

FERNANDA COYADO REVERTE

Avaliação da geodiversidade em São Sebastião – SP, como patrimônio geológico.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Geologia.

Área de concentração:  
Mineralogia Experimental e Aplicada

Orientadora:  
Prof.<sup>a</sup> Dra. Maria da Glória Motta Garcia

São Paulo  
2014

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Ficha catalográfica preparada pelo Serviço de Biblioteca e Documentação do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo

Reverte, Fernanda Coyado  
Avaliação da geodiversidade em São Sebastião -  
SP, como patrimônio geológico / Fernanda Coyado  
Reverte. - São Paulo, 2014  
208 p.: il  
Dissertação (Mestrado) : IGc/USP  
Orient.: Garcia, Maria da Glória Motta

1. São Sebastião(SP): Patrimônio geológico 2.  
Geoconservação 3. Inventário I. Título

## AGRADECIMENTOS

À minha orientadora Prof.<sup>a</sup> Dra. Maria da Glória Motta Garcia pelo fundamental contributo na determinação das diretrizes que nortearam a realização deste trabalho, sem o qual os resultados aqui alcançados jamais teriam sido possíveis.

Aos meus pais João Luis e Maria Cleusa, por serem minha referência e estarem sempre presentes em minha vida, de uma forma indispensável.

Ao meu noivo Alan Pellejero, por me fazer sentir tão amada, pelo apoio incondicional, pelo incentivo e, sobretudo, por acreditar no meu potencial.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) por fomentar a realização desta dissertação com a concessão de bolsa de mestrado.

À Pró-Reitoria de Pós-Graduação da Universidade de São Paulo por viabilizar minha participação no III Congresso Jovens Investigadores em Geociências (LEG – Portugal, 2013), na Universidade de Évora.

Ao Prof. Dr. José Brilha pela orientação durante o estágio acadêmico realizado em Portugal, cujas atividades contemplaram visitas ao Centro de Ciências da Universidade do Minho e aos Geoparques Arouca e Naturtejo, as quais contribuíram para a elaboração das propostas de geoconservação apresentadas. Nessa jornada, agradeço a Daniela e Manuela, pelo empenho e dedicação.

Aos funcionários do Núcleo São Sebastião (PESM) por acompanhar a equipe durante as trilhas, garantindo a segurança do grupo na realização dos campos.

Ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e às professoras do Instituto de Geociências Dra. Lucelene Martins e Dra. Irene Raposo pelo apoio logístico, material e científico quando da realização do campo no Arquipélago de Alcatrazes.

Aos funcionários do Instituto de Geociências, em especial, ao Carlos Eduardo Mazoca, do GeoHereditas, pela colaboração sempre cordial e pelo profissionalismo.

Há muitas outras pessoas que, embora não tenham sido citadas, tiveram grande importância na realização deste trabalho. A elas os meus sinceros agradecimentos.

*“...a Terra guarda a memória do seu passado... Uma memória gravada em níveis profundos ou superficiais. Nas rochas, nos fósseis e nas paisagens, a Terra preserva uma memória passível de ser lida e decifrada...”*

***Declaração Internacional dos Direitos à Memória da Terra***  
*(I Simpósio Internacional sobre a Proteção do Patrimônio Geológico, Digne-Les-Bains, França, 1991)*

## RESUMO

REVERTE, F. C. **Avaliação da geodiversidade em São Sebastião – SP, como patrimônio geológico.** 2014. p. 208. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

As questões relacionadas ao trinômio patrimônio geológico, geodiversidade e geoconservação surgiram no final do século XX associadas principalmente à preservação da natureza. Neste contexto, o Brasil tem apresentado um quadro crescente de pesquisas ligadas à gestão e à conservação do patrimônio natural. Desta forma, com o objetivo de contribuir com o registro, o conhecimento, a conservação e a divulgação de parte do patrimônio geológico nacional, este trabalho realizou o inventário científico do município de São Sebastião, litoral norte de São Paulo, acompanhado da descrição, quantificação e classificação de pontos de interesse geológico. De modo geral, o inventário e a classificação destes sítios foram feitos a partir de um contexto geológico definido, denominado *framework* ou categoria temática, cujo principal aspecto de caráter geocientífico considerado para exemplificar a geodiversidade local relaciona-se à amalgamação, evolução e fragmentação do Supercontinente Gondwana, que se constituem em eventos tectônicos significativos na história geológica da região e influenciaram na configuração da atual paisagem observada. Os registros destes eventos são encontrados em diversos afloramentos distribuídos pelo município e são representativos do ponto de vista científico, turístico e didático. Para atingir os objetivos do projeto, os métodos utilizados foram adaptados da metodologia sugerida por Brilha (2005), baseada na escolha dos geossítios por meio do levantamento bibliográfico da região, extensivos trabalhos de campo e por fim, da integração dos dados obtidos, que acarretaram na elaboração de uma listagem de inúmeros pontos de interesse geológico dos quais nove foram selecionados para se tornarem geossítios, correspondendo a seis afloramentos em costões distribuídos pelo município, um afloramento ao longo de trilha ecoturística na Mata Atlântica, um mirante com interesse geomorfológico e um arquipélago distante do continente cerca de 50 km. Para a quantificação dos pontos de interesse geológico, foram adotados dois métodos brasileiros: o primeiro proposto pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM), viabilizado por meio da plataforma GEOSIT, e o segundo sugerido por Pereira (2010). Os resultados indicam locais que apresentam valor turístico, outros que se encontram vulneráveis e outros que possuem relevância científica, podendo ser utilizado pelo público universitário para aulas de campo, mas que ainda necessitam de pesquisas mais aprofundadas, como o exemplo do ilhote de Camburizinho. Os resultados foram comparados e discutidos de modo a se propor estratégias de gestão e geoconservação a cada um dos geossítios descritos de acordo com a relevância científica, suscetibilidade a atividades antrópicas, possíveis usos e potencial turístico, científico e/ou didático por eles apresentados. Dentre as estratégias de geoconservação propostas destacam-se a implantação de painéis, capacitação de guias ambientais, desenvolvimento de *websites* e projetos de educação ambiental que envolvam tanto a comunidade do entorno como também os turistas que frequentam a região. O intuito é gerar o desenvolvimento social da área de modo sustentável ao divulgar o patrimônio geológico, promover o geoturismo e

contribuir com a gestão territorial da região, valorizando e protegendo a geodiversidade local para as futuras gerações.

Palavras-chave: Inventário, Litoral norte de São Paulo, Patrimônio Geológico, São Sebastião.

## ABSTRACT

REVERTE, F. C. **Evaluation of geodiversity in São Sebastião - SP, as geological heritage.** 2014. p.208. Thesis (Master) - Institute of Geosciences, University of São Paulo, São Paulo, 2014.

The issues related about trinomial the geological heritage, geodiversity and geoconservation emerged in the late twentieth century associated mainly to the preservation of nature. In this context, Brazil has shown a growing cadre of research related to the management and conservation of natural heritage. Thus, with the aim of contributing to the record, the knowledge, the preservation and disclosure of part of the national geological heritage, this work constitutes the scientific inventory of the municipality of São Sebastião, northern coast of São Paulo, added with the description, quantification and classification of points of geological interest. In general, the inventory and classification of these places were made from a defined geological context, called framework or thematic category, whose the main geoscientific aspect considered to exemplify the local geodiversity relates to amalgamation, evolution and fragmentation Supercontinente Gondwana, constituting significant tectonic events in geologic history of the region and influenced in the landscape configuration currently observed. The records of these events are found in several outcrops distributed by the municipality and are important in scientific, turistic and didatic areas. To achieve the project objectives, the methods used were adapted from the methodology suggested by Brilha (2005), based on the choice of geossítios through bibliographic survey of the region, extensive field work and finally, the integration of data, which resulted in drawing up a list of numerous points of geological interest of which nine were selected to become geossítios, corresponding to six outcrops in rock shores distributed by the municipality, an outcrop along ecotourism track on the Atlantic's Forest, a belvedere with geomorphological interest and an archipelago distant from the mainland about 50 km. To quantify the points of geological interested, two Brazilian methods were adopted: first proposed by the Geological Survey of Brazil (CPRM), available through GEOSSIT platform, and the second suggested by Pereira (2010). The results indicate areas that present local tourist value, others who are vulnerable and others who have scientific relevance, which can be used by college students for practical classes but that still require further research, as the example of islet Camburizinho. Moreover, these results were compared and discussed in order to propose management strategies and geoconservation to each geossítios described according to scientific relevance, susceptibility to human activities, possible uses and potential tourism, scientific and / or educational for them submitted. Among the strategies of geoconservation described include the implantation of panels, training of environmental monitors, website development and environmental education projects that involve both the surrounding community as too as tourists who frequent the area. The objective is to generate social development of the area in a sustainable manner to promote the geological heritage and promote geotourism and contribute to land management in the region, valuing and protecting the local geodiversity to future generations.

Keywords: Inventory, northern coast of São Paulo, Geological Heritage, São Sebastião.





## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de pontos (Desenvolvido por Carlos Eduardo Mazoca - GeoHereditas).....	6
Figura 2 - Localização do município de São Sebastião (Desenvolvido por Carlos Eduardo Mazoca – GeoHereditas).....	8
Figura 3 – Etapas de origem, evolução e recuo da Serra do Mar .....	10
Figura 4 – a/b/c: Imagens em pontos distintos do Sítio Arqueológico São Francisco. ....	14
Figura 5 – Algumas imagens do Núcleo urbano de São Sebastião – a) Capela de São Gonçalo e antiga residência ao lado direito; b) Antiga Casa da Câmara e atualmente Cadeia Pública; c) Igreja Matriz; d) Antigo Edifício Praia Hotel. (Fonte: Secretaria do Meio Ambiente, 2005). ....	14
Figura 6 – Casa de Câmara e Cadeia Pública com seu jardim de frente (Fonte: Comissão Geográfica e Geológica do Estado de São Paulo, 1906) .....	15
Figura 7 – Subdivisão dos orógenos da Província Mantiqueira: o segmento setentrional é formado pelo Orógeno Araçuaí; o segmento central inclui a porção sul do Orógeno Brasília e os orógenos Ribeira e Apiaí; e o segmento meridional inclui o orógeno Dom Feliciano. (HEILBRON et al, 2004); .....	16
Figura 8 - Mapa Tectônico dos terrenos Apiaí, Guaxupé, Curitiba, Embu e Luis Alves (Adaptado HEILBRON et al., 2004).....	18
Figura 9 – Mapa geológico-estrutural do Complexo Costeiro da região de São Sebastião .....	21
Figura 10 – Mapa geológico e perfil esquemático da região de São Sebastião - SP. ....	25
Figura 11 – Relação existente entre Geodiversidade, Patrimônio Geológico e Geossítio. (Adaptado de RODRIGUES, 2008).....	29
Figura 12 – Pórtico de entrada da cidade de Serra Caiada (RN), destacando o elemento natural como a rocha (pedra) mais antiga da América do Sul. (Adaptado NASCIMENTO et al, 2008).....	34
Figura 13 – a) Pedra da Boca (PB); b) Pedra do Sapo (RN); c) Pedra do Cão Sentado (RJ). (Fonte: <a href="http://www.images.google.br">http://www.images.google.br</a> ).....	35
Figura 14 – Exemplo de dano causado à geodiversidade: Pichação de propaganda política em afloramento didático em corte de estrada causado em virtude da falta de conhecimento (ou sensibilidade) popular. (NASCIMENTO et al, 2008). ....	38

Figura 15 – a) Placa rodoviária com a indicação de ponto de interesse geológico; b) Exemplo de painel interpretativo colocado em geossítio do Rio de Janeiro. (Fonte: <a href="http://www.caminhosgeologicos.rj.gov.br">www.caminhosgeologicos.rj.gov.br</a> ) .....	42
Figura 16 – Oficina de réplicas de fósseis do Geoparque Araripe - CE. Na imagem temos crianças com deficiência visual participando de um dos projetos voltados à divulgação do patrimônio geológico local. (Fonte: <a href="http://geoparkararipe.blogspot.com.br">http://geoparkararipe.blogspot.com.br</a> ) .....	43
Figura 17 - Distribuição espacial das unidades geológicas de São Sebastião. (Adaptado de PERROTA et al.,2005) .....	45
Figura 18 – Distribuição dos geossítios (Desenvolvido por Carlos Eduardo Mazoca – GeoHereditas) .....	49
Figura 19 – Localização do Geossítio Feições de Deformação da Jureia/Engenho . 50	
Figura 20 – Foliação milonítica bem desenvolvida associada à Zona de Cisalhamento Camburu. No detalhe porfiroclasto de feldspato assimétrico com indicação de movimento dextral. ....	51
Figura 21 - Orientação da Zona de Cisalhamento Camburu em relação ao Geossítio .....	51
Figura 22 – Indicadores cinemáticos. Detalhe para intrusão pegmatítica com granada.....	52
Figura 23 – Feições representativas do Geossítio: a) <i>Boudins</i> métricos; b) Dique; c) Fraturas <i>en echelon</i> em padrão escalonado com ângulos compatíveis com a movimentação dextral. Detalhe para outro <i>boudin</i> orientado na mesma direção da referida foliação. ....	53
Figura 24 – Panorâmica com vista para algumas ilhas do município (Foto: Vanessa Mucivuna) .....	54
Figura 25 - Localização do Geossítio Feições de injeção de Juquehy .....	55
Figura 26 – Vista geral do início do geossítio, onde é possível observar as injeções pegmatíticas nos anfíbolitos.....	57
Figura 27 – Detalhe da intrusão pegmatítica deformada (Foto: Vanessa Mucivuna) 57	
Figura 28 – Relações entrecortantes das intrusões pegmatíticas em diferentes pontos do anfíbolito.....	57
Figura 29 – Augen gnaiss Juquehy finamente bandado.....	58
Figura 30 – a e b) Indícios de migmatização em diferentes pontos do afloramento . 58	

Figura 31 – a) Dique; b) Esfoliação com fraturas preenchidas por quartzo. Detalhe da esfoliação. ....	59
Figura 32 – a) Blocos fissurados no geossítio. Detalhe para o formato em “broa”; b) Geossítio Pedras Boroas do Junqueiro, Arouca Geopark, Portugal.....	60
Figura 33 – Localização do Geossítio Ilhote de Camburizinho.....	61
Figura 34 – Detalhe do ilhote com a identificação de estruturas especificadas em ordem cronológica na linha do tempo geológico .....	62
Figura 35 – Dobras observadas na rocha na porção “1” do geossítio. Essa deformação é anterior à atual foliação de direção NE.....	63
Figura 36 – Boudins métricos de corpos anfíbolíticos, observados em três dimensões, concordantes com a foliação do gnaisse. ....	64
Figura 37 - a e b) Vista geral da porção “2” do geossítio. Detalhe para a quantidade de boudins encaixados na foliação da rocha;.....	64
Figura 38 - a e b) Dobras de material félsico deformado no interior dos corpos anfíbolíticos. ....	65
Figura 39 – Dique de diabásio encaixado na rocha, ambos fraturados: Registros da fragmentação do Supercontinente Gondwana. ....	65
Figura 40 – Ilhote, tómbolo e rio Camburi, que separa as praias de Camburizinho à esquerda e Camburi à direita. (Fonte: <a href="http://www.pousadadecamburi.com.br">www.pousadadecamburi.com.br</a> ).....	66
Figura 41 – Imagens do Geossítio .....	67
Figura 42 – Localização do Geossítio Gnaisses de Boiçucanga.....	68
Figura 43 – a) Gnaisse com granada, paraderivado bandado, cuja foliação principal é um bandamento gnássico transposto com orientação NE-SW e mergulhos para NW, correspondendo à fase de amalgamação do Gondwana; b) Detalhe da granada bem desenvolvida. ....	69
Figura 44 –Corpos anfíbolíticos, que ocorrem intercalados aos gnaisses, interpretados como antigos diques ou <i>sill</i> basálticos – a) material dobrado; b) paralelizado.....	69
Figura 45 – a) deformação na rocha gnáissica; b) deformação de material félsico no interior do <i>boudin</i> .....	70
Figura 46 - Buracos feitos ouriços nos corpos anfíbolíticos, menos resistentes aos gnaisses.....	71
Figura 47 - Localização do Geossítio Sistemas de diques da Ponta do Araçá .....	72

Figura 48 - Localização dos Enxames de Diques em mapa geológico da Bacia do Paraná: .....	74
Figura 49 - Imagem de satélite com a indicação dos principais diques do geossítio	75
Figura 50 - Relações de intrusão dos corpos ígneos - a) <i>Sill</i> de lamprófiro de baixo mergulho em escala com o detalhe dos dois diques de diabásio de alto mergulho intrudindo para o topo e para a esquerda em relação ao <i>sill</i> ; b e c) Detalhe dos dois litotipos.....	76
Figura 51 - a) Dique com intrusão composta (diabásio e lamprófiro) com geometria em zigue-zague; b) Detalhe para a justaposição dos diques; c) Detalhe de um dos xenólitos da encaixante. ....	77
Figura 52 - Localização do Geossítio Praia do Cabelo Gordo (CEBIMar) .....	78
Figura 53 - Vista geral do Geossítio com a indicação do trecho transitável em maré baixa (Fonte: Foto: <a href="http://www.cebimar.usp.br">www.cebimar.usp.br</a> ) .....	79
Figura 54 – Gnaisse metapelítico com silimanita, indicada pela seta. (Foto: Eliane Del Lama) .....	80
Figura 55 – Dobras intrafoliais (destacadas nas elipses em amarelo). Escala representada pela seta em vermelho. (Foto: Eliane Del Lama).....	80
Figura 56 – Algumas feições representativas do geossítio: a) <i>Boudin</i> métrico de rocha anfíbolítica com eixo de estiramento maior concordante com a direção da foliação da rocha, registro da atuação das zonas de cisalhamento dúctil regionais; b) Corpos cálcio-silicáticos <i>boudinados</i> . (Foto: Eliane Del Lama) .....	81
Figura 57 – Foliação de baixo ângulo observada no afloramento. ....	82
Figura 58 – Algumas feições representativas do geossítio: a e b) Diques de lamprófiros; c) Rocha e corpo anfíbolítico fraturados.....	82
Figura 59 – Fraturamento da rocha em duas direções preferenciais: NW e a predominante de orientação NE, a mesma do dique indicado.....	83
Figura 60 – Atividade realizada pelo CEBIMar. (Fotos cedidas por Luciano Abel, biólogo de CEBIMar).....	83
Figura 61 - Localização do Geossítio na trilha da Praia Brava, delimitado pelo círculo em amarelo. Mapa desenvolvido por Carlos Eduardo Mazoca - GeoHereditas .....	85
Figura 62 - Indicação do acesso à trilha da Praia Brava na Rodovia SP-55. (Fonte: Google Earth) .....	86
Figura 63 - Imagens de pontos da trilha e da Praia Brava - a) Vista para o costão esquerdo da Praia Brava, Ilha de Toque-Toque e Ilhabela ao fundo; b) Ponto de escorregamento na trilha; c) Ponto de chegada à praia, onde há deposição do rio.	

