



## **Critérios para proposição de geoindicadores para avaliação do estado de conservação em geossítios: estudo preliminar em Caraguatatuba-SP**

Laura Pereira Balaguer<sup>1</sup>, Maria da Glória Motta Garcia<sup>1</sup>, Lígia Maria de Almeida Leite Ribeiro<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Núcleo de Apoio à Pesquisa em Patrimônio Geológico e Geoturismo (GeoHereditas), Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, E-mail: [laura.balaguer@usp.br](mailto:laura.balaguer@usp.br), [mgmgarcia@usp.br](mailto:mgmgarcia@usp.br), [ligia.ribeiro@cprm.gov.br](mailto:ligia.ribeiro@cprm.gov.br)

**Palavras-chave:** Geodiversidade, Geossítios, Geoindicadores, Unidades geoambientais

### **1. Introdução**

Os geoindicadores são parâmetros, essencialmente naturais, utilizados para mensurar os impactos à geodiversidade advindos de fatores naturais ou antrópicos. Eles podem ser úteis para o monitoramento do estado de conservação de geossítios e para a segurança de visitantes. Dentre os critérios que podem ser utilizados para definir os geoindicadores estão a fragilidade e a vulnerabilidade dos elementos e processos intrínsecos e extrínsecos à geodiversidade. O município de Caraguatatuba, situado no litoral norte paulista, possui uma rica geodiversidade que representa eventos geológicos associados à formação e separação do Gondwana Ocidental, à formação do Oceano Atlântico Sul e a variações do nível do mar. O presente trabalho tem como objetivo integrar a avaliação da geodiversidade aos geossítios inventariados no município, a fim de obter informações sobre as características físicas das unidades geoambientais que possam ser utilizadas na definição preliminar de geoindicadores.

### **2. Materiais e métodos**

O método empregado contabiliza quatro etapas: (i) integração dos dados do inventário do patrimônio geológico do litoral norte paulista (Garcia et al. 2019) ao mapeamento geoambiental de Caraguatatuba (Balaguer et al. 2022) utilizando o software QGIS, (ii) consulta à lista de geoindicadores da *International Union of Geological Sciences* (IUGS) (Berger 1998) e busca de artigos no banco de dados Web of Sciences e Scopus escritos em português, inglês e/ou espanhol utilizando as palavras-chave “coastal” e “geoindicators”, a fim de identificar novos possíveis geoindicadores de ambientes costeiros; (iii) análise dos valores de Risco de Degradação (RD) definidos no inventário dos geossítios frente aos dados qualitativos do mapa geoambiental e (iv) definição preliminar de geoindicadores para os geossítios de alto RD considerando a fragilidade e a vulnerabilidade.

### **3. Resultados e discussão**

Os nove geossítios de Caraguatatuba abrangem quatro dos cinco domínios (80%) e seis das onze unidades geoambientais (54,4%) (Fig. 1). Este resultado demonstra um percentual significativo, dada a inacessibilidade de algumas unidades ou mesmo a ausência de artigos científicos sobre elas, relevantes para a definição de geossítios. Destes, três geossítios apresentam RD alto (Cordões praias holocênicos da Fazenda Serramar, Terraço marinho pleistocênico da Fazenda Serramar e Terraço fluvial pleistocênico do Rio do Ouro), quatro RD médio (Granito Pico do Papagaio da Pedreira Massaguaçu, Milonitos e cataclasitos da Zona de cisalhamento Camburu, Megaboudin da Lagoa Azul e Milonitos da Praia Tabatinga e Ilha Tamanduá) e dois RD baixo (Registros de escorregamentos de Caraguatatuba e Ortognaisses e migmatitos da Praia Brava). Os geossítios com maior RD se enquadram na categoria Quaternário, sendo dois deles inseridos na unidade Ambiente marinho costeiro e um na Unidade Ambiente de planícies aluvionares recentes. Para ambas as unidades, as limitações se vinculam aos processos erosivos (costeiros e fluviais) relacionados a inundações, o que confere vulnerabilidade natural aos geossítios associados, além da fragilidade intrínseca frente à composição mineralógica (essencialmente areia) e à tipologia (ponto). Além da tipologia, as vulnerabilidades antrópicas são também relevantes e estão diretamente relacionadas ao uso e ocupação do solo. Dois deles se encontram em propriedade privada e apenas um em pública (Terraço fluvial pleistocênico Rio do Ouro), sendo ainda mais sujeitos a expansão urbana e atividades de mineração. A partir das características dos geossítios e das unidades geoambientais foram elencados geoindicadores e parâmetros a serem avaliados para cada geossítio. Notadamente pelas suas



