application of algorithms for prediction of elements; obtaining the maps, analysis of results and interpretations. The results showed greater accuracy for the prediction of iron oxide ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), manganese ( $\text{MnO}$ ) and niobium ( $\text{Nb}$ ) contents, with the RF model, while for titanium ( $\text{TiO}_2$ ), better performance was observed with the SVMRadial model. Morphometric covariates were more relevant than covariates derived from spectral indices.

**Keywords:** Pedometrics; Machine Learning; Poorly-Accessible Areas.

## Introdução

A demanda por acesso à informação de recursos naturais teve aumento significativo nas últimas décadas, em especial sobre o recurso solo. Nesse contexto, o mapeamento digital de solos (MDS) desempenha um papel fundamental ao lidar com o vasto volume de dados e gerar informações sobre os solos e suas propriedades. Nesse sentido, os acervos existentes de dados de levantamento de solo legados e patrimoniais em todo o mundo estão sendo resgatados, compilados e processados em um conjunto de dados, consistente e geograficamente contíguo de propriedades relevantes do solo que cobrem a superfície terrestre do planeta (ARROUAYS *et al.*, 2017).

O uso do mapeamento digital para predizer a distribuição espacial de propriedades e classes dos solos requer a organização de conjuntos de dados espaciais, incluindo dados de solos e variáveis ambientais relacionadas. Segundo Fernandes Filho *et al.* (2023), as novas técnicas disponíveis e avanços tecnológicos no mapeamento digital de solos podem ser aplicados para conduzir avaliações de solos mais rápidas, e com custo-benefício vantajoso, permitindo a continuidade dos levantamentos de solos no Brasil. Ressalta-se que os levantamentos pedológicos não se limitam apenas a mapas cartográficos, mas também proporcionam uma gama de informações acerca do recurso para suporte a tomada de decisões.

Atualmente, a prospecção mineral tem se baseado em sistema de informação geográfica (SIG), com a finalidade de suporte a exploração mineral (HRONSKY; KREUZER, 2019). Nesse sentido, o aprendizado de máquina tem sido empregado em diversas áreas de conhecimento, associado à disponibilidade de conjuntos de dados e à evolução dos algoritmos, contribuindo para o sucesso das previsões na obtenção de informações mineralógicas de qualidade e com confiabilidade conhecida. Conforme Prado *et al.* (2020), os métodos de mapeamento para a prospecção mineral fornecem ferramentas objetivas para a integração de grandes quantidades de dados geocientíficos. Dessa forma, esses métodos podem ser aplicados em áreas com pouco ou nenhum local mineralizado conhecido (PRADO *et al.*, 2020).

Estudos recentes, como os dos autores Cracknell e Reading (2014), Costa *et al.* (2019), Pinheiro *et al.* (2021) e Wang *et al.* (2020), utilizam as técnicas de *Machine-Learning* para a previsão de dados geoquímicos e, principalmente quando integrado com dados de sensoriamento remoto, têm contribuído para o mapeamento de teores de elementos e compostos, que superam as técnicas convencionalmente utilizadas. Segundo Demattê *et al.* (2018), o uso do sensoriamento remoto (SR) tem se tornado cada vez mais importante na modelagem espacial e no mapeamento digital de solos. Isso se deve à existência de uma extensa relação entre o solo e a interação com a energia eletromagnética na forma de distintos padrões espectrais, o que reforça a relevância dessa técnica.

A área de estudo, denominada Complexo Carbonatítico Morro dos Seis Lagos, onde o intemperismo da siderita carbonatito originou espessa crosta laterítica (espessura maior que 200 metros), é composta predominantemente de *goethita/hematita* (CPRM, 2019; BENTO *et al.*, 2022). Frisa-se que tais carbonatitos e lateritas hospedam minerais traços com elementos que têm potencial econômico (como  $\text{Nb}$  e  $\text{TiO}_2$ , por exemplo). Esta ocorrência está localizada no bioma amazônico sob densa floresta em áreas de proteção ambiental e reserva indígena, de difícil acesso.

Sob essa única e complexa conjuntura de hospedagem de elementos com potencial econômico, bem como área de estudo de difícil acesso, o objetivo dessa pesquisa foi avaliar o desempenho dos modelos *Multivariate Adaptive Regression Spline* (MARS), *Radial Support Vector Machine* (SVMRadial) e *Random Forest* (RF), para previsão espacial dos conteúdos de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{Nb}$  e  $\text{TiO}_2$ , em Morro dos Seis Lagos, São Gabriel da Cachoeira, Amazônia, Brasil.

## Metodologia

Os procedimentos metodológicos dividem-se em 6 etapas (Figura 1): 1) Revisão bibliográfica; 2) Compilação dos dados geoquímicos; 3) Tratamento e análise da base de dados (*input data*); 4) Seleção de covariáveis; 5) Aplicação de algoritmos de mapeamento digital para previsão de elementos, e posterior validação; e 6) Integração análise dos resultados e interpretações.

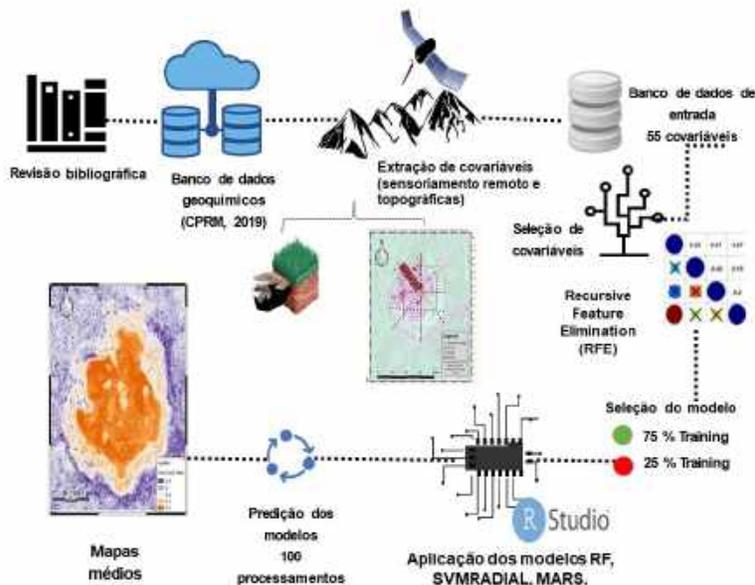


Figura 1 – Etapas dos procedimentos metodológicos.

A região de Morro dos Seis Lagos (Figura 2) está localizada na porção noroeste da bacia Amazônica, inserida nas coordenadas 756825.32 m E, 35078.26 m N, com área total de 35,96 km<sup>2</sup>. Essa área é limítrofe (< 150km) com a Venezuela e a Colômbia. Está inserida no contexto de três unidades de conservação (UCs) (BRASIL, 2000) com sobreposição: a Terra Indígena Balaio (Decreto n° 21 de 21/12/2009), Parque Nacional do Pico da Neblina (Decreto n° 83.550 de 05/06/1979) e a Reserva Biológica do Morro dos Seis Lagos (Decreto n° 12.836 de 09/03/1990).

Os dados geoquímicos de solo, sedimentos e materiais rochosos utilizados foram disponibilizados pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) através da plataforma GeoSBG (disponível em: <https://geoportal.cprm.gov.br/>), e encontram-se sumarizados no Projeto Avaliação do Potencial de Terras Raras no Brasil – Área Morro dos Seis Lagos, Noroeste do Amazonas (CPRM, 2009). A malha amostral superficial é de 341 pontos, onde foram realizadas determinações geoquímicas pelo Laboratório SGS Geosol (Belo Horizonte), para os 56 elementos foram aplicados os seguintes métodos (CPRM, 2009):

- Método SGS XRF79C, com identificação dos minerais feita através da comparação do difratograma do banco de dados de ICSS-PDF (*International Center for Diffraction Data-Powder Diffraction file*), para os óxidos principais;
- A Espectrometria de Massa com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-MS) com Espectrometria de Massa com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES) para análise de 14 Elementos de terras raras (ETR), Nb, Sn, W, Y e outros 11 elementos; e
- ISE03A e B para os elementos F e Cl.

A análise estatística exploratória dos parâmetros foi executada através do *software* RStudio (v.3.4).

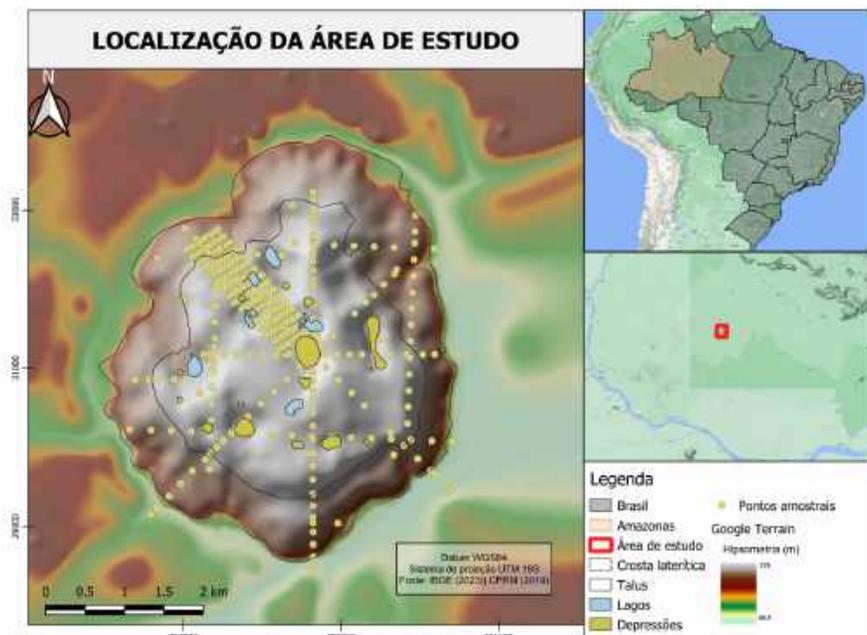


Figura 2 – Localização da área de estudo.

### Covariáveis Ambientais de Entrada

Os atributos do terreno foram derivados de um Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente (MDE-HC), com resolução espacial de 20 m, obtido através de interpolador (*Topo to Raster*) no ArcGIS Desktop v. 10.6 (ESRI), a partir de dados primários vetoriais de curvas de nível com equidistância de 10 metros, pontos cotados, hidrografia, extraído da base cartográfica digital – escala 1:25.000, produzida pela Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em parceria com a Secretaria do Estado do Ambiente (SEA). Os atributos topográficos derivados do MDE-HC foram obtidos através do programa Sistema de Análise Geocientífica Automatizadas – SAGA-GIS v.2.1.2 (CONRAD, 2007), sendo eles: *Aspect*, *Real surface area*, *Convergence Index*, *Curvature Flow line*, *Curvature General*, *Curvature maxima*, *Curvature minimo*, *Curvature Plan*, *Curvature prolife*, *Curvature Tangencial*, *Curvature Total*, *Elevation*, *Mid Slope Position*, *Multiresolution Index of Valley Bottom Flatness (MRVBF)*, *Multiresolution Index of The Ridge Top Flatness (MRRTF)*, *SAGA Weteness Index*, *Vector Terrain Ruggedness (VRM)*, *Standardized Height*, *Slope Height*, *Terrain Surface Convexity*, *Terrain Surface Texture* e *Valley Depth*.

As covariáveis proveniente de dados de sensoriamento remoto foram obtidas pelo sensor *Multispectral Sensor Instrument* (MSI) do satélite Sentinel 2A de 07/01/2020 referente a órbita/ponto 4677, e do sensor *Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer* (ASTER) do satélite Terra de 06/02/2020 referentes a órbita/ponto 0030107, na resolução espacial de 20 m, sendo os índices gerados através da combinação de bandas espectrais descritos com detalhes na Tabela 1.

Tabela 1 – Índices provenientes da combinação de bandas espectrais dos sensores MSI-Sentinel 2A e ASTER.

Índices	Equação	Referência
<i>Ferrous Silicates</i>	Banda 12/ banda 11	Van Der Meer <i>et al.</i> (2014)
Zonas alteradas	Banda 8/ banda 11	Sora <i>et al.</i> (2018)
Rochas alteradas hidrotermicamente	8-1-2-3	Sora <i>et al.</i> (2018)
<i>Laterite</i>	Banda 11/ banda 12	Van der Meer <i>et al.</i> (2014)
<i>Clay Minerals</i>	Clay Minerals = banda 6/banda 7	Sabins (1997)
<i>Iron Oxide</i>	Iron Oxide = banda 4/banda 2	Sabins (1997)
<i>Normalized Difference Vegetation Index</i> (NDVI)	$NDVI = \frac{RNIR - Rred}{RNIR + Rred}$	Rouse <i>et al.</i> (1973)
<i>Ferroginous regolith</i>	(Banda 8A/ banda3)	Rowan <i>et al.</i> (2003)
	ASTER	
Deteccção da alteração argilítica avançada	Banda 4 /banda 6	Sora <i>et al.</i> (2018)
<i>Ferric iron, Fe3+</i>	Banda 2/ banda 1	Kalinowski e Oliver (2004)
<i>Ferrous iron, Fe2+</i>	Banda 5/banda 3 + banda 1/banda 2	Kalinowski e Oliver (2004)
Gossan	Banda 4/ banda 2	Kalinowski e Oliver (2004)

A seleção de covariáveis ambientais desempenha um papel crucial na construção de modelos, buscando capturar os padrões e relações ambientais e criar modelos mais simples e eficientes. Essa etapa aborda aspectos fundamentais, como a redução da dimensionalidade, o aprimoramento da precisão do modelo, a interpretabilidade dos modelos e a eficiência computacional. Nesse contexto, é adotado o princípio geral de simplicidade e parcimônia, enfatizando a interpretabilidade dos modelos (HASTIE *et al.*, 2009).

O procedimento de seleção de covariáveis para construção dos modelos preditivos envolveu três etapas, sendo elas: 1) Remoção de covariáveis com variância zero ou quase zero; 2) Remoção de covariáveis altamente correlacionadas com limiar de 0.95; e 3) Implementação do algoritmo *Recursive Feature Elimination* (JEONG *et al.*, 2017), para seleção das covariáveis preditores potenciais.

O processo de remoção de variáveis com variância zero ou quase zero, também conhecido como *NearZeroVar*, foi considerado na etapa de pré-processamento, buscando a identificação daquelas que possuem uma variância abaixo de um limiar pré-definido. As covariáveis foram removidas a partir do programa RStudio (3.6.1) utilizando o pacote *Caret*. Nesta primeira etapa, foram removidas as seguintes covariáveis: *Closed Depressions*, *Hill*, *Hill index*, *Slope index*, *Surface specific points*, *Valley* e *Valley index*, sendo consideradas não informativas para o conjunto de dados de *input*.

Posteriormente, foi realizada uma nova análise entre as covariáveis para exclusão por alta correlação utilizando o pacote *Caret*. Nesse contexto, considera-se que a remoção de covariáveis altamente correlacionadas favorece melhor precisão e a interpretabilidade do modelo. Desta forma, foi estabelecido um critério de limiar de 0,95 para identificar as covariáveis com correlação significativa. Com base nisso, as seguintes variáveis foram eliminadas: Banda 7, Banda 8, Banda 8a, Banda 11, Banda 5, *Mass Balance Index*, *Ferrous silic*, *Terrain Ruggedness Index*, *Clay Minerals*, *Curvature cross-sectional*, *Curvature longitudinal* e *Gossan* (ASTER).

A terceira etapa para a seleção das covariáveis preditoras, consistiu na utilização do algoritmo *Recursive Feature Elimination* – RFE (JEONG *et al.*, 2017). O método visa a eliminação recursiva por interação entre as covariáveis e a variável predita, selecionando aquelas com maior importância e retirando aquelas que apresentam colinearidade (multicolineridade), e que podem prejudicar o desempenho dos modelos (SVETNIK *et al.*, 2004).

O algoritmo RFE (*Recursive Feature Elimination*) foi implementado em cada modelo usando o pacote *Caret* (KUHNS, 2008). Deste modo, o hiperparâmetro de *subset* do RFE foi ajustado para gerar subconjuntos com diferentes números de covariáveis, com base nas covariáveis remanescentes das etapas anteriores de seleção. Foram testados cinco conjuntos específicos, incluindo as covariáveis (2:25, 30, 35, 40, 45). Assim, a seleção dos subconjuntos foi realizada por meio de validação cruzada com cinco dobras, avaliando a métrica de precisão R-quadrado para cada subconjunto.

Em termos de modelos preditivos foram testados os modelos *Multivariate Adaptive Regression Splines* (MARS) via pacote *Earth* (MILBORROW *et al.*, 2017), *Random Forest* (RF) através de pacote *randomForest* (BREIMAN, 2001), *Support Vector Machine* (SVMRadial) via pacote *Caret* (KUHNS, 2008), em função de suas características dessemelhantes, a fim de avaliar a predição mais precisa dos elementos ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{Nb}$  e  $\text{TiO}_2$ ).

Nesse sentido, os modelos diferem em especial pela gestão dessemelhante do conjunto de dados de treinamento e teste, contribuindo assim para escolhas de covariáveis distintas, avaliando a importância de cada uma. Assim, com fins de análise comparativa entre os modelos e prezando pela seleção de covariáveis altamente relacionadas aos elementos preditos, foi utilizado o algoritmo *Recursive Feature Elimination* (RFE), implementado em cada modelo como RFE- RF, RFE- SVMRadial e RFE- MARS.

Para avaliar o desempenho e selecionar o modelo com melhor desempenho para a predição de cada elemento, foi utilizado um conjunto ideal de covariáveis pré-selecionadas via RFE para cada modelo. Assim, os dados foram separados em treinamento (75%) e teste (25%) para validação. O desempenho do modelo foi avaliado com base nas métricas: Raiz quadrada do Erro médio (*Root Mean Squared Error* – RMSE) (eq. (1)), Erro

Absoluto Médio (*Mean Absolute Error* – MAE) (eq. (2)) e coeficiente de determinação ( $R^2$ ), (eq. (3)).

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2} \quad (1)$$

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i| \quad (2)$$

$$R^2 = \frac{SQR}{SQT} = \frac{\sum_{i=1}^n |y_i - \bar{y}|}{\sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i|} \quad (3)$$

O processamento de cada modelo foi realizado com 100 repetições para cada elemento, possibilitando desta forma o cálculo do mapa médio e de amplitude (mínimos e máximos preditos) para cada elemento. Essa abordagem segue o procedimento adotado por Gomes *et al.* (2019) e Reis *et al.* (2021), que consiste em repetir o processamento dos conjuntos de dados para gerar o cálculo da variabilidade, demonstrando assim maior consistência na predição. De acordo com Kuhn e Johnson (2013), a repetição múltipla é importante para determinar a variabilidade da predição, uma vez que diferentes grupos de conjuntos de dados de treinamento e validação podem resultar em modelos distintos, apresentando valores de precisão diferentes.

## Resultados e Discussão

### *Estatística Descritiva*

Os resultados dos modelos preditivos foram, inicialmente, submetidos à análise estatística descritiva (Tabela 2), obtendo-se média, mediana, valor máximo, valor mínimo, coeficiente de variação e coeficiente de curtose. O óxido de ferro ( $Fe_2O_3$ ) apresentou coeficiente de variação de 508,01 em relação à média de 68,99. Esse fator pode estar correlacionado com o contexto geológico da área de estudo, apresentando diferentes fontes de materiais, alteração e/ou translocação de elementos.

Para Titânio (TiO<sub>2</sub>) exibiu desvio padrão de 4,09, com conteúdo médio de 2,93 e coeficiente de variação de 16,69. E para Nb obteve-se média de 0,74, com valores de mínimo a máximo de 0–4,02, contribuindo para coeficiente de variação baixo de 0,76.

Tabela 2 – Estatística descritiva de elementos.

Elementos	Média	Med.	Min.	Máx.	DP	CV (%)	Cs	Ck
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	68,99	77,4	0,12	95,1	22,59	508,01	1,66	1,88
TiO <sub>2</sub>	2,93	1,42	0	29,9	4,09	16,69	2,79	9,86
Nb	0,74	0,39	0	4,02	0,88	0,76	1,43	1,50
MnO	5,09	0,20	0,00	64,10	14,02	2,75	10,93	3,02

Med = mediana; Min = mínimo; Máx = máximo; DP = desvio padrão; CV = coeficiente de variação; CS = coeficiente de assimetria; e Ck = Curtose.

Os valores máximos e mínimos refletem a composição do material geológico da área de estudo, pois conforme Paye *et al.* (2010), a distribuição de metais no solo, sob condições naturais é heterogênea, e influenciada por fatores como a composição do material de origem, fatores de formação do solo e características físicas e químicas do solo.

A partir de uma análise das métricas de desempenho dos modelos (Tabela 3), no que se refere ao erro absoluto médio (MAE) e a raiz do erro quadrático médio (RMSE), dos modelos com melhor desempenho no R<sup>2</sup>, verificaram-se valores significativamente mais baixos de MAE e RMSE representando assim uma a maior precisão (WILLMOTT, MATSUURA, 2005).

Constatou-se que para o Nb o RF apresentou R<sup>2</sup> 0,23, no desempenho, e RMSE e MAE inferior em relação aos demais modelos. O SVMRadial apresentou menor desempenho com R<sup>2</sup> de 0,15. Bento *et al.* (2022), através do método de interpolação *Inverse Distance Weighting* (IDW), estimaram o teor médio para Nb equivalente a 1,17 (% em peso) em Morro dos Seis Lagos. Ainda segundo o autor destaca-se que o depósito de Nb em Morro dos Seis Lagos é classificado como supergênico, sendo semelhante a outros exemplos brasileiros, como Araxá (Minas Gerais) e Catalão I e II (Goiás) que possuem a variação de teores de 1,08 e 2,48 (% em peso) Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Para o Titânio (TiO<sub>2</sub>) o SVMRadial apresentou melhor performance com R<sup>2</sup> de 0,14, em comparação aos demais modelos. Adel *et al.* (2021), na região do Iran, constataram, para o elemento TiO<sub>2</sub> o R<sup>2</sup> 0,51, a partir do método de agrupamento *K-means* e rede neural artificial. Destacou-se que ambos os métodos produzem os resultados desejados, mas o método da rede neural artificial tem resultados mais precisos. Para Ferro (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) o modelo mais adequado foi o RF com R<sup>2</sup> 0,23. O elevado teor de ferro na região é produto do intemperismo de um carbonatito siderítico combinado com sua exposição a um clima tropical úmido, resultando na formação de uma crosta laterítica extremamente espessa (BENTO *et al.*, 2022).

No que tange à modelagem do conteúdo de manganês (MnO) o modelo *Random Forest* apresentou melhor desempenho com R<sup>2</sup> equivalente a 0,20, e os demais modelos

são semelhantes (Tabela 3). Recentemente, Bento *et al.* (2022) destacaram que as crostas manganíferas, possuem elevados teores de elementos de terras raras (ETR) referente a furos de sondagem. A formação de óxidos de Mn deriva da lixiviação das partes próximas à superfície do perfil de intemperismo, formando complexos coloidais de Mn que precipitam devido ao aumento do pH e supersaturação da solução (ULRICH *et al.*, 2019).

Tabela 3 – Performance dos modelos *Random Forest* (RF), *Multivariate Adaptive Regression Splines* (MARS) e *Radial Support Vector Machine* (SVMRadial).

Elementos (% em peso)	Modelos	RMSE (% em peso)	MAE (% em peso)	R <sup>2</sup> (adimensional)
<b>Nb</b>	RF	19,92	14,24	0,23
	MARS	20,60	15,29	0,16
	SVMRadial	21,25	14,10	0,15
<b>TiO<sub>2</sub></b>	RF	4,00	2,59	0,12
	MARS	4,00	2,61	0,11
	SVMRadial	4,03	2,32	0,14
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	RF	19,77	14,12	0,23
	MARS	20,60	15,09	0,17
	SVMRadial	20,73	13,76	0,17
<b>MnO</b>	RF	13,13	6,57	0,20
	MARS	13,02	6,88	0,17
	SVMRadial	13,93	5,73	0,17

RF: *Random Forest*; MARS: *Multivariate Adaptive Regression Splines*; e SVM-R: *Support Vector Machine Radial Sigma*.

De modo geral, as covariáveis predictoras para os modelos apresentaram uma característica heterogênea na composição de seus conjuntos (Figura 3). De acordo com o grau de importância as covariáveis morfométricas apresentaram maior importância quando comparadas com os índices espectrais. Nesse sentido, entre as mais frequentes nos rankings destacam-se: *Elevation*, *Multiresolution Index of Valley Bottom Flatness* (MRVBF), *Saga Wetness Index*, *Standardized Height* e *Vector Ruggedness*, as quais exerceram influência significativa na explicação da variabilidade dos elementos.

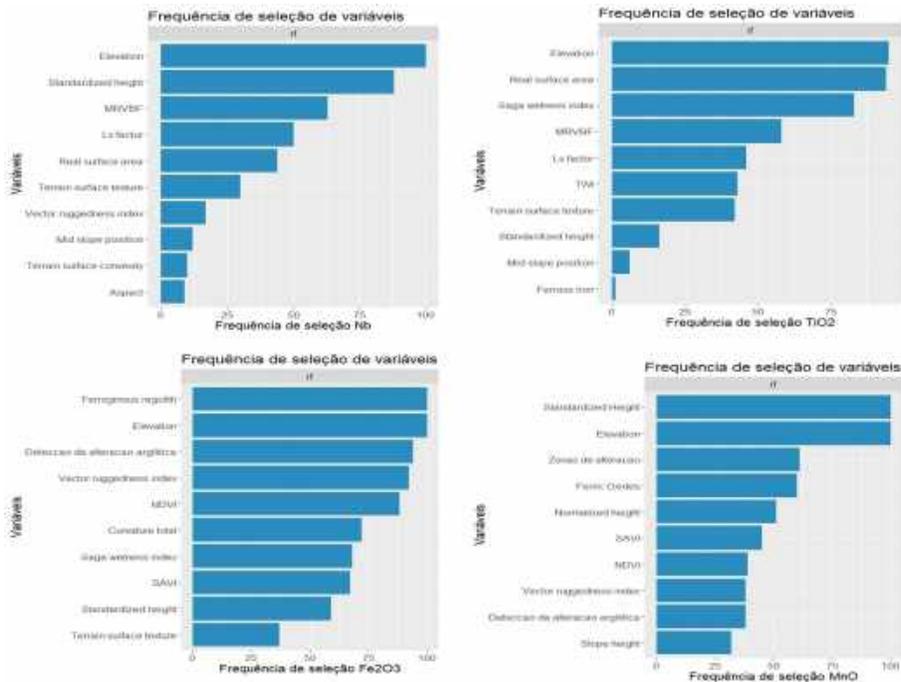


Figura 3 – Frequência de seleção das covariáveis, para a predição espacial dos elementos, a partir do modelo RFE para os modelos.

Constatou-se que as covariáveis de índices espectrais (*Ferric Iron*, *Ferrous Iron*, *Deteção da alteração argilítica avançada*) obtiveram maior destaque nos modelos, uma vez que estão relacionadas diretamente com alterações mineralógicas, principalmente relacionadas a precipitação de óxidos de ferro. Esses resultados são relevantes para a compreensão dos processos de intemperismo das rochas carbonáticas e gênese das crostas lateríticas e, como consequência, o acúmulo de elementos como Nb e TiO<sub>2</sub>.

### Análise da Variabilidade Espacial dos Elementos

Os mapas de média e amplitude apresentados nas Figuras 4, 5, 6 e 7 exibem a distribuição espacial dos teores dos elementos em superfície.

Na variabilidade do Nióbio (Figura 4), verifica-se que no mapa médio obteve-se uma variação do teor de 0,24–0,45 (% em peso), considerada baixa, sob o material de talus. Os maiores teores de Nb ocorreram entre 0,89–1,11 (% em peso), sob material de crosta laterítica. No mapa de desvio padrão, os maiores teores foram de 0,37–0,46 (% em peso) em áreas de depressões e em lagos.

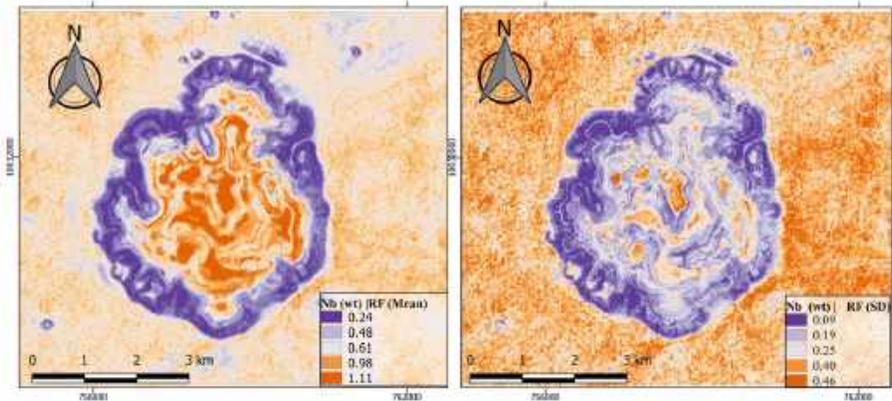


Figura 4 – Mapeamento dos teores de Nb em superfície por MARS.

As covariáveis morfométricas *Elevation*, *Aspect* e *Multiresolution Index of Valley Bottom Flatness* (MRVBF), e *LS-Factor* (Figura 3) indicaram maior importância na explicação da variabilidade do elemento. Frisa-se que estas covariáveis estão correlacionadas com a heterogeneidade topográfica e as principais morfoestruturas no entorno do Morro de Seis Lagos. Conforme Rossoni *et al.* (2016), as direções das estruturas regionais são refletidas nas estruturas rúpteis na superfície do Morro dos Seis Lagos, influenciando a carstificação, colapsos na crosta laterítica e favorecendo a concentração de minerais por processos supergênicos.