Observar a dinâmica de transporte e sedimentação; d) Deposição de sedimentos mais finos transportados pelo rio e marcas onduladas decorrentes do fluxo de água rasa do mar e do rio, que carregam os grãos minerais claros e escuros; f) Costão direito da Praia Brava; g) Costão esquerdo.....	87
Figura 64 - Indicação do duto da Petrobrás no geossítio - a) Chegada ao “ponto de descanso”; b) Mirante da Praia Brava, atrás do “ponto de descanso”; c) Vista contrária ao mirante, onde é possível observar Ilhabela e seu pico mais alto, denominado São Sebastião, o duto da Petrobrás (detalhe das demarcações da empresa, em amarelo) e sua respectiva continuação, do outro lado do morro.....	88
Figura 65 – Vista do Geossítio – Mirante da Praia Brava.....	89
Figura 66 - Localização do Geossítio Milonitos da Zona de Cisalhamento Camburu	90
Figura 67 - Indicação do acesso à trilha (Fonte: Google Earth) .....	91
Figura 68 - Percurso da Trilha do Jatobá .....	92
Figura 69 - a) Vista geral da cachoeira do Poço do Jatobá; b) Afloramento do granito gnaisse milonítico; c) Detalhe da milonitização.....	93
Figura 70 – Amostra retirada do local .....	94
Figura 71 - Imagens da trilha e do geossítio - a) Início da trilha, com indicação da RPPN; b) Primeiro contato com o Rio Una, onde observa-se a dinâmica de transporte e deposição de material rochoso; c) Vista do Poço do Jatobá, no ponto do Geossítio. A profundidade chega a três metros em determinados trechos; d) Uma das bases de apoio do PESM. ....	95
Figura 72 - Imagens do geossítio, utilizado com fins turísticos (Fonte: <a href="http://www.greenway.com.br">www.greenway.com.br</a> – site de empresa de ecoturismo sediada em Juquehy) .....	95
Figura 73 - Localização do Arquipélago de Alcatrazes .....	96
Figura 74 – Distribuição das ilhas, ilhotes, lajes e parcéis (Fonte: LEITE, K. L., 2012) .....	97
Figura 75 – Distribuição dos pontos mapeados no Arquipélago de Alcatrazes.....	100
Figura 76 - Imagem aérea da região do Saco do Funil .....	101
Figura 77 - Detalhe da rocha - a) granito porfirítico com megacristais centimétricos; b) Detalhe da concentração de granada, próximo do enclave máfico.....	101
Figura 78 - Detalhe da rocha - a) zona de contato entre o granito fino (esquerda) e o porfirítico (direita); b) e c) Detalhe do granito fino com enclaves.....	102

Figura 79 – Feições do afloramento - a) Observação da principal família de fraturas, de direção N135 subvertical; b) Dique; e c) Detalhe do granito porfirítico com enclaves máficos .....	103
Figura 80 - a) Granito porfirítico com enclave máfico e concentração de biotita nas bordas; b) Detalhe do enclave máfico deformado. ....	104
Figura 81 – a) As duas famílias de fraturas (em vermelho e amarelo, de direção N130 e N45, respectivamente); b) As mesmas famílias, em outro ângulo. Detalhe para um dos parciais do Arquipélago ao fundo. ....	104
Figura 82 – Vista para Ilha de Alcatrazes, cuja elevação principal lembra o Pão de Açúcar.....	105
Figura 83 – a) Vista do paredão fraturado, onde fica instalado o farol; b) Granito porfirítico; c) Detalhe da atividade biológica, que contorna toda a laje do ilhote.....	105
Figura 84 – Vista geral do ilhote do farol, ao fundo, face norte de Alcatrazes; b) Detalhe do farol. ....	106
Figura 85 – a) Imagem aérea da Ilha da Sapata (Fonte: KODJA et al, 2012); b) Vista da Ilha para Alcatrazes, distante 4 km.....	106
Figura 86 – Detalhe da zona de cisalhamento submétrica orientada na direção N120 cortando perpendicularmente o granito porfirítico.....	107
Figura 87 – a) intrusão de aplito; b) granito com concentração de feldspato (parte clara, a direita da foto); c) enclaves máficos com concentração de biotita nas bordas. ....	108
Figura 88 – Família de fraturas: F3 em amarelo, de direção N70 e F4 em vermelho, de direção N155. ....	108
Figura 89 – Detalhe da inclinação do Paredão .....	109
Figura 90 – a) Fraturamento em duas direções principais; b) Detalhe dos megacristais de feldspatos, que se alinham na direção NE-SW, concordante a uma das famílias de fraturas.....	110
Figura 91 – a) Imagem do afloramento; b) Ilhote do Farol.....	110
Figura 92 – a) Enclave máfico foliado e dobrado; b) Granito porfirítico com granada e enclave máfico; c) Grande enclave máfico fraturado, com feldspato intrudido. ....	111
Figura 93 – Feições representativas do afloramento: a) Indicação do fraturamento observado, sendo o principal de direção N160 (destacado em amarelo); b) Porfiroblastos de feldspato assimétricos que dão indicação de movimento; c) e d) Intrusões máficas no granito orientado e fraturado;.....	112

Figura 94 – Sistema de fraturamento visto sob dois ângulos. As pequenas fraturas são secundárias e apresentam um padrão escalonado conhecido como fraturas <i>en echelon</i> . Indicam que o fraturamento foi formado por um deslocamento dextral. ...	113
Figura 95 – a e b) Juntas de alívio que se encontram subparalelas à superfície do terreno. Ilha da Sapata ao fundo em a e Alcatrazes em b. ....	113
Figura 96 – a) Ruínas de estrutura em tijolo utilizada pela Marinha para tiros construída em costão; b e c) Alvos para exercícios de artilharia da Marinha em pontos distintos do Arquipélago (Fonte: KODJA et al, 2012) .....	115
Figura 97 – Material mais fino intrudido no granito porfirítico cujas deformações são utilizadas pelas aves para nidificação. ....	116
Figura 98 – Outro ponto do Arquipélago com a mesma feição, onde é visível que o material intrudido é distinto do granito porfirítico. ....	116
Figura 99 – Localização dos 98 geossítios já descritos pela SIGEP até 2009, (PEREIRA, 2010.) .....	145
Figura 100 – Propostas de Geoparques avaliadas, em avaliação e programadas pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM), disponível em <a href="http://www.cprm.gov.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=134">http://www.cprm.gov.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=134</a> .....	148
Figura 101 – a) Sala de vídeo do Centro de Investigação e Interpretação Geológica de Canelas e Museu das Trilobites Gigantes – Arouca <i>Geopark</i> , Portugal. Detalhe da escultura de trilobita gigante no teto (Foto: Diego Machado); b) Estrutura disponibilizada para visualização das pedras parideiras <i>in situ</i> no Centro de Interpretação Geossítio “Pedras Parideiras” – Arouca <i>Geopark</i> , Portugal. Detalhe das “Pedras Parideiras” separadas do granito; c) Saguão principal do Centro Interpretativo da Biodiversidade – Naturtejo <i>Geopark</i> . ....	158
Figura 102 – a) Centro Interpretativo da Biodiversidade – Naturtejo <i>Geopark</i> , Portugal: Artesanato, vinhos, azeite e outros produtos fabricados pela comunidade e comercializados pelo centro; b) Centro de Investigação e Interpretação Geológica de Canelas e Museu das Trilobites Gigantes – Arouca <i>Geopark</i> , Portugal: Artesanatos fabricados em ardósia pela comunidade e comercializados pelo centro, que se encontra numa pedreira de ardósia. ....	158
Figura 103 – Restaurante Petiscos e Granitos – Naturtejo <i>Geopark</i> , Portugal: a) Entrada do restaurante com detalhe da fachada; b) Saguão superior. O restaurante foi construído em meio a grandes blocos de granito. ....	159
Figura 104 – Restaurante Trilobite – Naturtejo <i>Geopark</i> , Portugal: a) Entrada do restaurante com enfeite de trilobita esculpida em ardósia; b) Entrada do restaurante, decorado com esculturas de trilobita; c) Cardápio cujos pratos levam nomes associados ao contexto dos fósseis de trilobitas encontrados na pedreira de ardósia da região. (Fotos: Eliane Del Lama) .....	159

Figura 105 – Produtos oferecidos em bares e padarias da região: a) Sachê de açúcar com foto de trilobita – Arouca <i>Geopark</i> (Foto: Diego Machado); b) Biscoitos em formato de trilobitas vendidos ao público infantil (Fonte: <a href="http://www.comerparacrescer.com">www.comerparacrescer.com</a> ); c) Biscoitos em formato de trilobitas – Arouca <i>Geopark</i> ; d) Bolos em formato de “pedras parideiras” – Arouca <i>Geopark</i> . .....	159
Figura 106 – Unidades de Conservação do Parque Estadual da Serra do Mar na região do litoral norte de São Paulo (Adaptado SMA-SP, 2008). .....	162
Figura 107 – Áreas Especialmente Protegidas e Unidades de Conservação do Litoral Norte de São Paulo (Adaptado SMA-SP, 2008) .....	180
Figura 108 – Estudantes e professores diante de um dos painéis do Projeto Caminhos Geológicos. (Fonte: <a href="http://umaescolaviva.blogspot.com.br">umaescolaviva.blogspot.com.br</a> ) .....	167
Figura 109 – Curso de Introdução às Geociências (Núcleo São Sebastião do Parque Estadual da Serra do Mar). a) Atividade prática sobre o Ciclo das Rochas; b) Atividade de campo na Praia Brava.....	168
Figura 110 – Frente do Roteiro Geointerpretativo disponibilizado aos alunos para a atividade de campo do Curso de Introdução às Geociências. Detalhe do percurso da trilha e dois pontos de interpretação geológica abordados na Praia Brava. ....	168
Figura 111 – Verso do Roteiro Geointerpretativo disponibilizado aos alunos para a atividade de campo do Curso de Introdução às Geociências. Detalhe de quatro pontos de interpretação geológica abordados entre o percurso da trilha e a Praia Brava. ....	169
Figura 112 – Praça Pôr do Sol: a e b) Pista de skate; c e d) Espaço utilizado para atividades culturais. (Fonte: <a href="http://oficinasculturaiss.webnode.com.br/">http://oficinasculturaiss.webnode.com.br/</a> ).....	173
Figura 113 – Projeto final de ampliação do Porto, cobrindo grande parte da Baía do Araçá. Geossítio delimitado pelo círculo em amarelo. (Fonte: CPEA EIA RIMA)...	175
Figura 114 – Interferência do Porto na paisagem. Ilhabela ao fundo. (Fonte: CPEA EIA RIMA).....	176
Figura 115 – Projeto final da ampliação do Porto com indicação das determinações do IBAMA. (Fonte: CPEA EIA RIMA).....	176
Figura 116 – Morador coletando crustáceos na baía totalmente descoberta durante a maré baixa. (Fonte: ALBUQUERQUE, 2013). .....	177
Figura 117 - Detalhe de grande embarcação atracada no Porto de São Sebastião, mostrando a proximidade do mesmo ao mangue. ....	177
Figura 118 – Mapa da proposta do Parque Nacional Marinho Arquipélago de Alcatrazes. ....	183



## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Principais dados geocronológicos da região de São Sebastião .....	22
Tabela 2: Parâmetros utilizados pelo GEOSSIT para quantificação da vulnerabilidade dos Geossítios, extraídos do método de Garcia-Cortés & Carcavilla Urquí (2009). Os valores possíveis são 0, 1, 3 ou 5, cujos pesos variam entre 15, 10 ou 5.....	124
Tabela 3: Parâmetros e pesos propostos por Garcia-Cortés & Carcavilla Urquí (2009) relativos à quantificação dos interesses científico (Ic), didático (Id) e turísticos (It). Detalhe para os parâmetros que são correspondentes e utilizados no sistema GEOSSIT, entre parênteses.....	124
Tabela 4: Parâmetros para quantificação da relevância dos geossítios no quesito “Características intrínsecas”, adaptado do método de Brilha (2005). O peso atribuído a cada parâmetro é igual a 1, sendo utilizada média simples para o cálculo final. .	125
Tabela 5: Parâmetros para quantificação da relevância dos geossítios no quesito “Uso Potencial”, adaptado do método de Brilha (2005). O peso atribuído a cada parâmetro é igual a 1, sendo utilizada média simples para o cálculo final. ....	125
Tabela 6: Parâmetros para quantificação da relevância dos geossítios no quesito “Necessidade de Proteção”, adaptado do método de Brilha (2005). O peso atribuído a cada parâmetro é igual a 1, sendo utilizada média simples para o cálculo final. .	126
Tabela 7: Quantificação da vulnerabilidade (V) e média dos valores científico (VC), didático (VD) e turístico (VT) dos geossítios de São Sebastião calculados pelo sistema GEOSSIT. O valor global se refere à média simples entre VC, VD e VT. Adaptado da metodologia de Garcia-Cortés & Carcavilla Urquí (2009), cujos valores e pesos dos parâmetros foram detalhados nas Tabelas 2 e 3, respectivamente....	143
Tabela 8: Médias finais da quantificação da relevância dos geossítios de São Sebastião calculados pelo sistema GEOSSIT. Adaptado da metodologia de Brilha (2005), cujos valores e pesos dos parâmetros foram detalhados nas Tabelas 4, 5 e 6, respectivamente. ....	144
Tabela 9: Os 20 parâmetros propostos por Pereira (2010) para a quantificação dos geossítios da Chapada Diamantina. Os valores de cada quesito variam entre 0 e 4. ....	130
Tabela 10: Quantificação do valor intrínseco dos geossítios de São Sebastião pelo método de Pereira (2010) com apresentação das médias para cada um dos geossítios e média final total nesta categoria (Vi). ....	149
Tabela 11: Quantificação do valor científico dos geossítios de São Sebastião pelo método de Pereira (2010) com apresentação das médias para cada um dos geossítios e média final total nesta categoria (Vci). ....	149

Tabela 12: Quantificação do valor turístico dos geossítios de São Sebastião pelo método de Pereira (2010) com apresentação das médias para cada um dos geossítios e média final total nesta categoria (Vtur). .....	150
Tabela 13: Quantificação do valor turístico dos geossítios de São Sebastião pelo método de Pereira (2010) com apresentação das médias para cada um dos geossítios e média final total nesta categoria (Vug). .....	150
Tabela 14: Quantificação da relevância dos geossítios de São Sebastião pelo método de Pereira (2010) com apresentação das médias finais para o conjunto dos geossítios nos parâmetros Valor de Uso Científico (VUC), Valor de Uso Turístico (VUT), Valor de Conservação (VC) e Ranking de Relevância (R). .....	151
Tabela 15: Ranking de Relevância dos geossítios para os dois métodos. ....	136
Tabela 16: Ranking da Necessidade de Proteção dos geossítios em ordem crescente. ....	141
Tabela 17: Síntese das principais características das Unidades de Conservação e outras Áreas Especialmente Protegidas (Adaptado SMA-SP, 2008). .....	181

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Classificação dos geossítios pelo GEOSSIT em ordem decrescente do valor obtido, com indicação da relevância atribuída a cada um dos geossítios, destacando o de valor internacional..... 137

Gráfico 2 – Classificação dos geossítios pelo método de Pereira (2010) em ordem decrescente do valor obtido, com indicação da relevância atribuída a cada um dos geossítios, destacando o de valor internacional..... 137

Gráfico 3 – Classificação dos geossítios pelo método GEOSSIT. Destaque ao que obteve relevância internacional. .... 191

Gráfico 4 – Classificação dos geossítios pelo método de Pereira (2010). Destaque ao que obteve relevância internacional. .... 191

## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Relações existentes entre geodiversidade, geossítio, patrimônio geológico, geoconservação e geoturismo. (Adaptado NASCIMENTO et al, 2008) .. 32

Quadro 2 – Demonstração dos cálculos utilizados para a quantificação da relevância internacional, nacional ou regional dos geossítios de São Sebastião – SP, adotados pelo GEOSSIT. Extraídos de Brilha (2005)..... 126

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 Apresentação .....	1
1.2 Justificativas .....	2
1.3 Objetivos .....	3
1.3.1 <i>Gerais</i> .....	3
1.3.2 <i>Específicos</i> .....	3
1.4 Metodologia .....	4
1.4.1 <i>Pesquisa Bibliográfica</i> .....	4
1.4.2 <i>Trabalhos de Campo</i> .....	5
1.4.3 <i>Integração dos dados obtidos</i> .....	7
<b>2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>8</b>
2.1 Localização .....	8
2.2 Aspectos Geomorfológicos .....	9
2.3 Aspectos Arqueológicos, Históricos e Culturais .....	11
<b>3. CONTEXTO GEOLÓGICO .....</b>	<b>16</b>
3.1 Aspectos Geológicos do litoral norte do Estado de São Paulo .....	16
3.2 Contexto Geológico da região de São Sebastião – SP .....	20
<b>4. GEODIVERSIDADE E GEOCONSERVAÇÃO .....</b>	<b>26</b>
4.1 Revisão Bibliográfica: Conceitos Gerais .....	26
4.1.1 <i>Geodiversidade</i> .....	26
4.1.2 <i>Patrimônio Geológico</i> .....	28
4.1.3 <i>Geoconservação</i> .....	30
4.2 Valores e ameaças à Geodiversidade: o porquê da Geoconservação .....	31
4.3 Os valores da geodiversidade .....	33
4.3.1 <i>Valor intrínseco</i> .....	33
4.3.2 <i>Valor cultural</i> .....	33
4.3.1 <i>Valor estético</i> .....	34
4.3.2 <i>Valor econômico</i> .....	35
4.3.3 <i>Valor funcional</i> .....	36

4.3.4	<i>Valor científico</i> .....	36
4.3.5	<i>Valor educativo</i> .....	36
4.4	<b>Estratégias de Geoconservação</b> .....	38
4.4.1	<i>Inventário</i> .....	38
4.4.2	<i>Quantificação</i> .....	39
4.4.1	<i>Classificação</i> .....	39
4.4.2	<i>Conservação</i> .....	40
4.4.3	<i>Valorização e Divulgação</i> .....	41
4.4.4	<i>Monitoramento</i> .....	43
<b>5.</b>	<b>DESCRIÇÃO DOS GEOSSÍTIOS</b> .....	<b>45</b>
5.1	<i>Introdução</i> .....	45
5.2	<i>Inventário e caracterização dos geossítios</i> .....	48
5.2.1	<i>Geossítio: Feições de deformação da Jureia/Engenho</i> .....	50
5.2.2.	<i>Geossítio: Feições de injeção de Juquehy</i> .....	55
5.2.3.	<i>Geossítio: Ilhote de Camburizinho</i> .....	61
5.2.4.	<i>Geossítio: Gnaisses de Boiçucanga</i> .....	68
5.2.5.	<i>Geossítio: Sistema de Diques da Ponta do Araçá</i> .....	72
5.2.6.	<i>Geossítio: Praia do Cabelo Gordo (CEBIMAr)</i> .....	78
5.2.7.	<i>Geossítio: Mirante da Trilha da Praia Brava</i> .....	85
5.2.8.	<i>Geossítio: Milonitos da Zona de Cisalhamento Camburu</i> .....	90
5.2.2.	<i>Arquipélago de Alcatrazes</i> .....	96
<b>6.</b>	<b>QUANTIFICAÇÃO DO PATRIMÔNIO GEOLÓGICO</b> .....	<b>118</b>
6.1	<i>Introdução</i> .....	118
6.2	<i>O método do Serviço Geológico do Brasil (CPRM): GEOSSIT</i> .....	119
6.2.1	<i>Utilizando o sistema: Como cadastrar geossítios</i> .....	121
6.2.2	<i>Quantificação dos geossítios pelo método GEOSSIT</i> .....	123
6.3	<i>O método de Pereira (2010): Apresentação e quantificação</i> .....	129
6.4	<i>Discussão dos resultados</i> .....	136
<b>7.</b>	<b>A GEOCONSERVAÇÃO NO BRASIL</b> .....	<b>143</b>
7.1	<i>Iniciativas de Geoconservação: Contextualização</i> .....	143
7.1.1	<i>SIGEP: Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos</i> . 144	

7.1.2	<i>Conselho Estadual de Monumentos Geológicos do Estado de São Paulo</i>	146
7.1.3	<i>Projeto Geoparques do Brasil</i>	147
7.1.4	<i>Programa Geoecoturismo do Brasil</i>	149
7.1.5	<i>Projeto Caminhos Geológicos</i>	149
7.2	<i>Estratégias para a geoconservação do Patrimônio Geológico</i>	151
7.2.1	<i>Geoturismo</i>	151
7.2.1	<i>Gestão do patrimônio geológico</i>	155
7.2.2	<i>Iniciativas de gestão: Sugestões para valorização do patrimônio</i>	156
7.3	<i>Geoconservação em São Sebastião: Cenário atual e Perspectivas</i>	160
7.3.1	<i>O contexto das Unidades de Conservação</i>	160
7.3.2	<i>Áreas protegidas em São Sebastião</i>	161
7.4	<i>Gestão e Valorização dos geossítios de São Sebastião</i>	166
7.4.1	<i>Feições de deformação da Jureia/Engenho e Feições de Injeção de Juquehy</i>	169
7.4.2	<i>Ilhote de Camburizinho</i>	171
7.4.3	<i>Gnaisses de Boiçucanga</i>	172
7.4.4	<i>Sistema de Diques da Ponta do Araçá</i>	174
7.4.5	<i>Costão do Centro de Biologia Marinha (CEBIMAr)</i>	179
7.4.6	<i>Mirante da Trilha da Praia Brava</i>	180
7.4.7	<i>Milonitos da Zona de Cisalhamento Camburu</i>	181
7.4.8	<i>Arquipélago de Alcatrazes</i>	182
<b>8.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>185</b>
8.1	<i>Metodologia utilizada e escolha dos geossítios</i>	185
8.2	<i>Quantificação: discussão e resultados</i>	188
8.3	<i>Gestão e valorização dos geossítios</i>	192
8.4	<i>Conclusões gerais e perspectivas</i>	193





# **1. INTRODUÇÃO**

## **1.1 Apresentação**

As questões relacionadas ao trinômio patrimônio geológico, geodiversidade e geoconservação surgiram em meados da década de noventa associadas à preservação da natureza e à geologia, tendo-se registrado, desde então, uma crescente sensibilização da comunidade geológica em torno da conservação tanto da natureza, que traz em si uma perspectiva antropocêntrica atrelada à ideia de fonte de recursos e qualidade de vida aos seres humanos, como também do patrimônio geológico, para que as futuras gerações tenham acesso aos registros que contemplam a história geológica do planeta Terra.

Embora os estudos voltados a esta temática sejam relativamente recentes, o Brasil tem apresentado um quadro crescente de pesquisas ligadas à gestão e à conservação do patrimônio natural, visto que o país apresenta um enorme potencial turístico, reconhecido mundialmente, decorrente deste patrimônio, desenvolvendo diversos segmentos turísticos como ecoturismo, o turismo de aventura e o turismo didático ambiental. No entanto, diferentemente de muitos países europeus, como Portugal, Itália e Espanha, por exemplo, onde o público tem acesso a informações referentes ao contexto geológico do local visitado, quase não há divulgação destes aspectos em pontos turísticos do território brasileiro. Além disso, devido à carência de inventários e mapeamentos, diversos locais que possuem relevância científica muitas vezes são ignorados. Estas áreas constituem-se em importantes testemunhos dos processos que marcaram a evolução geológica da Terra, devendo, portanto, ser conservadas.

Diante do exposto, o presente trabalho visa à elaboração do inventário científico, descrição, quantificação e classificação do patrimônio geológico presente no município de São Sebastião, litoral norte de São Paulo, utilizando-se de algumas estratégias de geoconservação, de modo a contribuir com o registro, o conhecimento, a conservação e a divulgação deste patrimônio. Tais estratégias consistem na caracterização de uma metodologia de trabalho visando sistematizar tarefas no âmbito da conservação do patrimônio geológico de uma dada área (BRILHA, 2005).

De modo geral, o inventário e a classificação dos sítios de interesse geológico do município de São Sebastião foram feitos a partir de um contexto geológico definido, denominado *framework* ou categoria temática, cujo principal aspecto de caráter geocientífico considerado para exemplificar a geodiversidade local relaciona-se à amalgamação, evolução e fragmentação do Supercontinente Gondwana, que se constituem em eventos tectônicos significativos na história geológica da região e influenciaram na configuração da paisagem que atualmente é observada em quase todo o litoral de São Paulo. Os registros destes eventos são encontrados em diversos afloramentos distribuídos pelo município e são representativos do ponto de vista científico, turístico e didático.

## **1.2 Justificativas**

O município de São Sebastião apresenta um enorme potencial educacional e turístico devido aos inúmeros elementos da geodiversidade e biodiversidade que possui, servindo como plataforma para ações voltadas à educação nos mais variados âmbitos, tendo como públicos alvos a comunidade do entorno, os turistas e a clientela escolar. Contudo, ainda não existem sítios inventariados na região, embora existam publicações do município que nos permitem inferir que determinadas áreas são representativas do ponto de vista geológico, constituindo-se em pontos de interesse ao nosso estudo. Dentre as publicações mencionadas, algumas pesquisas mais específicas abordam aspectos diversos, como geoquímica, geocronologia e magnetismo dos diques aflorantes na região, além dos estudos geológicos regionais realizados pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM). Entretanto, o município ainda carece de mapeamentos mais detalhados.