características físicas, os três geossítios tiveram os mesmos geoindicadores selecionados: (1) Sequência e composição sedimentar, (2) Erosão eólica e (3) Uso e ocupação do solo. Os três geoindicadores possuem como parâmetros de avaliação de alteração a urbanização, as atividades de mineração e os níveis de água superficial. Além disso, a consulta aos artigos indicou, para os dois primeiros parâmetros, métodos qualitativos vinculados ao sensoriamento remoto em séries históricas e, para o segundo parâmetro, o monitoramento de frequência e descarga fluvial, marcas de níveis d'água registrados em afloramentos rochosos em leitos de rios e vegetação e medições de profundidade média de inundações. A caracterização da geodiversidade por meio de unidades e domínios geoambientais no município permitiu reconhecer as potencialidades e as limitações associadas diretamente à fragilidade e à vulnerabilidade dos elementos geológicos. Juntamente com as características de geossítios específicos, espera-se propor geoindicadores que possam contribuir para avanços na etapa de monitoramento dentro das estratégias em geoconservação.

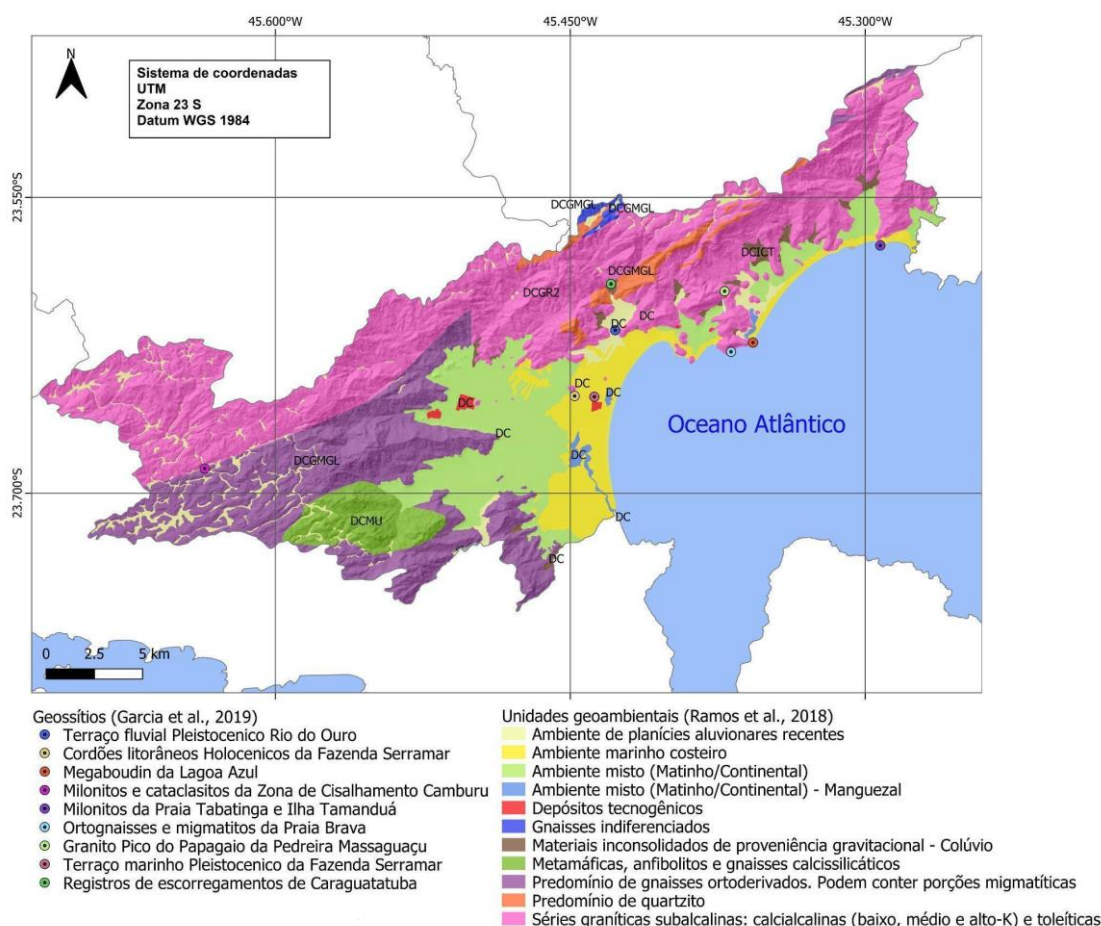


Fig. 1 – Geossítios presentes nas unidades geoambientais no município de Caraguatatuba (SP). Adaptado de Balaguer et al. (2022).

## Referências

- Balaguer LP, Garcia MGM, Ribeiro LMAL. 2022. Combined assessment of geodiversity as a tool to territorial management: application to Southeastern coast of State of São Paulo, Brazil. *Geoheritage* 14(60).
- Berger AR. 1998. Environmental change, geoindicators, and the autonomy of nature: *GSA Today*, 8(1): 3-8.
- Garcia MGM, Del Lama EA, Martins L, Mazoca CEM, Bourotte CL. 2019. Inventory and assessment of geosites to stimulate regional sustainable management: the northern coast of the state of São Paulo, Brazil: *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 91(2).