Nesse sentido, os índices espectrais *Ferrous Iron*, detecção da alteração argilítica avançada, e *ferroginous regolith*, presentes na seleção do modelo RFE-RF, podem ser correlacionados com o material. De acordo com Mitchell (2015), os carbonatos da rocha primária são lixiviados e os silicatos se alteram para argilominerais, predominando na laterita os óxidos (hematita) e hidróxidos (*goethita*) de ferro (Fe).

O elemento Titânio ( $TiO_2$ ) no mapa médio (Figura 5) apresentou maior variação de teores na área de crosta laterítica com variação de 2,17 – 2,72 (% em peso). Ao oposto com menores teores de 0,52 – 1,08 (% em peso) na área de depósitos de tálus. Quanto ao mapa de desvio padrão, os maiores valores foram de 0,8 – 1,02 (% em peso), em lagos e depressões, correspondendo às áreas sem alocação de amostras. Como covariáveis preditoras importantes apresentou *Elevation*, *LS-Factor*, *Saga Wetness Index* e *Multiresolution Index of Valley Bottom Flatness* (MRVBF).

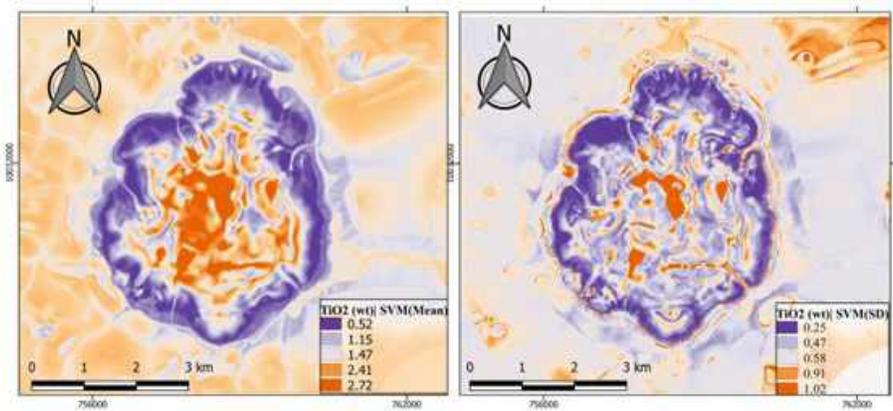


Figura 5 – Mapeamento dos teores de  $\text{TiO}_2$  em superfície por SVM Radial.

Para  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (Figura 6), os maiores teores entre 67,3–79,8 (% em peso), estão relacionados a presença da crosta laterítica, e no depósito de tálus se localizam menores teores do que na crosta laterítica. No mapa de desvio padrão ressaltam-se os valores entre 1,78–6,82 (% em peso) tanto em depressões e lagos quanto na área de tálus. As covariáveis *Elevation*, *Ferroginous regolith*, *Detecção da alteração argilítica avançada*, *Vector Ruggnedness index*, *NDVI*, *Saga Wetness index*, foram consideradas as mais importantes na predição da distribuição espacial dos teores de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (Figura 3).

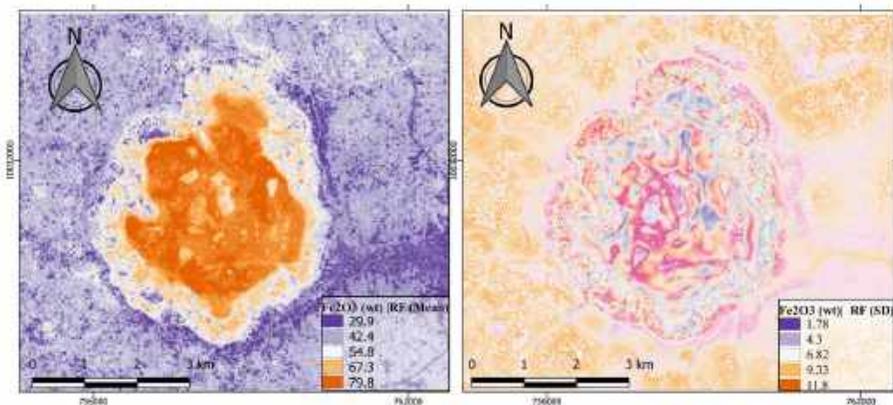


Figura 6 – Mapeamento dos teores de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  em superfície por *Random Forest*.

O mapa que representa os teores médios preditos para o elemento Manganês ( $\text{MnO}$ ) (Figura 7) apresentou menor teor na crosta laterítica, com valores entre 0,11 – 11,0 (% em peso), e maior teor, variando entre 32,9 – 43,9 (% em peso) na área de depósitos de tálus. No mapa de desvio padrão, os maiores valores foram de 13,6 – 18,1 (% em peso), em lagos e depressões (áreas sem alocação de amostras). As covariáveis importantes fo-

ram *Elevation*, *Ferric oxides*, Zonas de alteração, *SAVI* e Detecção da alteração argilítica avançada.

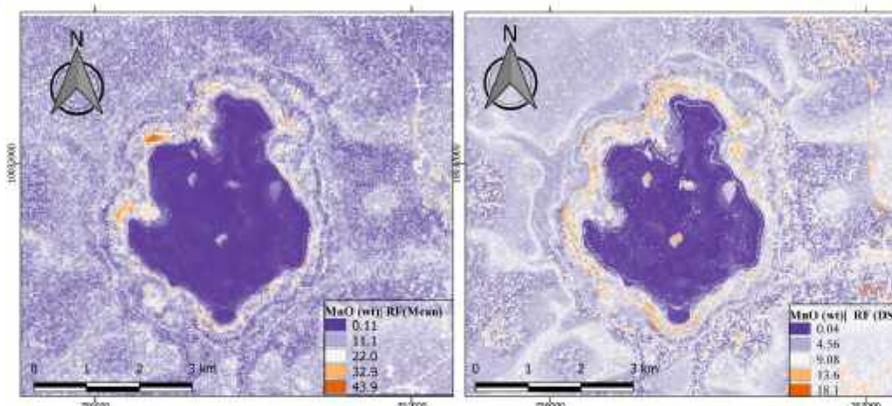


Figura 7 – Mapeamento dos teores de MnO em Morro em superfície por *Random Forest*.

Nesse sentido, o modelo *Random Forest* obteve melhor desempenho para os elementos  $Fe_2O_3$ , Nb e MnO, indicando como as mais importantes covariáveis: *Elevation*, *SAGA Wetness Index* e Detecção argilítica, que foram pré-selecionados através do método de eliminação recursiva (RFE-RF), resultando em uma otimização do conjunto de dados de entrada.

Para o  $TiO_2$  a melhor performance foi no modelo SVMRadial, em comparação com outros modelos, e indicando como covariáveis significativas: *Real surface area*, *Topographic Wetness index*, *Ls-Factor* e *Mid Slope Position*. De uma forma geral, em termos de índices espectrais, os mais importantes selecionados pelos modelos para a predição dos elementos foram: Detecção da alteração argilítica avançada, *Ferroginous regolith*, Zonas de alteração.

As covariáveis dos índices espectrais demonstraram um desempenho abaixo do esperado neste contexto, podendo estar sujeitas a limitações referentes a resolução espacial. El Desoky *et al.* (2022) obtiveram boa performance com a utilização do Sentinel-2A e ASTER no mapeamento geológico de média resolução.

## Conclusão

Constatou-se, a partir do modelo *Random Forest* associado ao método do RFE, a obtenção de melhor desempenho na predição dos elementos  $Fe_2O_3$ , MnO e Nb, em comparação aos modelos SVMRadial e MARS. Verificou-se que os maiores teores dos elementos Nb,  $TiO_2$ ,  $Fe_2O_3$  estão localizados na crosta laterítica, e, por conseguinte, os teores baixos correspondendo ao material presente no tálus.

A partir do método de eliminação recursiva de feições (RFE-RF) o modelo indicou no ranking de importância as seguintes covariáveis na predição: *Elevation*, *Ls-Factor*, *Multiresolu-*

*tion Index of Valley Bottom Flatness (MRVBF), SAGA Wetness Index e Detecção da alteração argilítica avançada, resultando em uma otimização do conjunto de dados de entrada.*

As covariáveis morfológicas desempenharam um papel mais significativo na explicação da variabilidade espacial dos elementos químicos, em comparação com as covariáveis derivadas de índices espectrais, as quais demandam, para trabalhos futuros, análises que considerem uma resolução com maior detalhamento. Dessa forma, ressalta-se o controle topográfico do relevo associado à drenagem existente na área como reguladores da abundância dos elementos/compostos químicos analisados.

Como perspectivas futuras frisa-se que os modelos podem ser melhorados utilizando um conjunto de dados de entrada com nova malha amostral, que pode ser coletada utilizando como referência os mapas de desvio padrão, onde estes apresentam valores mais elevados. Além disso, pode-se utilizar outras covariáveis, como dados geofísicos, por exemplo, explorando diferentes modelos preditivos e algoritmos de predição, considerando o nível de detalhamento requerido na análise.

## Referências Bibliográficas

ADEL, S.; MANSOUR, Z.; ARDESHIR, H. Geochemical behavior investigation based on k-means and artificial neural network prediction for titanium and zinc, Kivi region, Iran. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*, v. 332, n. 3, p. 113-125, 2021.

ARROUAYS, D.; LEENAARS, J. G.; RICHER DE FORGES, A. C.; ADHIKARI, K.; BALLABIO, C.; GREVE, M.; RODRIGUEZ, D. Soil legacy data rescue via GlobalSoilMap and other international and national initiatives. *GeoResJ*, v. 14, p. 1-19, 2017.

BENTO, J. P. P.; PORTO, C. G.; TAKEHARA, L., SILVA, F. J. D.; BASTOS NETO, A. C.; MACHADO, M. L.; DUARTE, A. C. Mineral potential re-evaluation of the Seis Lagos Carbonatite Complex, Amazon, Brazil. *Brazilian Journal of Geology*, v. 52, p. 1-19, 2022.

BRASIL. *Decreto-Lei nº 6.001, de 21 de dezembro de 2009*. Homologa a demarcação administrativa da Terra Indígena Balaio, localizada no Município de São Gabriel da Cachoeira, no Estado do Amazonas. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ato2007-2010/2009/dnn/dnn12364.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2009/dnn/dnn12364.htm). Acesso em: 24 ago. 2021.

\_\_\_\_\_. *Decreto-Lei nº 83.550, de 05 de junho de 1979*. Cria, no Estado do Amazonas, o Parque Nacional do Pico da Neblina, com os limites que especifica e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/1970-1979/d83550.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1970-1979/d83550.htm). Acesso em: 24 ago. 2021.

\_\_\_\_\_. *Decreto-Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000*. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm). Acesso em: 24 ago. 2021.

Niriele Bruno Rodrigues, Júlio Cesar Lopes da Silva, Renan Pereira Marinatti da Silva, Helena Saraiva Koenow Pinheiro e Waldir de Carvalho Júnior

\_\_\_\_\_. *Lei nº 6.634, de 02 de maio de 1979*. Dispõe sobre a Faixa de Fronteira, altera o Decreto-Lei nº 1.135, de 3 de dezembro de 1970, e dá outras providências. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6634.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6634.htm). Acesso em: 24 ago. 2021.

BREIMAN, L. Random forests. *Machine Learning Journal*. Hingham, v. 45, p. 5-32, 2001.

CAMPBELL, P. M. D. M.; FRANCELINO, M. R.; FERNANDES, E. I.; ROCHA, P. D. A.; AZEVEDO, B. C. D. Digital mapping of soil attributes using machine learning. *Revista Ciência Agronômica*, v. 50, p. 519-528, 2019.

CONRAD, O. SAGA–System für Automatisierte Geowissenschaftliche Analysen. *Presentation held at FOSSGIS*, 2007.

COSTA, I. S. L.; TAVARES, F. M.; DE OLIVEIRA, J. K. M. Predictive lithologic mapping using machine learning methods: a case study in the Grey Lineament, Carajas Province, Brazil. *Journal of the Geological Survey of Brazil*, v. 2, n. 1, p. 26-36, 2019.

CPRM. *Project Assessment of the Rare Earth Potential in Brazil: Morro dos Seis Lagos area, Northwest Amazonas* / Organized by Lucy Takehara. 4. ed. Brasília: CPRM, 2009. Disponível em: <https://geoportal.cprm.gov.br/>

CRACKNELL, M. J.; READING, A. M. Geological mapping using remote sensing data: a comparison of five machine learning algorithms, their response to variations in the spatial distribution of training data and the use of explicit spatial information. *Computers & Geosciences*, v. 63, p. 22-33, 2014.

DEMATTE, J. A. M.; FONGARO, C. T.; RIZZO, R.; SAFANELLI, J. L. Geospatial Soil Sensing System (GEOS3): a powerful data mining procedure to retrieve soil spectral reflectance from satellite images. *Remote Sensing of Environment*, v. 212, p. 161-175, 2018.

EL-DESOKY, H. M.; SHEBL, A.; ABDEL-RAHMAN, A. M.; FAHMY, W.; EL-AWNY, H.; EL-SHERIF, A. M.; CSÁMER, A. Multiscale mineralogical investigations for mineral potentiality mapping of Ras El-Kharit-Wadi Khashir district, Southern Eastern Desert, Egypt. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, v. 25, n. 4, p. 941-960, 2022.

FERNANDES FILHO, E. I.; MENDONÇA-SANTOS, M. L.; SCHAEFER, C. E.; DALMOLIN, R. S.; FRANCELINO, M. R.; CHAGAS, C. S.; CARVALHO JÚNIOR, W.; DEMATTE, J. A. M.; GOMES, L. C. The future of brazilian pedology: pedometrics and advanced methods for soil survey. In: KUHN, M.; JOHNSON, K. *The Soils of Brazil*, p. 423-433. Cham: Springer International Publishing 2023.

GOMES, L. C.; FARIA, R. M.; DE SOUZA, E.; VELOSO, G. V.; SCHAEFER, C. E. G.; FERNANDES FILHO, E. I. Modelling and mapping soil organic carbon stocks in Brazil. *Geoderma*, v. 340, p. 337-350, 2019.

HASTIE, T.; TIBSHIRANI, R.; FRIEDMAN, J. *The elements of statistical learning: Data Mining, Inference, and Prediction* (Títulos da Série – Springer Series in Statistics). Nova York: Springer, 2009.

HRONSKY, J. M.; KREUZER, O. P. Applying spatial prospectivity mapping to exploration targeting: Fundamental practical issues and suggested solutions for the future. *Ore Geology Reviews*, v. 107, p. 647-653, 2019.

JEONG, G.; OEVERDIECK, H.; PARK, S. J.; HUWE, B.; LIEB, M. Spatial soil nutrients prediction using three supervised learning methods for assessment of land potentials in complex terrain. *Catena*, v. 154, p. 73-84, 2017.

KALINOWSKI, A.; OLIVER, S. ASTER mineral index processing manual. *Remote Sensing Applications, Geoscience Australia*, v. 37, p. 36, 2004.

KUHN, M. Building Predictive Models in R Using the caret Package. *Journal of Statistical Software*, v. 28, n. 5, p. 1-26, 2008. Disponível em: <https://cran.r-project.org/package=caret>. Acesso em: 20 nov. 2022.

\_\_\_\_\_; JOHNSON, K. *Applied predictive modeling*. Nova York: Springer, 2013.

MILBORROW, S.; HASTIE, T.; TIBSHIRANI, R.; MILLER, A.; LUMLEY, T. Earth: multivariate adaptive regression splines. *Package version*, v. 5, n. 2, p. 1-52, 2017.

MITCHELL, R. H. Primary and secondary niobium mineral deposits associated with carbonatites. *Ore Geology Reviews*, v. 64, p. 626-641, 2015.

PAYE, H. S.; MELLO, J. W. V.; ABRAHÃO, W. A. P.; FERNANDES FILHO, E. I.; DIAS, L. C. P.; CASTRO, M. L. O.; MELO, S. B.; FRANÇA, M. M. Valores de referência de qualidade para metais pesados em solos no Estado do Espírito Santo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. v. 34, p. 2041-2051, 2010.

PINHEIRO, H. S. K.; LOPES, J. C.; DE MELLO, F. M.; BILAL, E. Digital mapping of P-LI-BE contents: a proposal to recognize LCT type pegmatites. In: 50º CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, L, *Anais*. Brasília – DF, 2021. Disponível em: <https://hal-emse.ccsd.cnrs.fr/emse-03457498/>. Acesso em: 05 maio 2022.

PRADO, E. M. G.; SOUZA FILHO, C. R.; CARRANZA, E. J. M.; MOTTA, J. G. Modeling of Cu-Au prospectivity in the Carajás mineral province (Brazil) through machine learning: Dealing with imbalanced training data. *Ore Geology Reviews*, v. 124, p. 103-611, 2020.

REIS, G. B.; DA SILVA, D. D.; FERNANDES FILHO, E. I.; MOREIRA, M. C.; VELOSO, G. V.; DE SOUZA FRAGA, M.; PINHEIRO, S. A. R. Effect of environmental covariable selection in the hydrological modeling using machine learning models to predict daily streamflow. *Journal of Environmental Management*, v. 290, p. 112625, 2021.

Niriele Bruno Rodrigues, Júlio Cesar Lopes da Silva, Renan Pereira Marinatti da Silva, Helena Saraiva Koenow Pinheiro e Waldir de Carvalho Júnior

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS. *Third ERTS Symposium*, NASA special publication, NASA, v. 351, p. 309- 317, 1973.

ROSSONI, M. B.; NETO, A. C. B.; SALDANHA, D. L.; SOUZA, V. S.; GIOVANNINI, A. L.; PORTO, C. G. Aplicação de técnicas de sensoriamento remoto na investigação do controle do posicionamento do Complexo Carbonatítico Seis Lagos e no estudo do depósito (Nb) laterítico associado (Amazonas, Brasil). *Pesquisas em Geociências*, v. 43, n. 2, p. 111-125, 2016.

ROWAN, L. C.; MARS, J. C. Lithologic mapping in the Mountain Pass, California area using Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) data. *Journal of Remote Sensing of Environment*, v. 84, p. 350-366, 2003.

SABINS, F. F. *Remote sensing: principles and interpretation*. 3rd ed. Nova York: W. H. Freeman and Company, 1997.

SORA, A. M.; SIMBE, M.; DIAS, J.; UACANE, M. S. Integração de imagens de satélites para identificação de alterações na Suíte Carbonatítica de Xiluvo-Nhamatanda. *Educação-Educação, Sociedade e Meio Ambiente*, v. 21, n. 2, p. 251-263, 2018.

SVETNIK, V., LIAW, A., TONG, C., & WANG, T. Application of Breiman's random forest to modeling structure-activity relationships of pharmaceutical molecules. *International Workshop on Multiple Classifier Systems*, p. 334-343. 2004.

ULRICH, M.; CATHELINÉAU, M.; MUÑOZ, M.; BOIRON, M. C.; TEITLER, Y.; KARPOFF, A. M. The relative distribution of critical (Sc, REE) and transition metals (Ni, Co, Cr, Mn, V) in some Ni-laterite deposits of New Caledonia. *Journal of Geochemical Exploration*, v. 197, p. 93-113, 2019.

VAN DER MEER, F. D.; VAN DER WERFF, H. M. A.; VAN RUITENBEEK, F. J. A. Potential of ESA's Sentinel-2 for geological applications. *Remote sensing of environment*, v. 148, p. 124-133, 2014.

WANG, C.; PAN, Y.; CHEN, J.; OUYANG, Y.; RAO, J.; JIANG, Q. Indicator element selection and geochemical anomaly mapping using recursive feature elimination and random forest methods in the Jingdezhen region of Jiangxi Province, South China. *Applied Geochemistry*, v. 122, p. 104-760, 2020.

WILLMOTT, C. J.; MATSUURA, K. Advantages of the mean absolute error (MAE) over the root mean square error (RMSE) in assessing average model performance. *Climate research*, v. 30, n. 1, p. 79-82, 2005.

Recebido em: 09/08/2023. Aceito em: 27/10/2023.

# Avaliação Limnológica na Bacia do Rio Limoeiro no Estado de São Paulo, Brasil

## Limnological evaluation in the Limoeiro River Basin in State of São Paulo, Brazil

Rodolfo Durante Serraglio<sup>i</sup>  
Universidade do Oeste Paulista  
Presidente Prudente, Brasil

Marta Aparecida de Moura<sup>ii</sup>  
Universidade do Oeste Paulista  
Presidente Prudente, Brasil

Sérgio Marques Costa<sup>iii</sup>  
Universidade do Oeste Paulista  
Presidente Prudente, Brasil

Alba Regina Azevedo Arana<sup>iv</sup>  
Universidade do Oeste Paulista  
Presidente Prudente, Brasil

Maíra Rodrigues Uliana<sup>v</sup>  
Universidade do Oeste Paulista  
Presidente Prudente, Brasil

**Resumo:** O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade da água na Bacia do Rio Limoeiro, no Oeste Paulista, Brasil, na perspectiva do Índice de Qualidade de Água para Proteção da Vida Aquática (IVA). O estudo foi conduzido por Pesquisa Bibliográfica, Trabalho de Campo e Laboratório. Foram realizadas avaliações para construção do IVA – clorofila, fósforo (P), oxigênio dissolvido (OD), pH, cádmio (Cd), cromo (Cr), cobre (Cu), chumbo (Pb), níquel, zinco (Zn), fenóis, surfactantes – por dois períodos (2019, períodos chuvoso e seco), em 5 pontos estratégicos da bacia. No período chuvoso 43% dos

---

<sup>i</sup> Mestre, Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional. rodolfods15@hotmail.com. <https://orcid.org/0000-0003-4160-5551>

<sup>ii</sup> Doutora, Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional. martaapmoura@hotmail.com. <https://orcid.org/0000-0002-0124-2883>

<sup>iii</sup> Doutor, Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional. sergiocosta@unoeste.br. <https://orcid.org/0000-0001-9287-065X>

<sup>iv</sup> Doutora, Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional. alba@unoeste.br. <https://orcid.org/0000-0001-8995-4449>

<sup>v</sup> Doutora, Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional. maira@unoeste.br. <https://orcid.org/0000-0002-2794-0217>

parâmetros avaliados estiveram acima do limite legal permitido pela resolução CONAMA 357; no período seco, aproximadamente 60%. No período chuvoso o Rio Limoeiro apresentou o IVA com coeficiente de ponderação de 4,1 (“Regular”) e no período seco 7,7 (“Péssimo”), essa classificação para os períodos chuvoso e seco, mostra cenários que podem estar estruturados principalmente por uma variedade de fatores, de origem natural ou antrópica. Foram observadas condições impróprias para manutenção da vida aquática. Segundo o IVA e as normas da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), tais condições evidenciam que atividades antrópicas causaram impactos ambientais nos pontos investigados.

**Palavras-chave:** IVA; Índice de Qualidade de Água para Proteção da Vida Aquática; Contaminação Hídrica; Pontal do Paranapanema; Rio Limoeiro.

**Abstract:** The aim of this study was to evaluate water quality in the Limoeiro River Basin in the West of São Paulo State, Brazil, from the perspective of the Water Quality Index for the Aquatic Life Protection (IVA). The research was carried out through Bibliographic Research, Fieldwork, and Laboratory Analysis. Evaluations were conducted to construct the IVA (Chlorophyll, Phosphorus, Dissolved Oxygen, pH, Cadmium, Chromium, Copper, Lead, Nickel, Zinc, Phenols, Surfactants) for two periods (2019, rainy and dry seasons) at 5 strategic points within the basin. During the rainy season, 43% of the assessed parameters exceeded the legal limits set by CONAMA Resolution 357, while in the dry season, the proportion was approximately 60%. In the Rainy Season, the Limoeiro River presented a IVA weighting coefficient of 4.1 (“Regular”), whereas in the Dry Season, the score was 7.7 (“Terrible”). This classification for both seasons indicates scenarios that may be structured by a variety of factors, either of natural or anthropogenic origin. Unsuitable conditions for the maintenance of aquatic life were observed. According to IVA and the standards of the São Paulo State Environmental Agency (CETESB), these conditions highlight that anthropogenic activities have caused environmental impacts at the investigated points.

**Keywords:** IVA; Water Quality Index for the Protection of Aquatic Life; Water Contamination; Pontal do Paranapanema; Limoeiro River.

## Introdução

A poluição dos recursos hídricos se dá por diferentes fontes e tipos, podendo haver alteração dos mananciais em qualidade e quantidade (MOTA, 2008). As principais formas de poluição são: urbana (e.g. esgotos domésticos lançados direta/indiretamente nos corpos d’água) e poluição industrial. As consequências para o ambiente de um determinado poluente dependem das suas concentrações, tipo de corpo d’água que o recebe e uso dessa água (DERISIO, 2017).

Os lançamentos de efluentes nos corpos hídricos superficiais, no Brasil, são regulamentados pela legislação ambiental editada pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), o qual dividiu os sistemas hídricos em nove classes de acordo

com a qualidade da água e usos demandados (CONAMA n° 357/2005 e n° 430, de 13/05/2011.) Cada classe tem suas limitações, configurando padrão de referência para fiscalização e gerenciamento dos recursos hídricos (BRASIL, 2005; PEREIRA, 2004). No estado de São Paulo, o marco legal foi o Decreto Estadual n° 8.468 (1976), que dispõe sobre os padrões de emissão de efluentes para as diferentes classes de água, o Decreto Estadual n° 10.755 (1977), que dispõe sobre o enquadramento dos corpos de água receptores e o Decreto n° 8.468 (1976), que dá providências correlatas. Contudo, o Brasil possui baixos índices de cobertura por sistemas de esgotamento sanitário, justificando a necessidade de investimentos e melhorias desses indicadores na fixação de metas progressivas e diferenciadas para controle da poluição entre os usuários da bacia (VEROL, VOLSCHAN, 2007).

Desta forma, o monitoramento das águas dos corpos receptores é uma importante ferramenta para verificar/avaliar a saúde ambiental dos canais fluviais após o lançamento dos esgotos tratados. Visando realizar a verificação de parâmetros de qualidade e quantidade de água, esta avaliação pode ser realizada de maneira contínua ou periódica, para acompanhar a evolução das condições ao longo do tempo. Além disso, é importante para averiguar as tendências na qualidade do meio aquático e para observar como este é afetado por contaminantes e/ou atividades antrópicas (FELIX NETO *et al.*, 2021; HESPANHOL, 2009).

Existe um número bastante grande de indicadores de qualidade das águas, os quais são utilizados na pesquisa e que são agrupados de modo a caracterizar os diversos tipos de poluição. Como, por exemplo, a Poluição Orgânica que pode ser avaliada a partir dos parâmetros demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), oxigênio dissolvido (OD), fenóis e cloretos, contaminação Bacteriana, que pode ser monitorada pelas avaliações dos coliformes totais e fecais e ainda a Poluição Geral, que pode ser avaliada por meio de parâmetros físicos e físico-químicos básicos como potencial hidrogeniônico (pH), temperatura da água, resíduo total e turbidez (DERISIO, 2017).

Os dados do monitoramento dos recursos hídricos fomentam as instituições de gerenciamento do recurso água para desenvolverem ações de sustentabilidade ambiental das águas, como estratégias de recuperação, conservação e preservação. Neste cenário de degradação dos corpos d'água destaca-se a bacia do córrego do Limoeiro no município de Presidente Prudente-SP, Brasil. Santos e Barbosa (2013), ao analisarem os aspectos biogeográficos do Córrego do Limoeiro, observaram que o avanço da malha urbana em direção ao córrego foi um dos principais problemas relacionados à sua deterioração. Tendo em vista que o Limoeiro é um divisor natural entre as cidades de Presidente Prudente-SP e Álvares Machado-SP, que se expandem em sua direção.

De acordo com Gomes *et al.* (2020), as áreas urbanas afetam a qualidade da água por fontes de poluição difusa. Estes autores colocam que 28% da bacia hidrográfica do Córrego Limoeiro é formada por áreas urbanas, concentrando-se no perímetro urbano dos municípios de Presidente Prudente e Álvares Machado. Em meio a este cenário de efeitos da urbanização na qualidade e na disponibilidade de água já evidenciadas pela literatura, fica evidente a importância de avaliar a qualidade da água do Córrego do Limoeiro, conforme o Índice de Qualidade de Água para a Proteção da Vida Aquática – IVA.

A hipótese adotada neste trabalho é que a qualidade da água do Córrego Limoeiro sofre influência significativa das áreas urbanas dos municípios de Presidente Prudente-SP e Álvares Machado-SP. Pressupõe-se que as variáveis físicas e químicas das águas sofrem influência das zonas urbanas e essas alterações manifestam-se em alterações e mudanças na qualidade ambiental das águas do córrego. Assim, o objetivo deste trabalho é analisar a qualidade da água do Córrego Limoeiro, localizado no extremo Oeste Paulista, a partir da perspectiva do Índice de Qualidade de Água para Proteção da Vida Aquática (IVA). Desta forma, realizou-se a avaliação de variáveis físicas e químicas das águas em uma seção do córrego Limoeiro, após a influência das zonas urbanas dos municípios de Presidente Prudente-SP e Álvares Machado-SP, pertencentes à bacia hidrográfica do rio Santo Anastácio, localizada na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Pontal do Paranapanema-UGRHI-22. O estudo avaliou o comportamento de variáveis limnológicas, para analisar a influência do espaço urbano na qualidade ambiental das águas do córrego Limoeiro.

## Caracterização da Área de Estudo

Presidente Prudente é um município brasileiro de médio porte, conta com uma população de aproximadamente 203.370 habitantes urbanos e 4.255 rurais, perfazendo um total de 207.610 habitantes (IBGE, 2010), mas, a estimativa da população absoluta para 2021 é de 231.953 habitantes (IBGE, 2021). O município possui uma área territorial de 563 km<sup>2</sup> e está localizado no Extremo Oeste do Estado de São Paulo, sob a localização geográfica, paralelo 22°07'57"S e o meridiano 51°22'57"W (FUSHIMI, NUNES, 2012, p. 46) (Figura 1).