A região foi escolhida devido ao enorme potencial geoturístico que apresenta decorrente de sua história geológica, registrada em afloramentos que foram formados em diferentes estágios evolutivos e que podem ser utilizados pela comunidade científica para exemplificar a origem e evolução deste segmento do litoral. Inclui o Núcleo São Sebastião do Parque Estadual da Serra do Mar, unidade de conservação que integra o Projeto de Preservação da Mata Atlântica (PPMA), possui fauna e flora ricas e diversificadas, além de dezenas de sítios arqueológicos

que contam a história do município, os quais também são muito utilizados para fins turísticos e didáticos (SANTOS, 2011).

Por fim, São Sebastião representa um dos destinos mais visitados do litoral norte do estado de São Paulo, atraindo turistas de diversas regiões que buscam, além das belas praias, os costões rochosos, cachoeiras e trilhas, tornando a atividade turística uma importante fonte de renda para a população local. Tal atividade, consolidada no município, poderá ser potencializada se for aliada ao turismo geológico.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Gerais**

O presente trabalho tem como objetivo principal avaliar a geodiversidade do município de São Sebastião, litoral norte do estado de São Paulo, através do inventário e caracterização dos locais de interesse geológico, além de sugerir mecanismos que viabilizem o uso sustentável destas áreas com o intuito de promover a geoconservação e valorização destes geossítios, contribuindo desta forma, com o conhecimento científico e disseminação deste patrimônio.

#### **1.3.2 Específicos**

Como objetivos específicos, destacam-se:

- Inventário do patrimônio geológico do município de São Sebastião;
- Quantificação da relevância e classificação destes geossítios com atribuição dos principais valores da geodiversidade identificados na área de estudo;
- Caracterização dos geossítios por meio da descrição dos mesmos, visando contribuir com o entendimento da história

geológica local e com o conhecimento do patrimônio geológico regional;

- Elaboração e sugestão de propostas de geoconservação para valorização dos geossítios considerados relevantes.

## **1.4 Metodologia**

O inventário do patrimônio geológico deve se sustentar na identificação de geossítios considerados relevantes por meio da investigação geológica de uma dada região. Segundo Lima (2008), o método de seleção dos geossítios envolve quatro etapas fundamentais: levantamento de dados geológicos sobre a área que se pretende inventariar; organização e classificação desses dados; identificação dos geossítios a partir da utilização de critérios adequados ao objetivo do inventário e caracterização dos mesmos.

Deste modo, para atingir os objetivos previamente definidos, os métodos utilizados para a realização do presente trabalho foram adaptados da metodologia sugerida por Brilha (2005), baseada na escolha dos geossítios por meio do inventário da região, quantificação, classificação, conservação, valorização e divulgação. Tais métodos, para o presente trabalho, compreenderam pesquisa bibliográfica, trabalhos de campo e por fim, a integração dos dados obtidos.

### **1.4.1 Pesquisa Bibliográfica**

Esta etapa consistiu no enquadramento geológico da área de estudo por meio de levantamento bibliográfico detalhado de trabalhos realizados na região, de modo a direcionar a identificação dos potenciais geossítios. Dentre os assuntos pesquisados relacionados à geologia da área destacam-se o contexto regional, a geoquímica e a geocronologia dos litotipos locais. Ademais, os contextos histórico, cultural e geomorfológico também foram abordados, visto que São Sebastião possui diversos sítios arqueológicos e belas paisagens naturais decorrentes da rica geodiversidade presente no município.

Além da consulta à literatura, tivemos acesso a diversos pontos mapeados por meio da indicação de pesquisadores, especialistas e de sugestões dos moradores da região, que foram de muita valia ao nosso trabalho, visto que as publicações voltadas à geodiversidade são relativamente escassas tornando a pesquisa bibliográfica, por si só, insuficiente à seleção dos geossítios.

Este fato, aliado às variações geomorfológicas e à vegetação densa da Mata Atlântica, dificultou o acesso a muitos dos pontos selecionados, fazendo-se necessário percorrer trilhas, com o apoio do Núcleo São Sebastião do Parque Estadual da Serra do Mar, utilizar-se de barco, subir e caminhar sobre os costões e matacões, dentre outros, de modo a complementar o levantamento da geodiversidade local (GARCIA et al., 2014).

A síntese bibliográfica incluiu também modelos de inventário e de quantificação da relevância de geossítios, estratégias de valorização do patrimônio e demais conceitos correlatos ao estudo da geodiversidade, sendo consultados tanto livros, teses e periódicos impressos, como também periódicos eletrônicos e sites específicos disponíveis na Internet, de modo a complementar a pesquisa realizada para o término do presente trabalho.

Este levantamento acarretou na elaboração de uma listagem de inúmeros pontos de interesse geológico passíveis de tornarem-se geossítios, dos quais nove foram selecionados para tal, correspondendo a seis afloramentos em costões distribuídos pelo município, um afloramento ao longo de trilha ecoturística na Mata Atlântica, um arquipélago distante do continente cerca de 50 km e um mirante com interesse geomorfológico. O critério para a escolha destes locais visou à representação de diversos aspectos da geodiversidade e a importância científica das áreas em destaque.

#### **1.4.2 Trabalhos de Campo**

Foram realizados inúmeros trabalhos de campo que compreenderam todo o município de São Sebastião, incluindo costões, trilhas e demais pontos encontrados em bibliografia ou indicados por docentes do Instituto de Geociências, moradores da região, guardas do parque, funcionários do Núcleo São Sebastião do Parque Estadual da Serra do Mar, guias e monitores ambientais. No total foram computados

67 (sessenta e sete) pontos espalhados por todo município, incluindo os nove geossítios, distribuídos entre o Arquipélago de Alcatrazes, praias, costões e trilhas (Figura 1).

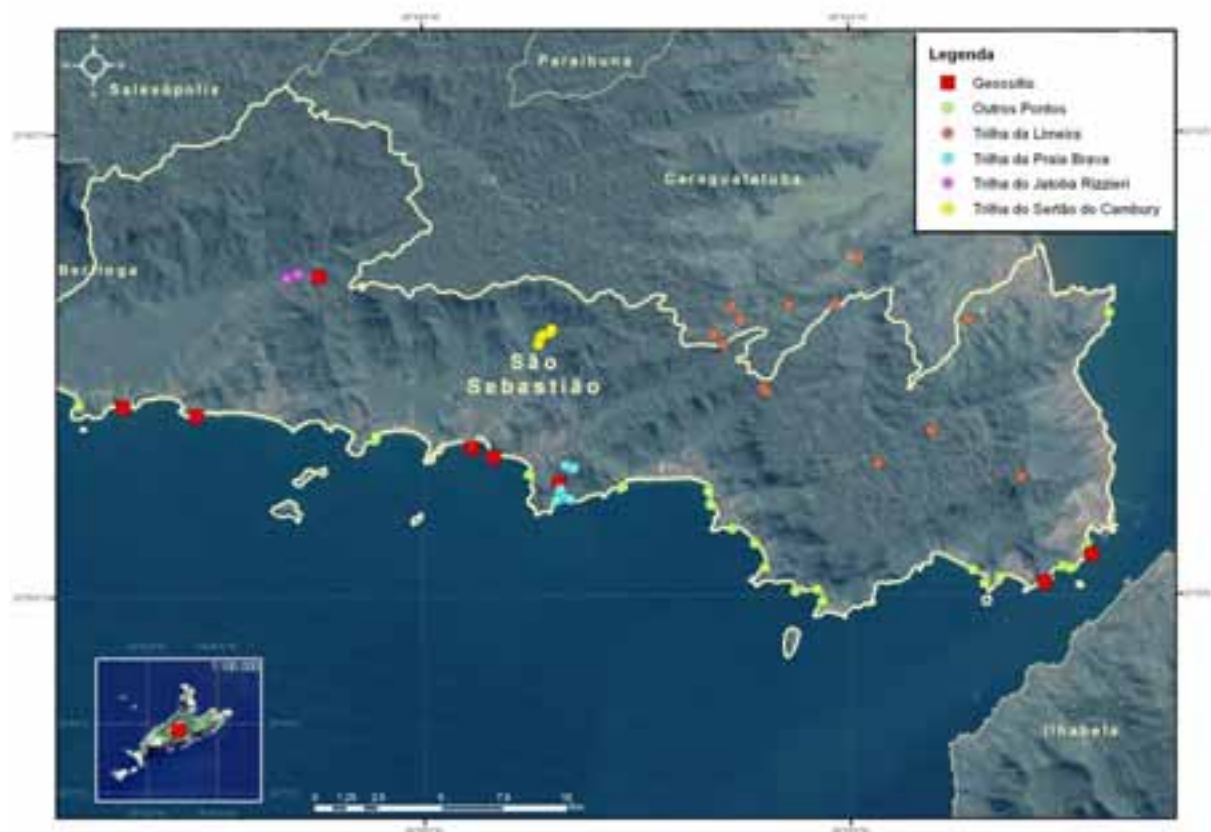


Figura 1 - Mapa de pontos (Desenvolvido por Carlos Eduardo Mazoca - GeoHereditas)

Nas atividades de campo foram empregados materiais e métodos tradicionais em trabalhos de mapeamento geológico, utilizando-se dos seguintes procedimentos, quando cabíveis: descrição da geologia dos afloramentos com ênfase nos aspectos estruturais/litológicos e suas correlações; obtenção de coordenadas UTM com auxílio de GPS; com uso de bússola, foram tomadas medidas de foliação, lineação, fratura, orientação, mergulho, eixos de dobra, orientação de diques; análise cinemática por meio de indicadores cinemáticos (tais como assimetria em dobras, bandas de cisalhamento extensionais, porfiroclastos, dentre outros); croquis e levantamento fotográfico; coleta de amostras para confecção de lâminas delgadas para análises em microscópio petrográfico.

### **1.4.3 Integração dos dados obtidos**

Após as etapas de pesquisa bibliográfica, trabalhos de campo e descrição dos geossítios selecionados, os dados obtidos foram consolidados visando o preenchimento do sistema GEOSSIT<sup>1</sup>, utilizado no processo de quantificação e classificação da relevância dos geossítios brasileiros. Este sistema, adaptado pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM), alia os métodos propostos por Brilha (2005) e Garcia & Cortés Carcavilla Urquí (2009), desenvolvidos com o intuito de incentivar a conservação e proteção dos sítios geológicos europeus. Para fins de comparação, o método proposto por Pereira (2010) também foi adotado para a quantificação dos geossítios apresentados neste trabalho.

Por fim, com base na análise dos dados obtidos nas etapas anteriores, foram propostas algumas estratégias para promover a geoconservação dos pontos de interesse geológico estudados. Levou-se em consideração, principalmente, a importância científica do geossítio e sua respectiva vulnerabilidade à degradação decorrente de atividades antrópicas.

---

<sup>1</sup> Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/geossit>

## 2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

### 2.1 Localização

Localizado no litoral norte paulista, o município de São Sebastião situa-se na região SE do Estado de São Paulo, entre os paralelos 23°30' e 24°00' S e meridianos 45°15' e 46°15' W, distando cerca de 200 km da capital paulistana. Possui diversos acessos, dentre os quais a rodovia dos Tamoios configura-se como principal, pois possibilita a ligação de todo o litoral norte à Rodovia Presidente Dutra, que por sua vez, interliga a região a importantes polos econômicos do país, tais como São Paulo e Rio de Janeiro. Faz divisa a leste com o Oceano Atlântico e Ilhabela e com os municípios de Bertioga, Caraguatatuba e Salesópolis, a sul, norte e noroeste, respectivamente (Figura 2). Separa-se da Ilhabela pelo canal marinho de São Sebastião, cuja gênese envolve tectônica e variações do nível do mar no Quaternário Superior (AB'SABER, 2006). Segundo IBGE (censo 2010), o município possui extensão territorial de aproximadamente 400 km<sup>2</sup> e cerca de 74 mil habitantes.



Figura 2 - Localização do município de São Sebastião (Desenvolvido por Carlos Eduardo Mazoca – GeoHereditas)



Em termos hidrográficos, a região possui rios volumosos caracterizados por acentuados meandros e águas turvas, decorrentes dos depósitos de biodecomposição (rios Una, Barra do Sahy e Boiçucanga), córregos e tributários encachoeirados (SANTOS, 2011). Além disso, a maior parte das encostas e ilhas de São Sebastião é coberta pela Mata Atlântica, o que confere à região um clima oceânico, cujas características contemplam chuvas abundantes e bem distribuídas ao longo do ano e temperatura média de 24,8°C<sup>2</sup>.

Ab'Saber (2006) propôs uma setorização do litoral paulista definindo que o litoral norte, incluindo São Sebastião, apresenta “sucessivas baías e enseadas de porte pequeno a médio, por entre esporões florestados da Serra do Mar. Litoral mais recortado do país, estabelecido em rochas cristalinas decompostas, dominadas pelas florestas atlânticas”. Apresenta “pequenos feixes de restingas no fundo das baías e enseadas. Praias bravas e praias mansas, respectivamente, em areias grossas ou largos estirâncios de areia fina”.

A paisagem natural do litoral norte é fortemente marcada pela presença da Mata Atlântica e da Serra do Mar em toda sua extensão. A região possui uma rica rede hídrica formada por rios e cachoeiras, inúmeras trilhas, praias recortadas em virtude da proximidade dos maciços da Serra do Mar (LAMPARELLI, 1998), costões rochosos e ilhas. O município de São Sebastião insere-se neste contexto, apresentando dezenas de ilhas e praias, que atraem muitos turistas na busca de atividades esportivas, descanso e lazer familiar.

## **2.2 Aspectos Geomorfológicos**

O litoral norte do Estado de São Paulo pertence à Mesorregião do Vale do Paraíba Paulista e se estende de Ubatuba à Bertioga, incluindo Caraguatatuba, São Sebastião e Ilhabela (AB'SABER, 2006). Esse litoral apresenta o relevo dividido em duas zonas: as baixadas litorâneas, descontínuas e de pequenas dimensões, que são formadas por um conjunto de planícies costeiras, apresentando substratos variáveis; e a Serra do Mar, apresentando um conjunto de morros costeiros, contínuos e extensos.

---

<sup>2</sup> Informações obtidas pelo CEPAGRI – Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura, disponíveis em <http://www.cpa.unicamp.br>.

A Serra do Mar, segundo Almeida & Carneiro (1998), é um conjunto de escarpas, com aproximadamente 1000 km de extensão, que se estende entre a costa do Rio de Janeiro (a NE) até Santa Catarina (leste da Serra Geral, a SW), onde deixa de existir como unidade orográfica de borda escarpada de planalto. Configura-se de maneiras distintas ao longo de sua extensão, surgindo em São Paulo "como típica borda de planalto, frequentemente nivelada pelo topo em altitudes de 800 a 1.200 m." (ALMEIDA & CARNEIRO, 1998). Sua gênese, posterior ao processo de separação do Supercontinente Gondwana, é atribuída a eventos tectônicos ocorridos no Cenozóico, com movimentações verticais (ALMEIDA, 1976; ASMUS & FERRARI, 1978), responsáveis pela formação de blocos falhados e desnivelados, onde os processos erosivos passaram a atuar de forma intensa a partir do Cretáceo Inferior (Figura 3).

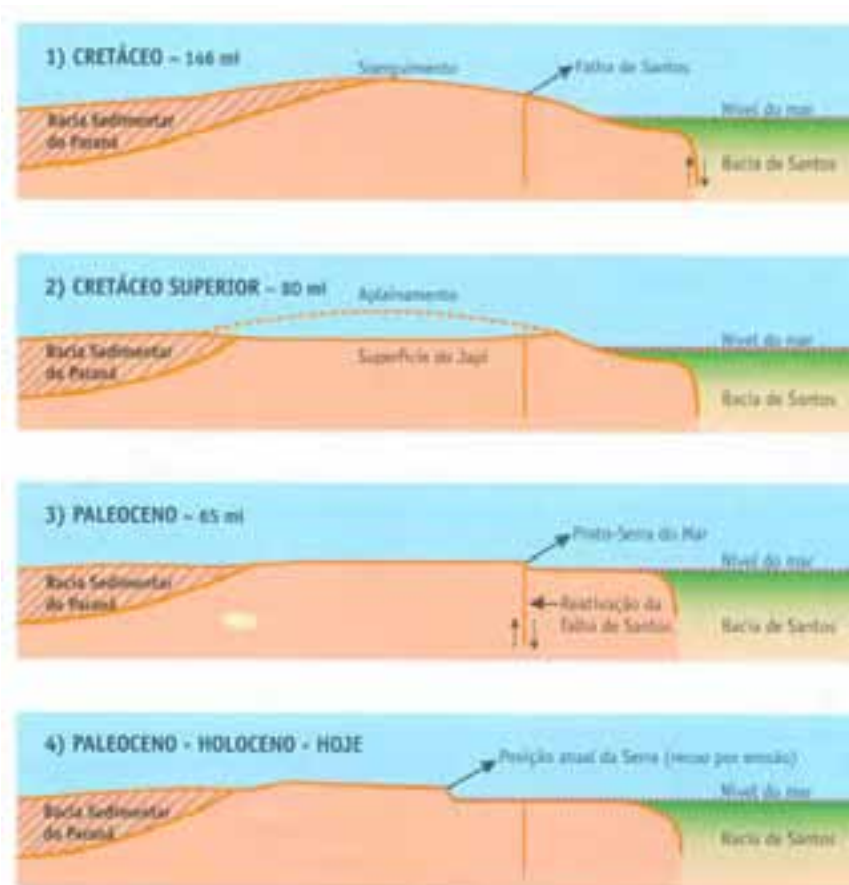


Figura 3 – Etapas de origem, evolução e recuo da Serra do Mar  
 Estágios: 1) Fragmentação do Gondwana; 2) Soerguimento em toda a borda leste do continente sul americano no sudeste do Brasil; 3) Desgaste da faixa soerguida, desenvolvendo uma superfície aplainamento com fornecimento de material para a formação de bacias, como a Formação Santos; Soerguimento tectônico que levanta o bloco ocidental da Falha de Santos e rebaixa o bloco oriental, formando uma "Proto-Serra do Mar"; 4) Do Paleoceno até os dias de hoje ocorreu o recuo erosivo da escarpa da Serra do Mar até sua posição atual. (SANTOS, 2004).

A lava alcalina derramada sobre a Superfície do Japi foi datada por Riccomini et al. (2004) em 65 Ma. Os autores atribuíram que os processos erosivos atuantes na superfície durante o final do Cretáceo aplainaram e nivelaram toda a área. Segundo Almeida e Carneiro (1998), o grande planalto da Serra do Mar, após a referida aplainação, foi quebrado e segmentado, sendo seus remanescentes topográficos partes das serras da Mantiqueira e do Mar.

A Serra do Mar é formada por um frontão serrano, de rochas ígneas e metamórficas, com fortes declividades e altitudes variadas, atingindo 1670 metros na região de Ubatuba (SMA/CPLEA, 2005). Esse frontão representa a borda do Planalto Atlântico, apresentando-se como muralhas maciças, profundamente recortadas pelos rios encaixados nas estruturas das rochas. A Serra desdobra-se em patamares, às vezes em morros salientes, ou rebaixa-se, mergulhando no mar e emergindo em ilhas como as de Toque-Toque, das Couves, Montão de Trigo, dos Gatos, as Ilhas (São Sebastião), Tamanduá (Caraguatatuba), Anchieta, Mar Virado, Prumirim e Comprida (Ubatuba). A Serra do Mar acompanha quase toda extensão de do litoral paulista, sendo a paisagem predominante da região norte do referido litoral.

### **2.3 Aspectos Arqueológicos, Históricos e Culturais**

Em termos arqueológicos, as características geográficas do litoral norte favoreceram a organização de diversas comunidades em toda região, cujos primeiros vestígios de ocupação, datados de 2500 anos aproximadamente, referem-se aos chamados "povos sambaquis", comunidades de pescador-coletores que apresentavam hierarquia social e hábitos sedentários decorrentes do domínio que tinham sobre o mar e a terra. "Sua locomoção e conhecimento do mar auxiliaram na captação de recursos naturais e sua percepção levou-os a escolher determinadas áreas a serem ocupadas." (AMENOMORI, 2005). Embora os principais registros de sambaquis estejam localizados nos municípios de Iguape, Cananeia e Ilha Comprida, litoral sul de São Paulo, sítios arqueológicos similares também foram

encontrados no litoral norte, tais como os sítios Vitória e Jaraguá<sup>3</sup>, situados em Ilhabela e São Sebastião, respectivamente (BORNAL, 2008).

Os registros de ocupação da região pelos europeus apontam o século XVI. Todavia, conforme relatos dos primeiros viajantes portugueses, como Hans Staden, em 1548, já existiam tribos indígenas no local. Os Tupinambás ocupavam a região de Boiçucanga para o norte, enquanto os Tupiniquins dominavam de Boiçucanga para o sul. Com a chegada dos europeus, essas tribos, que eram inimigas ancestrais, tiveram suas diferenças intensificadas: os tupiniquins se aliaram aos portugueses, e os tupinambás, por sua vez, aos franceses (BORNAL, 2008).

Elevado à categoria de Município por Provisão, em 16 de março de 1636, São Sebastião teve o apogeu do desenvolvimento por meio da produção açucareira no período colonial e, posteriormente, com a expansão da atividade cafeeira no Vale do Paraíba. Com a abolição da escravatura, as atividades comerciais entraram em processo de estagnação, que se estenderam praticamente até o ano de 1932, quando se estabeleceu uma ligação viária entre o município e o Vale do Paraíba. Tal ligação, fez com que o antigo porto comercial da cidade, construído no período colonial, fosse reformado e reativado, servindo como alternativa ao Porto de Santos (SMA, 2005).