Neste município localiza-se o objeto de estudo da pesquisa: "Córrego Limoeiro" e o "Balneário da Amizade" (criado pelo represamento do córrego), que fazem parte da bacia hidrográfica do rio Santo Anastácio, na divisa dos municípios de Presidente Prudente e Álvares Machado, e na UGRHI Pontal do Paranapanema (ARANA, FROIS, 2016, p.620).

Em 22/11/1977, o Córrego Limoeiro foi definido pelo Decreto Estadual 10.755 como corpos d'água receptores classe 4 (quatro). De acordo com a resolução nº 357/2005, CONAMA, os cursos d'água com classificação 4 podem ser utilizados para navegação e harmonia paisagística (BRASIL, 2005). Pontes (2009) evidencia que esta classificação atribuída ao córrego está devidamente relacionada ao fato de que, na época, os esgotos domésticos eram lançados *in natura* no corpo d'água, estes uma das maiores fontes de poluição do município. Porém, a partir da década de 1990 o cenário foi atualizado, a companhia responsável pela concessão dos serviços de água e esgoto iniciou o processo de tratamento dos efluentes domésticos de Presidente Prudente na Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) localizada próximo à Rodovia Júlio Budiski (SP-501) na bacia do Córrego Limoeiro.

Até setembro de 2004, o Limoeiro recebia os despejos domésticos do município sem tratamento, a partir desta data houve a criação da Estação de Tratamento de Esgotos Limoeiro, operada pela SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo). Em 2015 foi realizada a revitalização do Balneário da Amizade, que inseriu a

recuperação da infraestrutura local, incorporação à urbanização como área recreativa, tratamento da água para uso dos banhistas, mas, tais reformas foram somente aderidas pelo lado pertencente a Presidente Prudente (ABREU, 2016, p. 24).

Contudo, considerando o período em que o córrego passou por um processo de autodepuração e as mudanças nas características visualmente identificadas, são utilizados nesta pesquisa os limites legais para os parâmetros analisados correspondentes à Classe 3 da Resolução CONAMA nº 357/05, que abrangem as atividades atualmente desenvolvidas (BRASIL, 2005).

## Procedimentos Metodológicos

A metodologia utilizada na condução se deu em três etapas: levantamento bibliográfico com revisão literária de estudos acadêmicos/científicos nas Bases de Dados Google Livros, Google Acadêmico, Periódicos da CAPES, Fiocruz, Pubmed, Elsevier, Scielo e ResearchGate; e trabalho de campo, realizado por meio de coleta de amostras de água em pontos escolhidos estrategicamente ao longo da bacia em razão de estarem próximos à área urbana do município. Seguida das avaliações dos parâmetros de composição do IVA no laboratório de análises de águas.

Foram escolhidos cinco pontos amostrais do Córrego do Limoeiro, as campanhas de coleta ocorreram conforme o fluxo hídrico da bacia hidrográfica e seu trajeto, obedecendo como regra o menor tempo de acesso de um ponto ao outro (Figuras 1 e 2). A seção monitorada pertence à bacia do rio Santo Anastácio, é classificada como sub-bacia localizada nas coordenadas geográficas 22°15'37.96"S, 51°30'48.91"O, 979 m e sua localização está apresentada na parte superior da Figura 1.

Através das visitas *in loco*, na ocasião das coletas, foram identificadas as atividades atualmente desenvolvidas, tais como: recreação, pesca, irrigação de pomares e ainda dessedentação de animais nas áreas rurais.

Para a realização da análise da qualidade das águas superficiais foram realizadas duas coletas em 2019, no Córrego Limoeiro. A primeira ocorreu no dia 30/03/2019, período caracterizado por altas médias pluviométricas (período chuvoso – coleta 01), a segunda, realizada no dia 20/08/2019, baixas médias pluviométricas (período seco – coleta 02). Os períodos foram definidos com a finalidade de verificar os efeitos da sazonalidade sobre os parâmetros analisados.

As amostras foram encaminhadas ao laboratório de análises químicas da Universidade do Oeste Paulista, Campus de Presidente Prudente-SP. Foram adotados os métodos de preservação preconizados pelo *Standard Methods for Examination of Water and Waste Water* (APHA, 2012), bem como os parâmetros de análise para construção do Índice de Qualidade de Água para Proteção da Vida Aquática – IVA (IET: Clorofila a, fósforo; IPMCA: Grupo de variáveis essenciais, oxigênio dissolvido e pH; Grupo de substâncias tóxicas, cádmio, cromo, cobre, chumbo, níquel, zinco, fenóis e surfactantes).

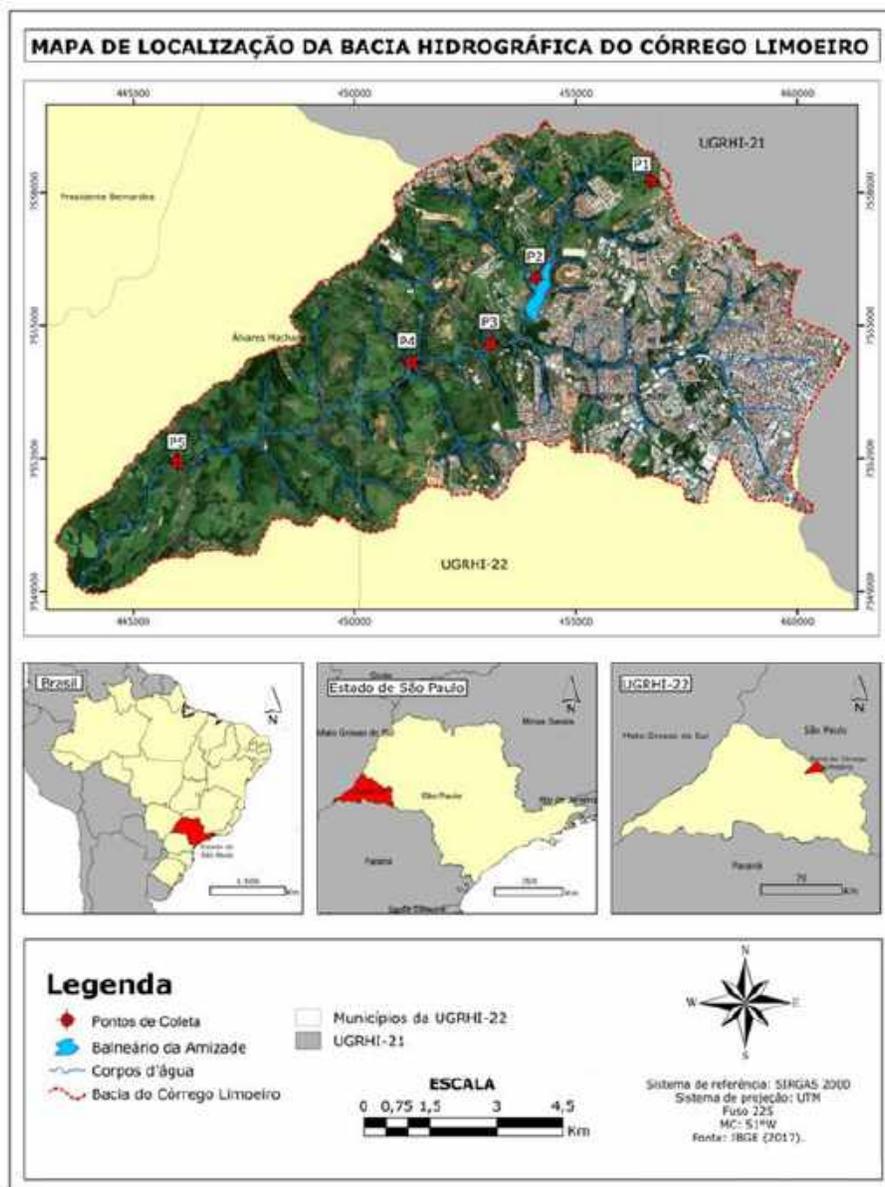


Figura 1 – Mapa de localização dos pontos na Bacia do Córrego do Limoeiro.  
Fonte: IBGE (2017).



Figura 2 – Imagens dos pontos escolhidos para coleta das amostras.

Fonte: Fotografia dos autores (2019).

O parâmetro oxigênio dissolvido (OD) foi analisado *in loco*, a fim evitar que o deslocamento das amostras até o laboratório pudesse influenciar nos resultados (CETESB, 2011), utilizou-se o Oxímetro (Hanna HI 9146-04), que determina a concentração em  $\text{mg.L}^{-1}$ . O pH foi analisado utilizando o pHmetro (Quimis Q400MT).

A clorofila-a (CL) foi determinada segundo Wetzel e Likens (1991). Após a quantificação dos valores pelo espectrofotômetro aplicou-se o método de cálculo de Lorenzen (1967) para a identificação das concentrações em  $\text{mg.L}^{-1}$ . A determinação de fósforo total foi realizada segundo o método 4500-PF do Standard Methods (APHA, 2012). Os Surfactantes e Fenóis foram avaliados por meio de ensaios espectrofotométricos (Surfactantes: método 5540C; Fenóis: método 5530) (APHA, 2012).

Para as avaliações dos metais (cobre, zinco, cádmio, cromo, níquel e chumbo), a abertura das amostras foi realizada através de digestão ácida (ácido nítrico concentrado). Posteriormente, foi realizada a filtração e acondicionamento das amostras em refrigerador ( $4^{\circ}\text{C}$ ), até o momento da quantificação. As leituras das concentrações dos metais foram determinadas pelo Espectrômetro de Absorção Atômica de Chama (FAAS) (Perkin Elmer A Analyst 200), com lâmpada de deutério como corretor de fundo e lâmpadas de cátodo-oco contendo analito. Para a atomização dos metais usou-se o gás acetileno. Na quantificação de cada metal foram produzidas curvas com padrões analíticos correspondentes. As análises de todos os parâmetros foram realizadas em 5 repetições.

## Cálculo do Índice de Qualidade da Água para Proteção da Vida Aquática

Para o cálculo do IVA foram utilizadas as ponderações finais do Índice de Variáveis Mínimas para a Preservação da Vida Aquática (IPMCA) e o Índice de Estado Trófico (IET) em cada período de coleta, a fim de estimar a qualidade da água da bacia do Córrego Limoeiro na estação seca e chuvosa.

Aplicado as fórmulas para determinar o coeficiente de ponderação do IVA, utilizamos a classificação orientada pela legislação (CETESB – APÊNDICE D, 2017), na qual são utilizadas 5 categorias: ótima, boa, regular, ruim e péssima. Estas são responsáveis por definir a situação em que o córrego analisado encontra-se quanto à qualidade da água para preservação da vida aquática (Tabela 1).

Tabela 1 – Dados Pluviométricos registrados durante Período Seco e Chuvoso de 2019.

<b>Categoria</b>	<b>Ponderação</b>
<b>Ótima</b>	$IVA \leq 2,5$
<b>Boa</b>	$2,6 \leq IVA \leq 3,3$
<b>Regular</b>	$3,4 \leq IVA \leq 4,5$
<b>Ruim</b>	$4,6 \leq IVA \leq 6,7$
<b>Péssima</b>	$6,8 \leq IVA$

Fonte: Adaptado de Cetesb (2017 – Apêndice D).

## Resultados e Discussão

No período das coletas houve uma variação pluviométrica (Tabela 2), evidenciando a distinção entre as estações predominantes na região. Foi possível verificar que o volume acumulado de chuvas no mês de março (236,7 mm), ocasião da primeira coleta, é consideravelmente superior à quantidade precipitada no mês de agosto, segunda coleta (4,5 mm). Há de se destacar que no período chuvoso o volume acumulado de precipitações foi expressivamente superior ao seco, correspondendo este a aproximadamente 1,90% do valor total referente ao período chuvoso. Isto demonstra a segregação dos fatores climáticos em dois períodos (seco e chuvoso) na região de Presidente Prudente-SP, conforme destacado por Amorim *et al.* (2015).

Tabela 2 – Dados Pluviométricos registrados durante Período Seco e Chuvoso de 2019.

Coletas	1ª Coleta – Chuvoso		2ª Coleta – Seco	
	Data	Precipitação (mm)	Data	Precipitação (mm)
Data da Coleta	30/03/2019	0	20/08/2019	0
15 dias anteriores	15/03 a 30/03	51,6	05/08 a 20/08	0
30 dias anteriores	01/03 a 30/03	236,7	20/07 a 20/08	4,5

Fonte: Somar Meteorologia (2019).

A sazonalidade de chuvas, com maior ocorrência no verão em comparação ao inverno, é uma resultante da inclinação axial terrestre, que modula a insolação. No verão, áreas com exposição solar acentuada aquecem, promovendo convecção atmosférica e precipitação. No inverno, em regiões mais afastadas da radiação solar direta, o resfriamento atmosférico reduz o transporte de umidade e a formação de chuvas. Esse fenômeno implica variações em processos ecossistêmicos, recursos hídricos e vulnerabilidades associadas a eventos climáticos extremos (DEININGER *et al.*, 2019)

Os parâmetros avaliados evidenciaram um aumento considerável das variáveis físicas e químicas das águas, pois foram detectados valores acima do permitido (Figuras 3 e 4). Somente o OD estava dentro dos padrões exigidos pela legislação. Embora os pontos P.03 (Coleta 01) e P.05 (Coleta 02) aproximaram-se do limite, em nenhum dos locais a concentração foi inferior a 4 mg.L<sup>-1</sup> de O<sub>2</sub> (Figura 3). Peláez-Rodríguez (2000) elucidou que em locais com vegetação ciliar preservada pode ocorrer o acúmulo de matéria orgânica em decomposição e baixa produção primária de oxigênio devido à ausência de luminosidade pelo sombreamento, podendo limitar a concentração de OD. A diminuição nos níveis de Oxigênio Dissolvido (OD) pode sugerir a presença de eutrofização. No entanto, os resultados obtidos não demonstram uma gravidade significativa desse fenômeno (COSTA *et al.*, 2021).

O pH, para a coleta do período chuvoso, apresentou oscilações consideradas aceitáveis para todos os pontos (6-9), dentro dos padrões recomendados pela legislação (Figura 3) (BRASIL, 2005). Comportamento similar foi notado nos períodos chuvosos por diversos autores. Essa flutuação dentro de limites desse parâmetro pode ser em função da contribuição dos compostos provenientes da atividade vegetal, animal e da biodiversidade presente no ecossistema (BISOGNIN *et al.*, 2017; PIRATOBA *et al.*, 2017; QUEIROZ *et al.*, 2018).

Verificando as concentrações de CL, P.02 (período seco) foi o local com maior concentração deste parâmetro, seguido pelos P.04 e P.05, respectivamente (mesmo período de coleta) (Figura 3). Assinala-se que o P.02 está localizado na represa do Balneário da Amizade, ambiente lêntico e onde podem ocorrer variadas interações biológicas (HUSER *et al.*, 2016).

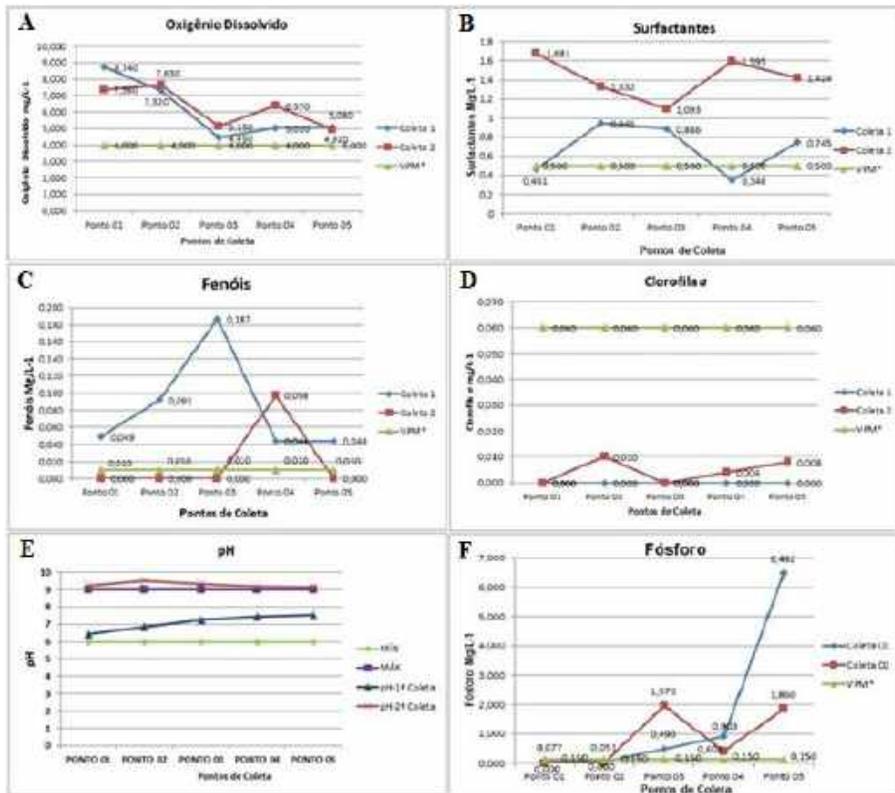


Figura 3 – Resultados dos parâmetros avaliados nos 5 pontos de coleta, nos períodos chuvoso (coleta 1) e seco (coleta 2), na Bacia do Córrego Limoeiro, extremo Oeste Paulista. 3A – Oxigênio Dissolvido; 3B – Surfactantes; 3C – Fenóis; 3D – Clorofila a; 3E – pH; 3F – Fósforo Total.

Foram observados elevados teores de fósforo em alguns pontos do córrego quando comparado aos limites fixados pela legislação (BRASIL, 2005). Os pontos situados dentro do Campus II da Unoeste (P.03), após o lançamento do efluente tratado pela ETE Limoeiro (P.04) e especialmente o P.05, localizado na zona rural antes da confluência com o rio Santo Anastácio, ficaram acima do permitido. Não houve regularidade em relação ao período seco ou chuvoso (Figura 3). Alguns autores afirmam que teores elevados de fósforo podem estar associados ao uso e ocupação do solo, em especial às atividades agrícolas e pecuária em diversas regiões ao longo de uma bacia (ARRUDA *et al.*, 2017; ESTEVES, 1998). O P.03 está localizado após o deságue do Córrego do Veado, que percorre grande parte da área urbana de Presidente Prudente-SP. Considera-se que tais fatores (produção agrícola, pecuária, lixiviação, esgotos urbanos etc.) podem ter influenciado os elevados níveis de fósforo presentes no Córrego Limoeiro.

Outros parâmetros analisados que podem influenciar na qualidade das águas de uma bacia hidrográfica são os metais tóxicos. As concentrações de cobre mantiveram-se constantes ao longo de todos os pontos amostrais, contudo, na coleta 2 (período chuvoso) houve um aumento gradual nos teores deste metal, desde a nascente até o P.05 (Figura 4). A industrialização, urbanização e agricultura são fontes que corroboram para o aumento do teor de metais tóxicos no meio ambiente, em especial nos ecossistemas aquáticos (AHMAD *et al.*, 2018).

Um dos fatores que pode corroborar para o aumento da concentração de cobre na água é uso excessivo de agroquímicos no setor agrícola, que possuem em grande parte de suas composições este elemento químico (BENITES *et al.*, 2014). Outro fator que pode contribuir para a poluição dos corpos d'água através do cobre é a sua proximidade com os centros urbanos, através do descarte irregular de produtos ou efluentes que contêm este elemento (MAGALHÃES *et al.*, 2016).

Observando os resultados das análises, é possível observar que os altos índices de Cu nas águas no Limoeiro podem estar ocorrendo devido ao lançamento de efluentes no corpo d'água. Acredita-se que estas concentrações não tenham relação direta com os agroquímicos, visto que o poluente não está em pontos isolados, mas assim em todo perímetro analisado. Outro fator que contribui para este diagnóstico é de que no período chuvoso houve um aumento gradual de sua concentração ao longo dos pontos, isto devido às precipitações que elevam o fluxo d'água do córrego e conseqüentemente o lançamento clandestino de efluentes não tratados.

Com relação ao zinco, observou-se que nos cinco pontos de análises do córrego (coletas 1 e 2) suas concentrações estabeleceram-se abaixo do limite legal. Verifica-se também que as concentrações na coleta do período seco foram superiores em relação ao chuvoso, em todos os pontos de analisados (Figura 4). Níveis elevados de zinco na água podem ser uma indicação da poluição (NOULAS *et al.*, 2018).

Excesso de Zn na água pode ser uma indicação da poluição, por exemplo, os processos industriais de lixiviação de zinco nas águas superficiais ou subterrâneas que podem afetar seriamente os ecossistemas aquáticos e a saúde humana. Ademais, a ocorrência das atividades de pecuária e agricultura, que carecem da aplicação de fertilizantes e que, ocasionalmente, são levados aos rios pelas águas das chuvas também pode ser fonte de Zn nas águas (ANGHEBEN *et al.*, 2019; NOULAS *et al.*, 2018).

Cobre (Cu) e o Zinco (Zn) são micronutrientes essenciais, entretanto apresentam potencial para operar como marcadores de contaminação por esgoto e resíduos fecais (MACIEL *et al.*, 2022).

Além disso, pode existir uma inter-relação entre a sazonalidade climática e as atividades humanas, que afeta diretamente os parâmetros relacionados à qualidade das águas. Alguns períodos com déficit hídrico (com baixo volume de precipitação), podem influenciar positivamente a qualidade das águas, isto devido à maior percolação dos recursos hídricos no solo e redução do escoamento superficial, por conseqüência redução de poluentes no corpo d'água. Já em períodos com excedente de chuvas, aumenta-se o volume dos córregos, contribuindo para diluição dos poluentes, melhorando também a qualidade das águas (GOMES *et al.*, 2020).

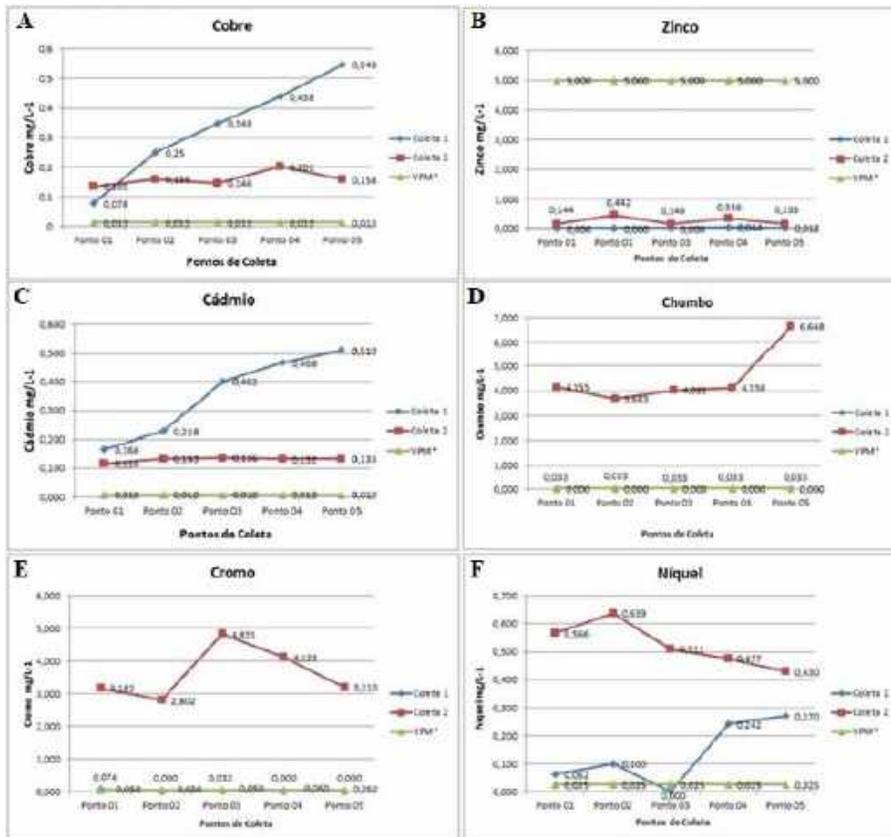


Figura 4 – Resultados dos parâmetros avaliados nos 5 pontos de coleta, nos períodos chuvoso (coleta 1) e seco (coleta 2), na Bacia do Córrego Limoeiro, extremo Oeste Paulista. 4A – Cobre; 4B – Zinco; 4C – Cádmio; 4D – Chumbo; 4E – Cromo; 4F – Níquel.

O teor de cádmio foi maior no período chuvoso, assim como o de cobre, além de um crescimento gradual ao longo dos pontos, foi consideravelmente superior aos resultados obtidos na estação seca (Figura 4). A poluição das águas ocasionada pelo Cd pode ocorrer devido a variados segmentos, tais como resíduos industriais (galvanoplastia, equipamentos eletrônicos, soldas, produção de pigmentos, entre outros) e domésticos, queima de carvão mineral, e fertilizantes aplicados no setor agrícola. Por ser o metal bioacumulativo, pode se concentrar nos organismos aquáticos, nas plantas e por consequência, no ser humano (CETESB, 2017 – Apêndice E).

Devido ao cádmio ser utilizado em diversos segmentos, seja de origem industrial, doméstica ou agropecuária, não foi possível identificar a principal fonte de lançamento no córrego Limoeiro, no entanto, assim como outros metais que também apresenta-

ram características semelhantes (período seco e chuvoso) quanto a suas concentrações, entende-se que este poluente esteja sendo descartado, principalmente em períodos chuvosos, por estabelecimentos industriais existentes no município de Presidente Prudente. É possível observar (Figura 4) o aumento gradual da concentração de cádmio ao longo dos pontos analisados, possibilitando deduzir que o lançamento não está ocorrendo pontualmente, existem diferentes estabelecimentos que trabalham com este metal tóxico em seus produtos, e estão realizando o descarte inadequado.

Em relação à análise do chumbo para a coleta do período seco, foram identificadas concentrações elevadas deste poluente, quando comparado aos valores máximos permitidos pela resolução CONAMA 357/05 para córregos de classe 3 (Figura 4) (BRASIL, 2005).

Concentrações semelhantes de chumbo foram observadas por Gonçalves *et al.* (2017) ao analisar a disponibilidade do metal no Córrego do Veado, Presidente Prudente-SP, a jusante do ponto de lançamento de efluentes tratados de um curtume de couro. Foram analisadas amostras de água do corpo hídrico e identificadas concentrações consideravelmente acima do permitido pela legislação vigente (6,61 mg.L<sup>-1</sup>). Observa-se que o Córrego do Veado deságua no Córrego Limoeiro, sendo este o Ponto 03 analisado nesta pesquisa.

Entretanto, não somente foram identificadas altas concentrações no P.03 e seguintes, mas também nos Pontos 01 e 02, nascentes e balneário da amizade, respectivamente. Observando as localizações dos principais curtumes de Presidente Prudente, estes situam-se a jusante do P.01 e P.02, ampliando a possibilidade de outras fontes de contaminação. As concentrações elevadas do chumbo também podem ser justificadas por Moreira-Silva *et al.* (2017) ao analisar os teores deste poluente na região de Presidente Prudente-SP devido à proximidade de locais com falhas geológicas. O estudo contemplou a análise do solo em 6 (seis) pontos de coleta em região de falha geológica e 2 (dois) pontos em região sem falhas, as análises foram efetuadas em diferentes profundidades. Ainda de acordo com o estudo anterior as concentrações obtidas para os locais com falhas excederam os valores de referência e prevenção (faixa de 271,22 a 843,30 mg.kg<sup>-1</sup>) e se estabeleceram em níveis superiores aos locais sem falhas (6,83 a 15,95 mg.kg<sup>-1</sup>). Proença *et al.* (2016), ao analisar a concentração de chumbo nas partículas atmosféricas da região de Presidente Prudente, nas proximidades de falhas geológicas, identificou-se também elevados índices do poluente. De acordo com os autores, as possíveis fontes de disseminação foram as emissões de veículos, obras de construção civil e remoção de tinta de edifícios mais antigos. Diante das possibilidades alternativas de lançamento do chumbo em corpos d'água, anteriormente referenciadas, compreende-se que não só os curtumes, mas também outros segmentos industriais não identificados, estão realizando descartes inadequados, podendo deteriorar a qualidade da água do Córrego Limoeiro para a preservação da vida aquática. Enfatiza-se a necessidade de também avaliar as características do solo nas proximidades do córrego a fim de verificar se estes elevados teores relacionam-se às falhas geológicas.

No caso do cromo, em todos os pontos, no período chuvoso, foram encontrados teores acima dos níveis máximos legais, porém, no período seco, apenas P.01 e P.03 apresentaram-se em níveis quantificáveis, no primeiro ponto a concentração estava acima do máximo permitido (Figura 4).

O cromo na contaminação das águas pode ser oriundo de fontes como os setores industriais que utilizam o cromo em seus processos tais como os curtumes/curtição de couro, produção de aço inoxidável, indústrias de galvanoplastia que utilizam o processo de cromagem para o revestimento de peças etc. (MALAMAN, 2020; SHIEUNDA *et al.*, 2019; ALI *et al.*, 2016; QUEIROZ, 2006).

Considerando os resultados identificados no Córrego Limoeiro, e as principais fontes de utilização deste metal em seus processos, acredita-se que as elevadas concentrações podem estar relacionadas aos descartes de curtumes e indústrias de galvanoplastia situadas na malha urbana de Presidente Prudente, isto é evidente observando que a maior concentração identificada foi no P.03, entretanto, assim como verificado em outros metais, também foram encontrados poluentes na nascente do córrego, suscitando a possibilidade de industriais clandestinas estarem descartando seus resíduos irregularmente, visto que o P.01 está a montante da densa malha urbana do município.