Na década de 60, a construção do Terminal Marítimo da Petrobrás Almirante Barroso, instalado no Canal de São Sebastião, cuja operação efetiva se deu em 1969, “dinamizou a economia de São Sebastião e proporcionou um significativo fator de risco ambiental, representado pelos vazamentos de petróleo e derivados, com consequências para a saúde humana, para a vida marinha e para a qualidade das praias” (SMA, 2005). Além disso, tanto o empreendimento quanto sua posterior ampliação, na década de 90, causaram alterações demográficas e territoriais ao município, bem como desapropriações e a destruição da Fazenda do Outeiro, obra arquitetônica do período colonial, afetando, portanto, parte do Patrimônio Cultural da cidade (SANTOS, 2011).

O Município de São Sebastião possui um vasto Patrimônio Histórico e Cultural decorrente da ocupação da região durante o período colonial. Esse patrimônio pode ser observado tanto nos vestígios arqueológicos encontrados na região, como nos

---

<sup>3</sup> Jaraguá: Sambaqui cujas dimensões aproximadas são de 3m de altura por 15m de extensão. Localizado em uma área plana e de intensa urbanização, a cerca de 500m das encostas da Serra do Mar e 1,5km da orla da praia da Enseada.

monumentos arquitetônicos conservados e protegidos pelo Condephaat<sup>4</sup> por meio de tombamento, “ato administrativo realizado pelo poder público, com o objetivo de preservar para a população bens de valor histórico, cultural, arquitetônico, ambiental e até afetivo”, cujo intuito “é impedir que esses bens venham a ser destruídos ou descaracterizados” (SECRETARIA DE CULTURA, GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO).

Santos (2011) listou trinta e dois Sítios Arqueológicos<sup>5</sup> e oito Áreas de Ocorrência Arqueológica<sup>6</sup>. O Sítio Arqueológico São Francisco (Figura 4 a/b/c), muito utilizado para fins turísticos e educacionais, representa uma antiga unidade produtiva de açúcar e café, implantado em meio ao Parque Estadual da Serra do Mar. "Apresenta vestígios de edificações, aquedutos, postos de vigília, forno açucareiro, estradas, jazidas de matéria prima, bolsões de cultura agrícola, totalizando 1.200.000 m2 de incidência geológica" (SANTOS, 2011).

Dentre os monumentos tombados destacam-se o Núcleo Urbano (composto pela Capela de São Gonçalo e residência (Figura 5a), a Antiga Casa de Câmara e Cadeia Pública (Figura 5b e 6), a Igreja Matriz (Figura 5c), o antigo edifício do Praia Hotel (Figura 5d), a Casa Térrea, a Casa do Teto Pintado (ou Casa Esperança), a Sede da Fazenda Santana, o Convento Franciscano de Nossa Senhora do Amparo e alguns outros prédios significativos localizados na área central da cidade. Este conjunto de edifícios possui arquitetura colonial e foram construídos no século XVIII, com exceção do Convento, cuja edificação se deu no ano de 1637 (SMA, 2005).



<sup>4</sup> Condephaat: Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Artístico e Turístico, criado pela Lei nº 10 247, de 22/10/1698, tem a incumbência de “delimitar áreas urbanas significativas para a preservação da memória e da paisagem das cidades, mediante deliberação” (SMA, 2005).

<sup>5</sup> Patrimônio cultural composto por testemunhos que englobam todos os vestígios de ocupação e indícios de atividades humanas, não importando quais sejam elas. Estruturas e vestígios abandonados no subsolo ou sob as águas, assim como o material a eles associados (IPHAN, 2011 *apud* Galdino, 2011).

<sup>6</sup> Locais que apresentem objetos únicos ou quantidade ínfima de objetos aparentemente isolados ou desconexos (Bastos e Campos, 2010 *apud* Galdino, 2011).



Figura 4 – a/b/c: Imagens em pontos distintos do Sítio Arqueológico São Francisco.  
(Fonte: <http://www.saosebastiao.sp.gov.br>)



Figura 5 – Algumas imagens do Núcleo urbano de São Sebastião – a) Capela de São Gonçalo e antiga residência ao lado direito; b) Antiga Casa da Câmara e atualmente Cadeia Pública; c) Igreja Matriz; d) Antigo Edifício Praia Hotel. (Fonte: Secretaria do Meio Ambiente, 2005).



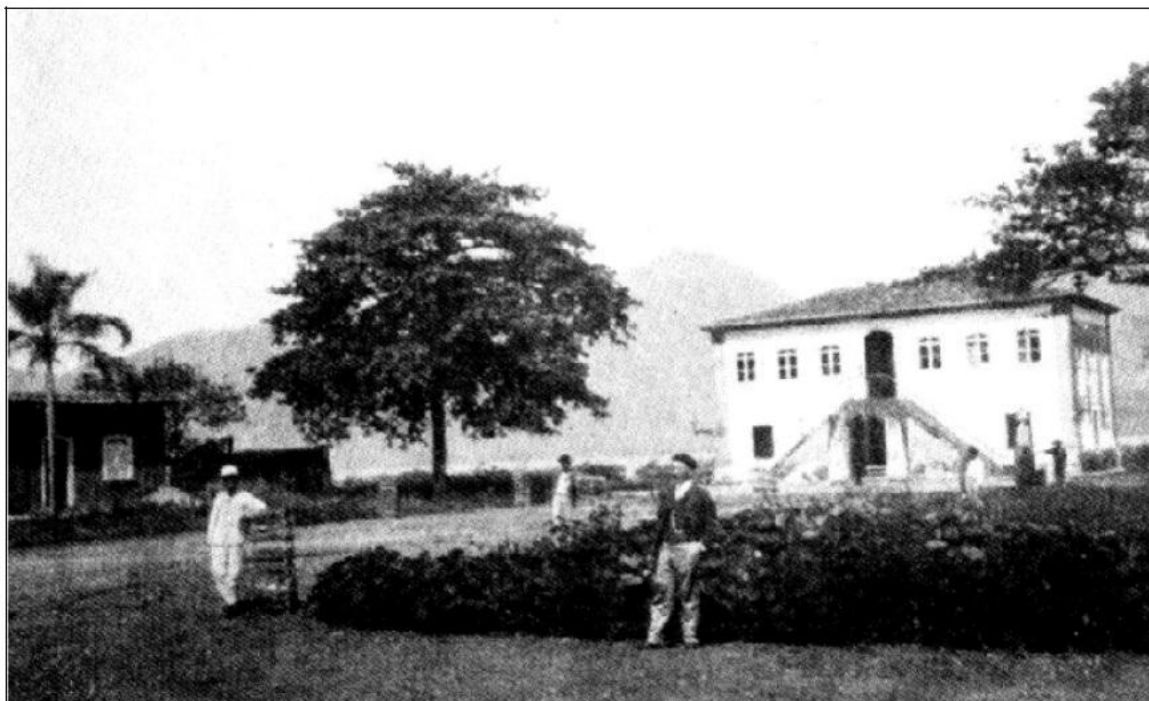


Figura 6 – Casa de Câmara e Cadeia Pública com seu jardim de frente (Fonte: Comissão Geográfica e Geológica do Estado de São Paulo, 1906)

As questões históricas e arqueológicas, bem como os exemplares presentes em São Sebastião, constituem o registro do Patrimônio Cultural do município, cujos valores estão intrínsecos aos conceitos de Geodiversidade, que serão definidos nos capítulos a seguir.

### 3. CONTEXTO GEOLÓGICO

#### 3.1 Aspectos Geológicos do litoral norte do Estado de São Paulo

A região do litoral norte de São Paulo faz parte da Faixa Ribeira, um dos orógenos que compõem a Província Mantiqueira, a qual, por sua vez, apresenta grandes feições de evolução estratigráfica, metamórfica, tectônica e magmática (ALMEIDA et al., 1977, 1981; ALMEIDA & HASUY, 1984), correspondendo a uma das dez províncias estruturais brasileiras descritas por Almeida et al., (1977). Localizada a leste dos crátons São Francisco e Rio de La Plata/Paraná, a Província Mantiqueira subdivide-se em Setentrional, Central e Meridional (Figura 7), estendendo-se ao longo da costa brasileira por mais de 3000 km com direção NE-SW, entre Montevidéu e o sul da Bahia (ALMEIDA et al., 1977; HEILBRON et al., 2004). Faz parte de um sistema orogênico formado por um conjunto de terrenos neoproterozóicos, incluindo a Faixa Ribeira, que foram agregados há 560 Ma, originando o Supercontinente Gondwana (HEILBRON et al., 2004). Por fim,

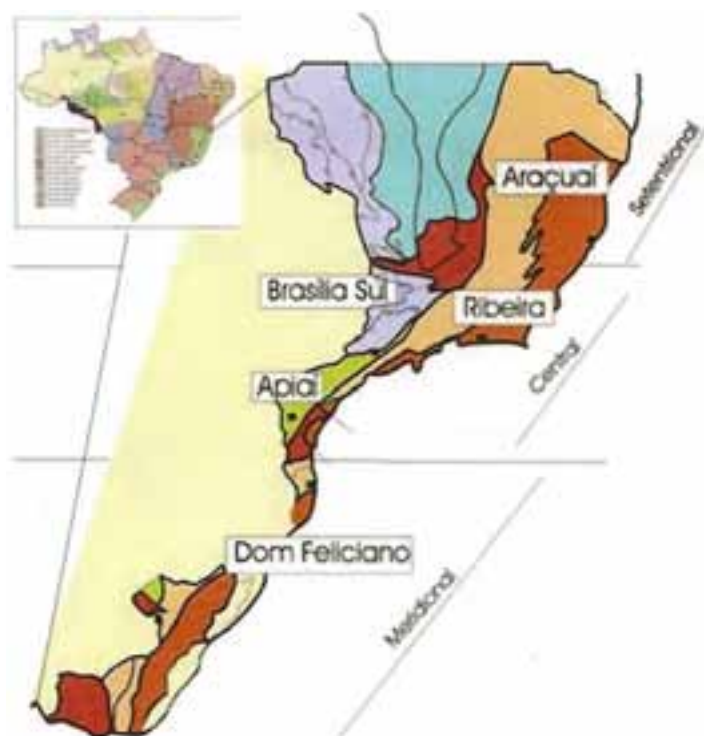


Figura 7 – Subdivisão dos orógenos da Província Mantiqueira: o segmento setentrional é formado pelo Orógeno Araçuaí; o segmento central inclui a porção sul do Orógeno Brasília e os orógenos Ribeira e Apiaí; e o segmento meridional inclui o orógeno Dom Feliciano. (HEILBRON et al, 2004);



O Orógeno Ribeira (HEILBRON et al., 2004) corresponde a um cinturão de cisalhamento transcorrente que margeia a costa Atlântica Brasileira por mais de 1400 km, envolvendo rochas do embasamento arqueano-paleoproterozóico, coberturas metassedimentares mesoproterozóicas e neoproterozóicas (MAGALHÃES, 2012). A origem deste orógeno, cujo correspondente Africano é encontrado em Angola e na Namíbia, está relacionado ao fechamento do oceano Adamastor, decorrente da colisão entre os crátons São Francisco e Congo Ocidental, além de várias microplacas e terrenos, que teve lugar entre 650-510 Ma (SCHMITT et al., 2004, HEILBRON et al., 2008, TUPINAMBÁ et al., 2012) e corresponde ao Ciclo Tectônico Brasileiro-Pan-Africano. Os últimos eventos de colisão se sobrepuseram à geometria inicial desses terrenos, cujos limites foram organizados como zonas de cisalhamento regionais essencialmente destrais, orientadas na direção NE-SW (HEILBRON & MACHADO, 2003) que, desde então, funcionaram como zonas de fraqueza, reativadas em níveis crustais mais rasos durante os eventos extensionais posteriores. A transição para condições de plataforma estável ocorreu no Siluriano-Devoniano (BRITO NEVES, 1999).

A Faixa Ribeira se estende longitudinalmente do sul do Espírito Santo até o norte do Paraná, local no qual é limitada pelos terrenos arqueanos e paleoproterozóicos de Luis Alves e Curitiba, respectivamente. O limite continental ocorre na borda do Cráton São Francisco, com as unidades neoproterozóicas da Faixa Brasília, de idade mais antiga (Socorro, Guaxupé, Andrelândia) e pela borda da bacia do Paraná considerando o Domínio Apiaí como parte integrante do Cinturão Ribeira (GOMES, 2012) (Figura 8).

O Cinturão Ribeira é subdividido em várias unidades geológicas, a qual, na região de estudo, é denominada Complexo (Hasui et al., 1981) ou Domínio (HEILBRON & MACHADO, 2003) Costeiro. É limitado a noroeste pela Zona de Cisalhamento Cubatão e se estende até a zona costeira, incluindo as ilhas. É composto principalmente por ortognaisses com filiação de arco magmático e por gnaisses metapelíticos parcialmente migmatizados, incluindo anfibolitos interpretados como paleodiques, sendo todo o conjunto cortado por inúmeros corpos de composição granítica sin-a tardi-colisionais (CAMPANHA & ENS, 1996, DIAS NETO et al., 2009, TUPINAMBÁ et al., 2012). Também possui metassedimentos constituídos, predominantemente, por rochas síltico-argilosas e, subordinadamente, quartzitos arcosianos e calciossilicáticas (DIAS NETO et al., 2008). Representa um

dos terrenos que convergiram durante a aglutinação do supercontinente Gondwana, durante o Neoproterozóico / Cambriano (TUPINAMBÁ et al., 2007).

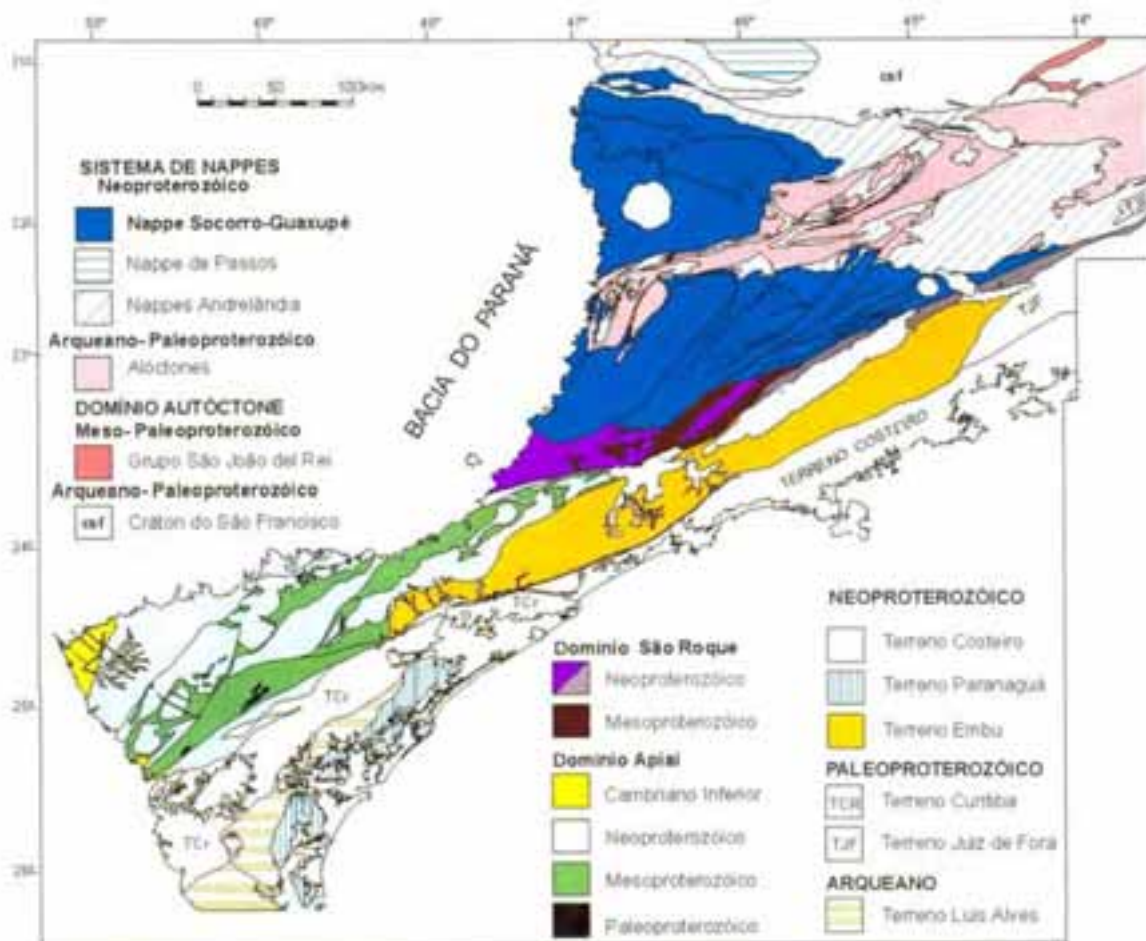


Figura 8 - Mapa Tectônico dos terrenos Apiaí, Guaxupé, Curitiba, Embu e Luis Alves (Adaptado HEILBRON et al., 2004).

Quanto às estruturas, Maffra (2000) descreve três subdivisões principais: uma porção interna com predominância de movimentos horizontais e zonas de cisalhamento transcorrentes de alto ângulo; uma intermediária com dobras e cavalgamentos; e uma parte externa cuja deformação existente só afeta unidades supra-crustais.

O magmatismo presente no Orógeno Ribeira está registrado nos terrenos tectono-estratigráficos e se expressa em diferentes formas, variando quanto à textura e à composição. Compõem os batólitos, *stocks*, diques, soleiras e apófises, que podem ocorrer foliados. Estes terrenos apresentam evoluções metamórficas e estruturais bem similares, cujas relações temporais que envolvem dados estruturais,

metamórficos e magmáticos, permitiram a identificação de três eventos deformacionais e dois eventos metamórficos (HEILBRON & MACHADO, 2003; HEILBRON et al., 2004).

O arcabouço litológico da Faixa Ribeira compreende basicamente as rochas arqueanas e paleoproterozoicas de alto grau metamórfico retrabalhadas, interpretadas como sendo do embasamento; metassedimentos neoproterozoicos de grau metamórfico variando de xisto verde a granulito; e granitoides neoproterozoicos a cambro-ordovicianos, que podem ser divididos de acordo com os estágios tectônicos aos quais estão relacionados: interpretados como produtos de magmatismo pré-colisional (630-595 Ma), sin-colisional (595-565 Ma), tardi-colisional (565-540 Ma), pós-colisional (630-520 Ma) e transicional (520-480 Ma), (HEILBRON & MACHADO, 2003; HEILBRON et al., 2004; GOMES, 2012; MAGALHÃES, 2012).

No Neocretáceo (~130 Ma) teve lugar a reativação da Plataforma Brasileira (Almeida, 1969), caracterizada por processos extensionais relacionados com a ruptura do supercontinente Pangea, a separação entre América do Sul e África e a abertura do Oceano Atlântico Sul (HASUI, 2010). Magmatismo toleítico intenso precedeu as fases iniciais desses processos, incluindo a Província Mágica Paraná, sendo representado na região pelo enxame de diques máficos básicos e intermediários, cuja colocação foi controlada pelas estruturas neoproterozóicas e pela junção tríplice do Paraná (GARDA & SCHORSCHER, 1996; COUTINHO, 2008). Magmatismo alcalino representado por *stocks* e diques ocorreu nos estágios rifte e oceano da margem Atlântica (RICCOMINI et al., 2005).

Durante o Paleógeno, variações nos regimes de esforços da placa sul-americana levaram ao desenvolvimento do Rifte Continental do Sudeste do Brasil, que se estende dos estados do Paraná até o Rio de Janeiro (RICCOMINI, 1989; RICCOMINI et al., 2004) e ao longo do qual uma série de pequenas bacias foram formadas, também associadas a novos episódios de magmatismo alcalino. A reativação das discontinuidades crustais neoproterozóicas devido a movimentos extensionais e verticais, tais como falhas normais, foi responsável por rifteamento inicial e elevação dos blocos adjacentes, como as serras do Mar e da Mantiqueira, caracterizando um escarpamento duplo que reflete uma evolução composta relacionada a processos distintos, tais como reativação de antigas estruturas neoproterozóicas e formação do rifte (HIRUMA et al., 2010).

### **3.2 Contexto Geológico da região de São Sebastião – SP.**

A região de São Sebastião insere-se no Terreno Serra do Mar (Domínio Costeiro), genericamente representado por formações do Pré-Cambriano e Cenozóico, localizada a sudeste da zona de cisalhamento Cubatão (ALMEIDA et al., 1981). A geologia desta área é caracterizada por redes de zonas de cisalhamento transcorrentes associadas à evolução do Cinturão de Dobramento do Orógeno Ribeira, ligado à Orogênese Brasileira Pan-Africana.

A área em estudo é cortada de oeste para leste pela Zona de Cisalhamento Bairro do Alto, Zona de Cisalhamento Camburu e Sistema de Cavalgamento São Sebastião, respectivamente (MAFFRA, 2000; MOURA et al., 2012). Estas estruturas são dúcteis e compartimentam toda a área, apresentando orientação preferencial NE-SW com ângulos de mergulho variáveis (DIAS NETO et al., 2006; DIAS NETO, 2011) (Figura 9).

A zona de cisalhamento Camburu, também conhecida como falha transcorrente Bertiooga-Caraguatatuba, limita o Granito Pico do Papagaio a NW, com o augen gnaisse Juquehy a SE. No decorrer desta zona são descritos desde protomilonitos a ultramilonitos, além de cataclasitos, apresentando foliações subverticais com mergulhos para NW (CAMPANHA & ENS, 1996; MAFFRA, 2000; MORA, 2010). Os principais dados geocronológicos da região (Tabela 1) mostram a variedade de rochas encontradas na área. A zona de cisalhamento Freires-São Lourenço, ou Bairro do Alto, que se estende da cidade de Guarujá até Ubatuba, ocorre no extremo noroeste da região, limitando o Granito Pico do Papagaio a norte, sendo interpretada como uma zona transcorrente dextral (MAFFRA, 2000).