Para o níquel, foi possível verificar, com exceção do P.03 (período chuvoso), que todos os outros pontos atingiram teores acima do limite máximo estabelecido pela legislação nas duas coletas (Figura 4) (BRASIL, 2005). Acredita-se que o excesso de níquel (acima dos limites máximos permitidos pela legislação) seja proveniente da influência de áreas urbanas com descarte de efluentes nos mananciais hídricos associados a lançamentos pontuais de efluentes industriais. Há de se considerar, ainda, que as indústrias, na maioria das vezes, possuem o controle quanto à retenção ou a disponibilização do poluente nos corpos hídricos (SCARLATTI *et al.*, 2019; JESUS *et al.*, 2015). Sendo o Ni um metal tóxico também utilizado em processos industriais, acredita-se que os processos de descarte inadequados no corpo d'água seja similar aos outros metais anteriormente discutidos.

Quando observadas as Figuras 3 e 4, é possível verificar que a distinção entre os períodos seco e chuvoso pode ter influenciado sutilmente os resultados. Presumia-se que no período seco, devido à redução normal da vazão do córrego, as concentrações dos parâmetros analisados fossem expressivamente maiores que as do período chuvoso, porém, aproximadamente 60% dos parâmetros analisados na segunda coleta, foram superiores aos limites estabelecidos pela legislação vigente (Tabela 2). No período chuvoso, 43% das análises estiveram acima do valor legal. Em diversos estudos considerando os parâmetros avaliados, os locais e os períodos de coleta semelhantes aos desta pesquisa, é possível verificar também esta variação entre os resultados obtidos em 2 períodos de coleta sazonalmente distintos (FIGUEIREDO *et al.*, 2019; SILVA *et al.*, 2016; DONADIO *et al.*, 2005).

### *Índice de Qualidade da Água para Proteção da Vida Aquática*

A Tabela 3 apresenta os coeficientes de ponderação do IPMCA e do IET, em relação ao período chuvoso, para o cálculo do IVA. Neste período o IVA atingiu um grau de ponderação de 4,1. Estes resultados enquadram os pontos analisados do Córrego Limoeiro na categoria "Regular".

No período seco, o IVA calculado evidenciou índices de ponderação relativamente superiores ao período chuvoso, conforme demonstrado na Tabela 4. O grau de ponde-

ração para o IVA em todos os pontos de coleta foi de 7,7. Neste período a qualidade da água do Córrego Limoeiro foi classificada como “Péssima”, denotando apresentar características impróprias para a manutenção da vida aquática (CETESB – APÊNDICE D, 2017).

Tabela 3 – Resultados do cálculo do IVA do Córrego Limoeiro, localizado no extremo Oeste Paulista, no Período Chuvoso.

Coleta 01 – 30/03/2019 – Período Chuvoso					
Índices	Pontos coletados				
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5
IPMCA <sub>Ponderação</sub>	3	3	3	3	3
IET <sub>Ponderação</sub>	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
IVA <sub>Ponderação</sub>	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1
IVA <sub>Categoria</sub>	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular

Fonte: Resultados da pesquisa (2020).

Tabela 4 – Resultados do cálculo do IVA do Córrego Limoeiro, localizado no extremo Oeste Paulista, no Período Seco.

Coleta 02 – 20/08/2019 – Período Seco					
Índices	Pontos coletados				
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5
IPMCA <sub>Ponderação</sub>	6	6	6	6	6
IET <sub>Ponderação</sub>	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
IVA <sub>Ponderação</sub>	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7
IVA <sub>Categoria</sub>	Péssima	Péssima	Péssima	Péssima	Péssima

Fonte: Resultados da pesquisa (2020).

A classificação do IVA no Limoeiro, como “regular” e “péssima” para os períodos chuvoso e seco, respectivamente, apresenta cenários que podem estar sendo construídos principalmente pela variedade de fatores que intervêm no ambiente, especialmente de origem antrópica. É importante ressaltar que o uso e cobertura do solo nestes locais também explicam as variações de resultados entre os pontos.

Presumia-se que houvesse uma distinção no IVA entre os pontos de coleta, especialmente P.03, por estar estrategicamente posicionado após o deságue do Córrego do Veado, que atravessa o perímetro urbano de Presidente Prudente-SP, e P.04, por localizar-se a jusante do lançamento de efluente tratado da ETE. Entretanto, devido às faixas de va-

riação dos coeficientes de ponderação, o IVA foi classificado com a mesma terminologia para todos os pontos, inclusive na nascente do córrego. O mesmo foi identificado por Peláez-Rodríguez (2000), ao analisar a qualidade da água para a preservação da vida aquática da bacia do rio Jacaré-Guaçu, os autores verificaram que o IVA do rio foi classificado como “Ruim” em quase todos os pontos de coleta, até mesmo na nascente, isto devido aos assentamentos humanos e atividades agropecuárias localizadas nas proximidades. Desta forma, verificando o mapa de uso e ocupação do solo da bacia do córrego Limoeiro, pode-se correlacionar os resultados obtidos para o IVA com os mesmos fatores.

Ainda de acordo com Peláez-Rodríguez (2000), os resultados do IVA foram influenciados pelo estado trófico (IET), especificamente devido às concentrações de fósforo total. Analisando a composição do IVA do Córrego Limoeiro (Figuras 3 e 4) identifica-se o contrário, ou seja, o IPMCA para os dois períodos atingiu índices mais elevados.

Em relação ao IET houve sutil contribuição para o cálculo do IVA, visto que a maior parte dos pontos analisados (cerca de 65%) no córrego caracterizaram-se como “Ultraoligotrófico”, ou seja, baixos teores de fósforo total e CL. Ainda assim, o fósforo foi o parâmetro influenciador no cálculo do IET por apresentar as maiores concentrações.

O IET do período chuvoso, na maior parte dos pontos de coleta, notoriamente foi superior ao período seco, provavelmente pelas as maiores concentrações de fósforo que também foram detectadas neste período (chuvoso). Durante a estação chuvosa, a presença de fósforo na bacia pode ser um indicativo da entrada de fertilizantes, esgotos domésticos e industriais (DUARTE-DOS-SANTOS *et al.*, 2016; BORTOLETTO *et al.*, 2015; CARVALHO *et al.*, 2015).

Gomes *et al.* (2020), ao analisarem o estado trófico da bacia do Córrego Limoeiro em função da sazonalidade climática, identificaram que com o aumento do volume de água no curso d’água há uma melhora no IET. Duarte-dos-Santos *et al.* (2016), verificando o IVA da bacia do rio Bacanga, São Luís-MA, demonstraram que o processo de deterioração do curso d’água ocorreu em função das elevadas concentrações dos parâmetros que compõem o IET. Desta maneira, Queiroz, *et al.* (2018) evidenciaram que no período chuvoso o IPMCA da água do riacho do Lago Azul (afluente do Rio Paraguai, perímetro urbano de Barra do Bugres-MT) classificou-a como “Ruim” para a manutenção da vida aquática, e que, predominantemente, o grupo das variáveis essenciais induziu ao resultado obtido.

Logo, nas duas campanhas de coleta realizadas neste estudo a diminuição da qualidade da água do ocorreu em função do IPMCA, que apresentou maiores coeficientes de ponderação em relação ao IET. Identificou-se que os piores resultados do IPMCA, e por conseguinte do IVA, foram obtidos no período seco, em que o IVA no período chuvoso exibiu condições inferiores de qualidade da água para manutenção da vida aquática.

O comprometimento da preservação da vida aquática pode ser atribuído ao fato da inadequação de parâmetros que compõem o grupo das substâncias tóxicas (metais tóxicos e surfactantes) estarem em desacordo com a legislação vigente (VILLA-ACHU-PALLAS *et al.*, 2018).

Mediante os relatórios emitidos pela CETESB, quanto à qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo (CETESB – APÊNDICE J, 2018), é possível constatar que os resultados publicados pela companhia foram semelhantes aos identificados em nosso

estudo. Há de se considerar que os relatórios apresentados não foram especificamente da bacia do Córrego Limoeiro, entretanto, os índices demonstrados referenciam a qualidade da água do rio Santo Anastácio, receptor do curso d'água da área de estudo.

É notável que uma das estações de coleta no rio Santo Anastácio, denominada STAN 04400, localiza-se posteriormente ao local de deságue do Limoeiro (CETESB – APÊNDICE G, 2018). Assim, é possível verificar a possibilidade deste curso d'água estar influenciando quanto a sua qualidade para manutenção da vida aquática. A Figura 5 permite a visualização da rede de monitoramento da qualidade das águas da UGRHI-22, especificamente do Rio Santo Anastácio e suas estações de coleta.

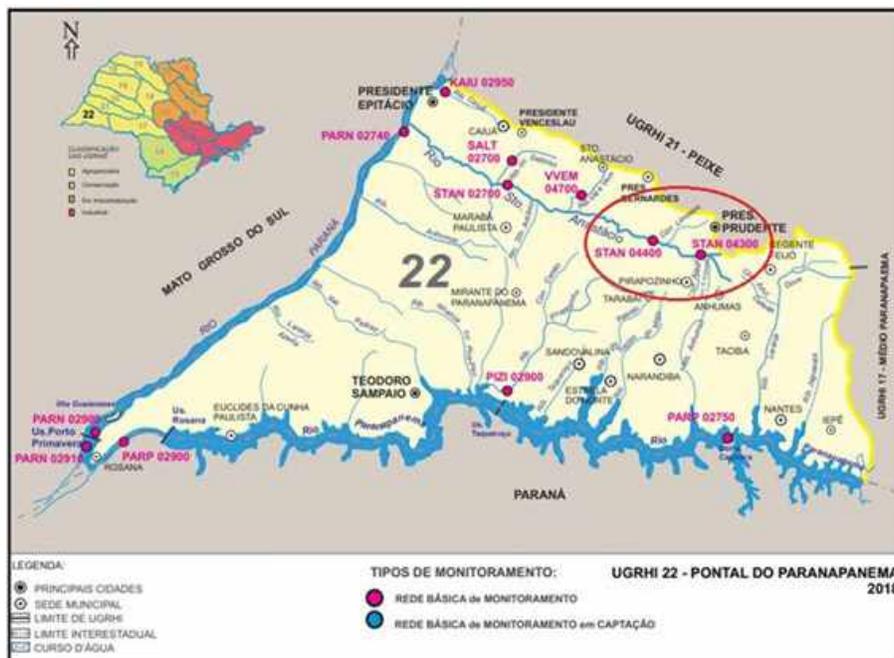


Figura 5 – Mapa de Monitoramento da UGRHI-22 (Rio Santo Anastácio – STAN 04400).  
Fonte: Adaptado de Cetesb (2018 – Apêndice G).

A verificação quanto à possível influência do Córrego Limoeiro no IVA do rio Santo Anastácio ocorreu devido à existência de outra estação de coleta, intitulada STAN 04300. Assim, é perceptível a existência de municípios e cursos d'água que deságuam no rio Santo Anastácio a montante deste ponto, no entanto, a sua jusante, verifica-se que entre a STAN 04300 e a STAN 04400 o Córrego Limoeiro contribui com sua vazão, é necessário considerar que não foi verificada a existência de outras possíveis fontes de contribuição (Figura 5).

Os graus de ponderação do IVA para as análises anuais foram referenciados em cores, de acordo com suas classificações estabelecidas pela Tabela 2. Conforme os relatórios anuais de qualidade das águas disponibilizados pela CETESB, as análises são

comumente realizadas nos meses de fevereiro, junho, agosto e dezembro, com exceção do ano de 2018 em que não houve a análise do mês de agosto (CETESB – APÊNDICE J, 2018). Desta forma, as médias do IVA para os anos analisados abrangeram o período seco (abril a setembro) e o chuvoso (março a outubro).

Quando analisado o histórico dos índices de qualidades das águas da UGRHI-22, especialmente o IVA do rio Santo Anastácio (CETESB – APÊNDICE M, 2018), identifica-se que o Córrego Limoeiro pode ser um dos agravantes quanto à qualidade da água para a preservação da vida aquática. Os resultados obtidos nos anos de 2014 a 2018 demonstram que o IVA do rio Santo Anastácio para a estação STAN 04400 foi inferior em todos os anos quando comparado a STAN 04300 (Tabela 5).

Tabela 5 – Histórico do IVA da UGRHI-22, Rio Santo Anastácio.

UGRHI	Sist. Hídrico	Ponto	2013	2014	2015	2016	2017	2018
22	Ribeirão Caiuá – UGRHI-22	KAIU02950	-	-	-	-	-	3,8
	Ribeirão do Saltinho	SALT02700	-	-	-			4,3
	Rio Paraná	PARN02900						
		PARP02750						
	Rio Paranapanema	PARP02900						
	Rio Pirapozinho	PIZI02900	-	-	-	3,4		
		STAN02700	3,8	4,7	3,5	3,5	3,5	5,2
	Rio Santo Anastácio	STAN04300	-			4,0	3,5	
		STAN04400	-			4,3	4,0	

Fonte: Adaptado Cetesb (2018 – Apêndice M).

Observando o IVA do rio Santo Anastácio, especificamente o ponto STAN 04300, nota-se que a qualidade da água para os anos de 2013, 2014 e 2018 foi caracterizada como “Boa”, no entanto, nestes mesmos anos, a qualidade da água na estação STAN 04400 foi classificada como “Péssima”. É imprescindível memorar que este ponto se localiza após o deságue do Córrego Limoeiro, e que, nesta pesquisa, para a coleta do período seco, a classificação do IVA deste córrego também foi “Péssima”.

Em relação aos anos de 2016 e 2017, nas duas estações de coleta (STAN 04300 e STAN 04400), o IVA apresentou-se como “Regular”, ainda assim, os resultados obtidos para o ponto STAN 04400 foram superiores ao STAN 04300. Ao analisar a qualidade da água do Córrego Limoeiro para a preservação da vida aquática, período chuvoso, verificou-se que o corpo d’água, similarmente, obteve o IVA como “Regular”. Diante das

circunstâncias, é possível afirmar que o Córrego Limoeiro pode exercer comportamento poluidor em relação à qualidade da água do rio Santo Anastácio.

Outro fator observado, é que mesmo a água do Córrego Limoeiro apresentando características impróprias para preservação da vida aquática, ainda assim, em alguns pontos de coleta, notou-se visualmente a presença de fauna aquática. Este fator pode estar associado à quantidade necessária de oxigênio dissolvido para a sobrevivência das espécies (SILVA; JARDIM, 2006), assim como, a capacidade de resiliência da fauna em adaptar-se a ambientes perturbados.

## Conclusões

O presente trabalho investigou a influência das áreas urbanas dos municípios de Presidente Prudente-SP e Álvares Machado-SP na qualidade da água do Córrego Limoeiro, localizado no extremo Oeste Paulista. A hipótese central era que as atividades urbanas afetam as características físicas e químicas da água, comprometendo sua qualidade ambiental.

As coletas foram realizadas em diferentes períodos para analisar as variações sazonais e as influências das chuvas. Essa sazonalidade foi influenciada pela inclinação axial terrestre e afetou processos ecossistêmicos e recursos hídricos.

Os resultados das análises indicaram um aumento considerável em várias variáveis físicas e químicas da água, com valores acima dos limites legais, com exceção do Oxigênio Dissolvido (OD), que estava dentro das normas. O aumento nos níveis de fósforo, cobre, zinco, cádmio, chumbo e cromo revelou a presença de poluentes, possivelmente relacionados a atividades agrícolas, pecuárias, industriais e descarte inadequado de efluentes.

O Índice de Estado Trófico (IET) em todos os pontos foi classificado em “Ultraoligotrófico”, categoria esta que pode não originar prejuízos aos usos da água. Já, em relação ao Índice de Variáveis Mínimas para a Preservação da Vida Aquática (IPMCA) as concentrações identificadas por meio das avaliações realizadas, induziram este índice a coeficientes de ponderação que categorizaram a qualidade da água do Limoeiro para a proteção da vida aquática como “Ruim” no período chuvoso e “Péssimo” na estação seca.

A avaliação da qualidade da água usando o Índice de Qualidade de Água para Proteção da Vida Aquática (IVA) revelou que, durante o período chuvoso, a água do Córrego Limoeiro foi classificada como “Regular”. No entanto, no período seco, a qualidade foi considerada “Péssima”. Isso sugere uma deterioração da qualidade da água durante o período de menor volume de chuvas, influenciada principalmente pelo IPMCA.

A análise comparativa com outros cursos d’água da região, como o rio Santo Anastácio, indica que o Córrego Limoeiro pode estar contribuindo para a degradação da qualidade da água no rio Santo Anastácio.

Assim, pode-se inferir que as ações antrópicas influenciaram negativamente a qualidade da água do Córrego Limoeiro para a preservação da vida aquática. Nos dois períodos de coleta, os parâmetros analisados que apresentaram altas concentrações e, por seqüência, elevado potencial poluente, são possivelmente de origens antrópicas, que chegam ao corpo d’água de forma direta, através dos lançamentos de efluentes

sejam eles legalizados, clandestinos, ou indireta, por meio dos variados usos do solo, associados ao escoamento superficial das precipitações. Vale salientar que a qualidade da água do Córrego Limoeiro, embora atualmente inapropriada para preservação da vida aquática, poderia estar em piores condições se não houvesse o sistema de tratamento de efluente implantado na década de 1990.

Portanto, os resultados permitem observar que o Córrego Limoeiro enfrenta desafios significativos em relação à qualidade da água, especialmente durante o período seco. Isso exige medidas de gestão e políticas ambientais adequadas para mitigar a poluição e preservar a vida aquática nessa importante bacia hidrográfica do Oeste Paulista.

Ao final desta pesquisa é possível concluir quanto à importância da conservação de pequenos cursos d'água para o abastecimento público e manutenção das comunidades aquáticas. Estes córregos são instrumentos que garantem a qualidade da água de grandes afluentes. Nota-se que o Córrego Limoeiro pode estar influenciando na qualidade da água do rio Santo Anastácio, o que justificaria a necessidade de cuidados das bacias hidrográficas de menores dimensões, também chamadas de sub-bacias.

Recomendamos a análise dos organismos presentes nas comunidades aquáticas do Córrego Limoeiro, a fim de verificar o potencial bioacumulante de alguns parâmetros analisados nesta pesquisa.

## Referências Bibliográficas

ABREU, C. A. *Aplicação de teorias ecológicas sobre córregos: uma investigação limnológica em canais fluviais da Bacia Hidrográfica do córrego do Limoeiro, município de Presidente Prudente*. 2016. 60f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Estadual Paulista – Júlio de Mesquita Filho – Câmpus de Presidente Prudente: [s.n]. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/202965/000908550.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 20 jan. 2023.

AHMAD, I.; SIDDIQUI, W. A.; QADIR, S.; AHMAD, T. Synthesis and characterization of molecular imprinted nanomaterials for the removal of heavy metals from water. *Journal of Materials Research and Technology*, v. 7, n. 3, p. 270-282, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2017.04.010>

ALI, M. M. *et al.* Preliminary assessment of heavy metals in water and sediment of Karnaphuli River, Bangladesh. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, v. 5, p. 27-35, maio 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2016.01.002>

AMORIM, M.; DUBREUIL, V.; CARDOSO, R. Modelagem espacial da ilha de calor urbana em Presidente Prudente (SP), *Brasil. Rev. Bras. Climat.*, v. 11, n. 16, p. 29-45, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v16i0.40585>

ANGHEBEN, F. M.; SHINEIDERE, V. E.; BACCIN, K.; POLETTO, M. Concentração de Metais em Peixes de Diferentes Níveis Tróficos, Ocorrentes no Rio das Antas, RS-Brasil.

R. Gest. Sust. Ambient., Florianópolis, v. 8, n. 4, p. 152-164, 2019. DOI: <https://doi.org/10.19177/rgsa.v8e42019152-164>

APHA. *Standard methods for the examination of water and waste water*, v. 22. Washington, DC; Nova York: American Public Health Association, 2012.

ARANA, A. R. A.; FROIS, M. R. Planejamento urbano ambiental: diretrizes para o zoneamento na bacia do Córrego do Limoeiro em Presidente Prudente. *GEOUSP (On-line)*, v. 20, n. 3, p. 619-635, 2016. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2016.107550>

ARRUDA, N. M. B.; KNOPIK, J.; SOTTOMAIOR, F. H. Avaliação da qualidade da água do Rio Tibagi antes da formação do reservatório da UHE Mauá, por meio de análise fatorial. *Eng. Sanit. Ambient.*, v. 22, n. 6, p. 1075-1083, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522017163661>

BENITES, L. M.; DONKAYO, K. B.; MINHO, T. S.; PERAZZO, G. X. Avaliação do potencial mutagênico de cobre da água do rio Uruguai. *Ciência e Natura*, v. 36, n. 2, p. 107-113, 2014. DOI: <https://doi.org/10.5902/2179460X13610>

BISOGNIN, R. P.; WEBER, F. H.; VIEIRA, L. F.; SILVA, B. R.; WOHLBERG, P.; BOHER, R. G. Análise e divulgação da qualidade da água de nascentes, afluentes e ponto de captação do Arroio Lajeado Erval Novo no município de Três Passos – RS. *R. Gest. Sust. Ambient.*, v. 6, n. 2, p. 44-55, 2017. DOI: <https://doi.org/10.19177/rgsa.v6e2201744-55>

BORTOLETTO, E. C.; SILVA, H. A.; BONIFÁCIO, C. M.; TAVARES, C. R. G. Water quality monitoring of the Pirapó River watershed, Paraná, Brazil. *Braz. J. Biol.*, v. 75, n. 4, p. S148-S157, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.00313suppl>

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente. *Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005*. Brasília. Disponível em: [www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705](http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705). Acesso em: 20 jan. 2023.

CARVALHO, K. B.; LIMA, S. B.; PASSIG, F. .; GUSMÃO, L. K.; SOUZA, D. C.; KREUTZ, C.; BELINI, A. D.; ARANTES, E. J. Influence of urban area on the water quality of the Campo River basin, Paraná State. *Brazil. J. Biol.*, v. 75, n. 4, p. 96-106, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.00413suppl>

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – APÊNDICE D. *Índices de Qualidade das Águas*, 2017. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2017/11/Ip%C3%AAndice-D-%C3%8Dndices-de-Qualidade-das-%C3%81guas.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2023.

\_\_\_\_\_. APÊNDICE E. *Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo. significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade*. São Paulo, 2017. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wpcontent/uploads/sites/12/2017/11/Ap%C3%AAndice-E-Significado-Ambiental-eSanit%C3%A1rio-das-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-2016.pdf>. Acesso em: 15 set. 2023

\_\_\_\_\_. APÊNDICE G. *Mapas das UGRHIs*. São Paulo, 2018. Disponível em: [https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2019/10/Ap%C3%AAndice-G\\_Mapas-das-UGRHIs.pdf](https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2019/10/Ap%C3%AAndice-G_Mapas-das-UGRHIs.pdf). Acesso em: 20 jan. 2023.

\_\_\_\_\_. APÊNDICE J. *Resultados do monitoramento*. São Paulo, 2018. Disponível em: [https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2019/10/Ap%C3%AAndice-J\\_Resultados-do-Monitoramento.pdf](https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2019/10/Ap%C3%AAndice-J_Resultados-do-Monitoramento.pdf). Acesso em: 20 jan. 2023.

\_\_\_\_\_. APÊNDICE M. *Histórico da média dos índices de qualidade*. São Paulo, 2018. Disponível em: [https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2019/10/Ap%C3%AAndice-M\\_Hist%C3%B3rico-da-M%C3%A9dia-dos-%C3%8Dndices-de-Qualidade.pdf](https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2019/10/Ap%C3%AAndice-M_Hist%C3%B3rico-da-M%C3%A9dia-dos-%C3%8Dndices-de-Qualidade.pdf). Acesso em: 20 jan. 2023.

\_\_\_\_\_. *Guia nacional de coleta a preservação de amostra: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos*. Carlos Jesus Brandão *et al.* (org.). São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2012/GuiaNacionalDeColeta.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2023.

COSTA, K. A., COL, A. D., VENTURA, A. C. T., GUMY, M. N., WEINERT, P. L., SCHEFFER, E. W. DE O. Influência das atividades antrópicas sobre a qualidade da água em lagos urbanos: um estudo de caso / Influence of anthropogenic activities on water quality in urban lakes: a case study. *Brazilian Journal of Development*, v. 7, n. 2, p. 19889-19907, 2021. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv7n2-569>

DEININGER, M.; WARD, B.M.; NOVELLO, V.F.; CRUZ, F.W. Late Quaternary Variations in the South American Monsoon System as Inferred by Speleothems – New Perspectives Using the SISAL Database. *Quaternary*, v. 2, n. 6, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/quat2010006>

DERISIO, J.C. *Introdução ao controle de poluição ambiental*. 5. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.

DONADIO, N. M. M.; GALBIATTI, J. A.; PAULA, R. C. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do córrego Rido, São Paulo, Brasil. *Eng. Agríc.*, v. 25, n. 1, p. 115-125, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-69162005000100013>

DUARTE-DOS-SANTOS, A. K.; CUTRIM, M. V. J.; FERREIRA, F. S.; LUVIZOTTO-SANTOS, R.; AZEVEDO-CUTRIM, A. C. G.; ARAÚJO, B. O.; OLIVEIRA, A. L. L.; FURTADO,

J. A.; DINIZ, S. C. D. Índice de proteção da vida aquática em uma bacia urbana do rio Bacanga no norte do Brasil, São Luís-MA. *Braz. J. Biol.*, v. 77, n. 3, p. 602-615, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.01016>

ESTEVES, F. A. *Fundamentos de limnologia*. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

FELIX NETO, J. C.; SOUZA, L. J. A.; ABREU, C. H. M.; BÁRBARA, V. F.; CUNHA, H. F. A.; DIAS, M. T.; CUNHA, A. C. Impactos hidroclimáticos de curto prazo no padrão hidrodinâmico de Rio de Estuário Amazônico, Amapá (AP), Brasil. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v. 12, n. 1, p. 161-179, 2021. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.001.0014>

FIGUEIREDO, H. P.; DE FIGUEIREDO, C. R. P.; BARROS, J. H.; BARROS, J. H. S.; CONSTANTINO, M.; MAGALHÃES FILHO, F. J. C.; MORAES, P. M.; DA COSTA, R. B. Water quality in urban environmental protection area in the Cerrado Biome, Brazil. *Environ. Monit. Assess.*, v. 191, n. 117, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7194-9>

FUSHIMI, M.; NUNES, J. O. R. Principais classes de solos do município de Presidente Prudente-SP: Identificação e Caracterização. *B. Goiano. Geogr.*, v. 32, n. 1, p. 45-58, 2012. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/3371/337127361003.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2023.

GOMES, F. D. G.; OSCO, L. P.; ANTUNES, P. A.; RAMOS, A. P. M. Climatic seasonality and water quality in watersheds: a study case in Limoeiro River watershed in the western region of São Paulo State, Brazil. *Environ. Sci. Poll. Res. Int.*, v. 27, p. 30034-30049, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09180-7>

GONÇALVES, B. C.; MACENA, D. A.; GOMES, V. M. Concentração de Crômio em Água e Sedimento em Área de Descarte de Resíduos de Curtume. *Colloquium Exactarum*, v. 9, n. Especial, p. 81-87, jul./dez. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.5747/ce.2017.v9.nesp.000126>

HESPANHOL, K. M. H. Monitoramento e diagnóstico da água do ribeirão Morangueiro, 138p. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2009.

HUSER, B. J.; FUTTER, M.; LEE, J. T.; PERNIEL, M. In-lake measures for phosphorus control: The most feasible and cost-effective solution for long-term management of water quality in urban lakes. *WaterResearch*, v. 97, p. 142-152, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2015.07.036>

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Município*: Presidente Prudente. 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/presidente-prudente/panorama>. Acesso em: 15 fev. 2023.

Rodolfo Durante Serraglio, Marta Aparecida de Moura, Sérgio Marques Costa,  
Alba Regina Azevedo Arana e Maíra Rodrigues Uliana

\_\_\_\_\_. *Município*: Presidente Prudente. 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/presidente-prudente/panorama>. Acesso em: 15 fev. 2023.

JESUS, T. B. *et al.* Avaliação da potencialidade de utilização de espécies de macrófitas como acumuladoras de metais pesados. *Rev. Virtual Quim.*, v. 7, n. 4, p. 1102-1118, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.5935/1984-6835.20150061>

LORENZEN, C. J. Determination of chlorophyll and pheo-pigments: spectrophotometric equations. *Limnol. Oceanogr.*, v. 12, p. 343-346, 1967. DOI: <http://dx.doi.org/10.4319/lo.1967.12.2.0343>

MACIEL, M. A. M.; REIS, S. M. DOS; RAMALHO, H. M. M. *Águas potáveis*: padrões de qualidade, metodologias experimentais e técnicas de purificação. Editora Amplla, 2022. 280p.

MAGALHÃES, G. C., FANTIN-CRUZ, I.; ZEILHOFER, P.; DORES, E. F. G. C. Metais potencialmente tóxicos em rios a montante do Pantanal. *Rev. Ambient. Água*, Taubaté, v. 11, n. 4, p. 833-850, 2016. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1827>

MALAMAN, A C. P. *et al.* Citogenotoxicidade de águas fluviais urbanas em Presidente Prudente (SP), Brasil, através do teste *Allium cepa*. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v. 11, n. 2, p. 249-265, 2020. <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.002.0026>

MOREIRA-SILVA, M. R. *et al.* Evidence for a correlation between total lead concentrations in soil sand the presence of geologic faults. *Environmental Chemistry Lettersm*, v. 15, p. 481-488, 2017. <https://doi.org/10.1007/s10311-017-0617-3>

MOTA, S. *Conservação e preservação de recursos hídricos*. 2. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2008.