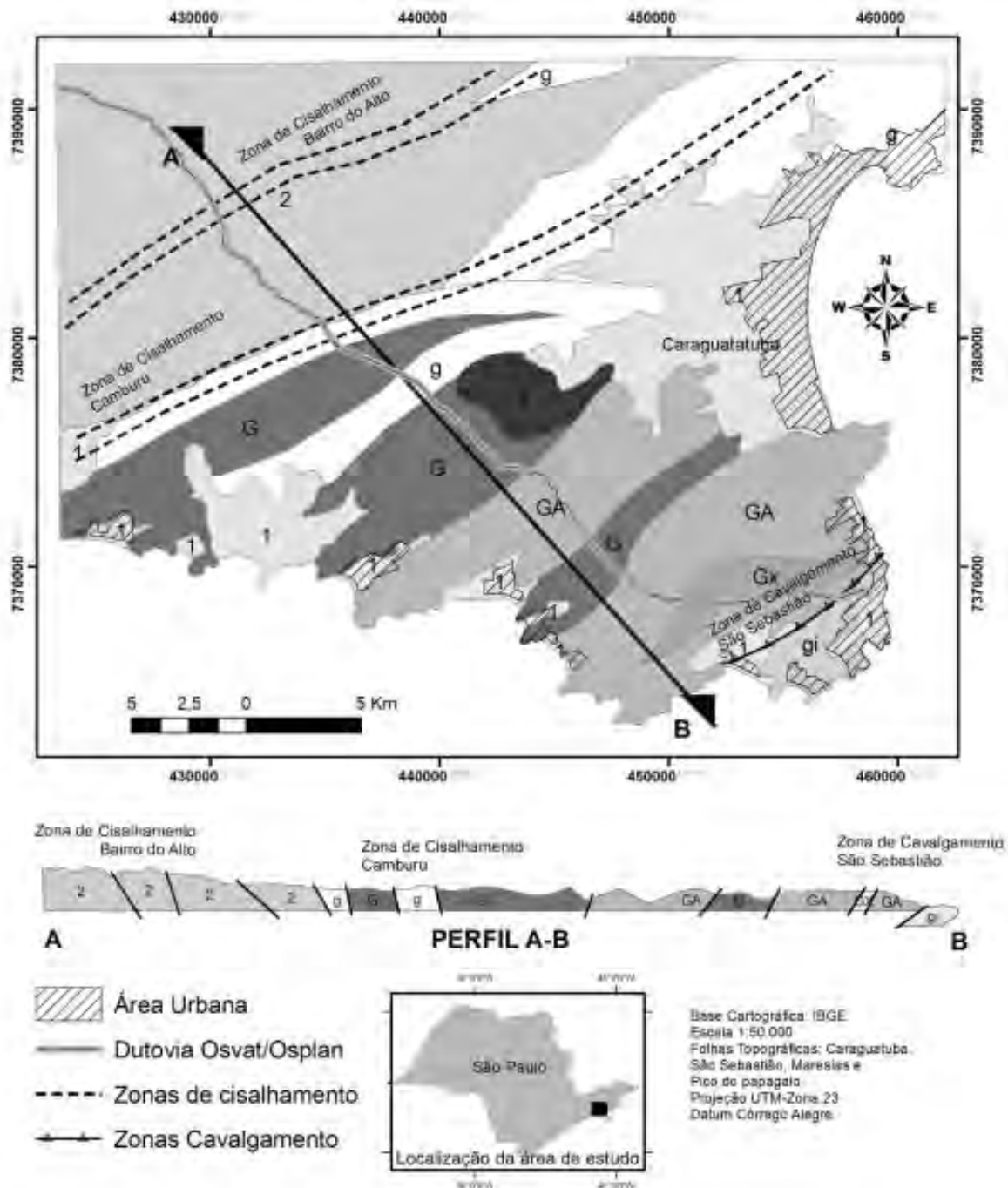


Figura 9 – Mapa geológico-estrutural do Complexo Costeiro da região de São Sebastião  
**1:** sedimentos quaternários; **2:** granitoides gnaissicos (Granito Pico do Papagaio); **3:** metagabros, metadioritos e enderbitos parcialmente migmatizados (Complexo Bairro do Marisco); **g:** granitoides gnaissicos equigranulares, oftálmicos e nebulíticos; subordinadamente gnaisses, xisto e anfibolitos; **gi:** leucogranito gnaissico com granada; **G:** biotita, gnaisses e migmatito frequentemente com granada e silimanita; subordinadamente anfibolitos, kinzigitos, corpos nebulíticos e rochas cálcio-silicáticas; **GA:** biotita gnaisses e migmatitos com frequente intercalações de anfibolitos; **GX:** biotita gnaisses e xistos com intercalações de quartzitos.

(Adaptado de Campanha, Ens & Ponçano, 1994 *apud* MOURA et al., 2012)

<b>DADOS GEOCRONOLÓGICOS DA REGIÃO DE SÃO SEBASTIÃO</b>							
<b>UNIDADE E/OU LOCALIDADE</b>	<b>ROCHA</b>	<b>IDADE</b>	<b>ERRO</b>	<b>MÉTODO</b>	<b>OBSERVAÇÕES</b>	<b>REFERÊNCIA</b>	
<b>São Sebastião</b>	Gnaiss focoidal	366 Ma		K – Ar		Minioli (1969)	
	Andesito	123 Ma	5 Ma	K – Ar			
	Micro diorito	109 Ma	1 Ma	K – Ar			
	Granito	463 Ma		K – Ar			
	Migmatito	463 Ma		K – Ar			
<b>São Sebastião</b>	Gnaiss-Migmatito	650 Ma	100 Ma	Rb – Sr	Presença de porfiroblastos com granada	Tassinari (1988)	
<b>Boiçucanga</b>	Gnaiss-Migmatito	600 Ma	20 Ma	Rb – Sr	Material dobrado		
<b>Praia das Cigarras</b>	Paragnaisse	571 Ma	10 Ma	U – Pb		Dias Neto (2001)	
		519 Ma	130 Ma	Sm – Nd			
		482 Ma	10 Ma	Rb – Sr			
<b>Boiçucanga</b>	Paragnaisse	570 Ma		Sm - Nd			
		469 Ma	49 Ma	Rb – Sr			
		470 Ma	10 Ma	K – Ar			
<b>Toque – Toque</b>	Paragnaisse	860 Ma	61 Ma	Rb – Sr	Zona de cisalhamento dúctil		
<b>Juqueí</b>	Paragnaisse	594 Ma	180 Ma	Sm – Nd			
		547 Ma	32 Ma	Rb – Sr			
<b>Boiçucanga</b>	Anfibolito	580 Ma	26 Ma	U – Pb			
		570 Ma		Sm – Nd			
		464 Ma	3 Ma	Rb – Sr			
<b>Juqueí</b>	Anfibolito	593 Ma	10 Ma	U – Pb			
		570 Ma		Sm – Nd			
<b>Complexo Marisco</b>	Micro diorito	142 Ma	8 Ma	K - Ar	Ligada à formação de diques mesozoicos		
	Anfibolito	619 Ma	23 Ma	K – Ar			
<b>Toque – Toque</b>	Pegmatito	528 Ma	17 Ma	Sm – Nd			
		511 Ma	41 Ma	Rb – Sr			
		486 Ma	10 Ma	K – Ar			
<b>Paúba</b>	Pegmatito	491 Ma		K – Ar			

Tabela 1: Principais dados geocronológicos da região de São Sebastião

Garda (1995) descreve que o bloco de São Sebastião é formado por migmatitos homogêneos estromáticos do Complexo Costeiro, em que se encontram núcleos metabasíticos envolvidos por migmatitos agmatíticos, intercalações de anfibolito e um pequeno corpo de rochas granitoides. Junto à falha Camburu, estas rochas estão catacladasas em intensidade variável, ocorrendo, além dos cataclasitos, faixas de protomilonitos, milonitos e ultramilonitos (CAMPANHA et al., 1994; GARDA, 1995; MORA, 2010; MORA et al., 2011; MORA et al., 2013). Ocorrem também granitoides porfiríticos (CAMPANHA & ENS, 1996; MAFFRA, 2000), monzogranitos e tonalitos (Passarelli et al., 2001), além de rochas ortoderivadas a oeste e paraderivadas a leste, as quais estão organizadas como uma estrutura em flor dúctil positiva com o eixo orientado na direção ENE-WSW (DIAS NETO et al., 2006) e, no interior de rochas gnáissicas, são encontrados frequentemente núcleos anfibolíticos (DIAS NETO, 2001). O bloco também se apresenta cortado por muitos diques de rochas básicas e ultrabásicas, além de lamprófiros.

Os complexos granito-gnaisses migmatíticos são formados por uma associação de rochas derivadas de outras rochas muito antigas que foram submetidos à superposição de vários eventos tectono-metamórficos de caráter compressivo, em condições de alta pressão e temperatura no decorrer da evolução geológica da Terra. Ao longo desse processo evolutivo, ocorreram eventos de fusão e refusão, seguida de tectonismo de transporte com metamorfismo de alto grau, originando outros tipos de litologias, observadas atualmente na região (PEIXOTO, 2010).

De acordo com Campanha e Ens (1996), ocorre um predomínio de rochas paraderivadas a leste da Zona de Cisalhamento Camburu, representadas pelos paragnaisses migmatíticos, e a oeste o corpo granitóide, ou Granito Pico do Papagaio. Os litotipos regionais foram mapeados por Maffra (2000), que definiu as seguintes unidades (Figura 10):

- Granito Pico do Papagaio: limitado a sul pela Falha Camburu e a norte pela Zona de cisalhamento do Bairro Alto, corresponde a um batólito de composição monzogranítica que apresenta intensidades de deformação e texturas variáveis, sendo milonítico nas bordas, nas proximidades das zonas de cisalhamento, e equigranular nas partes internas do plúton.

- Augen Gnaiss Juquehy: com aproximadamente 8 km de extensão, é um gnaiss de composição granítica que ocorre em uma estreita faixa a sul da Falha Camburu, exposto no vale do Rio Camburu, onde encontra-se em contato tectônico com o granito Pico do Papagaio.
- Complexo gnáissico migmatítico: paragnaisse heterogêneo, gradando de biotita gnaiss bandado a migmatitos com texturas estromáticas e nebulíticas. Apresenta biotita, granada, feldspato, muscovita e silimanita, sendo estas responsáveis pela foliação. Ocorre em contato transicional com o gnaiss Juquehy a nordeste e em contato tectônico com o Granito Guaecá a sudoeste, local este que corresponde a uma zona de cavalgamento.
- Granito Guaecá: trata-se de um leucogranito de composição monzogranítica a granodiorítica, apresentando foliação com intensidades variáveis, contendo, geralmente, minerais de quartzo, plagioclásio, microclínio, biotita, muscovita e granada. Contudo, pode ser subdividido em duas fácies, uma leucocrática, com granada e outra com biotita. Originado por fusão crustal, ocorre nas proximidades de São Sebastião e, de acordo do Dias Neto (2001), apresenta geometria de um *sill*.



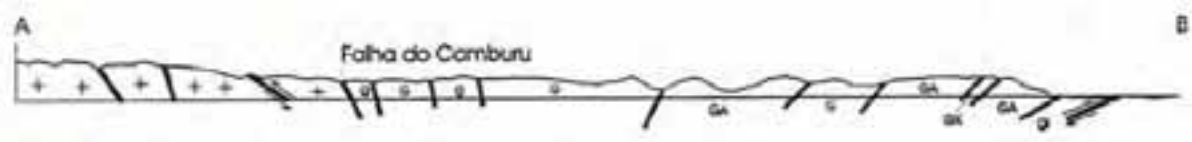
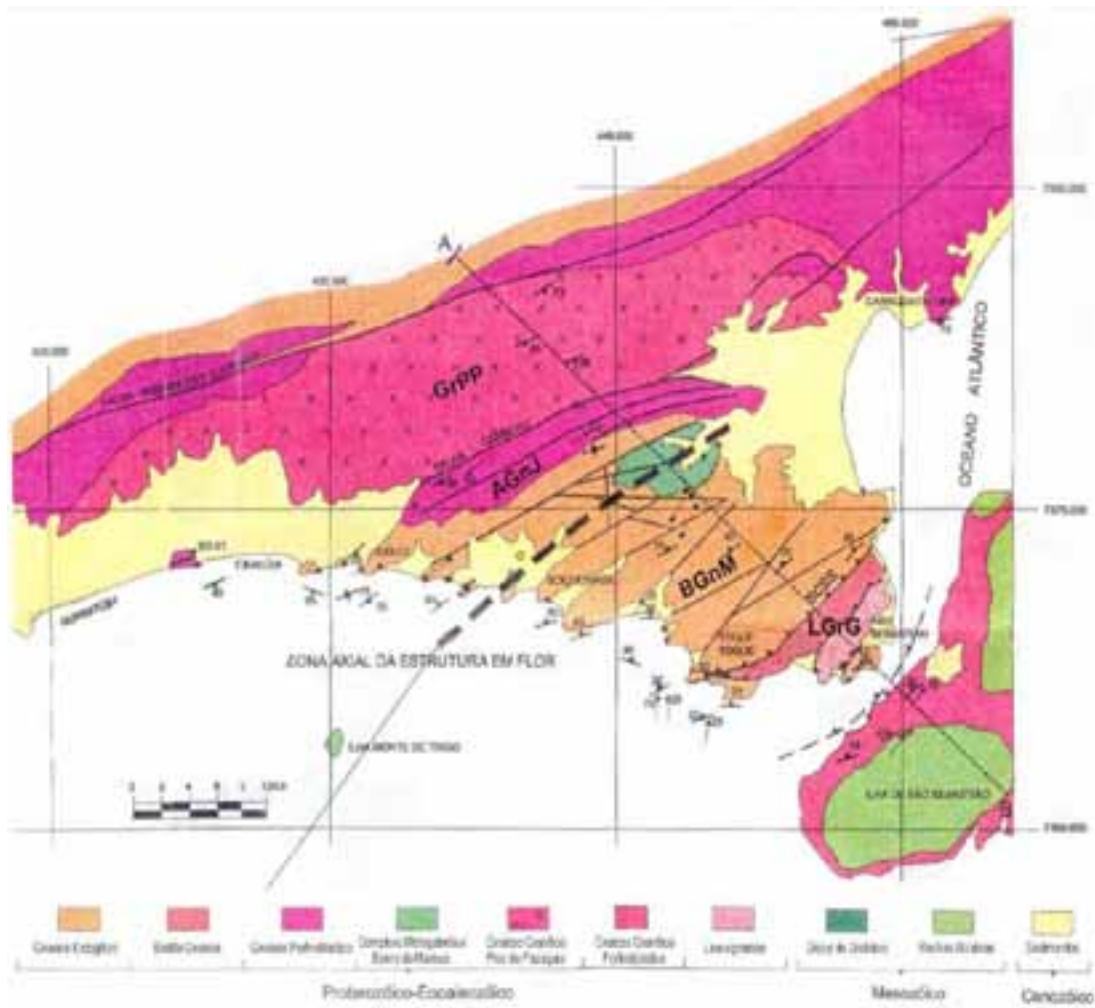


Figura 10 – Mapa geológico e perfil esquemático da região de São Sebastião - SP.  
 GrPP: Granito Pico do Papagaio; AGnJ: Augen Gnaiss Juquehy; BGnM: Biotita-gnaiss migmatítico;  
 LGrG: Leucogranito Guacá; SCSS: Sistema de Cavalgamentos São Sebastião. (Adaptado de DIAS  
 NETO, 2001).

## **4. GEODIVERSIDADE E GEOCONSERVAÇÃO**

### **4.1 Revisão Bibliográfica: Conceitos Gerais**

#### **4.1.1 Geodiversidade**

O conceito relativo à geodiversidade, ao contrário do termo biodiversidade, é relativamente recente, e começou a ser utilizado pela comunidade científica, em especial geólogos e geomorfólogos, no início dos anos noventa, para descrever a variedade do meio abiótico (GRAY, 2004). Segundo este autor, o termo surgiu no Reino Unido durante a Conferência de Malvern sobre Conservação Geológica e Paisagística, ocorrida em 1993 (GRAY, 2004, BRILHA, 2005). No mesmo ano, o referido termo foi utilizado por Sharples C. (1993), seguido de Kiernan (1994, 1996, 1997) e Dixon (1995, 1996a, b), em estudos de conservação geológica e geomorfológica ocorridos na Austrália, e logo foi adotado por muitos outros países (GRAY, 2004, 2005, NASCIMENTO et al, 2008).

Sharples (2002) e a Australian Heritage Commission (2002), conceituaram o termo geodiversidade como "a diversidade de características, conjuntos, sistemas e processos geológicos (substrato), geomorfológicos (formas de paisagem) e do solo". Gray (2004), por sua vez, quase dez anos após o aparecimento do termo, publicou o primeiro livro dedicado ao tema, definindo a geodiversidade como sendo a variedade natural de aspectos geológicos (minerais, rochas, fósseis), geomorfológicos (formas de relevo, processos) e de solo, incluindo suas coleções, relações, propriedades, interpretações e sistemas.

Para Stanley (2001, 2004), a geodiversidade apresenta uma conotação mais ampla, pois o autor corrobora que a variedade de ambientes e os processos geológicos relacionam-se a seu povo e sua cultura, ou seja, há uma interação entre tais processos envolvendo também a paisagem, fauna, flora e sociedade, tendo a geodiversidade influenciado na escolha dos locais para o desenvolvimento de aldeias, cidades, indústrias, estradas e captação dos recursos naturais utilizados pelas pessoas para subsistência.

No decorrer dos anos, inúmeros autores empenharam-se em definir o conceito de geodiversidade. Para alguns a definição contempla apenas os testemunhos (minerais, rochas e fósseis) provenientes da dinâmica da Terra, enquanto que para outros o termo é mais amplo, abrangendo também os processos geradores de tais testemunhos geológicos e todos os seres vivos. O conceito proposto pela Royal Society for Nature Conservation, do Reino Unido, é mais abrangente e não faz menção às relações de interdependência entre o elemento antropogênico e os benefícios advindos da geodiversidade. Foi a definição adotada por Brilha (2005), que alega que a geodiversidade representa:

“a variedade de ambientes geológicos, fenômenos e processos ativos que dão origem a paisagens, rochas, minerais, fósseis, solos e outros depósitos superficiais que são o suporte para a vida na Terra” (Brilha, 2005).

No Brasil, os conceitos relativos à geodiversidade se desenvolveram simultaneamente aos ideais internacionais, porém os objetivos eram distintos, visto que o foco brasileiro visava o planejamento territorial do país, enquanto os demais países visavam à conservação do patrimônio. Em 2006, o Serviço Geológico do Brasil (CPRM) propôs uma definição, adotada para o presente trabalho, conceituando o termo como:

O estudo da natureza abiótica constituída por uma variedade de ambientes, composição, fenômenos e processos geológicos que dão origem às paisagens, rochas, minerais, águas, fósseis, solos, clima e outros depósitos superficiais que propiciam o desenvolvimento da vida na Terra, tendo os valores intrínsecos a cultura, o estético, o econômico, o científico, o educativo e o turístico (SILVA, 2008).

Em termos gerais, conclui-se que a geodiversidade decorre do conjunto de fenômenos e processos intrínsecos à dinâmica do planeta, originando os mais variados produtos, tais como as rochas, minerais, fósseis e formas de relevo. Além disso, pode-se inferir que a biodiversidade está condicionada à geodiversidade, uma vez que esta favoreceu o desenvolvimento dos seres vivos ao disponibilizar, por

exemplo, alimentos, abrigo e materiais para construção, proporcionando plenas condições de subsistência e evolução de todas as espécies. A espécie humana, em especial, é extremamente dependente dos produtos da geodiversidade, dentre os quais se pode citar: os minerais, os elementos químicos (utilizados na produção de materiais tecnológicos), as rochas (utilizadas em edificações, pavimentação), alimentos, entre outros (BRILHA, 2005).

#### **4.1.2 Patrimônio Geológico**

O patrimônio geológico é o conjunto de geossítios inventariados e caracterizados numa determinada área ou região (BRILHA, 2005). Está estritamente relacionado à geodiversidade, mas não são sinônimos, visto que, de forma sucinta, a geodiversidade representa toda a variedade de minerais, rochas, fósseis e paisagens que ocorrem no planeta, enquanto o patrimônio geológico é apenas uma parte da geodiversidade que apresenta alguma característica que lhe atribui valor, devendo, portanto, ser conservado (NASCIMENTO et al, 2008). Importante componente do patrimônio natural, este composto por elementos bióticos e abióticos, o patrimônio geológico, além de permitir a compreensão dos processos de evolução da história geológica do planeta Terra, é definido como um georrecurso não renovável o qual, devido seu valor científico, pedagógico, cultural e turístico, deve ser preservado para as futuras gerações.

Os geossítios, ou sítios geológicos, são definidos por Brilha (2005) como sendo a ocorrência de um ou mais elementos da geodiversidade resultantes de processos naturais ou por meio de intervenção humana. São bem delimitados geograficamente, inseridos no patrimônio geológico (Figura 11), e devem possuir algum valor representativo, no âmbito científico, pedagógico, cultural ou turístico, podendo apresentar um ou mais elementos de interesse, tais como estrutural, paleontológico, mineralógico, geomorfológico e estratigráfico.



Figura 11 – Relação existente entre Geodiversidade, Patrimônio Geológico e Geossítio. (Adaptado de RODRIGUES, 2008)

Para Uceda (1996) o patrimônio geológico engloba todas as formações rochosas, estruturas, acumulações sedimentares, formas, paisagens, depósitos minerais e paleontológicos, exemplares de interesse paisagístico ou recreativo, elementos de arqueologia industrial relacionados às antigas instalações para exploração de recursos geológicos e pode incluir coleções de objetos geológicos de valor científico, cultural e educativo.

De forma geral, o patrimônio geológico reúne todos os elementos significativos pertencentes à geodiversidade, podendo ser dividido, dentre outros, em patrimônio geomorfológico, paleontológico, mineralógico e hidrogeológico, por exemplo, cuja classificação decorre dos elementos geológicos relevantes encontrados neste sítio. Sendo assim, após inventário e quantificação de sítios geológicos numa determinada área, um geossítio é considerado paleontológico quando o conteúdo fóssilífero encontrado no local é considerado excepcional, apresentando extrema importância científica.

Nesse contexto, Brilha (2005) admite que o patrimônio mineiro (também conhecido como arqueologia mineira) não pode ser considerado patrimônio geológico, embora algumas antigas explorações apresentem potencial para tornarem-se geossítios com fins turísticos e pedagógicos.