NOULAS, C.; TZIOUVALEKAS, M.; KARYOTIS, T. Zinc in soils, water and food crops. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, v. 49, p. 252-260, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2018.02.009>

PELÁEZ-RODRIGUEZ, M. Análise da qualidade da água e aplicação do índice de proteção de vida aquática (IVA) em duas sub-bacias da bacia hidrográfica do Rio Jacaré-Guaçu. In: ESPÍNDOLA, E. L. G. *et al.* (org.). *Ecotoxicologia – Perspectivas para o século XXI*. São Carlos: Editora Rima, 2000. p. 95-114. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/320719574\\_ANALICE\\_DA\\_QUALIDADE\\_DA\\_AGUA\\_E\\_APLICACAO\\_DO\\_INDICE\\_DE\\_PROTECAO\\_DA\\_VIDA\\_AQUATICA\\_IVA\\_EM\\_DUAS\\_SUB-BACIAS\\_DA\\_BACIA\\_HIDROGRAFICA\\_DO\\_RIO\\_JACARE\\_GUACU](https://www.researchgate.net/publication/320719574_ANALICE_DA_QUALIDADE_DA_AGUA_E_APLICACAO_DO_INDICE_DE_PROTECAO_DA_VIDA_AQUATICA_IVA_EM_DUAS_SUB-BACIAS_DA_BACIA_HIDROGRAFICA_DO_RIO_JACARE_GUACU). Acesso em: 20 jan. 2023.

PEREIRA, F.; SANTOS, L.; FILHO, P. Avaliação da contaminação ambiental por metais pesados, através da análise de peixes coletados da Lagoa Mangueira-RS. *RICA*, v. 10, n. 1, p. 180-194, 2019. DOI: <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2019.001.0015>

PEREIRA, R. S. Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos. *Rev. Eletr. Recursos. Hídricos*, v. 1, n. 1, p. 20-36, 2004.

PIRATOBA, A. R. A.; RIBEIRO, H. M. C.; MORALES, G. P.; GONÇALVES, W. G. Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. *Ambiente & Água – An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, v. 12, n. 3, p. 435-456, 2017. DOI: <https://doi.org/10.4136/1980-993X>

PONTES, M. R. *Valoração Contingente de um Projeto de Recuperação da Qualidade das Águas: o caso do Córrego Limoeiro em Presidente Prudente, SP*. 2009. 96f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/4278/2763.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 20 jan. 2023.

PROENÇA, C. A. *et al.* Simultaneous determination of Cd, Pb, and Cu in atmospheric particulate matter from different regions of the city of Presidente Prudente, Sao Paulo, Brazil. *Chemistry and Ecology*, v. 32, n. 6, p. 598-607, 2016. <https://doi.org/10.1080/02757540.2016.1171321>

QUEIROZ, M. T. A. Bioacumulação de metais pesados no Rio Piracicaba, Minas Gerais, aplicando a análise por ativação neutrônica instrumental. 112f. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) – Unileste – Centro Universitário do Leste de Minas Gerais, Coronel Fabriciano, 2006. Disponível em: [http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraDownload.do?select\\_action=&co\\_obra=99673&co\\_midia=2](http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraDownload.do?select_action=&co_obra=99673&co_midia=2). Acesso em: 15 set. 2023.

QUEIROZ, T. M.; OLIVEIRA, J. R.; MARCHETTO, M. Qualidade ambiental em afluente de cabeceira do Rio Paraguai sob influência de agricultura e urbanização. *RICA*, v. 9, n. 8, p. 82-92, 2018. DOI: <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2018.008.0008>

SANTOS, F. R.; BARBOSA, H. P. Um estudo comparativo de dois córregos urbanos em Presidente Prudente (SP): Colônia Mineira e Limoeiro. *GeoAtos*, v. 13, n. 2, p. 69-89, 2013. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/geografiaematos/article/view/2403/pdfhg>. Acesso em: 20 jan. 2023.

SCARLATTI, V. M.; QUELUZ, J. G. T.; YABUKI, L. N. M.; GARCIA, M. L. Avaliação da qualidade das águas superficiais do município de Rio Claro/SP. *Geociências*, v. 38, n. 3, p. 741-754, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5016/geociencias.v38i3.13798>

SHIEUNDA, O. R. *et al.* Analysis of spatial and temporal levels of heavy metals in water, sediments and fish in Sosiani River. *International Journal*, v. 7, n. 1, p. 20-40, 2019. DOI: <https://doi.org/10.12691/ijebb-7-1-2>

Rodolfo Durante Serraglio, Marta Aparecida de Moura, Sérgio Marques Costa,  
Alba Regina Azevedo Arana e Maíra Rodrigues Uliana

SILVA, G. S.; JARDIM, W. F. Um novo índice de qualidade das águas para proteção da vida aquática aplicado ao Rio Atibaia, região de Campinas/Paulínia-SP. *Quím. Nova*, v. 29, n. 4, p. 689-694, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422006000400012>

SILVA, M. P.; SANTOS, F. M.; LEAL, A. C. Planejamento Ambiental da Bacia do Córrego da Olga, UGRHI Pontal do Paranapanema – São Paulo. *Soc. & Nat.*, v. 28, n. 3, p. 409-428, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1982-451320160307>

SILVA, R. A. S.; MAYNARD, I. F. N.; MELO, C. M.; CAVALCANTI, E. B.; MARQUES, M.N. Avaliação da qualidade de água de abastecimento público na estação de tratamento de água do município de Rosário do Catete, Sergipe. In: *Semana de Pesquisa e Extensão da Universidade Tiradentes – SEMPESq-SEMEX*, v. 18, 2018. Disponível em: <https://eventos.set.edu.br/sempeq/article/view/4063>. Acesso em: 15 fev. 2023.

SOMAR METEOROLOGIA. Dados registrados no mês de março de 2019 em Presidente Prudente-SP. Presidente Prudente, 2019. Disponível em: [http://somarmeteorologia.com.br/security/defesa\\_civil/mapas.php?cid=PresidentePrudente-SP&mes=03&ano=2019](http://somarmeteorologia.com.br/security/defesa_civil/mapas.php?cid=PresidentePrudente-SP&mes=03&ano=2019). Acesso em: 20 abr. 2020.

VEROL, A. P.; VOLSCHAN, I. J. Inventário e análises de padrões de lançamento de efluentes sanitários: visão nacional e internacional. *Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, 2007. Disponível em: [http://aquafluxus.com.br/wp-content/uploads/2012/03/ALINE\\_VEROL.pdf](http://aquafluxus.com.br/wp-content/uploads/2012/03/ALINE_VEROL.pdf). Acesso em: 15 fev. 2023.

VILLA-ACHUPALLAS, M., ROSADO, D., AGUILAR, S. & GALINDO-RIAÑO, M. D. Water quality in the tropical Andes hotspot: the Yacuambiriver (southeastern Ecuador). *Sci. Total Environ.*, v. 633, p. 50-58, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.165>

WETZEL, R. G.; LIKENS, G. E. *Limnological Analyses*. 2. ed. Nova York: Springer-Verlag, 1991.

Recebido em: 31/03/2023. Aceito em: 27/09/2023.

# Geodiversidade como Integradora entre a Geografia Acadêmica e Geografia Escolar no Ensino Básico na Cidade do Rio de Janeiro

## Geodiversity as a Tool to Integrate Geographical Science and School Geography in Elementary Education in Rio de Janeiro City

Luana de Almeida Rangel<sup>i</sup>

Universidade do Estado do Rio de Janeiro  
Cabo Frio, Brasil

Antonio José Teixeira Guerra<sup>ii</sup>

Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Rio de Janeiro, Brasil

Maria Vitória Gomes Allochio<sup>iii</sup>

Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Rio de Janeiro, Brasil

**Resumo:** O artigo aborda Geodiversidade, com o objetivo de integrar a Ciência Geográfica e a Geografia Escolar, aplicada em uma escola primária do Rio de Janeiro. Para alcançar esse objetivo, consideramos as regras da Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Além disso, conceitos relacionados à Geodiversidade e Geoeducação são também discutidos com os estudantes, para que possam aplicar à geoeducação. Um Laboratório de Solos foi criado na Escola Municipal Marília de Dirceu, com recursos da FAPERJ, com o objetivo de levar os alunos para aulas práticas. Uma pequena aula de campo foi feita com os alunos, para ensiná-los a identificar diferentes paisagens urbanas, próximas da escola. Além dos solos, durante o projeto, os estudantes aprenderam sobre rochas, e como associá-las com a Geodiversidade do Rio de Janeiro, evidenciando aprendizagem significativa a partir do contato com atividades científicas e práticas.

**Palavras-chave:** Geodiversidade; Geoeducação; Laboratório de Solos; Geografia Escolar; Currículo Comum.

---

<sup>i</sup> Professora Adjunta do Instituto de Geografia. luarangel24@gmail.com.

<https://orcid.org/0000-0002-5664-568X>

<sup>ii</sup> Professor Titular do Departamento de Geografia. antoniotguerra@gmail.com.

<https://orcid.org/0000-0003-2562-316X>

<sup>iii</sup> Geógrafa. mariavitoriaalochio@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0003-0796-0023>

**Abstract:** The paper addresses Geodiversity, in order to integrate Geographical Science and School Geography, applied to a primary School in Rio de Janeiro. To reach this target, we considered the rules of the Common Curriculum National Base (BNCC). Furthermore, concepts related to Geodiversity and Geoeducation are also discussed with the students, so that they apply them to the Geoeducation. A Soils Laboratory has been created at Marília de Dirceu Municipal School, with funding from FAPERJ, in order to take the students to practical classes. A short field trip has been carried out with the students, to teach them to identify different urban landscapes, around their school. Besides soils, during the Project, the students have learnt about rocks, and how to associate them with Rio de Janeiro Geodiversity, demonstrating significant learning from contact with scientific and practical activities.

**Keywords:** Geodiversity; Geoeducation; Soils Laboratory; School Geography; Common Curriculum.

## Introdução

A geodiversidade engloba a variedade de elementos do meio físico ou abióticos dos sistemas naturais, como geologia, geomorfologia, pedologia, hidrologia (GRAY, 2004, 2008; BRILHA, 2005, 2016; JORGE, GUERRA, 2016; BRILHA, 2018) que exemplificam diferentes processos de formação em diferentes escalas, no tempo e no espaço, e que suportam a vida e oferecem matéria-prima para o desenvolvimento humano (BOTELHO *et al.*, 2022; BOTELHO, BRILHA, 2022).

Diversos autores ressaltam que a necessidade da geoconservação está relacionada aos inúmeros valores que a geodiversidade integra e às ameaças a que está sujeita, principalmente pelas ações antropogênicas (GRAY, 2004, 2016; MANSUR, 2010; BRILHA, 2016; JORGE, 2017; BOTELHO, 2021), como, por exemplo, o turismo de massa (RANGEL *et al.*, 2019a). Nesse sentido, a geoconservação está baseada no fato de que muitos dos recursos existentes são esgotáveis e, ao mesmo tempo, únicos. É preciso pensar no uso sustentável da geodiversidade, conservando aqueles locais que possuem um alto valor, seja ele científico, cultural ou simplesmente turístico devido ao seu aspecto visual (JORGE, GUERRA, 2016; RANGEL *et al.*, 2019b).

Logo, para alcançar a geoconservação, é necessário compreender que o geopatrimônio se refere aos elementos da geodiversidade com alto valor científico, estejam eles *in situ* (geossítios) ou *ex situ* (compondo coleções e acervos para exposições) (BRILHA, 2016). De acordo com Botelho (2022, p. 92):

Vale dizer que o geopatrimônio pode acumular outros valores, como o educacional, o turístico, o econômico, o religioso etc. Quando os elementos (*in situ*) da geodiversidade não possuem um particular valor científico, mas são importantes recursos para educação, turismo ou identidade cultural de comunidades, esses constituem, então, sítios da geodiversidade. (BOTELHO, 2022).

Pessoa *et al.* (2022) destacam que os elementos da geodiversidade serem considerados geopatrimônio, devem possuir diversos valores: econômico, funcional, científico, educacional, intrínseco, cultural e estético de acordo com as proposições de Gray (2016).

Visando a valorização da geodiversidade, é necessário promover a popularização das geociências. Para isso, se faz necessário criar estratégias que envolvam a participação da população, para que os indivíduos reconheçam o papel da geodiversidade no sistema geoambiental, e consequentemente na sociedade (LIMA *et al.*, 2024, p. 203). Mansur (2009) e Jorge e Guerra (2016) ressaltam que isso só é possível a partir de uma articulação que contemple o sistema educacional formal e a população.

Logo, o incentivo de práticas geocientíficas no ensino básico, a partir da Geoeducação, pode, não só despertar o interesse de jovens pela Ciência Geográfica, mas também difundir a importância da geodiversidade. A abordagem geocientífica se relaciona ao desenvolvimento de práticas voltadas às Ciências da Terra, como por exemplo a visão geossistêmica, as diferentes escalas de tempo e espaço, a ciclicidade e temporalidade de processos, entre outros fatores que envolvam aspectos das Geociências (SALVADOR, BACCI, 2018).

Torres e Santana (2009) destacam a importância da apropriação e do conhecimento de temas associados às geociências pela sociedade. As autoras afirmam que é essencial perceber os componentes envolvidos na dinâmica de produção das paisagens e do modelado que observamos no cotidiano, e que, muitas vezes, desconhecemos a origem dos processos geossistêmicos e como afetam nossa vida enquanto indivíduos e sociedade. Sendo assim, a geodiversidade com valor turístico e educativo deve ser objeto da geoconservação (BRILHA, 2016; JORGE, GUERRA, 2016).

Incentivar a tríade ensino-pesquisa-extensão (SANTOS, 2010) é um dos pilares fundamentais da formação nas universidades (ALMEIDA, 2017). Logo, promover pesquisas que aproximem o conhecimento acadêmico com a comunidade escolar irá fortalecer as Geociências.

Porém, existem alguns desafios da aplicabilidade das geociências e da geoconservação no Ensino Básico, que incluem a dificuldade do envolvimento da comunidade escolar, o desconhecimento por parte dos discentes, a separação entre o pensamento científico e educacional (RANGEL, 2022), bem como a falta de divulgação sobre o geopatrimônio, a ausência de integração das políticas nacionais de conservação da natureza, ordenamento do território, educação e envolvimento de empresas (BRILHA, 2005).

Diante disso, o presente artigo tem como objetivo analisar a utilização da geodiversidade como ferramenta para divulgação das geociências no Ensino Básico, a partir da realização de atividades práticas que aproximam a Ciência Geográfica da Geografia Escolar.

## **Abordagem das Geociências no Ensino Básico**

Rangel e Silva (2020) ressaltam que abordagem dada a conteúdos relacionados às geociências no Ensino Básico se estabelece a partir de uma abordagem reducionista, limitando sua perspectiva sistêmica. Nos Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2000, 2013), os conteúdos relacionados às geociências e Geografia Física se restringem ao 6º ano, sendo retomados no 1º ano e condensados no 3º ano do Ensino Médio (BRASIL, 2016; 2018).

De acordo com as normativas da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (BRASIL, 2018), é possível abordar conteúdos relacionados à geodiversidade no 6º ano do Ensino Fundamental, onde é proposto o desenvolvimento de conceitos relacionados ao meio físico natural, a partir de uma abordagem geossistêmica, destacando as alterações ocorridas no espaço geográfico em virtude das ações antrópicas sobre a natureza.

A relação entre Climatologia, Pedologia e Geomorfologia é abordada nas unidades temáticas “Conexões e escalas” e “Natureza, ambientes e qualidade de vida”. Porém, em nenhum momento, a BNCC menciona o estudo de riscos socioambientais associados às dinâmicas geoambientais, como ocupação de encostas e utilização inadequada dos solos, por exemplo. Essa temática, entre outras, que fazem parte do ensino de Geociências, são essenciais para a construção de um cidadão crítico diante da sua realidade, e, portanto, devem ser estimuladas na formação discente.

Uma estratégia para o ensino de geociências nas escolas é a utilização de trabalhos de campo (NEVES, 2015; MOURA-FÉ *et al.*, 2017a; PIMENTA, 2020; RANGEL *et al.*, 2023). Marcos (2006, p. 106) afirma que o trabalho de campo é um “instrumento de pesquisa dos mais importantes para a produção do conhecimento geográfico, pois é o momento em que o tema de estudo se desvenda diante dos olhos e obriga a estarmos atentos, de modo a que nada fuja à investigação”. Considerando os pressupostos de Lacoste (2006), Claval (2013) e Tricart (2017) reforça-se a importância do trabalho de campo para a Geografia, pois, a partir desse método é possível dar a ênfase na experiência direta do espaço estudado, destacando as paisagens que nele se descobrem, articulando os fenômenos que se desenvolvem sobre extensões muito mais amplas, para além de observações teóricas.

Diante do exposto, Rangel e Silva (2020) abordam a necessidade de criar estratégias didático-pedagógicas para abordar conteúdos de Geografia Física, para além dos métodos tradicionais e do livro didático, visando fortalecer a Geografia enquanto Ciência. Um exemplo de atividade prática essencial é o trabalho de campo.

## **Geodiversidade e Geoeducação: Integração Geografia Acadêmica e Geografia Escolar**

A geodiversidade, geoconservação e o geoturismo são essenciais para a divulgação, valorização e conservação do geopatrimônio (PEREIRA, 2006; BENTO; RODRIGUES, 2010; JORGE; GUERRA, 2016; BRILHA *et al.*, 2018). Nessa conjectura, investir em diferentes estratégias para a divulgação do geopatrimônio é essencial.

Gray (2016) destaca que a geodiversidade é a extensão natural de características geológicas (rochas, minerais, fósseis), geomorfológicas (formas de relevo, topografia, processos físicos), do solo e hidrológicas, incluindo suas relações, estruturas, sistemas e contribuições para as paisagens. Botelho e Brilha (2022) acrescentam os aspectos pedológicos, como os pedossítios, à geodiversidade, destacando assim seu valor cultural e geológico.

Para Brilha (2005, 2009), a geodiversidade compreende aspectos não vivos do planeta, englobando tanto os testemunhos de um passado geológico (por exemplo: minerais, rochas, fósseis), como também os processos naturais que deram origem e que continuam originando novos testemunhos. Portanto, esse processo determina a própria

evolução da nossa civilização, pois o desenvolvimento da espécie humana foi condicionado pela geodiversidade.

Sendo assim, a geoconservação estabelece relações com a sociedade, garantindo a educação e o avanço científico na área das Geociências. Logo, o desenvolvimento de estratégias de promoção educativa recorrendo ao geopatrimônio de uma área pode incentivar os docentes a promoverem aulas de campo com os seus alunos, de diversos graus de ensino (BRILHA, 2009; FERREIRA, SILVA, AQUINO, 2021).

Moura-Fé *et al.* (2016) destacam que os estudantes estão em processo de formação, e, portanto, são mais receptivos a iniciativas de caráter ambiental, pois estão abertos a debates e a formação de opinião, que podem gerar maior sensibilização sobre o tema. Ademais, abordar conteúdos relacionados à Geografia Física, que ressaltem a importância da geodiversidade a partir de uma abordagem geossistêmica, irá promover a formação de discentes críticos e reflexivos sobre suas atuações na dinâmica das paisagens (RANGEL *et al.* 2023).

Utilizando práticas educativas de aprendizagem significativa e considerando os pilares fundamentais do geoturismo: contemplação e compreensão de uma paisagem; sensibilização sobre a importância do geopatrimônio; lazer e recreação; e envolvimento de comunidades locais (GRAY, 2008), tem-se a possibilidade de valorização e valorização da geodiversidade, gerando sensibilização e corresponsabilidade pela manutenção da conservação ambiental (BENTO, RODRIGUES, 2013; MOURA-FÉ *et al.*, 2017b).

Meira *et al.* (2016) ressaltam que a Geodiversidade e o Geopatrimônio, aliados à interpretação ambiental, promovem a consolidação de atitudes que valorizem a natureza por meio da visão geossistêmica e da integração de elementos bióticos e abióticos, em busca de conhecimento dos processos e formas associados.

Diante disso, Moura-Fé *et al.* (2016, p. 834) ressaltam a importância da geodiversidade aliada à educação ambiental, desenvolvendo o conceito científico da geoeducação, entendida como “um ramo específico da educação ambiental a ser aplicado na geoconservação do patrimônio natural, e que seja tratado, fomentado e desenvolvido nos âmbitos formais e/ou não formais do ensino”.

Castro *et al.* (2018) ressaltam que ações voltadas para a educação estão sendo realizadas em maior quantidade e intensidade, visando implementar ações para evitar que a falta de conhecimento sobre a relevância da geodiversidade resulte na perda e na depreciação do geopatrimônio que não é renovável.

Além disso, Pinto (2019) destaca que, por se tratar de um campo ambiental e interdisciplinar, a educação ambiental exige a inserção do conhecimento produzido pela Ciência Geográfica. Logo, os docentes de Geografia possuem papel essencial na construção da consciência ambiental crítica dos futuros cidadãos. Nesse sentido, Castro e colaboradores (2018) destacam a importância da geodiversidade como ferramenta educativa, ao afirmarem:

Com a intensificação da percepção do valor patrimonial, ações educativas foram realizadas em maior quantidade e intensidade e a educação não formal em Geociências ganhou força, assim como a luta por mais espaço na educação formal. Todo esse esforço parece apontar para uma ação que busca evitar

que a falta de conhecimento sobre a relevância da geodiversidade, para a memória e o desenvolvimento de nossa sociedade, resultasse na perda e na depredação deste tipo de patrimônio natural não renovável (CASTRO *et al.*, 2018, p. 366)

Considera-se, portanto, que a escola é um dos locais privilegiados para realização da geoeducação. Porém, o ensino de geociências nas escolas, muitas vezes, não é abordado devido a uma série de fatores, como defasagem do currículo dos cursos de licenciatura em Geografia das universidades brasileiras (PEREIRA, 1999); a dicotomia entre Geografia Física e Geografia Humana presente na formação do geógrafo (CAVALCANTI, 2008, 2010, 2011; VILELA, 2018) e a ausência de materiais didático-pedagógicos adequados (JORGE, 2021; RANGEL *et al.*, 2023).

Rangel (2022) realiza ampla discussão sobre o ensino de conteúdos relacionados às geociências e à Geografia Física, destacando defasagem no currículo do ensino básico, ausência de recursos adequados para ensino de geociências nas escolas públicas, bem como a necessidade de os próprios docentes criarem estratégias e recursos didático-pedagógicos práticos para ensinar temáticas associadas à Pedologia, Geologia, Geomorfologia, entre outras. Mansur (2009) ressalta que é evidente a necessidade do desenvolvimento de projetos educativos ligados à geoconservação, que reconheçam as perspectivas geossistêmicas e as interrelações entre geologia, solos, geomorfologia, paisagens, entre outros processos naturais.

Logo, introduzir pesquisas científicas sobre geodiversidade no ambiente escolar, a partir da geoeducação, aliada ao trabalho de campo, será de grande valia para divulgação da geoconservação. Porém é necessário utilizar métodos e uma linguagem de comunicação que seja compreensível por não especialistas. Figueiró *et al.* (2020) destacam que a comunicação precisa ser pedagógica para os diferentes públicos e atrativos, além de ser instigante, sistêmica, inovadora e provocativa, visando despertar o interesse dos discentes pelo tema.

Rangel (2022) destaca que, apesar da sua importância, temas relacionados às Geociências ainda são pouco explorados no ambiente escolar e nos livros didáticos e, quando abordados, limitam-se a apresentar aspectos físico-naturais em macroescala. Esta prática reproduz a visão fragmentada de conteúdos e se afasta de uma abordagem sistêmica. Logo, diversos docentes precisam criar estratégias para ensino da temática na educação básica. Sendo assim, a Geografia pode utilizar diversas estratégias como trabalhos de campo e atividades práticas que estimulem a criatividade e o “querer científico” nos alunos. Mansur e colaboradores (2023) evidenciaram essas estratégias ao implementar o projeto de extensão “Geociências – Substantivo Feminino: Meninas Geocientistas de São Francisco de Itabapoana”, onde apresenta estratégias para aproximação da comunidade local com as Geociências no Geoparque Costões e Lagunas, localizado no litoral norte e leste do Estado do Rio de Janeiro.

Rangel *et al.* (2023) também ressaltam desafios metodológicos para o ensino de geociências quando afirmam que há ausência de estímulo às pesquisas científicas em escolas públicas, distanciando ainda mais os estudantes de atividades práticas, que despertem o desejo pela ciência. Os autores ressaltam que: “(...) aproximar meninas estudantes

do ensino básico é essencial para reverter a situação, sobretudo diante das conclusões de Tuesta *et al.* (2019), que indicam uma participação feminina de apenas 33% na área de Ciências Exatas e da Terra.” (RANGEL *et al.*, 2023, p. 3)

## Procedimentos Metodológicos

A pesquisa foi desenvolvida a partir da criação do primeiro laboratório de análise de solos da rede pública do município do Rio de Janeiro (Laboratório de Solos Antonio José Teixeira Guerra), localizado na escola municipal Marília de Dirceu, bairro de Ipanema, em parceria com o Laboratório de Geomorfologia Ambiental e Degradação dos Solos (LAGESOLOS) da Universidade Federal do Rio de Janeiro. A implementação do laboratório está vinculada ao projeto “Educa solos: desenvolvimento de pesquisa científica com solos no Ensino Básico do município do Rio de Janeiro”, financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ), que tem como objetivo incentivar a participação de estudantes em práticas científicas relacionadas à Geografia Física (RANGEL *et al.*, 2023).

No laboratório, são realizadas diversas atividades práticas e científicas visando estimular o ensino de conteúdos relacionados à Geologia, Pedologia e Geomorfologia (RANGEL *et al.*, 2022; RANGEL *et al.*, 2023). Uma das atividades realizadas promoveu a divulgação da Geodiversidade do bairro de Ipanema, cidade do Rio de Janeiro, a partir da Geoeducação. A atividade foi realizada em três etapas: i) aula teórica sobre a paisagem, tipos de rochas e Geodiversidade da cidade do Rio de Janeiro; ii) atividade prática no laboratório onde os estudantes tiveram contato e realizaram a classificação de diferentes tipos de rocha; e iii) realização de trabalho de campo na praia de Ipanema para identificação da Geodiversidade. A atividade foi realizada com os monitores do laboratório de solos, cinco estudantes do 6º e 8º anos do Ensino Fundamental.

A aula teórica sobre paisagem, tipos de rochas e Geodiversidade da cidade do Rio de Janeiro, foi realizada em dois momentos. O primeiro, com o apoio teórico da cartilha “Solos: conhecendo sua história” (JORGE, 2021), na qual o processo de formação das rochas é abordado de forma lúdica, utilizando linguagem adequada para alunos do ensino básico. Já no segundo momento, ocorreu breve explicação sobre diferentes tipos de rocha. A atividade prática no laboratório teve como base a proposta “Conhecendo as rochas” elaborada por Rangel (2023), onde os estudantes tiveram contato com fragmentos de diferentes tipos de rocha e identificaram suas origens: magmáticas, sedimentares ou metamórficas.

A última etapa foi a realização de treinamento e trabalho de campo na praia de Ipanema, no dia 08 de agosto de 2022, para que os estudantes reconhecessem a importância da Geodiversidade na paisagem da cidade do Rio de Janeiro. No treinamento, os estudantes tiveram contato com GPS, bússola de geólogo, entre outros instrumentos a serem utilizados em campo (Figura 1).



Figura 1 – Treinamento preparatório para o trabalho de campo com apresentação do laboratório de solos, identificação de diferentes tipos de rochas, utilização da bússola de geólogo e GPS.  
Fotos: autores (2022).

O trajeto percorrido teve início na escola municipal Marília de Dirceu, localizada no bairro de Ipanema, indo até o afloramento rochoso da praia do Arpoador. Durante o trajeto, foram realizadas duas coletas de areia da praia, a fim de ilustrar os procedimentos de coleta: uma na praia de Ipanema e outra na praia do Diabo; três paradas para observação e explicação teórica sobre a geodiversidade local; e foi realizada medição da declividade do afloramento rochoso do Arpoador com a bússola de geólogo. O mapa com o trajeto (Figura 2) foi elaborado pelos próprios estudantes, no *Google Earth*, após aquisição das coordenadas geográficas com o GPS no trabalho de campo. Os estudantes que participaram da atividade de campo já estavam atuando como monitores no laboratório de solos há alguns meses, logo, já possuíam experiência prévia para reconhecimento de diferentes tipos de rochas.



Figura 2 – Trajeto realizado durante o trabalho de campo com identificação de pontos de coleta de amostras e pontos de observação.

## Resultados e Discussões

A geoconservação fomenta, entre outros aspectos, a conservação da geodiversidade visando o interesse científico-educacional. Nesse sentido, pode ser considerada como suporte para o ensino-aprendizagem das geociências na educação básica. A paisagem da cidade do Rio de Janeiro é a primeira área urbana no mundo a ter reconhecido o valor universal da sua paisagem urbana (UNESCO, 2012), isso só foi possível, dentre outros motivos, pela singularidade da Geologia e Geomorfologia da cidade, isto é, pela sua geodiversidade.

Logo, reconhecer e divulgar a geodiversidade carioca para estudantes da educação básica é de extrema relevância para integrar a geografia acadêmica e a geografia escolar. A aula teórica foi embasada pelo programa virtual elaborado pelo Instituto Pereira Passos, da prefeitura do Rio de Janeiro “Rio 500 anos: uma janela no tempo sobre a cidade maravilhosa”, onde os estudantes puderam observar as modificações da paisagem em seis pontos da cidade do Rio de Janeiro (Figura 3).



Figura 3 – Exemplo da observação das intervenções na geodiversidade do Pão de Açúcar, um dos pontos do programa “Rio 500 anos: uma janela no tempo sobre a cidade maravilhosa”.

Fonte: Instituto Pereira Passos (2002).