Ainda segundo Brilha (2005), as coleções geológicas pertencentes a museus também não integram o patrimônio geológico, visto que as amostras não se encontram mais em seu ambiente natural. No entanto, por estarem devidamente conservadas e protegidas, apresentam valor patrimonial, muitas delas, inclusive, possuem elevado interesse científico, pedagógico, estético, histórico ou econômico. Para estes exemplares, devido suas particularidades, o autor sugere o termo Patrimônio Geomuseológico.

### 4.1.3 Geoconservação

A geodiversidade como um todo contempla registros significativos e ilustrativos dos processos e eventos que marcaram a evolução do planeta Terra. Neste sentido, têm-se observado um interesse crescente da humanidade pela conservação do patrimônio geológico às futuras gerações (PEREIRA, et al., 2008).

O patrimônio geológico é bastante vulnerável e está sujeito a diversos tipos de ameaças. Ele pode ser modificado, danificado ou até mesmo destruído por processos naturais e pela atividade humana, já que a falta de conhecimento sobre sua existência por parte da população, configura-se em uma das principais ameaças aos geossítios. Por se tratar de recursos naturais não renováveis em nossa escala de tempo geológico, a destruição desse patrimônio constitui uma perda irreparável, sendo necessário o desenvolvimento de atividades que visam à conservação e gestão sustentável do patrimônio geológico e dos processos naturais a ele associados, denominadas geoconservação (BRILHA, 2005).

Para Sharples (2002), a geodiversidade, mesmo que não esteja associada a nenhuma espécie de vida, possui significativa importância na manutenção da biodiversidade, o que reflete na conservação da natureza. O autor corrobora que:

[...] a geoconservação tem como objetivo a preservação da diversidade natural (ou geodiversidade) de significativos aspectos e processos geológicos (substrato), geomorfológicos (formas de paisagem) e de solo, mantendo a evolução natural (velocidade e intensidade) desses aspectos e processos.

Gray (2004), por sua vez, corrobora que a geodiversidade deve ser conservada por ser valiosa e constituída de inúmeras formas, e por estar sob ameaça às diversas atividades humanas. O autor resume essas ideias na seguinte relação:

**VALOR + AMEAÇA = NECESSIDADE DE CONSERVAÇÃO**

O autor afirma ainda que a geoconservação não deve ser entendida apenas como um campo independente da conservação da natureza, mas que precisa ser integrada à gestão de conservação da biodiversidade como um todo.

A geoconservação não pretende proteger toda a geodiversidade, pois seria uma tarefa inviável, se aplicada a todos os geossítios. Para que se conserve um geossítio é necessária a implementação de uma estratégia de geoconservação seguindo uma metodologia definida, iniciada com a inventariação dos geossítios, seguida de sua quantificação, classificação, conservação, valorização e divulgação e, por fim, o monitoramento (BRILHA, 2005). Após o uso de tal metodologia, num conjunto de geossítios avaliados, a prioridade de ações voltadas à geoconservação será atribuída àqueles que apresentem o maior potencial turístico, educativo ou científico. A ideia é conservar o patrimônio geológico com vistas a permitir o seu uso e divulgação de modo sustentável, resumidos por Brilha (2005) na expressão abaixo:

**CONSERVAÇÃO = PROTEÇÃO + USO**

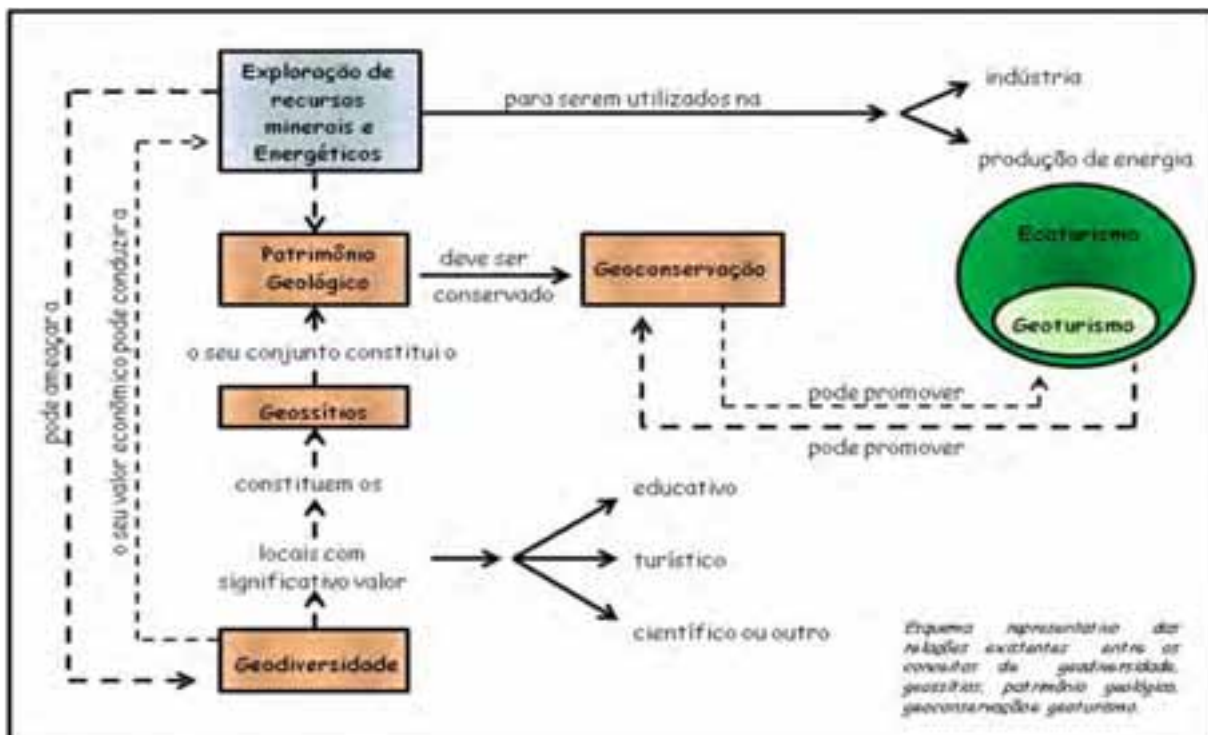
#### **4.2 Valores e ameaças à Geodiversidade: o porquê da Geoconservação**

O ato de atribuir valor a algum elemento não diz respeito apenas à questão monetária, valor de troca ou estimativo, pois existem diversos tipos de valores que podem ser quantificados sob outros aspectos além do econômico. A necessidade de conservação da natureza é um exemplo concreto da não valoração monetária, onde a atribuição de valores justifica apenas o ato de proteger, seja a biodiversidade ou a geodiversidade, englobando todos os elementos abióticos do Planeta, tais como as rochas, minerais, fósseis, formas de relevo, solos e os processos que deram origem a estes materiais (MOCHIUTTI et al, 2011).

Atualmente, é perceptível que a geodiversidade se encontra cada vez mais vulnerável e sujeita à destruição, não só por deterioração natural, mas também por consequência de atividades antrópicas, dentre as quais podemos citar: a exploração dos recursos geológicos; o desenvolvimento de obras e estruturas; a gestão desordenada de bacias hidrográficas; a erosão associada ao desmatamento,

atividades recreativas e turísticas desregradas; a coleta de amostras geológicas para fins não científicos; e a iliteracia<sup>7</sup> cultural, que por sua vez, configura-se como uma das principais ameaças à geodiversidade (GRAY, 2004; BRILHA, 2005).

Estas possíveis modificações que recaem sobre a geodiversidade influenciam a vida social e econômica da sociedade, uma vez que esta, no decorrer dos anos, tornou-se totalmente dependente dos recursos geológicos disponíveis no planeta Terra. Desta forma, Brilha (2005) propõe que a discussão sobre a conservação da geodiversidade deve se desenvolver de modo a estabelecer relações de equilíbrio entre o uso sustentável de tal geodiversidade seguida de sua respectiva conservação (Quadro 1).



Quadro 1 – Relações existentes entre geodiversidade, geossítio, patrimônio geológico, geoconservação e geoturismo. (Adaptado NASCIMENTO et al, 2008)

Os trabalhos mais completos na abordagem dos valores atribuídos à geodiversidade são o de Gray (2004) e Brilha (2005), nos quais os autores definiram sete categorias principais, com o intuito de enfatizar a importância e a necessidade

<sup>7</sup> De acordo com o Dicionário Priberam da Língua Portuguesa, é a incapacidade para perceber ou interpretar o que é lido. No contexto, entendemos que a iliteracia, é a falta de conhecimento da população sobre a geodiversidade como um todo.



da geoconservação. Os autores classificaram os valores da geodiversidade em intrínseco, cultural, estético, econômico, funcional, científico e didático.

### **4.3 Os valores da geodiversidade**

#### **4.3.1 Valor intrínseco**

O valor intrínseco, ou existencial (GRAY, 2004), expressa a relação existente entre o homem e a natureza. É considerado um atributo subjetivo e de difícil assimilação, principalmente em razão da dificuldade em quantificá-lo, motivando muitos profissionais que trabalham neste reconhecimento a optarem por justificar a geoconservação essencialmente com base em valores mais facilmente perceptíveis, como o científico, didático ou estético (BRILHA, 2005; MOCHIUTTI et al, 2011).

Em termos gerais, o valor intrínseco é atribuído à geodiversidade pelo simples fato dela existir, independente de sua utilidade para qualquer ser vivo. Além disso, sua existência pode se configurar como um forte argumento para motivar a conservação do patrimônio geológico, levando as comunidades a agirem de modo a respeitá-la (SILVA, 2006; CASTRO et al 2007).

#### **4.3.2 Valor cultural**

O valor cultural da geodiversidade se manifesta nas inúmeras relações que existem entre a sociedade e o mundo natural que a rodeia, sendo por este motivo, mais facilmente assimilado quando comparado ao valor anterior. Para Brilha (2005), este valor é conferido pelo homem quando se reconhece uma forte interdependência entre o seu desenvolvimento social, cultural (e/ou religioso) e o meio físico que o cerca.

Existem inúmeras relações entre a sociedade e os elementos da geodiversidade, sejam no processo de ocupação de determinada região, no uso destes elementos para a sua sobrevivência e desenvolvimento, ou na identidade destas populações (MOCHIUTTI et al, 2011). No Brasil, por exemplo, os nomes atribuídos a algumas localidades estão diretamente relacionados aos aspectos

geológicos ou geomorfológicos apresentados pela geodiversidade, tais como Diamantina, em Minas Gerais, e Serra Caiada, localizada no Rio Grande do Norte (Figura 12).

Ainda nesta perspectiva, devemos também nos referir a questões arqueológicas e históricas, bem como mitos e outras explicações com forte expressão mística ou religiosa associadas a aspectos geológicos (GRAY, 2004). Segundo Silva (2006), o valor cultural se traduz num conjunto de aspectos geológicos com relevância cultural intangível que possuem, ou possuíram no passado, uma especial significação simbólica ou emocional para a sociedade.



Figura 12 – Pórtico de entrada da cidade de Serra Caiada (RN), destacando o elemento natural como a rocha (pedra) mais antiga da América do Sul. (Adaptado NASCIMENTO et al, 2008)

#### **4.3.1 Valor estético**

As inúmeras maneiras de se atribuir valor estético à geodiversidade, desde o ato de se colecionar minerais até a contemplação de grandes formas de relevo, são de fato reconhecidas pela comunidade científica. Muitas paisagens são consideradas exuberantes, mas definir qual delas é mais bela é algo muito discutível. Por este motivo, este valor também é considerado de difícil compreensão, devido à subjetividade de sua quantificação.

Ao desfrutar de uma paisagem, nem sempre o observador tem a percepção do papel da Geodiversidade no reconhecimento dos aspectos inerentes a ela, no sentido de respeitar a sua individualidade e de reconhecer a sua identidade (SILVA,

2006). Neste sentido, a contemplação da paisagem pode ser valorizada se for acrescentada de informação científica da estrutura geológica intrínseca àquela paisagem, pois através dos seus aspectos geológicos e geomorfológicos, a paisagem transmite a memória histórica da Terra e dos cenários ambientais do passado.

No Brasil, são inúmeros os exemplos de paisagens cuja beleza cênica da feição geomorfológica está associada a imagens conhecidas, tais como a Pedra da Boca, na Paraíba, a Pedra do Sapo, no Rio Grande do Norte e a Pedra do Cão Sentado, no Rio de Janeiro (Figura 13). Estas geformas costumam ser bastante visitadas e geralmente encontram-se protegidas dentro de Parques Estaduais.



Figura 13 – a) Pedra da Boca (PB); b) Pedra do Sapo (RN); c) Pedra do Cão Sentado (RJ). (Fonte: <http://www.images.google.br>)

#### **4.3.2 Valor econômico**

Dentre os valores da geodiversidade este é o valor mais fácil de quantificar, visto que as pessoas estão habituadas a atribuir valor econômico a praticamente todos os bens e serviços. Elementos da geodiversidade, tais como rochas, minerais, sedimentos, fósseis e água subterrânea, dependendo de sua aplicação e concentração, podem ter aproveitamento econômico (MOCHIUTTI et al, 2011).

O reconhecimento da importância da geodiversidade, associada à exploração de recursos minerais e energéticos para o desenvolvimento e progresso da sociedade tecnológica é um conceito comum à população como um todo. Sendo assim, torna-se compreensível que os materiais geológicos, rochas, sedimentos, solos, minerais e mesmo fósseis (usados como combustíveis ou matérias-primas) tenham um valor econômico bem fundamentado, dependente das forças de oferta e procura existentes no mercado.

### **4.3.3 Valor funcional**

O valor funcional da geodiversidade foi introduzido por Gray (2004) atribuindo que seu conceito não se aplicava aos princípios de conservação da natureza (BRILHA, 2005; SILVA, 2006). Para Brilha (2005), o valor funcional da geodiversidade pode ser encarado sob dois aspectos distintos: adotando o seu valor *in situ* ao considerar o seu caráter utilitário ao ser humano; e o seu valor enquanto substrato para sustentação dos sistemas físicos e ecológicos da superfície da Terra.

Em termos gerais, o primeiro refere-se à valorização da geodiversidade que se mantêm no local de origem, exemplificado por meio do suporte para a realização das mais variadas atividades humanas, seja no seu uso para o armazenamento de certas substâncias, como a água subterrânea em determinadas rochas, ou na utilização de seus elementos para construção de grandes obras de infraestrutura, por exemplo. O segundo refere-se aos locais onde a geodiversidade atuou como substrato à biodiversidade, definindo as condições ideais para a sua implementação e desenvolvimento.

### **4.3.4 Valor científico**

O valor científico consiste no acesso e posterior estudo da geodiversidade, tanto no âmbito fundamental, cujo intuito é permitir sua identificação e interpretação, de modo a buscar e desvendar a história geológica da Terra; quanto no caráter aplicado, o qual ajuda as populações a evitarem, por exemplo, áreas de potenciais riscos geológicos (vulcanismo, terremotos), influenciando na melhoria das relações de convivência entre as pessoas e a geodiversidade.

### **4.3.5 Valor educativo**

Por fim, o valor educativo consiste em um conjunto de práticas educativas voltadas ao ensino de Ciências da Terra. A transmissão de conceitos geocientíficos pode ocorrer por meio de atividades educativas formais (atendendo o público escolar) ou informais (correspondendo ao público leigo). Os trabalhos de campo apresentam um valor educativo de extrema relevância a todos os públicos, visto que

é necessário estabelecer esse contato com o meio natural, de modo a influenciar na conscientização e valorização dos ambientes naturais pertencentes ao planeta Terra (NASCIMENTO et al, 2008).

"O aspecto robusto da maior parte das rochas confere aos objetos geológicos uma aparência de resistência e durabilidade" (BRILHA, 2005). No entanto, a geodiversidade está sujeita a diversas ameaças, principalmente àquelas geradas por consequência de atividades antropológicas, tais como a falta de conhecimento da população sobre a sua importância; o desenvolvimento de obras de engenharia e estruturas; florestamento, desmatamento e agricultura; exploração dos recursos geológicos de maneira não planejada; atividades militares; atividades recreativas e turísticas sem planejamento; e coleta de amostras para fins não científicos (GRAY, 2004). Contudo, nem todos os processos relacionados à erosão e às mudanças climáticas, os quais se configuram em potenciais ameaças à geodiversidade, são consequências das atividades humanas. Alguns desses processos resultam da dinâmica interna da Terra, por meio de atividades sísmicas, vulcânicas e de fenômenos climáticos extremos.

Brilha (2005) acredita que grande parte de todas as ameaças listadas por Gray (2004) tem por base a falta de conhecimento científico básico, tanto dos responsáveis políticos e técnicos, como do público em geral (Figura 14). Para o autor, a maior parte dos problemas poderia até mesmo ser eliminado, se os responsáveis possuíssem um mínimo de conhecimento técnico científico na área das Ciências da Terra.

A geodiversidade é tão importante quanto à biodiversidade. Dessa forma, para que haja medidas eficazes voltadas à conservação e promoção de todo o patrimônio natural, é necessário tratá-las em conjunto, visto que as atuais ações que contribuem para a conservação da natureza estão dirigidas, quase somente, aos bióticos.

Com o aumento do conhecimento da população acerca dos conceitos que envolvem à geodiversidade, bem como a sua importância a todos os seres vivos, no que diz respeito à disponibilização dos recursos necessários a manutenção da vida na Terra, a comunidade científica espera que ocorra a ampliação da proteção do patrimônio geológico. Para isso, algumas estratégias de geoconservação deverão ser adotadas.

Segundo Brilha (2005), estas estratégias consistem na caracterização de uma metodologia de trabalho visando sistematizar tarefas no âmbito da conservação do patrimônio geológico de uma dada área. O autor agrupou-as nas seguintes etapas sequenciais: inventário, quantificação, classificação, conservação, valorização e divulgação e, finalmente, monitoramento.



Figura 14 – Exemplo de dano causado à geodiversidade: Pichação de propaganda política em afloramento didático em corte de estrada causado em virtude da falta de conhecimento (ou sensibilidade) popular. (NASCIMENTO et al, 2008).

#### **4.4 Estratégias de Geoconservação**

##### **4.4.1 Inventário**

O inventário de geossítios consiste na primeira etapa para o desenvolvimento de uma estratégia de geoconservação, na qual deve ser feita um levantamento sistemático em toda área de estudo de modo a identificar, selecionar e caracterizar os elementos significativos da geodiversidade dignos de proteção, uma vez que é inviável proteger todos os elementos da geodiversidade do planeta (LIMA, 2008).

Durante este processo, é fundamental o levantamento minucioso de informações, bem como registros fotográficos da área de estudo. Além disso, os

geossítios devem ser devidamente assinalados numa carta topográfica e/ou geológica. Alguns recursos podem facilitar este processo, tais como o uso de GPS, documentação fotográfica de feições geológicas e geomorfológicas, fotografias aéreas e o preenchimento dos dados coletados em ficha de inventário, que pode ser adaptada aos objetivos específicos e às características de cada região.

O inventário feito em campo deve ser sustentado no conhecimento científico de pesquisadores que estudaram a área e complementado com a consulta de bibliografia especializada sobre a região.

#### **4.4.2 Quantificação**

A quantificação é a etapa posterior ao levantamento e caracterização dos geossítios. No entanto, é sugerido realizá-la durante a fase de inventário. É um processo que apresenta certa dificuldade em sua realização, visto não é fácil definir os critérios que podem determinar o porquê de um dado geossítio ter uma valoração maior em detrimento de outro numa mesma área.

Com o objetivo de reduzir determinadas subjetividades nos processos de avaliação, algumas metodologias foram propostas. Elas surgiram em meados da década de 1990 na Espanha, Suíça e Itália, em decorrência de trabalhos associados a Estudos de Impactos Ambientais (EIA) e, no decorrer dos anos, tem-se observado um constante crescimento de estudos voltados a esta temática (PEREIRA, 2006).

#### **4.4.1 Classificação**

A classificação é a etapa posterior à quantificação dos geossítios considerados relevantes, visando dotar o patrimônio geológico de um regime legal para sua proteção, conservação, gestão e monitoramento. No entanto, este processo encontra-se totalmente subordinado ao estatuto legal característico de cada país (BRILHA, 2005; LIMA, 2008).

Segundo Nascimento et al (2008), para o caso brasileiro, a Lei do SNUC<sup>8</sup> pode ser utilizada para a classificação do patrimônio geológico. Contudo, trata-se de uma lei nacional cujos entraves burocráticos provocam certa demora na sua efetiva classificação e posterior conservação. Esta limitação burocrática também ocorre nos âmbitos estadual e municipal, visto que as leis são diferentes e variam de Estado para Estado e mesmo de município para município, sendo necessário haver um consenso para a classificação dos geossítios.

Visto que o patrimônio geológico apresenta fragilidades, seja intrínseca ao elemento ou decorrente de seu uso potencial, sua classificação em área legalmente protegida seria a melhor forma de conservá-lo. No entanto, a burocracia e o desinteresse do poder público intensificam as dificuldades para o processo de classificação dos geossítios, sendo necessário desenvolver alternativas para tal.

Para Lima (2008), uma das possíveis alternativas é tentar enquadrar o geossítio em outras legislações ambientais vigentes no território, possibilitando assim, a conservação do patrimônio geológico de forma indireta. Outra possível alternativa seria investir em estratégias de educação ambiental, possibilitando assim atingir todos os cidadãos pela disseminação do conhecimento sobre o ambiente, a fim de ajudar na sua preservação e utilização sustentável dos seus recursos.

#### **4.4.2 Conservação**

Para cada um dos geossítios a estratégia de conservação deve se proceder com a avaliação da vulnerabilidade de degradação, ou perda do patrimônio, frente aos fatores naturais e antrópicos (BRILHA, 2005). Desta forma, é possível conhecer os geossítios que apresentam maior ou menor risco à deterioração para que, de acordo com sua relevância, possa se definir futuras estratégias à sua geoconservação.