Como o objetivo da atividade era destacar elementos da geodiversidade da zona sul do Rio de Janeiro, visto que a unidade escolar está localizada no bairro de Ipanema, somente foram trabalhados os seguintes pontos: Lagoa, Corcovado e Pão de Açúcar. Algumas questões foram levantadas pelos estudantes com relação a idade das rochas; de que forma o relevo se originou; e como nós, seres humanos, alteramos o relevo. Elas foram retomadas no trabalho de campo.

De acordo com Silva e Ramos (2022, p. 264) “os granitos Pão de Açúcar e Corcovado, foram originariamente interpretados e mapeados como paragneisses (gneisses facoidais) por Hemboldt *et al.* (1965), relacionados ao Complexo São Fidélis – Pão de Açúcar de Fonseca *et al.* (1998).” Com relação à Geomorfologia, Asmus e Ferrari (1978, *apud* Dantas, 2001) engloba as feições na unidade denominada “Maciços Costeiros e Interiores”, consistindo em blocos soerguidos durante o Cenozóico, paralelamente ao front escarpado das cadeias montanhosas das serras do Mar e da Mantiqueira.

A partir dessa atividade, onde destacou-se a importância dos geossítios e sítios de geodiversidade associados aos maciços costeiros, como os da Tijuca e da Pedra Branca, os estudantes tiveram base para realizar a atividade prática de analisar e reconhecer diferentes tipos de rocha no laboratório criado na escola.

Para a atividade “conhecendo as rochas” (Figura 4) foi elaborada uma ficha de análise simplificada aplicada para os estudantes identificarem características de diferentes rochas, como: cor, formato, textura e processo de formação, seguindo direcionamento de atividade proposta por Rangel *et al.* (2023) e utilizando como material de apoio a cartilha “Solos: conhecendo sua história” (JORGE, 2021). Além disso, criaram uma história para a rocha destacando: o nome, como foi encontrada, como foi formada, descrição (cores, textura e formato), porque ela é importante e como deve ser protegida. Por fim, realizaram desenhos das rochas para exposição.



Figura 4 – Atividade prática “conhecendo as rochas” (Rangel, 2022).

1A- Identificação de diferentes tipos de solos e rochas utilizando a cartilha “Solos: conhecendo sua história”. 1B, 1C e 1D – Etapas de desenho, identificação do formato, textura e classificação dos diferentes tipos de rocha. 1E e 1F – Exposição dos desenhos elaborados.

Fotos: autores (2022).

De acordo com Hollman e Lois (2015), a utilização de atividades práticas para o ensino de Geografia, e, conseqüentemente, para o ensino de geomorfologia e solos, é fundamental no âmbito de trabalhos de campo; análise, produção e comparação de imagens; atividades práticas; comunicação e ensino geográfico. Sendo assim, as atividades lúdicas são estratégias didático-pedagógicas que, a partir do estímulo visual, auxiliam o ensino de conteúdos de Geografia Física, podendo estimular práticas científicas, visando a valorização da geodiversidade.

Para concluir a análise da geodiversidade, foi realizado um trabalho de campo em agosto de 2022 com alunos monitores do laboratório de solos. Eles apresentaram o laboratório e as atividades desenvolvidas para o professor Antonio José Teixeira Guerra e ouviram explicações sobre materiais que podem ser utilizados para análise de solos e rochas durante um trabalho de campo de pesquisa científica.

O trabalho de campo foi realizado entre os postos 8 e 9 da praia de Ipanema, seguindo o trajeto apresentado na Figura 2, e os estudantes realizaram uma breve análise da geodiversidade observada na paisagem (Figura 5).



Figura 5 – Imagens do trabalho de campo realizado com alunos monitores do laboratório de solos na praia de Ipanema.

Fotos: autores (2022).

Pires do Rio (2011, p. 46) dá ênfase no que fazer no campo: “reconhecimento e análise das formas elementares do relevo, levantamentos topográficos expeditos, relações entre relevo e estrutura, estado atmosférico, regime dos rios, aspectos biogeográficos, formas, situações e distribuição de ambientes”. Logo, concorda-se com a autora, visto que o trabalho de campo foi fundamental para conectar o aspecto teórico da Geodiversidade com a prática.

Durante a prática, os estudantes observaram aspectos da paisagem geomorfológica da praia de Ipanema; realizaram coletas de areia na praia; e no fragmento rochoso do Arpoador puderam verificar aspectos do sítio geomorfológico em questão, como o seu processo de formação, as diferenças entre os minerais, a orientação e declividade e as intervenções antrópicas, como presença de lixo e pichações que, segundo os próprios estudantes, precisam ser evitadas para que haja a geoconservação do local.

Em uma rápida abordagem sobre os valores da geodiversidade do fragmento rochoso do Arpoador, com base nas proposições de Gray (2004, 2013), os estudantes elencaram os principais valores de acordo com a Tabela 1 a seguir.

Tabela 1 – Valores da Geodiversidade do fragmento rochoso do Arpoador de acordo com os estudantes

<b>Valores da Geodiversidade do fragmento rochoso do Arpoador de acordo com as proposições de Gray (2004, 2013)</b>					
Intrínseco	Cultural	Estético	Econômico*	Funcional	Científico/ Didático
A	A	A	B	B	A

Observação: A – Alto; M – Médio; B – Baixo; I – Inexistente.

\*Valor econômico relativo ao uso turístico atual.

Cabe destacar que os estudantes associaram o valor estético, cultural e econômico ao turismo, pois é um local de vivência, já que diversos estudantes da escola frequentam o atrativo e identificam que muitos turistas vão até lá para tirar foto. Porém, apesar disso, para eles o valor econômico não é tão elevado, pois argumentaram que os turistas não visitam a cidade do Rio de Janeiro e a praia de Ipanema só pelo Arpoador.

Sobre o caráter funcional, eles não identificaram grande relevância, alegando que tinha pouca vegetação e solo, portanto, não era tão importante para a biodiversidade. Esse argumento reforça as proposições de Mansur (2009), quando a autora ressalta os obstáculos enfrentados para a divulgação de aspectos geológicos em ambientes além do acadêmico; ou seja, os estudantes não identificam a geodiversidade como substrato para a biodiversidade.

Apesar disso, os estudantes destacaram a importância da atividade prática para aprendizagem científica significativa, atribuindo alto valor ao potencial científico-didático da geodiversidade do fragmento rochoso do Arpoador.

Como encerramento da sequência de atividades propostas, os alunos utilizaram parte das amostras coletadas em campo e algumas amostras de solos existentes no laboratório de solos da escola, para criar perfis de solos com apoio da cartilha “Solos: conhecendo sua história” (JORGE, 2021) (Figura 6).



Figura 6 – Representações de diferentes perfis de solo com solos já existentes no laboratório e com solos coletados no trabalho de campo realizado na praia de Ipanema.

Fotos: autores (2022).

Portanto, fica evidente que as atividades realizadas em ambiente externo à sala de aula são fundamentais para o aprendizado das Geociências, principalmente no que tange à geodiversidade.

## Conclusões

A popularização da Geoconservação permite repensar e planejar o uso dos recursos físicos do planeta. Acredita-se que a formação adequada de discentes que se interessem pela temática é essencial para a conservação do ambiente natural enquanto sistema ambiental. Diante disso, conclui-se que é fundamental o ensino adequado de conteúdos de Geociências visando a divulgação da geodiversidade. O reconhecimento, por parte dos estudantes, da Geografia enquanto ciência, ainda é um desafio no ambiente escolar. Diante disso, para a manutenção da Geografia enquanto disciplina escolar, é essencial que os jovens, e o público em geral, tenham acesso ao conhecimento científico que é desenvolvido nas universidades.

Acredita-se que quanto mais ampla a divulgação das pesquisas científicas e maior o contato dos estudantes do ensino básico com práticas científicas, maior será o interesse deles pela área acadêmica, refletindo assim na ampliação das pesquisas e na inserção de jovens estudantes em pesquisas científicas futuras.

Em relação aos conteúdos associados à geodiversidade, destaca-se a importância da realização de atividades práticas, para que haja ampla divulgação sobre o tema de forma menos abstrata. Portanto, é importante utilizar recursos didático-pedagógicos de apoio que favoreçam a aprendizagem significativa, como atividades práticas em laboratório e trabalhos de campo, a partir da Geoeducação.

Ficou evidente que a implementação do laboratório de análise de solos, bem como a atividade teórica apresentando aspectos da geodiversidade da cidade do Rio de Janeiro, aliada à atividade prática “conhecendo as rochas” e ao trabalho de campo, criou um espaço de integração da Geografia acadêmica com a Geografia escolar, ao estimular, a partir do ensino de Geografia Física, práticas científicas com diferentes tipos de rochas, aliando o conteúdo curricular teórico com a parte prática e lúdica. Logo, os estudantes puderam compreender a importância da geodiversidade como integrante da paisagem urbana da cidade do Rio de Janeiro.

Nesse sentido, foi perceptível a evolução no aprendizado dos estudantes envolvidos nas atividades práticas. Ademais, verificou-se o grande interesse demonstrado nas atividades de campo, em que são compartilhadas informações sobre Geodiversidade. Essas atividades produziram aprendizagem significativa a partir do contato com práticas científicas.

Almeja-se, portanto, despertar o interesse dos estudantes do ensino básico sobre geodiversidade, geopatrimônio, geoconservação e geoturismo. Espera-se que a realização das atividades propostas, contribua com valorização e a divulgação da geodiversidade aproximando, cada vez mais, a Geografia acadêmica da Geografia escolar.

## Referências Bibliográficas

ALMEIDA, A. F. Educação ambiental na extensão universitária: trajetória e Memórias de um Projeto com Educadoras da Rede Municipal de Volta Redonda (RJ). *Espaço Aberto*, PPGG – UFRJ, Rio de Janeiro, v. 7, n. 1, p. 53-70, 2017

BENTO, L. C. M.; RODRIGUES, S. C. Geoturismo em unidades de conservação: uma nova tendência ou uma necessidade real? – estado da arte. *Revista do Departamento de Geografia – USP*, v. 25, p. 77-97, 2013.

BOTELHO, R. G. M.; RODRIGUES, P. V.; MEDEIROS, B. B. Geodiversidade e geoturismo como estratégias de análise ambiental e gestão do território: aplicações no estado do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Geografia*, Rio de Janeiro, v. 67, n. 2, p. 91- 113, jul./dez. 2022.

\_\_\_\_\_. Inventário do patrimônio pedológico brasileiro. *William Morris Davis – Revista de Geomorfologia*, v. 2, n. 2, p. 1-18, 2021.

\_\_\_\_\_. As especificidades do patrimônio pedológico. In: *Anais 14º Simpósio Nacional de Geomorfologia*, Corumbá (no prelo).

\_\_\_\_\_; BRILHA, J. Principles for Developing a National Soil Heritage Inventory. *Geoheritage*, v. 14, n. 7, p. 2-13, 2022.

\_\_\_\_\_; RODRIGUES, P. V.; NEGREIROS, B. B. Geodiversidade e Geoturismo como estratégias de análise ambiental e gestão do território: aplicações no estado do Rio de Janeiro. *R. Bras. Geogr.*, Rio de Janeiro, v. 67, n. 2, p. 91-113, jul./dez. 2022. Disponível em: <https://rbg.ibge.gov.br/index.php/rbg/article/view/4572>. Acesso em: 07 nov. 2023

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Diretoria de Currículos e Educação Integral. *Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica*. Brasília: MEC, SEB, DICEI, 2013.

BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular. Educação é a Base*. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: [www.basenacionalcomum.mec.br](http://www.basenacionalcomum.mec.br). Acesso 19 dez. 2019.

BRILHA, J. B. R. *Patrimônio geológico e geoconservação: a conservação da natureza na sua vertente geológica*. Viseu: Palimage, 2005.

\_\_\_\_\_. A Importância dos Geoparques no ensino e divulgação das Geociências. *Revista do Instituto de Geociências – USP*, São Paulo, v. 5, p. 27-33, 2009.

\_\_\_\_\_. Inventory and Quantitative Assessment of Geosites and Geodiversity Sites: a Review. *Geoheritage*, v. 8, n. 2, p. 119-134, 2016.

\_\_\_\_\_; GRAY, M.; PEREIRA, D. I.; PEREIRA, P. Geodiversity: An integrative review as a contribution to the sustainable management of the whole of nature. *Environmental Science and Policy*, v. 86, p. 19-28, 2018.

Geodiversidade como Integradora entre a Geografia Acadêmica e Geografia Escolar no Ensino Básico

CASTRO, A. R. S., MANSUR, K. L., CARVALHO, I. L. Reflexões sobre as relações entre geodiversidade e patrimônio: um estudo de caso. *Terr@ Plural*, Ponta Grossa, v. 12, n. 3, p. 383-403, set./dez. 2018. Disponível em: <https://revistas.uepg.br/index.php/tp/article/view/12067>. Acesso em: 11 ago. 2023.

CAVALCANTI, L. S. *A Geografia Escolar e a Cidade: ensaios sobre o ensino de Geografia para a vida urbana cotidiana*. 1. ed. Campinas: Papirus, 2008.

\_\_\_\_\_. *Geografia, escola e construção de conhecimentos*. 16. ed. Campinas: Papirus, 2010.

\_\_\_\_\_. O lugar como espacialidade na formação do professor de Geografia: breves considerações sobre práticas curriculares. *Revista Brasileira de Educação em Geografia*, Rio de Janeiro, v. 1, n. 2, p. 01-18, 2011.

CLAVAL, P. O papel do trabalho de campo na Geografia, das epistemologias da curiosidade às do desejo. *Confins*, São Paulo, n. 17, 2013, não paginado. Disponível em: <https://journals.openedition.org/confins/12414>. Acesso em: 21 jun. 2019.

DANTAS, M. E. *Mapa Geomorfológico do Estado do Rio de Janeiro*. Brasília: CPRM, 2001.

FIGUEIRÓ, A. S.; QUOOS, J. H.; ZIEMANN, D. R. Estratégias interpretativas aplicadas ao geoturismo. In: VIEIRA, A.; FIGUEIRÓ, A. S.; CUNHA, L.; STEINKE, V. A. *Geopatrimônio. Geoconhecimento, Geoconservação e Geoturismo: experiências em Portugal e na América Latina*. Guimarães, Portugal: CEGOT-UMinho, 2018. p. 161-176.

FERREIRA, F. V. F.; SILVA, H. V. M.; AQUINO, C. M. S. Geoconservação e atividades geoeducativas para a valorização de geomorfossítios nos municípios de Assunção do Piauí e São Miguel do Tapuio, PI. *Revista Equador (UFPI)*, v. 10, n. 1, 2021, p. 203-221.

GRAY, M. *Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature*. Chichester: Wiley, 2004.

\_\_\_\_\_. *Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature*. 2 ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2013. p. 495.

\_\_\_\_\_. Geodiversity: developing the paradigm. *Proceedings of the Geologists' Association*, v. 119, n. 3-4, p. 287-298, 2008. [https://doi.org/10.1016/S0016-7878\(08\)80307-0](https://doi.org/10.1016/S0016-7878(08)80307-0). Acesso: 05 ago. 2018.

\_\_\_\_\_. Geodiversity: The Backbone of Geoheritage and Geoconservation. *Geoheritage*, P. 13-25, 2018. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-809531-7.00001-0>

\_\_\_\_\_. *Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature*. 2. ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2013.

Luana de Almeida Rangel, Antonio José Teixeira Guerra e Maria Vitória Gomes Allochio

HOLLMAN, V.; LOIS, C. *Geo-Grafías – imágenes e instrucción visual en la Geografía escolar*. Buenos Aires: Paidós – Cuestiones de Educación, 2015.

IPHAN. *Rio de Janeiro – paisagens cariocas entre a montanha e o mar (RJ)*. 2012. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/383/>. Acesso em: 13 out. 2023.

JORGE, M. C. O. *Solos: conhecendo sua história*. São Paulo: Oficina de Textos, 2021

\_\_\_\_\_; GUERRA, A. J. T. Geodiversidade, Geoturismo e Geoconservação: conceitos, teorias e métodos. *Espaço aberto, PPGG – UFRJ*, v. 6, p. 151-174, 2016. <https://doi.org/10.36403/espacoaberto.2016.5241>

\_\_\_\_\_. *Potencial geoturístico e estratégias de geoconservação em trilhas situadas na região sul do município de Ubatuba – SP*. 242 f. 2017. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós Graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

LACOSTE, Y. A pesquisa e o trabalho de campo: um problema político para os pesquisadores, estudantes e cidadãos. *Boletim Paulista de Geografia*, n. 84, p. 77-92, 2006

LICCARDO, A.; GUIMARÃES, G. B. (orgs.). *Geodiversidade na Educação*. Ponta Grossa: Estúdio Texto, 2014.

LIMA, G. M. D.; GUERRA, A. J. T.; RANGEL, L. D. A.; BOOTH, C. A.; FULLEN, M. A. Water Erosion Processes on the Geotouristic Trails of Serra da Bocaina National Park Coast, Rio de Janeiro State, Brazil. *Soil System 2024*, v. 8, n. 24. <https://doi.org/10.3390/soilsystems8010024>

MACHADO, M. M. M.; RUCHKYS, Ú. A. Valorizar e divulgar a geodiversidade: estratégias do Centro de Referência em Patrimônio Geológico (CRPG) MHNJB-UFGM. *Geonomos*, v. 2, p. 53-56, 2010.

MANSUR, K. L. *Diretrizes para Geoconservação do Patrimônio Geológico do Estado do Rio de Janeiro: o caso do Domínio Tectônico Cabo Frio*. 2010. Tese (Doutorado em Geologia) – Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

\_\_\_\_\_. Projetos Educacionais para a Popularização das Geociências e para a Geoconservação. *Revista do Instituto de Geociências – USP*, Geol. USP, Publ. espec., São Paulo, v. 5, p. 63-74, 2009.

\_\_\_\_\_; ALMEIDA, C. N.; VILELA, C. G.; ARACRI, E. M. R. P.; ALVES, K.; ALVES, L. A.; DIOGO, M.C.; Alves, M.G.; PEIXOTO, M. N. O.; MEDEIROS, S. R. Meninas geocientis-

Geodiversidade como Integradora entre a Geografia Acadêmica e Geografia Escolar no Ensino Básico

tas de São Francisco de Itabapoana: igualdade de gênero no Projeto Geoparque Costões e Lagunas do RJ, Brasil. *Geologia USP. Série Científica*, v. 23, p. 53-64, 2023.

MARCOS, V. de. Trabalho de campo em Geografia: reflexões sobre uma experiência de pesquisa participante. *Boletim Paulista de Geografia*, São Paulo-SP, v. 1, n. 84, p. 105-136, 2006.

MEIRA, S. A.; BRITO, D. S.; MORAIS, J. O. Cartões postais como ferramenta de divulgação da Geodiversidade do Parque Nacional de Jericoacoara, Ceará, Brasil. *Revista Geográfica Acadêmica*, v. 10, n. 2, p. 41-55, 2016.

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. Interpretação ambiental e geodiversidade: proposta de um painel interpretativo sobre o geossítio Pedra Furada, Parque Nacional de Jericoacoara, Ceará. *Espaço Aberto*, v. 6, n. 2, p. 9-27, 2016.

MOREIRA, Jasmine Cardozo. *Geoturismo e interpretação ambiental*. Ponta Grossa: Editora da UEPG, 2014.

MOURA-FÉ, M. M.; NASCIMENTO, R. L.; SOARES, L. N. Geoeducação: princípios teóricos e bases legais. In: PEREZ FILHO, A.; AMORIM, R. R. (orgs.). *Os desafios da Geografia Física na fronteira do conhecimento*. Campinas: Instituto de Geociências – UNICAMP, 2017a. p. 3054-3065. Disponível em: <<https://ocs.ige.unicamp.br/ojs/sbgfa/article/view/1953>>. Acesso em: 17 mar. 2020

\_\_\_\_\_; PINHEIRO, M. V. A.; JACÓ, D. M.; OLIVEIRA, B. A. Geoeducação: a educação ambiental aplicada na geoconservação. In: SEABRA, G. (org.) *Educação Ambiental & Biogeografia*, v. II, p. 829-842. Ituiutaba-SP: Barlavento, 2016. 2.762 p. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/309032152\\_Geoeducacao\\_a\\_educacao\\_ambiental\\_aplicada\\_na\\_geoconservacao](https://www.researchgate.net/publication/309032152_Geoeducacao_a_educacao_ambiental_aplicada_na_geoconservacao)>. Acesso em: 17 mar. 2020.

\_\_\_\_\_; SILVA, J. V. M.; BRASIL, J. G. Geocultura: proposta de estudo da relação entre geodiversidade e cultura. In: PEREZ FILHO, A.; AMORIM, R. R. (orgs.). *Os desafios da Geografia Física na fronteira do conhecimento*. Campinas: Instituto de Geociências -UNICAMP, 2017b. p. 3066-3075. Disponível em: <<https://ocs.ige.unicamp.br/ojs/sbgfa/article/view/1954>>. Acesso em: 11 set. 2019. DOI: 10.20396/sbgfa.v1i2017.1954

NEVES, K. F. T. V. *Os trabalhos de campo no ensino de Geografia: reflexões sobre a prática docente na educação básica*. Ilhéus: Editus, 2015.

PEREIRA, J. E. D. As licenciaturas e as novas políticas educacionais para a formação docente. *Revista Educação & Sociedade*, ano XX, nº 68, p. 109-125, 1999.

PEREIRA, R. G. F. A. *Geoconservação e Desenvolvimento Sustentável na Chapada Diamantina (Bahia – Brasil)*. 2010. 295 f. Tese (Doutorado em Geologia) – Universidade do Minho, Portugal, 2010.

\_\_\_\_\_; RIOS, D. C.; GARCIA, P. M. P. Geodiversidade e Patrimônio Geológico: ferramentas para a divulgação e ensino das geociências. *Terrae Didactica* (Impresso), v. 12, p. 222-234, 2016.

PESSOA, F. A.; PEIXOTO, M. N. de O.; MANSUR, K. L.; SANTOS, B. C. dos. Geoturismo e patrimônio geomorfológico em trilhas: Castelos do Açú (Parque Nacional da Serra dos Órgãos). *Percursos* (Florianópolis. Online), v. 23, p. 106-130, 2022.

PIMENTA, J. R. S. O trabalho de campo de geografia escolar como ferramenta de ressignificação do lugar para estudantes periféricos: uma proposta a partir do bairro carioca de Santa Cruz. *Giramundo: Revista de Geografia do Colégio Pedro II*, [S. l.], v. 7, n. 14, p. 121-135, 2020. DOI: 10.33025/grgcp2.v8i14.2972.

PINTO, V. P. S. Interações entre Geografia e Educação Ambiental. O caso da implantação da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá. *Revista Espaço Aberto*, v. 9, n. 1, p. 111-127, 2019.

PIRES DO RIO, G. A. Trabalho de campo na (re)construção da pesquisa geográfica: reflexões sobre um tradicional instrumento de investigação. *Espaço Aberto*, v. 1, n. 1, p. 07-19, 2011. <https://doi.org/10.36403/espacoaberto.2011.2031>

RANGEL, L. A. Geografia física no ensino fundamental II: análise da Base Nacional Comum Curricular e do currículo municipal do Rio de Janeiro. *Revista Giramundo*, v. 9, n. 17, p. 55-74. 2022.

\_\_\_\_\_; SILVA, A. C. Atividade prática para aprendizagem geográfica: ensino de solos na educação básica. *Terrae Didactica*, 16 (Publ. Contínua), p. 1-8, 2020. DOI: 10.20396/td.v16i0.8658877.

\_\_\_\_\_; JORGE, M. C.; GUERRA, A. J. T.; FULLEN, M. A. Soil Erosion and Land Degradation on Trail Systems in Mountainous Areas: Two Case Studies from South-East Brazil. *Soil Systems*, v. 3, n. 3, p. 56-70, 2019a.

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. Geotourism and Soil Quality on Trails Within Conservation Units in South-East Braz. *Geoheritage*. v. 11, p. 1151-1161, 2019b.

\_\_\_\_\_; JORGE, M.; ALLOCHIO, M. V.; GUERRA, A. Geodiversity in elementary school: knowing the rocks and soils to recognize the Geoheritage in Rio de Janeiro City, Brazil, In: *10th International Conference on Geomorphology*, Coimbra, Portugal, 12-16 set. 2022, ICG2022-108. doi: 10.5194/icg2022-108

\_\_\_\_\_; ALLOCHIO, M. V. G.; GUERRA, A. J. T. Integração entre geografia acadêmica e escolar na educação básica. *Terrae Didactica*, Campinas, v. 19, n. 00, p. e023003,

Geodiversidade como Integradora entre a Geografia Acadêmica e Geografia Escolar no Ensino Básico

2023. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/td/article/view/8671643>. Acesso em: 21 out. 2023.

SALVADOR, L. A.; BACCI, D. L. C. Abordagens geocientíficas em estudos do meio no Ensino Fundamental I: construindo pontes para o ensino interdisciplinar. *Terræ Didactica, Campinas*, v. 14, n. 1, p. 27-38. 2018.

SANTOS, M. P. Contributos da extensão universitária brasileira à formação acadêmica docente e discente no século XXI: um debate necessário. In: *Conexão UEPC*, v. 6, n. 1, p. 10-15, 2010.

SILVA, L.; RAMOS, A. J. Pão de Açúcar, RJ – Cartão postal geológico do Brasil. In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D. A.; QUEIROZ, E. T.; WINGE, M.; BERBERT-BORN, M. L. C. (orgs.) 2002. *Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil*. DNPM/CPRM – Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), Brasília, 2002. 554pp. Disponível em: <https://sigep.eco.br/sitio067/sitio067.pdf>. Acesso em: 20 out. 2023

TORRES, E. C.; SANTANA, C. D. Geomorfologia no ensino fundamental conteúdos geográficos e instrumentos lúdico-pedagógicos. *Geografia*, Londrina, v. 18, n. 1, p. 233-264, 2009

TRICART, J. O campo na dialética da Geografia. *Geosp – Espaço e Tempo* (Online), v. 21, n. 1, p. 305-314, 2017.

TUESTA, R. F.; DIGIAMPIETRI, L.A.; DELGADO, K. V.; MARTINS, N. F. A. Análise da participação das mulheres na ciência: um estudo de caso da área de Ciências Exatas e da Terra no Brasil. *Em Questão*, Porto Alegre, v. 25, n. 1, p. 37-62, jan./abr. 2019.

Recebido em: 25/11/2023. Aceito em: 09/03/2024.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) pelo financiamento do projeto – número E-26/210.833/2021(262252) – e concessão das bolsas de pesquisa e à escola Municipal Marília de Dirceu, unidade escolar onde é desenvolvido o projeto.



# Avaliação Multicritério para a Viabilidade de Parques Eólicos *Onshore* na Zona Costeira de Sergipe – Brasil

## Multicriteria Assessment for the Viability of Onshore Wind Farms in the Coastal Zone of Sergipe – Brazil

Paulo Henrique Neves Santos<sup>i</sup>  
Universidade Federal de Sergipe  
São Cristóvão, Brasil

Rosemeri Melo e Souza<sup>ii</sup>  
Universidade Federal de Sergipe  
São Cristóvão, Brasil

Manoel do Couto Fernandes<sup>iii</sup>  
Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Rio de Janeiro, Brasil

Neise Mare de Souza Alves<sup>iv</sup>  
Universidade Federal de Sergipe  
São Cristóvão, Brasil

**Resumo:** A produção de energia através dos ventos se destaca como uma das principais alternativas para o enfrentamento do aquecimento global. O presente estudo tem como objetivo avaliar a viabilidade da implantação de parques eólicos *onshore* na paisagem do litoral do estado de Sergipe por meio da análise geoecológica, classificando aspectos naturais e antrópicos entre forças, fraquezas, oportunidades e ameaças, por meio da matriz SWOT. Elaborando um mapeamento geomorfológico do recorte de 5 km da atual linha de costa, verificou-se que o domínio geomorfológico da Planície Costeira é composto por morfologias geologicamente recentes e instáveis. Essa característica é uma das principais fraquezas da paisagem para a implantação de parques eólicos *onshore* no litoral de Sergipe. Por outro lado, os Tabuleiros Costeiros situados dentro do recorte espacial adotado, é o domínio geomorfológico mais adequado para a implantação de parques eólicos, por ser geologicamente mais antigo e mais estável.

<sup>i</sup> Mestre em Geografia. [neves.santos.zero@gmail.com](mailto:neves.santos.zero@gmail.com). <https://orcid.org/0000-0002-3115-469X>

<sup>ii</sup> Professora do Departamento de Engenharia Ambiental. [rome@academico.ufs.br](mailto:rome@academico.ufs.br).  
<https://orcid.org/0000-0002-5916-3598>

<sup>iii</sup> Professor Titular do Departamento de Geografia. [manoel.fernandes@igeo.ufrj.br](mailto:manoel.fernandes@igeo.ufrj.br).  
<https://orcid.org/0000-0002-4500-0624>

<sup>iv</sup> Professora do Departamento de Geografia. [neisemare@gmail.com](mailto:neisemare@gmail.com).  
<https://orcid.org/0000-0001-6545-487X>

**Palavras-chave:** Análise Geoecológica; Litoral Sergipano; SWOT; Cartografia Geomorfológica.

**Abstract:** Energy production through wind stands out as one of the main alternatives for combating global warming. The present study aims to evaluate the feasibility of implementing onshore wind farms in the coastal landscape of the state of Sergipe through geoecological analysis, classifying natural and anthropogenic aspects into strengths, weaknesses, opportunities, and threats, using the SWOT matrix. Preparing a geomorphological mapping of the 5 km section of the current coastline, it was verified that the geomorphological domain of the Coastal Plain is composed of geologically recent and unstable morphologies. This characteristic is one of the main weaknesses of the landscape for the implementation of onshore wind farms on the coast of Sergipe. On the other hand, the Coastal Tablelands located within the adopted spatial outline are the most suitable geomorphological domain for the implementation of wind farms, as they are geologically older and more stable.