A geoconservação tem por objetivo principal assegurar a integridade física do patrimônio geológico, sem restringir o acesso do público ao mesmo. Todavia, em alguns casos, para assegurar tal integridade, é necessário desenvolver intervenções adequadas tanto ao elemento da geodiversidade que se almeja conservar, quanto

---

<sup>8</sup> Lei que instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), criada em 18 de Julho de 2000 para estabelecer os critérios e normas para a criação, implantação e gestão das unidades de conservação.



ao tipo de uso que se pretende promover no geossítio. Gray (2004) exemplifica uma dessas intervenções em locais que possuam significativos elementos da geodiversidade, tais como fósseis raros, por meio da restrição física ao local, no caso de tais elementos não conseguirem manter-se preservados quando submetidos à visitação turística, por exemplo, conservando-o da maneira que foi encontrado.

Em algumas situações, o elemento geológico de determinado geossítio não é passível de conservação *in situ*. Isso ocorre, por exemplo, quando há elevado risco de degradação natural, roubo ou atos de vandalismo. Nestas situações, Brilha (2005) afirma que pode ser justificada a retirada de elementos geológicos de excepcional valor, seguida de sua posterior conservação e exposição em instituições de acesso público, tais como museus e universidades.

Para Gray (2004), as paisagens e os elementos que as compõem, devem ser mantidos de forma natural, evitando alterações nos seus processos formadores, na topografia, nos solos e nos afloramentos rochosos. Além disso, as paisagens são consideradas excelentes instrumentos de promoção e divulgação da geodiversidade, possibilitando a sensibilização e conscientização da sociedade para a geoconservação.

#### **4.4.3 Valorização e Divulgação**

A valorização e divulgação do patrimônio geológico são importantes estratégias de geoconservação (Nascimento et al, 2008). O autor afirma que os geossítios que apresentam baixa vulnerabilidade à degradação podem ser divulgados quando integrados a roteiros geoturísticos; enquanto os sítios de maior relevância deverão ser divulgados após estarem asseguradas as condições necessárias para a sua conservação.

Brilha (2005) corrobora que a valorização de um geossítio compreende o conjunto de ações voltadas à transmissão de informações e interpretações que irão ajudar o público a reconhecer o seu valor. Os painéis explicativos e interpretativos expostos nestes locais exemplificam tais ações, refletindo no aumento do interesse deste público em preservar e difundir a área (Figura 15 a/b). A divulgação, portanto, compreende a propagação e a ampliação desta conscientização da sociedade em relação à conservação do patrimônio geológico.



a



b

Figura 15 – a) Placa rodoviária com a indicação de ponto de interesse geológico; b) Exemplo de painel interpretativo colocado em geossítio do Rio de Janeiro. (Fonte: [www.caminhosgeologicos.rj.gov.br](http://www.caminhosgeologicos.rj.gov.br))

Além dos painéis informativos, existem outras formas de valorizar e divulgar o patrimônio geológico, tais como a produção de livros e cartilhas, centros de interpretação, produção de páginas da Internet, CD ou DVD-ROM, confecção de brindes temáticos ao geossítio (canetas, bonés, jogos, bijuterias) e a promoção de eventos que atraiam o público oferecendo atividades didáticas, palestras e cursos (Figura 16).



Figura 16 – Oficina de réplicas de fósseis do Geoparque Araripe<sup>9</sup> - CE. Na imagem temos crianças com deficiência visual participando de um dos projetos voltados à divulgação do patrimônio geológico local. (Fonte: <http://geoparkararipe.blogspot.com.br>)

#### **4.4.4 Monitoramento**

Prevista como a última das etapas relativas às estratégias de geoconservação, o monitoramento é provavelmente uma das fases mais importantes deste processo, visto que a análise da evolução do estado de conservação dos geossítios ao longo do tempo é realizada neste estágio.

Entende-se por monitoramento o processo de verificação periódica da perda de relevância de um determinado geossítio ao longo do tempo. Para melhor percepção das modificações que os geossítios poderão apresentar depois de certo período, é recomendável que os técnicos responsáveis por esta etapa das estratégias de geoconservação, também tenham participado das anteriores, de modo a ter a percepção mais concreta das modificações sofridas pelo geossítio (BRILHA, 2005; NASCIMENTO et al, 2008).

De acordo com Porréca (2006), o monitoramento é um instrumento de controle e avaliação que serve para conhecer o estado e as tendências qualitativas e quantitativas dos recursos naturais e as influências exercidas pelas atividades humanas e por fatores naturais sobre o meio ambiente. Desta forma, subsidia medidas de planejamento, controle, recuperação, preservação e conservação do ambiente em estudo, bem como auxilia na definição das políticas ambientais.

---

<sup>9</sup> O Geoparque Araripe, localizado ao sul do Estado do Ceará, é um dos principais sítios geológicos do Período Cretáceo, apresentando uma imensa quantidade de fósseis preservados.

Em função da vulnerabilidade de muitos geossítios, devido a fatores naturais ou antrópicos, recomenda-se que o processo de monitoramento seja realizado anualmente, com vistas à manutenção da relevância do referido patrimônio geológico.

## 5. DESCRIÇÃO DOS GEOSSÍTIOS

### 5.1 Introdução

O litoral norte paulista contempla em sua história geológica registros da amalgamação e fragmentação do Supercontinente Gondwana, ocorridos respectivamente entre o Neoproterozoico-Cambriano, durante o Ciclo Brasileiro, e o Jurássico-Cretáceo. Tais eventos foram responsáveis pela formação de grande parte das rochas observadas na região, representadas pelas unidades dos gnaisses peraluminosos, gnaisses bandados e granitos-gnaisses migmatíticos (Figura 17), que podem ser observadas nos diversos afloramentos distribuídos pelo município de São Sebastião.

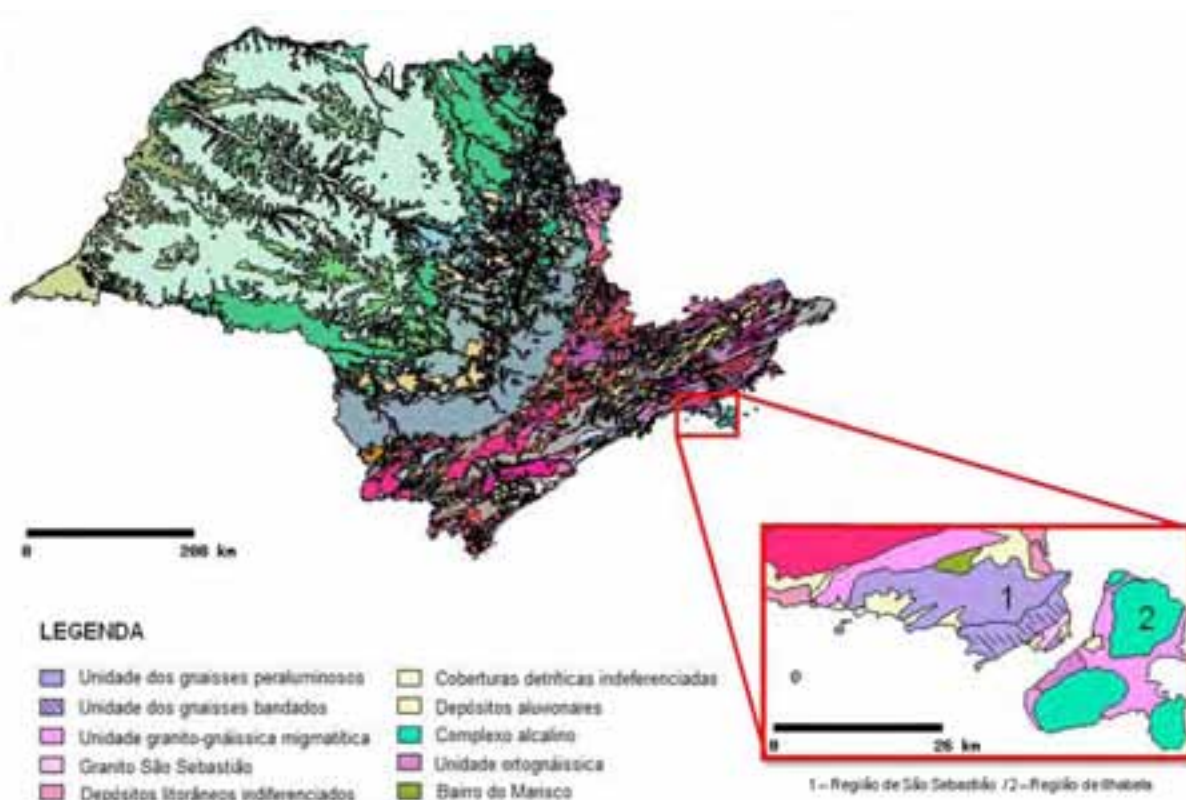


Figura 17 - Distribuição espacial das unidades geológicas de São Sebastião. (Adaptado de PERROTA et al.,2005)

As características geológicas e geomorfológicas presentes no município de São Sebastião são responsáveis pela formação de feições paisagísticas de singular beleza cênica. Estas feições são decorrentes de processos tectônicos e da dinâmica externa, especialmente no que se refere à zona de cisalhamento transcorrente Camburu, uma importante feição que corta o município em praticamente toda sua extensão, exibindo grandes formações rochosas e altitudes que podem atingir 750 metros, como no caso da Serra do Juqueriquerê, nome local da Serra do Mar em São Sebastião (CAMPANHA et al, 1994). Os eventos tectônicos, como o choque entre as placas, relacionado à dinâmica interna do planeta, também são responsáveis pelos diferentes litotipos encontrados na região, bem como pelas estruturas observadas em muitos dos geossítios selecionados, dentre as quais se destacam:

- **Foliações:** Principais estruturas dúcteis observadas na região, presentes na maioria dos litotipos do embasamento, onde a orientação principal corresponde à direção NE-SW com ângulo dos mergulhos variando de baixo até subvertical. Ocorrem, principalmente, sob a forma de bandamento gnáissico, dado pela alternância entre bandas claras e escuras nas rochas; e de foliações miloníticas, definidas por planos paralelizados e bem desenvolvidos, envolvendo o estiramento dos minerais constituintes da rocha;
- **Dobras:** Estruturas dúcteis resultantes da transformação de uma superfície, geralmente plana, numa superfície curva, em consequência, principalmente, de esforços tectônicos. Segundo Gomes (2012), as dobras da região variam de abertas a isoclinais (quando o ângulo entre os flancos é igual a zero) e são definidas ora pelos planos de foliação ora pelas bandas leucossomáticas;
- **Boudins:** Correspondem às partes estiradas de uma rocha resistente, produzidas pelo processo de *boudinagem*, no qual uma rocha ou mineral adquire um formato lenticular, assumindo a aparência de uma “salsicha” (*boudin* em francês, por isso o nome). Neste processo, as camadas menos resistentes se deformam com maior intensidade

provocando a *boudinagen* da rocha mais resistente. Os corpos podem ocorrer como uma sucessão contínua ou podem se romper, formando corpos lenticulares aos se separarem, cujos tamanhos podem variar de centímetros a dezenas de metros. No município, os *boudins* e alguns enclaves estirados são assimétricos, podendo indicar componente de cisalhamento (GOMES, 2012), e apresentam, predominantemente, composição anfibolítica, mas podem ocorrer como dioritos e rochas cálcio-silicáticas.

- Diques: Representam corpos tabulares intrusivos que se encontram discordantes à foliação ou acamamento da rocha encaixante, de forma subvertical. Quando a intrusão ocorre deforma subhorizontal, temos a ocorrência de um *sill*. A composição dos diques, de forma geral, pode variar bastante, sendo a caracterização dos litotipos extremamente importante para separar eventos tectônicos associados a diferentes pulsos de magmatismo (GOMES, 2012). Na região ocorrem, predominantemente, corpos de diabásio, que apresentam granulometria fina e matriz composta essencialmente por cristais de plagioclásio e minerais opacos; e lamprófios, os quais são compostos por rochas máficas a ultramáficas, com mineralogia variada, apresentando, geralmente, texturas porfíricas com cristais bem formados (GARDA, 1995).
- Fraturas: O termo engloba todas as deformações acompanhadas de uma ruptura da rocha, observadas em diferentes escalas em quase todos os corpos rochosos. Na região, quase todas as rochas encaixantes encontram-se fraturadas nos mais variados ângulos, sendo que o fraturamento de algumas delas pode estar relacionado à presença de diques, apresentando direções semelhantes às dos corpos intrudidos, ou, quando ausentes, as orientações ficam próximas às da foliação da rocha. Gomes (2012) afirma que algumas fraturas apresentam indícios de componente de cisalhamento simples.

Diante do exposto, a geodiversidade de São Sebastião está representada na ocorrência de rochas das mais variadas idades, origens, características texturais e composição mineral (que influenciam na composição do solo), estruturas presentes nas rochas, além dos mangues, das ilhas, dos costões rochosos e das zonas marinhas. Além de contemplar todos estes aspectos, o município apresenta ainda registros de um contexto histórico que remonta 2500 anos, representado pela ocupação dos chamados “povos sambaquis”. No âmbito cultural, Santos (2011) corrobora que os vestígios presentes nos sítios arqueológicos e nas diversas construções do período colonial são testemunhos dos hábitos e ocupação dos europeus, que influenciaram na construção da identidade dos indivíduos que residem na região. Além disso, a região detém a mais importante área de Mata Atlântica preservada no Brasil, o que aumenta sua importância como zona protegida (GARCIA, 2012), favorecendo a valorização dos geossítios.

## **5.2 *Inventário e caracterização dos geossítios***

Conforme discutido no capítulo anterior, o inventário do patrimônio geológico consiste na primeira etapa para o desenvolvimento de uma estratégia de geoconservação, surgindo como um importante instrumento no processo de quantificação de geossítios, de modo a caracterizar e selecionar os elementos representativos da geodiversidade dignos de proteção, além de determinar possíveis medidas de proteção aos mesmos (LIMA, 2008).

O inventário pode ter inúmeros objetivos, além de identificar, listar e classificar o patrimônio geológico de uma dada região. Ao estabelecer uma base de dados relativa ao patrimônio, ele contribui com o aumento do interesse da opinião pública acerca das medidas necessárias à geoconservação. No mais, o inventário também pode ser útil para facilitar o ordenamento territorial e, por conseguinte, aperfeiçoar a gestão dos recursos geológicos e das paisagens naturais, possibilitando o uso sustentável destes recursos e a proteção da natureza (LIMA, 2008; RODRIGUES, 2008).

Para São Sebastião, o inventário dos potenciais geossítios teve como principal critério de seleção o valor científico dos mesmos. Por isso foram escolhidos como pontos-chaves para o entendimento da história evolutiva do município, com o



intuito de demonstrar processos relevantes do ponto de vista geológico. São eles: Feições de deformação da Jureia/Engenho, Feições de Injeção de Jaquehy, Ilhote de Camburizinho, Gnaisses de Boiçucanga, Sistema de Diques da Baía do Araçá, Praia do Cabelo Gordo (CEBIMAr), Mirante da Trilha da Praia Brava, Milonitos da Zona de Cisalhamento Camburu e o Arquipélago de Alcatrazes (Figura 18).



Figura 18 – Distribuição dos geossítios (Desenvolvido por Carlos Eduardo Mazoca – GeoHereditas)

### 5.2.1 Geossítio: Feições de deformação da Jureia/Engenho

<b>Localização:</b>	<b>Costão entre as praias da Jureia e Engenho</b>
<b>Coordenadas (UTM):</b>	0420150/7371531
<b>Acesso:</b>	Km 186 Rod. Dr. Manoel Hipólito Rego (SP-55)
<b>Dimensão:</b>	150m x 8m
<b>Caracterização sucinta:</b>	Rocha protomilonítica deformada e rica em profiroclastos de feldspato potássico estirados, intercaladas com níveis de rocha onde a foliação é mais evidente e a granulação é mais fina.
<b>Litotipo predominante:</b>	gnaisse protomilonítico
<b>Unidade (classificação CPRM):</b>	Granito-gnássica migmatítica (NPccgm)



Figura 19 – Localização do Geossítio Feições de Deformação da Jureia/Engenho

#### Descrição:

Localizado entre as praias da Jureia e do Engenho este geossítio apresenta excelente exposição e é de fácil acesso, que pode ser feito pela rodovia principal (SP-55) até a praia da Jureia, ou pela praia do Engenho para quem vem sentido Bertioxa partindo da praia da Barra do Una pela Av. Magno P. Bittencourt. Trata-se de um extenso lajedo rochoso com dimensões aproximadas de 150m x 8m que se

enquadra pela CPRM na unidade granito-gnáissica migmatítica (PERROTA et al., 2005).

A rocha é um granito porfirítico composto por cristais de feldspato potássico, que atingem até 10 cm, imersos em uma matriz mais fina. A rocha apresenta uma foliação milonítica (Figura 20) por vezes bem desenvolvida, associada à Zona de Cisalhamento Camburu (Figura 21).

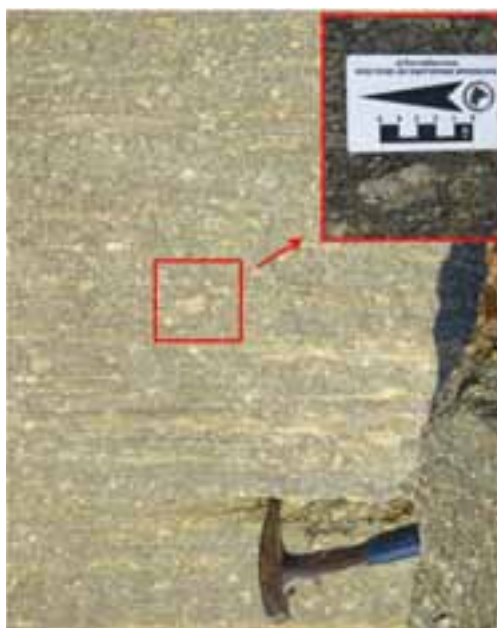


Figura 20 – Foliação milonítica bem desenvolvida associada à Zona de Cisalhamento Camburu. No detalhe porfiroclasto de feldspato assimétrico com indicação de movimento destal.



Figura 21 - Orientação da Zona de Cisalhamento Camburu em relação ao Geossítio

As rochas que ocorrem ao longo da Zona de Cisalhamento Camburu compreendem desde protomilonitos a ultramilonitos além da clatacasitos, predominantemente quartzo feldspáticos, que apresentam foliação milonítica mergulhando com altos ângulos para NW (CAMPANHA & ENS, 1996; MAFFRA, 2000; MORA, 2010). No afloramento observa-se uma foliação subvertical, que mergulha cerca de 60° para NW. Esta foliação está associada a uma lineação de estiramento de quartzo e o feldspato, indicando a direção de movimento. Perpendicular a este plano, observam-se indicadores cinemáticos em cristais de feldspato indicando movimentação destal (Figura 22). No geossítio, determinados locais não apresentam esta foliação tão visível; em outros, observam-se bandamentos na rocha e diminuição do tamanho dos cristais de feldspato.



Figura 22 – Indicadores cinemáticos. Detalhe para intrusão pegmatítica com granada.

Orientados ao longo da foliação ocorrem *boudins* compostos por anfíbolito, que variam entre 50 cm e 1 metro de comprimento (Figura 23 a/c). Estes corpos máficos foram formados durante processos de boudinagem, no qual camadas menos resistentes se deformam com maior intensidade provocando o estiramento da rocha mais resistente, no caso as rochas máficas que constituem estes *boudins*.

Um dique de orientação N50E mergulhando 45° para NE (RAPOSO, 2014, informação verbal<sup>10</sup>), de dimensões aproximadas de 5m x 1m (Figura 23b), corta toda a rocha milonítica e representa o estágio final do processo de separação do

<sup>10</sup> Dados fornecidos pela Prof.<sup>a</sup> Dra. Maria Irene B. Raposo, Instituto de Geociências – USP, 2014.



Supercontinente Gondwana. Este corpo intrusivo resulta do magmatismo toleítico decorrente do processo de ruptura continental seguido da abertura do Oceano Atlântico (GARDA & SCHORSCHER, 1994).

Duas famílias de fraturas são notadas por todo afloramento, além de juntas, ou fendas *en echelon* (Figura 23c) por vezes preenchidas por quartzo e compatíveis com uma movimentação destal sob regime rúptil.



Figura 23 – Feições representativas do Geossítio: a) *Boudins* métricos; b) Dique; c) Fraturas *en echelon* em padrão escalonado com ângulos compatíveis com a movimentação destal. Detalhe para outro *boudin* orientado na mesma direção da referida foliação.

Do geossítio, é possível observarmos a Serra do Mar e algumas ilhas do município, tais como As Ilhas, Ilha das Couves e Montão de Trigo, que estão mais próximas ao continente (Figura 24), e, dependendo da visibilidade, o Arquipélago de Alcatrazes, que se encontra mais distante, a cerca de 40 km de distância. Neste contexto, é possível abordar assuntos relacionados tanto à formação da Serra do

Mar como também das ilhas da região, salientando a variação do nível do mar e processos associados.



Figura 24 – Panorâmica com vista para algumas ilhas do município (Foto: Vanessa Mucivuna)

O valor científico do geossítio se justifica em sua representatividade, visto que é o único costão rochoso conhecido no município que registra a foliação milonítica associada à Zona de Cisalhamento Camburu. Além disso, a integridade e seu potencial turístico aumentam o valor do afloramento. Embora as praias sejam frequentadas por turistas durante todo o ano, o afloramento em si encontra-se muito bem preservado e apresenta apenas vulnerabilidade a processos naturais.

Com relação ao seu potencial didático, o geossítio configura-se num excelente local para exemplificar diversos processos, tais como a formação da Serra do Mar, tectônica de placas, variação nos padrões de deformação, correlações geocronológicas, dentre outros, podendo ser utilizado pela comunidade acadêmica, alunos de graduação, de pós-graduação e ensino médio. Além disso, o afloramento é extenso e de fácil acesso, comportando dezenas de alunos com segurança.