**Keywords:** Geoecological Functions; Coastal of Sergipe; SWOT; Geomorphological Cartography.

## Introdução

Ao longo do seu processo histórico-evolutivo, a humanidade sempre buscou, no meio ambiente, as condições necessárias para o seu desenvolvimento, promovendo diversas formas de transformações nas paisagens que tivessem os recursos que satisfizesse suas necessidades (LEITE, SOUZA, 2015).

Os recentes desenvolvimentos tecnológicos incitam a humanidade a cogitar novas possibilidades de exploração dos recursos naturais, buscando atender as antigas agendas da bandeira do desenvolvimento sustentável, estabelecendo novos meios de desenvolver a sociedade provocando menos impactos socioambientais.

A energia elétrica se tornou um dos pilares centrais para a dinâmica da sociedade contemporânea uma vez que, “com o crescimento populacional e a formação das primeiras grandes cidades, o consumo energético passou a crescer de forma exponencial” (SOUSA, 2017, p.182), especialmente a partir da primeira Revolução Industrial, quando “a energia se transformou num fator primordial para garantir o crescimento e, consequentemente, o desenvolvimento socioeconômico” (NETO, LIMA, 2016, p. 130).

Fundamentada em um modelo de vida cada vez mais tecnológico e informatizado, a sociedade contemporânea vem criando demandas energéticas em níveis nunca vistos pela humanidade, tornando “crítica a questão da obtenção e oferta de recursos energéticos” (UDAETA, 2012, p. 5), em um contexto mundial de saturação das principais matrizes energéticas utilizadas atualmente e da busca por meios de reduzir a produção de gases intensificadores do Efeito Estufa.

Nesse cenário, a produção de energia através dos ventos, comumente chamada de energia eólica, destaca-se como uma das alternativas mais interessantes para a humanidade no segmento de energia elétrica, sendo a matriz que mais cresce em âmbito mun-

dial (HACES-FERNANDEZ *et al.*, 2022), em função da baixa magnitude dos impactos socioambientais ao mesmo tempo que não produz gases intensificadores do Efeito Estufa. Nos últimos anos, foram realizados muitos progressos para o aumento da produção de energia eólica, especialmente a massiva redução dos custos a partir de tecnologias emergentes e o crescimento de políticas de incentivo (MIAO *et al.*, 2021. Tradução própria), minimizando um dos principais entraves para esse segmento energético, os elevados valores de investimento inicial.

A zona costeira é uma paisagem naturalmente favorecida para a produção de energia eólica pela elevada intensidade dos ventos que incidem sobre o litoral, característica que justifica o elevado adensamento de parques eólicos na zona costeira, especialmente na região Nordeste do país.

A zona costeira equatorial, classificada por Fernandez *et al.* (2019) como costa Caraíba, no trecho entre os estados do Ceará e do Rio Grande do Norte é uma das regiões com a maior produção de energia eólica do Brasil, com a maior densidade de parques eólicos *onshore*, contribuindo para a participação do Nordeste na produção energética com cerca de 75% da capacidade nacional instalada (SOUSA, 2017).

No estado de Sergipe, a produção de energia eólica é um segmento pouco explorado até então em razão da menor intensidade dos ventos quando se comparado à zona costeira equatorial do Brasil nos trechos dos estados do Nordeste. Desde meados de 2009, estão sendo desenvolvidos estudos ao longo do estado para a produção do Mapa Eólico de Sergipe, com a distribuição de, ao menos, 4 torres de medição distribuídas no território estadual (SOBRAL, 2021).

Por outro lado, como o Plano Nacional de Energias – 2050 – ressalta, o potencial de geração de energia eólica no estado de Sergipe e, considerando o aprimoramento das análises do potencial eólico, o maior conhecimento dos atores e a elevação da competitividade como fatores essenciais para a queda dos preços da energia eólica no Brasil (MELO, 2013; BRASIL, 2023), é fundamental avaliar previamente a viabilidade de implantação de parques eólicos *onshore* na paisagem da zona costeira sergipana, sobretudo diante dos impactos ambientais e antrópicos na zona costeira de outros estados do Nordeste (LOUREIRO *et al.*, 2015). Essa perspectiva busca fornecer um prognóstico fundamentado nas potencialidades e fragilidades socioambientais da zona costeira sergipana.

Diante da possibilidade de implantação de parques eólicos no território sergipano, levando em consideração as fragilidades morfológicas da Planície Costeira do estado e evidências de impactos socioambientais, o presente estudo tem como objetivo avaliar critérios relacionados a produção de energia eólica *onshore* a partir dos cenários internos e externos por meio da matriz SWOT, no intuito de fornecer uma avaliação geocológica onde são consideradas as potencialidades e fragilidades da paisagem da zona costeira sergipana.

## **Materiais e Métodos**

As análises geocológicas, assim como qualquer análise de cunho ambiental, assumem uma grande complexidade, necessitando de abordagens específicas e unidades de análises que contemplem a exequibilidade destas análises (FERNANDES, 2009). Partindo

desta premissa, este estudo não se limitou a analisar somente aspectos relacionados a velocidade e direção dos ventos, mesmo se tratando do condicionante ambiental principal para a geração de energia eólica. Ao invés disso, entende-se a implantação de parques eólicos *onshore* como uma atividade com elevado potencial de alteração da paisagem e de desencadear impactos socioambientais, especialmente quando situados em ambientes naturalmente frágeis e socioterritorialmente complexos como a zona costeira.

Em razão disso, foi estabelecida uma abordagem baseada em uma matriz avaliativa estruturada em modelo SWOT, classificando parâmetros internos e externos à paisagem do litoral sergipano, definida como unidade de análise. A determinação dos parâmetros foi fundamentada no Plano Nacional de Energia (BRASIL, 2007), que apresenta os principais parâmetros que são avaliados para a implantação de parques eólicos *onshore* como: velocidade e direção dos ventos, relevo, rugosidade do terreno, obstáculos naturais e artificiais, tipo de vegetação e usos do solo.

Os parâmetros relacionados às características geomorfológicas foram baseados nos apontamentos de Loureiro *et al.* (2015) e Meireles (2019), que discutem sobre uma maior aptidão do domínio dos Tabuleiros Costeiros para a implantação de parques eólicos *onshore*, quando se comparado à Planície Costeira. Esse apontamento é justificado pela maior estabilidade geológico-geomorfológica dos Tabuleiros, sendo “evidenciados como morfologias capazes de proporcionar áreas para a geração de energia elétrica” (MEIRELES, 2019, p.84).

Considerando aspectos geomorfológicos como forma, estrutura e função, cada domínio geomorfológico delimitado foi avaliado sob o olhar da implantação de parques eólicos *onshore*, onde os domínios geologicamente mais recentes, de caráter deposicional e que desempenham funções geoecológicas fundamentais para a proteção costeira ou para a recarga dos aquíferos, foram considerados como inapropriados, portanto, classificados como fraqueza.

Em diálogo com profissionais do ramo de produção de energia eólica, foram destacadas preocupações quanto aos efeitos da maritimidade sobre os aerogeradores e demais equipamentos. Atuando sobre materiais de ferro, a maritimidade reduz a vida útil dos equipamentos em razão do processo de oxidação, demandando maior atenção com a manutenção e monitoramento quando se comparado a áreas mais interioranas, elevando assim os custos operacionais. A seleção desse parâmetro leva em consideração a perspectiva de proposição de um modelo de avaliação para a implantação de parques eólicos *onshore*, não se restringindo à Planície Costeira, mas podendo ser aplicado em áreas onde a continentalidade é predominante.

Os parâmetros naturais avaliados para a implantação de parques eólicos *onshore* foram estabelecidos a partir das considerações do Plano Nacional de Energias (BRASIL, 2007), Mikkan (1992), Ruiz e Serrano (2008) e Silva (2019), que destacam aspectos topográficos como um dos principais condicionantes naturais além da velocidade dos ventos.

Os parâmetros antrópicos foram estabelecidos mediante revisão bibliográfica, sendo identificados que os impactos sociais mais recorrentes apontados pelos pesquisadores se referem ao desencadeamento de conflitos socioterritoriais contra grupos economicamente fragilizados (ALBUQUERQUE *et al.*, 2019; NUNES *et al.*, 2019; SANTOS, 2014; PAIVA, LIMA, 2017; ESPÉCIE *et al.*, 2018; COSTA, VARGAS, 2013, PAULINO *et al.*,

2023). Em função disso, foi estruturada uma matriz avaliativa considerando a realidade do litoral sergipano (Quadro 1).

Quadro 1: Matriz avaliativa.

Condicionantes			
Relevo	Geomorfologia	Formas	Parâmetros naturais
		Processos	
		Amplitude altimétrica	
		Declividade	
		Continentalidade/maritimidade	
		Estabilidade/Instabilidade	
		Obstáculos naturais	
	Solo	Classe	
		Propriedades	
Clima	Ventos	Velocidade/Frequência	
		Sentido	
	Precipitação	Período chuvoso (m)	
Bioma	Vegetação	Altura	
		Densidade	
		Dominância	
Antrópicos	Infraestruturas	Acessibilidade rodoviária	Parâmetros antrópicos
		Presença ou proximidade de subestação energética	
	Usos do solo	Obstáculos artificiais	
		Unidades de Conservação	
		Áreas de interesse sociocultural	
		Atividades socioeconômicas	

Fonte: Adaptado de Brasil (2007), Mikkan (1992), Ruiz e Serrano (2008).

Para a avaliação desses parâmetros, foram adaptados os procedimentos avaliativos apresentados por Damasceno e Abreu (2018), que utilizaram a matriz SWOT (TACHI-ZAWA, FREITAS, 2004) para fundamentar a discussão sobre o cenário da produção de energia eólica no Brasil. Nesse sentido, os parâmetros naturais, considerados como propriedades naturais da paisagem, que condicionam as atividades humanas, foram considerados como parâmetros internos. Já os parâmetros externos, foram considerados aspectos alheios às propriedades naturais da paisagem, compreendidas como as intervenções antrópicas sobre o ambiente natural.

A classificação da Planície Costeira como fraqueza para a implantação de parques eólicos *onshore* no litoral de Sergipe leva em consideração os apontamentos de Meireles (2019), que evidencia os processos de descaracterização e fragmentação de morfologias da Planície Costeira em razão da implantação de parques eólicos *onshore* no litoral do Ceará, comprometendo não somente a dinâmica socioterritorial, como também a dinâmica morfológica.

Outro ponto considerado para enquadrar a Planície Costeira como fraqueza refere-se à atual composição morfoescultural da Planície de Sergipe, composta por morfologias dunares, depósitos eólicos, cordões e intercordões litorâneos e planícies fluviomarinhas, tipos de morfologias que desempenham funções geocológicas fundamentais para a dinâmica costeira.

Uma das atividades mais expressivas sobre a Planície Costeira norte e sul de Sergipe é o turismo, que condiciona e movimenta a dinâmica socioeconômica local e regional. Embora o entendimento de beleza seja reflexo do ponto de vista subjetivo do indivíduo, a implantação de parques eólicos *onshore* gera preocupações para a comunidade local pois podem comprometer a paisagem natural (PAULINO *et al.*, 2023), pilar do turismo regional, uma vez que “a alteração paisagística causada pela presença dos aerogeradores pode causar uma desvalorização monetária na região” (PINTO *et al.*, 2017, p.1091). Diante do potencial de comprometer a dinâmica turística sobre a Planície Costeira sergipana, o turismo é considerado como ameaça no aspecto atividades econômicas.

Outras atividades comumente desenvolvidas sobre a Planície Costeira sergipana são atividades tradicionais, como a coleta da mangaba/mariscos e a carcinicultura às margens da rede hidrográfica. A magnitude dos impactos sobre uma economia a partir da implantação de parques eólicos *onshore* tem potencial para desencadear conflitos econômicos por comprometer o desenvolvimento dessas atividades, pois podem prejudicar a qualidade ambiental, provocar alterações na superfície da terra e a reduzir a biodiversidade (PAULINO *et al.*, 2023).

Outra problemática de caráter fundiário que geralmente é relatada pelas comunidades no entorno diz respeito a restrições de acessos da população local a espaços antes tidos como públicos através do bloqueio das vias (PAULINO *et al.*, 2023; ARAÚJO *et al.*, 2020; BRANNSTROM *et al.*, 2017). Diante dessas evidências, atividades como turismo, atividades de subsistência, tradicionais e a carcinicultura foram consideradas como ameaças para a implantação de parques eólicos *onshore*.

Por outro lado, grupos socioeconômicos associados a atividades agropecuárias geralmente veem os parques eólicos *onshore* como uma atividade para complementar a renda da família, argumentando que é possível conciliar atividades rurais com os aerogeradores, pois os equipamentos “ocupam uma parcela do terreno, sendo que o restante da propriedade arrendada pode ser utilizado pelos moradores no desenvolvimento das atividades agropecuárias” (CAMPELO *et al.*, 2020, p.148).

Atividades agropecuárias são uma das atividades comumente desenvolvidas sobre os Tabuleiros Costeiros dentro da área de estudo adotada, validada através de visita técnica. Considerando os apontamentos de Campelo *et al.* (2020), atividades agropecuárias não foram consideradas como ameaça para a implantação de parques eólicos *onshore*

no litoral norte e sul de Sergipe por ter menor potencial de desencadear conflitos socio-territoriais com as comunidades residentes.

Para a produção do anemograma foram utilizadas as planilhas de Excel do banco de dados meteorológicos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), adotando um período de 5 anos, entre 2015 a 2020, das estações meteorológicas situadas na zona costeira de Sergipe, como a estação de Aracaju, código (WMO) A409, latitude -10,95 e longitude -37,05, e a estação de Brejo Grande, código (WMO) A421, latitude -10,47 e longitude -36,48.

Utilizando o software WRPLOT *View*, foram adotadas as colunas referentes às seguintes variáveis: 1) Vento, direção horária (gr) e 2) Vento, velocidade horária (m/s).

A proposição da viabilidade ou não da implantação de parques eólicos *onshore* no litoral sergipano consiste em uma análise geocológica das potencialidades e fragilidades morfológicas dessa paisagem, considerando sua composição morfoescultural e suas respectivas morfologias, avaliadas através de trabalho de campo por meio da classificação geomorfológica de Dantas e Shinzato (2017), que estabelecem 7 domínios geomorfológicos para o estado de Sergipe: 1) Planície Costeira; 2) Planície Deltaica do rio São Francisco; 3) Tabuleiros Costeiros; 4) Superfícies Colinosas da Bacia de Sergipe; 5) Domo de Itabaiana; 6) Depressão Sertaneja e; 7) Planalto de Palmares.

O mapeamento geomorfológico foi realizado a partir da integração de três procedimentos metodológicos: 1) análise de imagens do satélite CBERS 4A da área de estudo, do ano de 2022, para verificação das feições e dos contatos geomorfológicos; 2) análise do Modelo Digital de Elevação (MDE) do projeto Alos Palsar, que corresponde a uma interpolação para 12,5 m de resolução espacial do MDE do projeto SRTM; 3) validação das informações obtidas por geoprocessamento através de trabalho de campo em toda a extensão da área de estudo.

Diante do caráter exploratório e introdutório do presente estudo, é importante destacar que o MDE adotado apresenta limitações quanto à precisão vertical. Nesse sentido, é fundamental que sejam realizados mapeamentos topográficos mais precisos adotando escalas maiores para melhor representação da escala vertical à medida que for se tornando necessário, especialmente nos trechos dos Tabuleiros Costeiros. Em razão da natureza do presente estudo, o MDE do Alos Palsar se mostrou satisfatório por possibilitar um panorama geral da área de estudo, especialmente por se tratar de um domínio geomorfológico relativamente plano como a Planície Costeira.

Considerando a baixa intensidade dos ventos sobre o litoral sergipano, a área de estudo se restringiu a um recorte de 5 km de distância da linha de costa, abrangendo quase integralmente a Planície Costeira e fragmentos dos Tabuleiros Costeiros, especialmente no município de Pirambu (Figura 1), onde para cada uma destas unidades morfológicas foram avaliados os parâmetros internos e externos da proposição da matriz de SWOT.



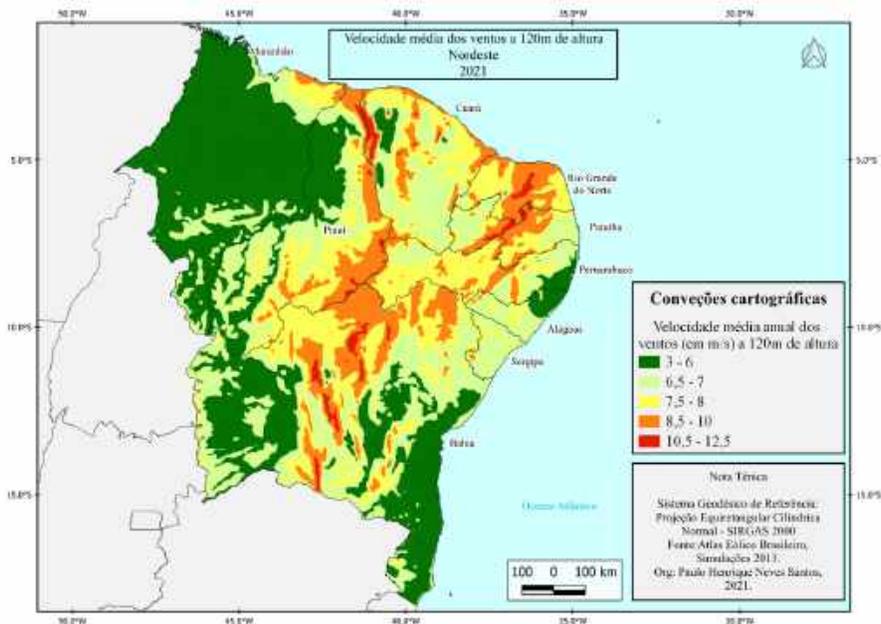


Figura 2 – Velocidade média dos ventos no Nordeste a 120m de altura.

Fonte: BRASIL, 2013.

Situado em uma zona com baixa velocidade dos ventos, na zona costeira de Sergipe predominam os ventos de Leste e de Nordeste, com pouca variação ao longo do ano. A velocidade dos ventos, por outro lado, varia conforme a mudança de estações, sendo verificada a intensificação de ventos mais rápidos no segundo semestre do ano.

Na estação meteorológica de Brejo Grande, município limítrofe entre Sergipe-Alagoas situado na zona costeira do estado, predominam os ventos de Nordeste, correspondendo a 30% do total, seguido pelos ventos de Leste, com 20%. A incidência de ventos fortes (acima de 8,8 m/s) no primeiro semestre é baixa, representando cerca de 1,8%. No segundo semestre há uma redução pouco expressiva dos ventos fortes, em torno de 0,6%, contrabalanceada pela maior incidência de ventos médios (3,60 a 8,8 m/s), representando um aumento de 4,7% em relação ao primeiro semestre (Figura 3).

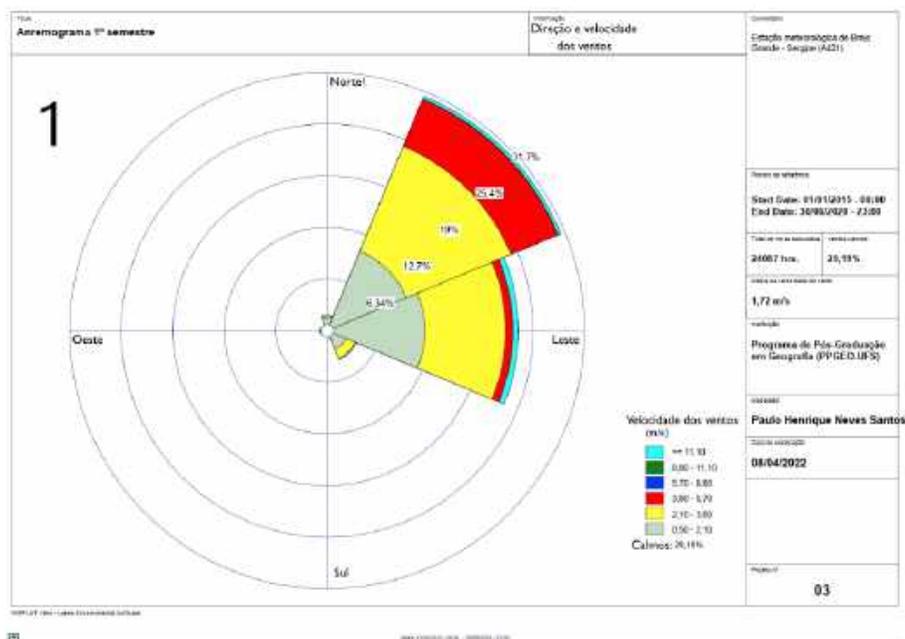


Figura 3 – 1) Anemograma da estação de Brejo Grande 1º semestre.



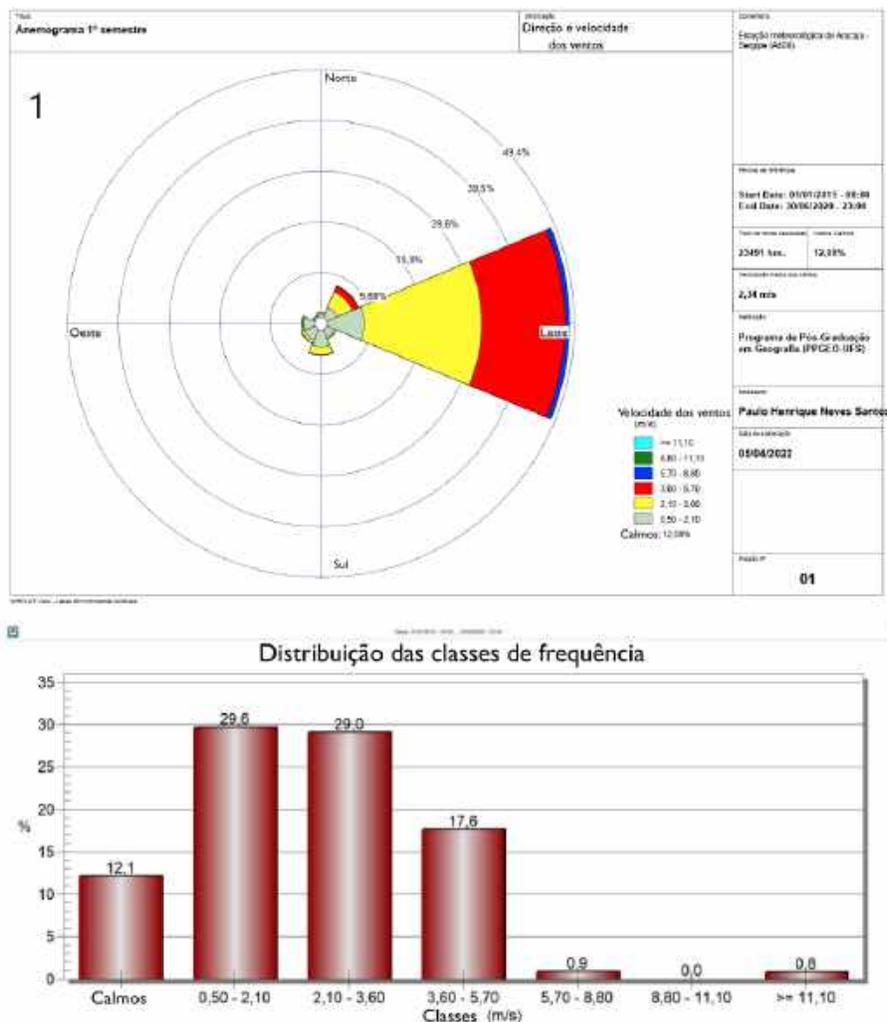


Figura 4 – 1) Anemograma da estação de Aracaju 1º semestre.

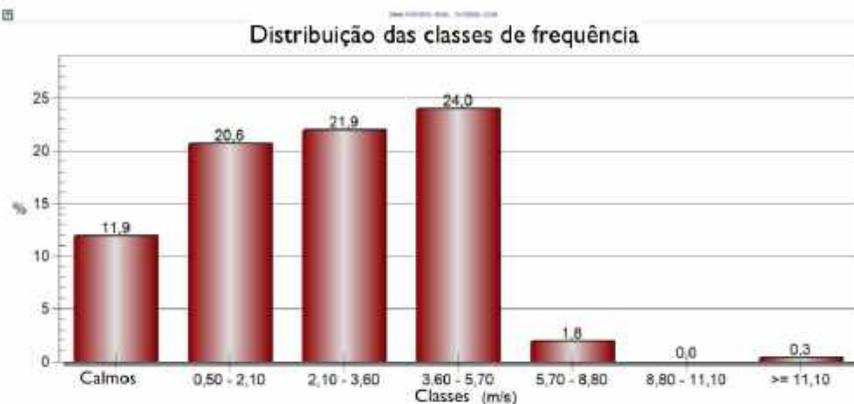
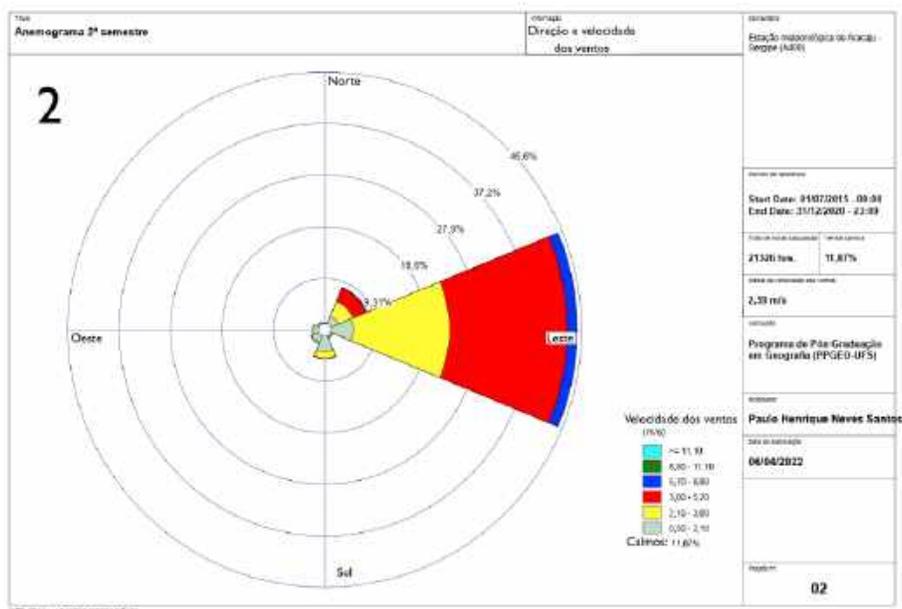


Figura 4 – 2) Anemograma da estação de Aracaju 2º semestre.

Fonte: INMET, 2023.

De modo geral, a Planície Costeira sergipana é um domínio geomorfológico instável, geologicamente recente e sensível ao desenvolvimento de atividades antrópicas, especialmente relacionadas à urbanização e à indústria, característica entendida como fraquezas para todo esse domínio geomorfológico, uma vez que se trata de um aspecto inerente à morfologia.

A Planície Costeira é um domínio geomorfológico formado durante o Quaternário, período geológico marcado por grandes mudanças ambientais provocadas pelo clima, devido às alternâncias entre períodos de glaciações e interglaciais, provocando altera-

ções no nível do mar, construindo ou destruindo os ambientes costeiros por mudar a posição da linha de costa (MARQUES, 2016).

Formada por processos morfogenéticos deposicionais e sobre a influência direta da dinâmica climática, a Planície Costeira sergipana é um domínio geomorfológico com trechos de elevada dinamicidade nos trechos associados às desembocaduras dos rios e aos trechos urbanizados na linha de costa (SANTOS, 2019). Esse caráter dinâmico reflete sobre sua estabilidade, pois atuam, paralelamente, processos marinhos, eólicos, fluviais e gravitacionais, sobre sedimentos depositados sob pouca influência do tempo geológico.

Ao longo da região Nordeste são evidenciados diversos processos de degradação ambiental sobre a Planície Costeira, corroborando com a perspectiva de inviabilidade da implantação de parques eólicos sobre esse domínio geomorfológico. Gorayeb e Brannstrom (2016) por exemplo, verificaram a supressão de lagoas interdunares na zona costeira do Ceará, na comunidade de Xavier, comprometendo a prática da pesca de subsistência. No estado do Rio Grande do Norte, Frate *et al.* (2019) identificaram a redução hídrica dos rios devido à dinâmica dos sedimentos arenosos das dunas, provocando o assoreamento dos recursos hídricos e a morte da flora aquática mais sensível.

Sobre a Planície Costeira sul de Sergipe são encontrados Planícies e Terraços fluviomarinhos nas áreas marginais aos canais fluviais, dunas de diferentes gerações intercaladas por depressões interdunares acompanhando a atual linha de costa, Planícies e Terraços marinhos na zona pós-dunas e os Tabuleiros Costeiros nas áreas mais interiores (Figura 5).

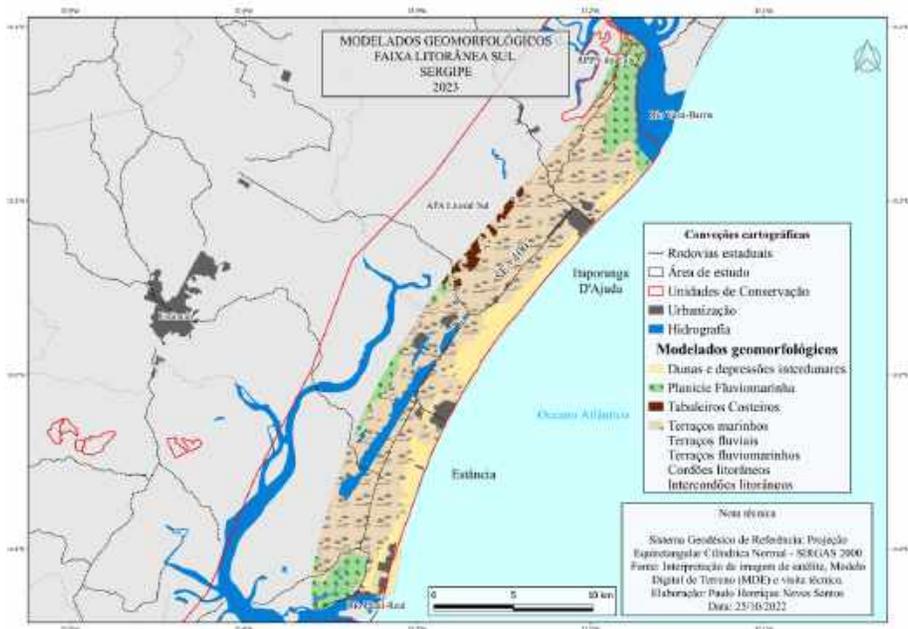


Figura 5 – Modelados geomorfológicos do litoral sul de Sergipe.

As áreas das dunas correspondem a depósitos sedimentares de tamanho variando conforme seu período de formação geológico, sendo maiores, mais desenvolvidas e mais estáveis nas áreas mais interioranas do continente correspondendo ao período Pleistoceno, e menores, menos desenvolvidas e mais dinâmicas, bordejando o litoral, referente à atual dinâmica climática-eustática, correspondendo ao Holoceno.

Esse domínio geomorfológico não é adequado a atividades urbano-industriais de modo geral, o que inclui parques eólicos *onshore*, por desempenharem funções geoecológicas de proteção costeira frente aos movimentos eustáticos, especialmente considerando perspectivas futuras de elevação do nível médio do mar.

As áreas das Planícies Fluviomarinhas são domínios geomorfológicos de morfogênese deposicional marinha e fluvial, onde é comum a formação do ecossistema manguezal, que tem função geoecológica de proteção costeira, além de ser berçário de diversas espécies aquáticas. Nesse domínio, as atividades urbanas e industriais também são impróprias em função da instabilidade dos sedimentos, que, em função do seu recente estágio evolutivo e da dinâmica fluviomarinha, não apresentam classificação de solo, sendo entendidos como solos indiscriminados de mangue pela ausência de formação do horizonte B diagnóstico.

Além disso, as áreas de manguezais são duplamente protegidas pelo atual Código Florestal (BRASIL, 2012), pois, conforme o Art. 4 são consideradas como Áreas de Preservação Permanente (APP) toda a extensão do manguezal e áreas marginais de qualquer canal fluvial natural e perene, como o caso do rio Vaza-Barris e do rio Piauí-Real, variando conforme a largura do canal.

As áreas dos Terraços correspondem ao domínio geologicamente mais antigo da Planície Costeira sergipana, de morfogênese marinha, fluvial e/ou fluviomarinha, são antigas áreas de planícies em diferentes condições paleoclimáticas, situadas em áreas mais interioranas do pós-dunas, geralmente em contato com os Tabuleiros Costeiros. Nesse segmento estão situados os cordões e intercordões litorâneos, morfologias que evidenciam antigas linhas de costas, com formato ondular, situados em cotas altimétricas mais baixas em relação aos terraços, formando áreas de acumulação hídrica.

Embora seja a área relativamente mais estável da Planície Costeira, sobre os terraços marinhos são encontradas morfologias fundamentais para a manutenção da dinâmica costeira, a exemplo dos cordões e intercordões litorâneos, que são fundamentais para a manutenção hídrica do lençol freático, o que restringe a implantação de parques eólicos *onshore*.

Sobre o litoral sul sergipano, onde predomina a Planície Costeira no recorte adotado, a fragilidade morfológica é classificada como uma de suas principais fraquezas, onde são encontradas morfologias que desempenham funções geoecológicas importantes para a morfodinâmica costeira, como as dunas, que bordejam grande parte do litoral sul e atuam como barreira para a circulação dos ventos em baixas altitudes, e os cordões litorâneos, que ocupam grande expressão das áreas pós-dunas que são facilmente alagadas durante o período chuvoso.

Do ponto de vista infraestrutural, o litoral sul apresenta boas condições rodoviárias para o rápido deslocamento para a capital Aracaju, facilitando a interligação e o transporte de equipamentos e maquinários, especialmente durante horário comercial, uma

vez que a maior parte do fluxo neste trecho da SE-100 ocorre durante finais de semana e feriados, que se destinam aos principais pontos de adensamento urbano do litoral sul, as praias da Caueira, do Abaís e do Saco.

Por outro lado, a ausência de infraestruturas necessárias para o armazenamento e distribuição de energia, como uma subestação energética e a ausência de um centro urbano estruturado, se configuram como ameaças ao setor de energia eólica nesse recorte territorial.

Outro ponto de destaque refere-se à ausência de políticas de incentivo à produção de energia eólica no estado, perspectiva que se tornou mais evidente entre os anos de 2008 a 2010, mas que atualmente se encontra marginalizada, especialmente levando em consideração os incentivos à energia solar, através da instituição da Política Estadual de Incentivo à Geração e Aproveitamento da Energia Solar (SERGIPE, 2018).

Diante desse cenário, o litoral sul de Sergipe não é uma área viável para a produção de energia eólica *onshore*, considerando a maior incidência das fraquezas, ancoradas em um contexto socioterritorial pouco favorável para o segmento de energia eólica (Quadro 2).

Quadro 2 – Relação das forças, oportunidades, fraquezas e ameaças para a implantação de parques eólicos *onshore* na faixa litorânea sul de Sergipe.

Parâmetros internos	Parâmetros externos
<b>Forças</b>	<b>Oportunidades</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elevação da incidência dos ventos no segundo semestre</li> <li>• Ventos apresentam pouca variação de direção ao longo do ano</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pouca densidade populacional</li> <li>• Pouco fluxo rodoviário em horário comercial</li> <li>• Proximidade com a capital Aracaju</li> <li>• Adensamento populacional disperso, concentrado nas praias da Caueira, do Abaís e do Saco</li> <li>• Ausência de barreiras artificiais</li> </ul>
<b>Fraquezas</b>	<b>Ameaças</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intensidade dos ventos relativamente fraca quando se comparado a outras regiões costeiras</li> <li>• Morfologias frágeis às atividades antrópicas</li> <li>• Presença de barreiras naturais para a circulação dos ventos em baixas alturas</li> <li>• Presença de áreas alagadas perenes</li> <li>• Dunas com elevado grau de desenvolvimento bordejando grande parte do litoral</li> <li>• Elevada incidência de corrosão de equipamentos pelos efeitos da maritimidade</li> <li>• Tabuleiros Costeiros são relativamente distantes da atual linha de costa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausência de subestação energética</li> <li>• Ausência de incentivos fiscais</li> <li>• Distância para centros urbanos</li> <li>• Desencadeamento de conflitos socioterritoriais com atividades tradicionais, como a coleta de mangaba</li> <li>• Comprometimento da paisagem turística natural</li> <li>• Potencial de comprometer a dinâmica econômica local relacionada ao turismo</li> <li>• Potencial de infração do Art. 4º do Código Florestal, uma vez que grande parte das dunas estão fixadas por vegetação de restinga</li> <li>• Potencial de descaracterização das morfologias costeiras, especialmente as dunas</li> </ul>

Assim como no litoral sul, o litoral norte de Sergipe também é formado por uma composição geológico-geomorfológica recente, dinâmica e instável, onde atuam processos de deposição fluvial, marinho e eólico, dando origem a uma paisagem relativamente plana sobre a Planície Costeira, rompida pelos grandes depósitos de sedimentos areno-quartzosos que compõem os extensos campos de dunas que bordejam parte do litoral norte (Figura 6).

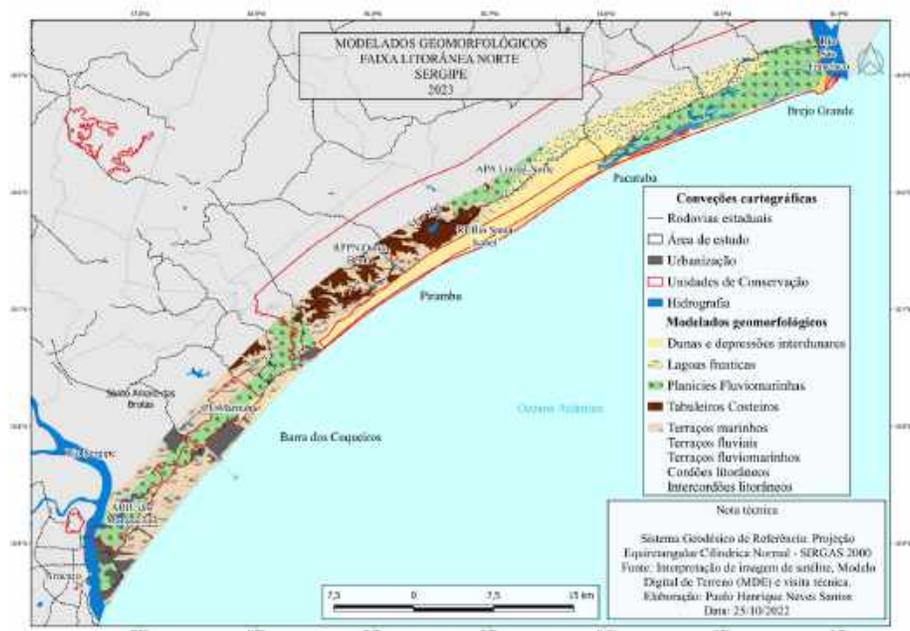


Figura 6 – Modelados geomorfológicos do litoral norte de Sergipe.

A maior expressão de morfologias de morfogênese fluviomarina no litoral norte de Sergipe evidencia maior atuação deposicional da rede hidrográfica, onde estão situadas as desembocaduras de dois grandes rios do estado, o rio Sergipe, limite geográfico entre Aracaju e Barra dos Coqueiros, e o rio São Francisco, limite geográfico do estado de Sergipe e Alagoas.

Os domínios de morfogênese fluviomarina sergipanos possuem tendência de se manterem alagados durante o período chuvoso, entre abril a agosto, em função do lençol freático elevado, originando a formação de lagoas de tamanhos variados ao longo da Planície Costeira norte de Sergipe, representando uma fraqueza para processos urbanos-industriais nesse domínio.

À medida que se aproxima da desembocadura do rio São Francisco, entre os municípios de Pacatuba e Brejo Grande, é comum na paisagem a formação de lagoas freáticas, provenientes da acumulação da precipitação em poças em virtude da saturação do solo, que, quando se mantém alagado por um longo período, é comum a colonização por espécies da flora aquática a exemplo da Taboa (*Typha domingensis*), que é utilizada

por grupos sociais para a confecção de produtos artesanais, movimentando a economia local.

O menor desenvolvimento urbano ao longo da SE-100 no litoral norte de Sergipe favorece a conservação da paisagem natural, onde são encontrados extensos campos de dunas paralelos à linha de costa, que se portam como barreiras para a circulação dos ventos em baixas alturas.

Outro vetor de conservação do litoral norte de Sergipe é a Reserva Biológica Santa Isabel (REBio Santa Isabel), unidade de conservação de proteção integral na Planície Costeira que se impõe como uma barreira legal contra o avanço de atividades antrópicas sobre grande extensão das dunas dos municípios de Pirambu e Pacatuba, sendo fundamental para a conservação da paisagem e para a reprodução das tartarugas marinhas.

Considerando o recorte de 5 km da atual linha de costa, no litoral norte de Sergipe também há a presença dos Tabuleiros Costeiros no trecho do município de Pirambu, domínio geomorfológico mais adequado para parques eólicos *onshore*, por serem geologicamente mais antigos do que a Planície e, portanto, relativamente mais estáveis (MEIRELES, 2019).

O maior grau de conservação da paisagem natural do litoral norte também é reflexo das condições da SE-100, a qual se encontra pavimentada poucos km após a sede do município de Pacatuba, encontrando-se sem pavimentação por um longo percurso até seu fim às margens do rio São Francisco, em Brejo Grande. As dificuldades de deslocamento em virtude das condições da SE-100, especialmente durante o período chuvoso quando há formação de lagoas temporárias sobre a rodovia, atuam em favor da preservação natural desse recorte.

A partir desse contexto, a Planície Costeira do litoral norte de Sergipe também demonstra estar pouco apta para a implantação de parques eólicos *onshore*, considerando seu elevado grau de conservação e restrições de infraestruturas básicas, que, além de não possuir rodovia pavimentada, não há subestação energética no recorte adotado, configurando um cenário desafiador para qualquer tipo de investida desse segmento (Quadro 3).

Quadro 3 – Relação das forças, oportunidades, fraquezas e ameaças para a implantação de parques eólicos *onshore* na faixa litorânea norte de Sergipe.

Parâmetros internos	Parâmetros externos
<b>Forças</b>	<b>Oportunidades</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elevação da incidência dos ventos no segundo semestre</li> <li>• Ventos apresentam pouca variação de direção ao longo do ano</li> <li>• Tabuleiros Costeiros a poucos km da atual linha de costa</li> <li>• Menor potencial de desencadear conflitos socioterritoriais sobre os Tabuleiros Costeiros</li> <li>• Menor potencial de descaracterização da paisagem natural sobre os Tabuleiros Costeiros</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pouca densidade populacional</li> <li>• Pouco fluxo rodoviário diário</li> <li>• Adensamento populacional disperso após a sede de Pacatuba, concentrados em pequenos povoados ao longo da SE-100</li> <li>• Ausência de barreiras artificiais</li> </ul>
<b>Fraquezas</b>	<b>Ameaças</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intensidade dos ventos relativamente fraca quando se comparado a outras regiões costeiras</li> <li>• A Planície Costeira consiste em um domínio geomorfológico frágil às atividades antrópicas</li> <li>• Presença de barreiras naturais para a circulação dos ventos em baixas alturas</li> <li>• Presença de áreas alagadas perenes, aumentando sua extensão durante o período chuvoso</li> <li>• Dunas com elevado grau de desenvolvimento bordejando grande parte do litoral</li> <li>• Elevada incidência de corrosão de equipamentos pelos efeitos da maritimidade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Infraestrutura rodoviária em boas condições a poucos km após a sede de Pacatuba</li> <li>• Presença de unidade de conservação de proteção integral: potencial de parques eólicos gerarem conflitos socioambientais</li> <li>• Ausência de subestação energética</li> <li>• Ausência de incentivos fiscais</li> <li>• Distância para centros urbanos</li> <li>• Desencadeamento de conflitos socioterritoriais com atividades tradicionais, como o artesanato com a taboa</li> <li>• Comprometimento da paisagem turística natural</li> <li>• Potencial de infração do Art. 4º do Código Florestal, uma vez que grande parte das dunas estão fixadas por vegetação de restinga</li> <li>• Potencial de descaracterização das morfologias costeiras, especialmente as dunas</li> </ul>

Considerando as características socioambientais do litoral norte e sul do litoral sergipano, a área mais adequada para a implantação de parques eólicos *onshore* está situada sobre um fragmento do topo do Tabuleiro Costeiro no município de Pirambu, a cerca de 60 m de altitude, distando cerca de 2,5 km da linha de costa atual, com área de aproximadamente 64 hectares (Figura 7).

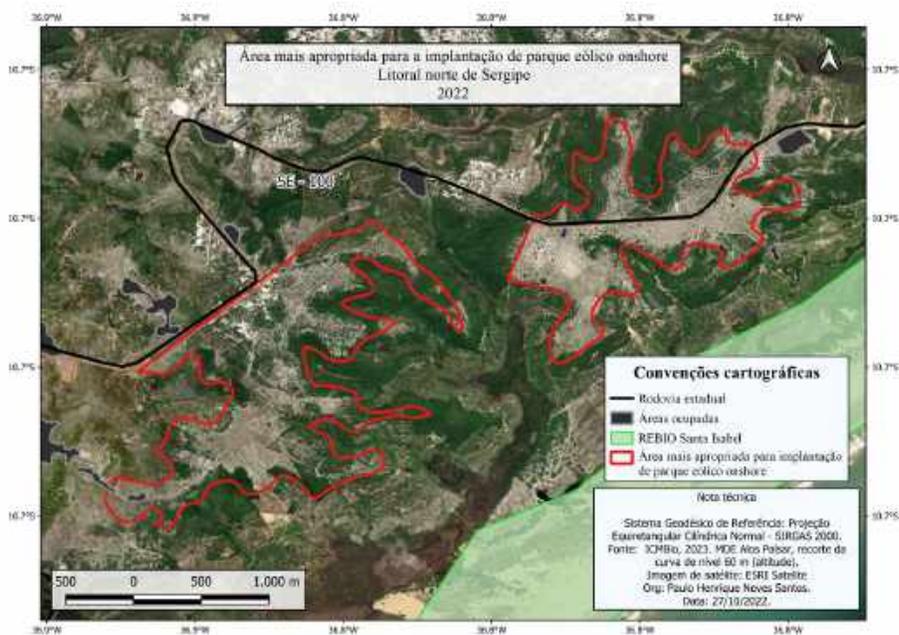


Figura 7 – Delimitação da área mais apropriada para a implantação de parque eólico *onshore* no litoral norte de Sergipe.

Nesse fragmento são encontrados alguns sítios privados onde são desenvolvidas atividades agropecuárias, sendo uma área que já foi alvo de monitoramento para a implantação de parques eólicos na década de 2000, onde há baixo potencial para desencadear conflitos socioterritoriais e para se tornar vetor de degradação ambiental (Figura 8). Embora esteja situada dentro da Área de Proteção Ambiental Litoral Norte, até então essa UC não dispõe de um plano de manejo com respectivo zoneamento ambiental, não havendo, portanto, restrições quanto à legislação ambiental.

A



B



Figura 8 – A) Paisagem do topo predominantemente tabular do Tabuleiro Costeiro indicado para a implantação de parque eólico *onshore*, Pirambu (SE); B) Paisagem do topo do Tabuleiro em direção à Planície Costeira, Pirambu (SE).

Fotografias: autores (2022)

## Conclusões

Os procedimentos metodológicos adotados se mostraram satisfatórios para os objetivos propostos, com destaque para a matriz SWOT, através da qual foi possível melhor

identificar quais fatores socioambientais representam forças, fraquezas, oportunidades e ameaças para a implantação de parques eólicos *onshore* no litoral sergipano, sendo uma ferramenta interessante para análises geoecológicas por direcionar quais são as potencialidades e as fragilidades de uma determinada área.

O incremento de novos fatores para a avaliação da implantação de parques eólicos *onshore* evidenciou a importância de uma abordagem geoecológica para esse segmento, frente aos potenciais impactos que podem ser desencadeados caso fatores socioeconômicos sejam marginalizados, sendo uma discussão necessária para fundamentar o setor público e o privado quanto aos estudos sobre os contextos socioterritoriais.

Como evidenciado pela literatura, grande parte dos impactos associados aos parques eólicos *onshore* são conflitos socioterritoriais, especialmente quando situados em ambientes litorâneos, que nas últimas décadas se tornou um dos ambientes mais valorizados pela sociedade atual em função das singularidades geográficas. Esses conflitos derivam da marginalização das características naturais dos ambientes litorâneos, representados pelas suas potencialidades e fragilidades ambientais, e do contexto socioterritorial, uma vez que o ambiente litorâneo ainda comporta vasta diversidade de grupos socioeconômicos tradicionais, que têm dinâmica social diferente da dinâmica urbana.

Entre uma das principais limitações quanto à produção de energia eólica *onshore* no estado de Sergipe, é destacada a baixa velocidade dos ventos ao longo do ano, que torna os parques eólicos economicamente pouco atrativos, uma vez que demandam massivos investimentos iniciais e manutenção regular, especialmente em função dos efeitos da maritimidade sobre materiais de ferro. Esse contexto condiciona o segmento energético a duas perspectivas para que se torne viável: 1) elevado potencial de geração de energia ao longo dos anos; ou 2) baixo custo de investimentos e de manutenção.

Nesse sentido, é fundamental que a geografia se antecipe ao mercado, especialmente considerando que a produção de energia eólica no Brasil ainda é de domínio do capital privado, que, historicamente, marginaliza as características naturais dos ambientes litorâneos, promovendo alterações profundas sobre a Planície Costeira, desencadeando a degradação ambiental de ecossistemas sensíveis, como evidenciado em diversos trechos dos estados do Ceará e do Rio Grande do Norte.

## Referências Bibliográficas

ALBUQUERQUE, C. C. B. de et al. Panorama da energia eólica sob a perspectiva dos impactos ambientais no Brasil. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, v. 6, n. 14, p. 697-712, 2019.

ARAÚJO, J. C. H. et al. Sustainability challenges of wind power deployment in Coastal Ceará State, Brazil. *Sustainability*, v. 12, 2020.

BRANNSTROM, C. et al. Is Brazilian wind power development sustainable? Insights from a review of conflicts in Ceará state. *Renewable and Sustainable Energy*, v. 37, 2017.

BRASIL. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. *Plano Nacional de Energia 2030*. Colaboração Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME, EPE, 2007.

\_\_\_\_\_. Código Florestal. *Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012*. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm)>. Acesso em: 13 fev. 2020.

\_\_\_\_\_. *Atlas eólico brasileiro, simulações 2013*. 2013. Disponível em: <Mapas temáticos – Atlas Eólico Brasileiro (cepel.br)>. Acesso em: 05 fev. 2021.

\_\_\_\_\_. *Plano Nacional de Energia – 2050*. Ministério de Minas e Energia, 2023. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/sntep/publicacoes/plano-nacional-de-energia/plano-nacional-de-energia-2050/relatorio-final/relatorio-final/relatorio-final-do-pne-2050.pdf/view>>. Acesso em: 19 dez. 2023.

CAMPELO, J. R. *et al.* *Complexo eólico chapada do Piauí I: benefícios sociais e impactos ambientais no município de Marcolândia, estado do Piauí*. *Geografia* (Londrina), v. 29, n. 1, 2020.

COSTA, V. S. *Território em mutação: a implantação de central geradora eólica em Sergipe*. Dissertação (mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2013.

DAMASCENO, V. S.; ABREU, Y. V. Avaliação da energia eólica no Brasil utilizando a análise SWOT e PESTEL. *Interações* (Campo Grande), v. 19, p. 503-514, 2018.

DANTAS, M. E.; SHINZATO, E. CPRM – Serviço Geológico. *Origem das paisagens do estado de Sergipe*. Geodiversidade do estado de Sergipe. Salvador: CPRM, 2017.

ESPÉCIE, M. A. *et al.* Avaliação de Impacto Ambiental em projetos eólicos no Brasil: uma análise a partir de estudos ambientais de empreendimentos vencedores nos Leilões de Energia. *In: 4º Congresso Brasileiro de Avaliação de Impacto: Ética e Avaliação de Impacto Ambiental*, 2018.

FERNANDES, M. C. Discussões conceituais e metodológicas do uso de geoprocessamento em análises geocológicas. *In: Questões metodológicas e novas temáticas na pesquisa geográfica*, p. 280-299. 1. ed. Rio de Janeiro: Publit, 2009.

FERNANDEZ, G. B. *et al.* Natural Landscapes along Brazilian Coastline. *In: SALGADO, A. A. R.; SANTOS, L. J. C.; PAISANI, J. C. The Physical Geography of Brazil: Environmental, Vegetation and Landscape*. Springer Nature Switzerland, 2019.

FRATE, C. A. *et al.* Procedural and distributive justice informe subjectivity regardin Wind power: a case from Rio Grande do Norte, Brazil. *Energy Policy*, v. 132. 2019.

GORAYEB, A.; BRANNSTROM, C. Caminhos para uma gestão participativa dos recursos energéticos de matriz renovável (parques eólicos) no Nordeste do Brasil. *Mercator*, v. 15, n. 1, 2016.

HACES-FERNANDEZ, F. *et al.* Onshore wind farm development: technologies and layouts. *Energies*, 2022.

IBGE. *Geociências: Informações ambientais*. 2022. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>>. Acesso em: 10 fev. 2021.

INMET. Histórico de dados meteorológicos. 2023. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>>. Acesso em: 10 fev. 2021.

LEITE, D. B.; SOUZA, E. P. Tendências do cenário energético brasileiro: a energia de fonte eólica e o “olhar” dos atingidos. *Ciência e Natura*, v. 37, n. 3, p. 243-250, 2015.

LOUREIRO, C. V. *et al.* Implantação de energia eólica e estimativa das perdas ambientais em um setor do litoral oeste do Ceará, Brasil. *Geosaberes*, Fortaleza, v. 6, n. 1, p. 24, 2015.

MARQUES, J. S. A geomorfologia no planejamento e gestão dos espaços costeiros e de seus recursos. In: MARQUES, J. S. *et al.* *Geomorfologia Costeira*. Fundação CECIERJ. Centro de Educação Superior a distância do estado do Rio de Janeiro, 2016.

MEIRELES, A. J. A. Danos socioambientais originados pelas usinas eólicas nos campos de dunas do nordeste brasileiro e critérios para definição de alternativas locais. 2019. In: GORAYEB, A. (org). *Impactos socioambientais da implantação de parques de energia eólica no Brasil*. Fortaleza: UFC, 2019.

MELO, E. *Fonte eólica de energia: aspectos de inserção, tecnologia e competitividade*. Estudos avançados, v. 27, p. 125-142, 2013.

MIAO, S. *et al.* A two-phase wind speed simulation model considering diurnal and seasonal patterns and its application to adequacy assessment. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, v. 13, n. 5, p. 053304, 2021. Disponível em: <<https://www.sciencedaily.com/releases/2021/10/211012112301.htm>>. Acesso em: 19 abr. 2022.

MIKKAN, R. Geomorfologia y energia eólica. *Finisterra*, XXVII, 53-54, p. 195-204, 1992.

NETO, C. R. O.; LIMA, E. C. Mercado eólico e desenvolvimento regional: Perspectivas de formação de uma indústria eólica motriz para o nordeste brasileiro. *Orbis Latina*, v. 6, n. 2, p. 129-153, 2016.

NUNES, A. C. P. *et al.* Percepção ambiental na proposição de indicadores para avaliação de impactos ambientais de parques eólicos. *Confins. Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasileira de geografia*, n. 41, 2019.

PAIVA, I.; LIMA, E. C. Conflitos ambientais: energia eólica e seus impactos socioambientais no interior do Ceará. *Geographia Opportuno Tempore*, v. 3, n. 2, p. 306-318, 2017.

PAULINO, S. R. *et al.* Conflitos socioambientais e a implantação de parques eólicos no Nordeste brasileiro. *Sustainability in Debate*, Brasília, v. 14, n. 3, 2023.

PINTO, L. I. C. *et al.* O mercado brasileiro da energia eólica, impactos sociais e ambientais. *Revista Ambiente & Água*, v. 12, 2017.

RUIZ, J. M.; SERRANO, M. L. T. Elección de criterios y valoración de impactos ambientales para la implantación de energía eólica. *Papeles de Geografía*, n. 47-48, p. 171-183, 2008.

SANTOS, A. N. G. A energia eólica no litoral do NE no Brasil: desconstruindo a "sustentabilidade" para promover "justiça ambiental". *Heinrich-Böll-Stiftung e-paper*, p. 1-18, 2014.

SANTOS, J. P. S. *Linha de costa e faixa de proteção à erosão costeira: um estudo de caso nas praias do Saco, do Abaís e da Caueira, sul de Sergipe*. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Geociências e Análise de Bacias. Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2019. Disponível em: <<https://ri.ufs.br/handle/riufs/11642>>. Acesso em: 19 fev. 2024.

SERGIPE. *Institui a Política Estadual de Incentivo à Geração e aproveitamento da Energia solar no estado de Sergipe dá providências correlatas*. 2018. Disponível em: <<https://leiestaduais.com.br/se/lei-ordinaria-n-8467-2018-sergipe-institui-a-politica-estadual-de-incentivo-a-geracao-e-aproveitamento-da-energia-solar-no-estado-de-sergipe-e-da-providencias-correlatas>>. Acesso em: 09 ago. 2021.

SILVA, A. J. V. C. *Potencial eólico offshore no Brasil: localização de áreas nobras através de análise multicritério*. 2019. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-graduação em Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <[https://www.ppe.ufrj.br/images/publica%C3%A7%C3%B5es/mestrado/Dissert\\_AJVCSilva.pdf](https://www.ppe.ufrj.br/images/publica%C3%A7%C3%B5es/mestrado/Dissert_AJVCSilva.pdf)>. Acesso em: 11 jan. 2024.

SOBRAL, M. *A contribuição do Atlas Eólico para o estado de Sergipe*. 2021. Disponível em: <[https://sergipetec.org.br/uploads/2021/10/Ler.mais\\_.pdf](https://sergipetec.org.br/uploads/2021/10/Ler.mais_.pdf)>. Acesso em: 20 set. 2022.

SOUSA, F. C. Energia eólica: desenvolvimento energético e os conflitos socioambientais inerentes à modalidade energética. *Revista Semiárido De Visu*, v. 5, n. 3, p. 180-191, 2017.

TACHIZAWA, T.; FREITAS, A. A. V. *Estratégias de negócios: lógica e estrutura do universo empresarial*. Rio de Janeiro: Pontal, 2004.

UDAETA, M. E. M. *Novos instrumentos de planejamento energético e o desenvolvimento sustentável – Planejamento integrado de recursos energético na USP: Pesquisa científica realizada e ferramentas metodológicas consolidadas do PIR na USP aplicadas à RAA*. Tese de Livre-Docência. São Paulo, 2012.

Recebido em: 31/01/2024. Aceito em: 10/03/2024.