### 5.2.2. Geossítio: Feições de injeção de Juquehy

<b>Localização:</b>	<b>Costão direito da praia de Juquehy</b>
<b>Coordenadas (UTM):</b>	0423078/7371180
<b>Acesso:</b>	Km 177 Rod. Dr. Manoel Hipólito Rego (SP-55)
<b>Dimensão:</b>	200m x 8m
<b>Caracterização sucinta:</b>	Paragnaisse caracterizado pela presença de núcleos anfibolíticos e por injeção de rocha granítica, com possível migmatização associada.
<b>Litotipo predominante:</b>	metagabro (com injeção de leucogranito com granada).
<b>Unidade (classificação CPRM):</b>	Granito-gnássica migmatítica (NPccgm)



Figura 25 - Localização do Geossítio Feições de injeção de Juquehy

#### Descrição:

Este geossítio, localizado no costão direito da praia de Juquehy, consiste num afloramento que se estende cerca de cem metros, tem fácil acesso e apresenta excelente exposição, principalmente durante a ocorrência de marés baixas.

Segundo a literatura, o geossítio é composto por dois conjuntos litológicos principais: rochas félsicas (paragnaisse de composição granítica) e anfibolíticas

(metagabro). Segundo Dias Neto et al. (2008), o conjunto das rochas de composição granítica contém cerca de 30% de quartzo, 20% de microclínio, 20% de plagioclásio e 20% de biotita, apresentando grânulos de quartzo recristalizados, os quais, juntamente com a biotita e o feldspato, encontram-se organizados em faixas. A formação de clorita por meio da alteração da biotita ocorre na área, indica a ocorrência de processo retrometamórfico. Além disso, os porfiroblastos de feldspato potássico ocorrem em grande quantidade ao longo da foliação, justificando a designação, atribuída por Maffra (2000), de “augen” gnaiss Juquehy, pois se apresenta em “forma de olhos”. O conjunto das rochas anfíbolíticas, predominante no local, é representado por corpos máficos, classificados como metagabros, repleto de injeções de veios quartzo-feldspáticos associados à fase pegmatítica (DIAS NETO et al., 2009). Os autores afirmam ainda que ambos os corpos foram metamorfizados e deformados simultaneamente. Coutinho e Tassinari (1991) relatam a existência de plagioclásio-hornblenda webserito nos núcleos *boudinados*, que se encontram no interior dos paragneisses, abundantes no afloramento.

Na porção mais próxima à praia observa-se abundantes núcleos anfíbolíticos com intrusões pegmatíticas (Figura 26). Tais intrusões entrecortantes, que frequentemente mostram-se deformadas (Figura 27), ocupam uma área considerável do geossítio e registram as correlações temporais existentes entre os litotipos (Figura 28). Seguindo pelo costão em direção ao mar predomina o “augen” gnaiss Juquehy (MAFFRA, 2000). Neste ponto a rocha mostra-se bandada e repleta de cristais de feldspatos bem desenvolvidos (Figura 29).

O geossítio apresenta ainda evidências de processos de migmatização em alguns locais (Figuras 30 a/b). Os migmatitos são gerados por meio da fusão parcial *in situ* de rochas de alto grau metamórfico (SAWYER, 2008), ou seja, a partir de corpos que foram submetidos a condições de elevada pressão e temperatura resultando rochas híbridas com pelo menos duas partes distintas. São formadas, predominantemente, a partir de corpos graníticos, mas podem ocorrer em gnaisses ou xistos que passaram de um metamorfismo progressivo de médio para alto grau (MEHNERT, 1968).





Figura 26 – Vista geral do início do geossítio, onde é possível observar as injeções pegmatíticas nos anfibolitos

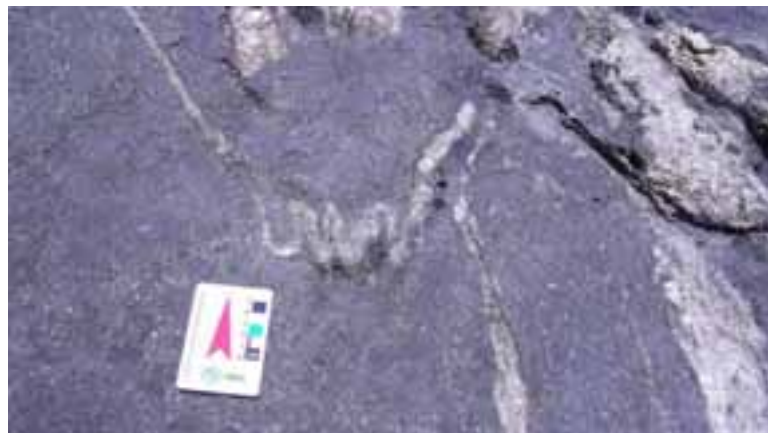


Figura 27 – Detalhe da intrusão pegmatítica deformada (Foto: Vanessa Mucivuna)



Figura 28 – Relações entrecortantes das intrusões pegmatíticas em diferentes pontos do anfibolito.



Figura 29 – Augen gnaiss Juquehy finamente bandado.

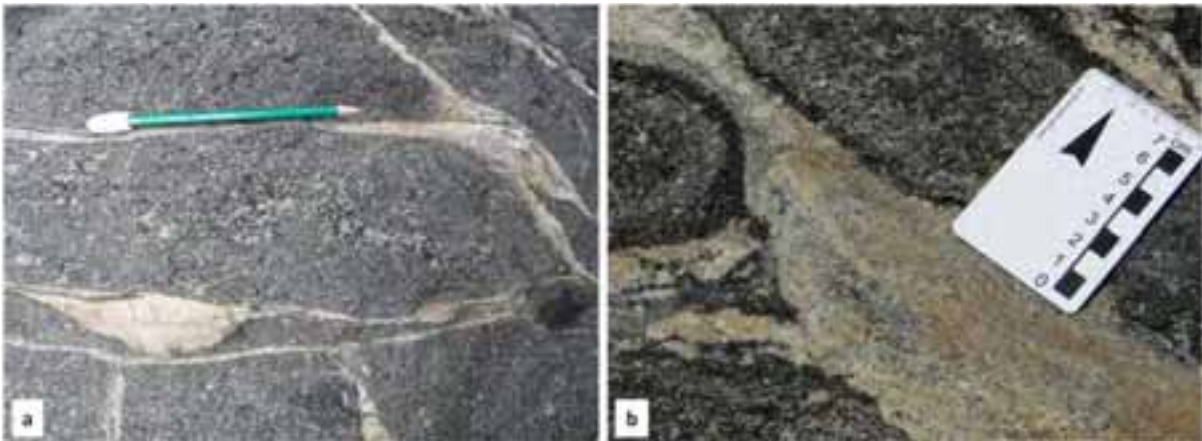


Figura 30 – a e b) Indícios de migmatização em diferentes pontos do afloramento

O geossítio apresenta ainda um dique de direção N94E mergulhando 45° para SE (RAPOSO, 2014, informação verbal<sup>11</sup>), com espessura de cerca de 70 cm, que corta do o conjunto (Figura 31 a).

Outras feições, como zonas de esfoliação e fraturamento, com intrusão de veios de quartzo, também ocorrem no geossítio e lhe agregam valor, especialmente didático (Figura 31 b).



Figura 31 – a) Dique; b) Esfoliação com fraturas preenchidas por quartzo. Detalhe da esfoliação.

A título de curiosidade, o geossítio apresenta inúmeros blocos métricos com fissuras poligonais que lhe conferem um formato de “pão broa” (Figura 32 a), semelhantes às presentes em blocos de um dos geossítios mais famosos do *Arouca Geopark*, em Portugal, conhecido como geossítio “Pedras Boroas do Junqueiro” (Figura 32 b), de elevado potencial didático e turístico. As fissuras que caracterizam ambos geossítios são decorrentes de processos intempéricos ocorridos ao longo dos anos, cujos agentes erosivos atuam sobre superfícies de maior fraqueza moldando as fissuras poligonais observadas na rocha.

<sup>11</sup> Dados fornecidos pela Prof.<sup>a</sup> Dra. Maria Irene B. Raposo, Instituto de Geociências – USP, 2014.





Figura 32 – a) Blocos fissurados no geossítio. Detalhe para o formato em “broa”; b) Geossítio Pedras Boroas do Junqueiro, Arouca Geopark, Portugal.

O valor científico do local se justifica em sua integridade, visto que os inúmeros processos e feições descritos, como as correlações de injeção pegmatítica e processos erosivos, por exemplo, são facilmente observáveis na área; representatividade, pois é o único costão do município que exhibe esta quantidade de intrusão de material félsico em rocha anfibolítica, onde é possível estabelecer correlações geocronológicas entre elas; e conhecimento científico, visto que existem publicações com dados geoquímicos, estruturais e geocronológicos da área, aumentando sua importância enquanto geossítio.

Além disso, a singularidade do geossítio se expressa no potencial didático já consolidado que ele possui, pois o local é visitado em aulas de campo da disciplina de Petrologia Ígnea do curso de Bacharelado em Geologia da Universidade de São Paulo, para que os alunos observem a ocorrência dos diferentes tipos de rochas magmáticas, os processos de migmatização e explorem a geometria tridimensional dos corpos injetados a partir de medidas de atitude de foliações e dos contatos, para posterior tratamento de dados em aulas teóricas<sup>12</sup>.

Do ponto de vista turístico, o geossítio se encontra em uma das praias mais visitadas do município de São Sebastião, o que potencializa a economia local. Mesmo com o alto número de visitantes na área, o geossítio encontra-se em perfeito estado de conservação e não sofre ameaças antrópicas.

<sup>12</sup> Informações retiradas do roteiro da atividade de campo no litoral norte de São Paulo, entregue aos alunos da disciplina GMG0331 – Petrologia Ígnea, 2014.

### 5.2.3. Geossítio: Ilhote de Camburizinho

<b>Localização:</b>	<b>Lado esquerdo da praia de Camburizinho</b>
<b>Coordenadas (UTM):</b>	0434032/7369987
<b>Acesso:</b>	Km 166 Rod. Dr. Manoel Hipólito Rego (SP-55)
<b>Dimensão:</b>	150m x 100m
<b>Caracterização sucinta:</b>	Extenso afloramento com exposição de estruturas que registram eventos distintos dentro da história geológica da região, como a foliação bem desenvolvida, <i>boudins</i> métricos (que podem ser observados em três dimensões) e presença de dique.
<b>Litotipo predominante:</b>	biotita monzogranito
<b>Unidade (classificação CPRM):</b>	Unidade de gnaisses peraluminosos (NPccgp)



Figura 33 – Localização do Geossítio Ilhote de Camburizinho

#### Descrição:

Este geossítio encontra-se no limite das praias de Cambury e Camburizinho, cujo acesso se dá tanto pela entrada da praia de Cambury, como também pela entrada direta à praia de Camburizinho, no Km 166 da Rodovia SP-55, que é a mais

próxima do local. Neste acesso, deve-se seguir aproximadamente 400 metros pela estrada do Camburi até a última entrada para praia, que neste ponto é feita à pé. Trata-se de um ilhote que apresenta um extenso afloramento com cerca de cento e cinquenta metros de excelente exposição.

O ilhote contém registros da evolução dinâmica das rochas, contando a história geológica responsável pela atual configuração não somente do litoral norte de São Paulo, mas de grande parte da costa litorânea do sudeste brasileiro. Devido às dimensões e variedade de processos observáveis no local, o ilhote foi numerado de acordo com os eventos ocorridos entre 600 e 80 milhões de anos para as rochas e suas respectivas estruturas, seguidas da formação do tômbolo, bem mais recente, ocorrida no Cenozóico. A cronologia destes eventos, demonstrada na imagem a seguir, conta a história geológica da área:

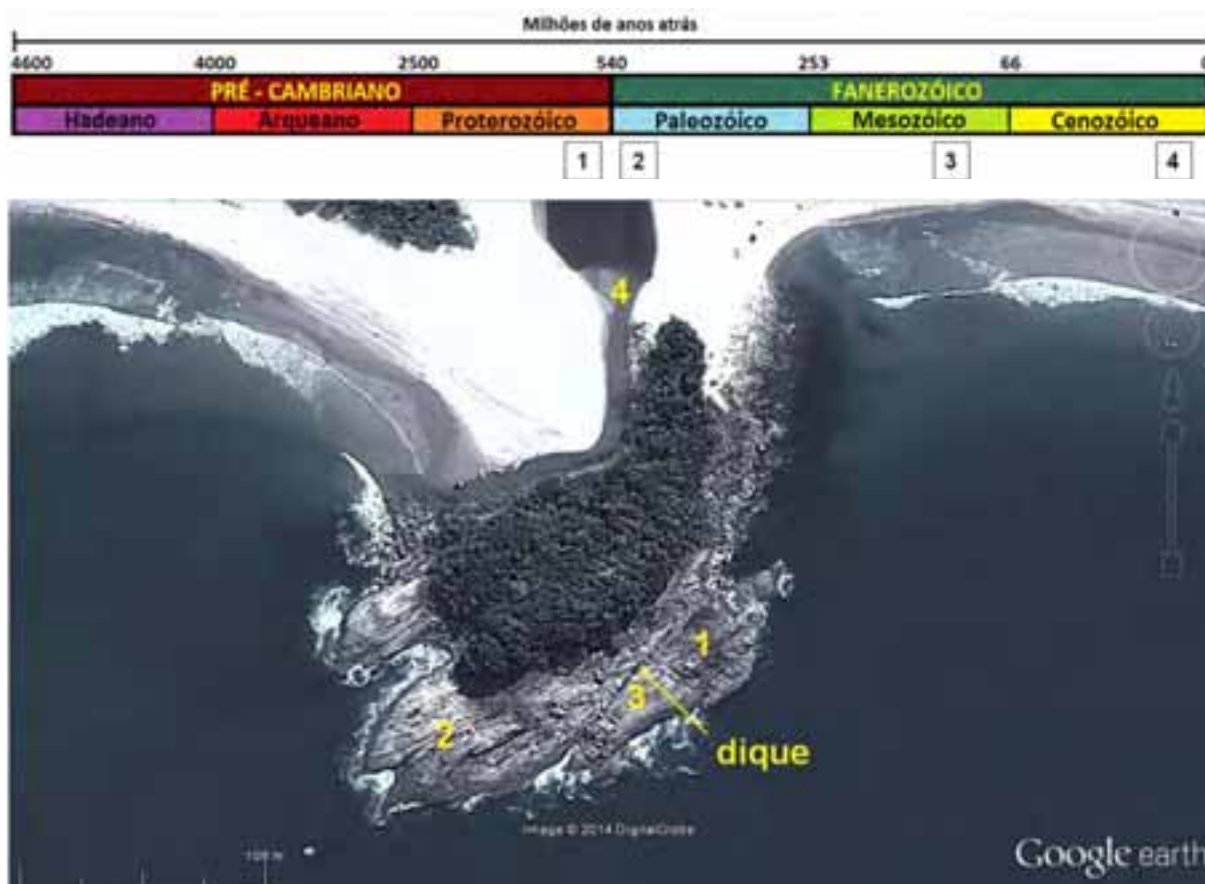


Figura 34 – Detalhe do ilhote com a identificação de estruturas especificadas em ordem cronológica na linha do tempo geológico

O tipo litológico observado em todo o afloramento corresponde a um biotita-monzogranito (PILLEGI, 2013<sup>13</sup>). Na porção do afloramento denominada “1” observa-se uma rocha granítica com granada e biotita, localmente pegmatítica, com grãos de feldspato, quartzo e mica bem desenvolvidos. A rocha encontra-se muito deformada, repleta de dobras, que foram formadas em grandes profundidades por decorrência de processos tectônicos associados à colisão continental relacionada à amalgamação do Supercontinente Gondwana, há aproximadamente 600 milhões de anos (Figura 35). Estas deformações são anteriores à geração da foliação da rocha, de direção NE.



Figura 35 – Dobras observadas na rocha na porção “1” do geossítio. Essa deformação é anterior à atual foliação de direção NE.

Na porção indicada pelo número “2” a rocha adquire um aspecto bandado caracterizado, principalmente, pela presença de inúmeros corpos anfibolíticos encaixados na foliação da rocha. Estes corpos podem ser observados em três dimensões (Figura 36) e variam quanto à forma, ocorrendo com frequência na forma elíptica quando apresentam dimensões métricas, ou tabulares, quando ultrapassam dezenas de metros de extensão (Figura 37 a/b). Os referidos boudins são interpretados como antigos diques que foram deformados e estirados durante a

<sup>13</sup> PILLEGI, F. 2013. Banco de dados petrográficos dos geossítios do litoral norte do Estado de São Paulo. Projeto de Iniciação científica vinculado ao Núcleo de Apoio à Pesquisa em Patrimônio Geológico e Geoturístico (GeoHereditas) da Universidade de São Paulo – em andamento.



movimentação dos blocos rochosos gerando a atual foliação observada no afloramento. Alguns deles exibem uma foliação interna dobrada que registra uma deformação anterior à atual, possivelmente contemporâneas àquelas observadas na porção “1”, que foram preservadas devido ao fato do material anfibolítico ser mais resistente (Figuras 38 a/b). Neste ponto do afloramento a foliação mostra-se muito bem desenvolvida e não ocorrem dobras na rocha.



Figura 36 – Boudins métricos de corpos anfibolíticos, observados em três dimensões, concordantes com a foliação do gnaíse.



Figura 37 - a e b) Vista geral da porção “2” do geossítio. Detalhe para a quantidade de boudins encaixados na foliação da rocha;





Figura 38 - a e b) Dobras de material félsico deformado no interior dos corpos anfibolíticos.

Representada pelo número “3” na linha do tempo geológico, temos os registros da fragmentação do Supercontinente Gondwana representados por meio da intrusão de um dique de diabásio e das fraturas de resfriamento observadas na rocha em todo o afloramento. Trata-se de um dique discordante de orientação N40E, com cerca de 100 metros de extensão e 2 metros de largura, que corta todo o afloramento (Figura 39).



Figura 39 – Dique de diabásio encaixado na rocha, ambos fraturados: Registros da fragmentação do Supercontinente Gondwana.

As rochas que compõem o ilhote de Camburizinho são as mesmas encontradas no continente, indicando que ambos já estiveram unidos. A formação do ilhote é relativamente recente e está relacionada a fatores ocorridos ao longo do Período Quaternário como às variações do nível do mar e às alterações climáticas (AB'SABER, 2000). O processo de deposição sedimentar ocorreu posteriormente, durante o Período Quaternário, formando as praias que se distribuem ao longo da linha de costa. Estes depósitos são constituídos predominantemente por areias de granulação grossa e seixos de diferentes litologias do embasamento cristalino, ocorrendo, principalmente, em região de drenagens. No caso do geossítio, com o passar dos anos, formou-se um tómbolo (Figura 40), que corresponde ao acidente geográfico que une o ilhote ao continente através de uma estreita faixa de areia. Este evento, representado pelo número “4” na linha do tempo geológico (Figura 34), iniciou-se no período cenozóico, portanto, é bem mais recente quando comparado àqueles que formaram as estruturas observadas nas rochas do geossítio.



Figura 40 – Ilhote, tómbolo e rio Camburi, que separa as praias de Camburizinho à esquerda e Camburi à direita. (Fonte: [www.pousadadecamburi.com.br](http://www.pousadadecamburi.com.br))

O geossítio apresenta raridade devido à presença de registros geológicos associados a vários eventos da história geológica da região, tais como a evolução da foliação principal, a aglomeração de corpos anfíbolíticos que são visíveis em três dimensões e a presença do tómbolo, correspondendo a registros únicos, que não são encontrados em nenhum outro ponto do município. Além disso, é representativo do ponto de vista científico, podendo ser utilizado em aula de campo para alunos de

ensino médio, onde o professor poderá abordar assuntos correlatos à formação do tómbolo, processo de sedimentação, formação das ilhas e da Serra do Mar, por exemplo. Especificamente ao público universitário, o ilhote é extremamente didático para aulas de campo, em especial para geologia estrutural, visto que as estruturas e feições, como foliação, deformação, variação textural, dentre outros, são facilmente observadas no local. O afloramento é extenso e plano, comportando, com segurança, dezenas de alunos. Este fator, aliado ao fácil acesso, reforça a praticidade de se utilizar didaticamente a área.

Do ponto de vista turístico, o ilhote e as duas praias que o circundam são bem visitadas, apresentando uma beleza única, potencializada pela presença do rio Camburi e da vista para a Serra do Mar (Figura 41). Além disso, nas proximidades do ilhote encontram-se muitas trilhas que dão acesso a inúmeras cachoeiras que são frequentemente procuradas pelos turistas. Mesmo com o alto índice de visitação, a integridade do geossítio não é afetada.



Figura 41 – Imagens do Geossítio

O geossítio apresenta ainda interesse histórico e cultural, visto que os antigos povos nomearam o rio que circunda o ilhote de Camburi, que na antiga língua falada no litoral, o tupi-guarani, quer dizer “o rio que cambeia”, ou seja, ora o rio deságua do lado esquerdo, ora do lado direito do geossítio, como se encontra atualmente.

#### 5.2.4. Geossítio: Gnaisses de Boiçucanga

<b>Localização:</b>	<b>Costão direito da praia de Boiçucanga</b>
<b>Coordenadas (UTM):</b>	0434899/7369624
<b>Acesso:</b>	Km 163 Rod. Dr. Manoel Hipólito Rego (SP-55)
<b>Dimensão:</b>	150m x 10m
<b>Caracterização sucinta:</b>	Rocha com bandamento gnáissico; presença de corpos anfíbolíticos deformados, alguns deles <i>boudinados</i> ; presença de biotita e granada.
<b>Litotipo predominante:</b>	granada-biotita-gnaisse
<b>Unidade (classificação CPRM):</b>	Unidade de gnaisses peraluminosos (NPccgp)



Figura 42 – Localização do Geossítio Gnaisses de Boiçucanga

#### Descrição:

Este geossítio, localizado na porção direita da praia de Boiçucanga (olhando para o mar), consiste num extenso afloramento rochoso constituído por paredões e lajedos, de fácil acesso e com excelente exposição, sobretudo durante a ocorrência de marés baixas. Trata-se de um paragneisse, bandado, com granada e biotita, apresentando corpos anfíbolíticos cuja grande maioria mostra-se *boudinado* ou dobrado. Tais corpos apresentam dimensões métricas e encontram-se geralmente paralelos à estrutura gnáissica, encaixados na foliação da rocha (Figura 43a).



Tassinari (1988) afirma que os cristais de biotita e granada, que ocorrem em abundância e variam em alguns centímetros de diâmetro, foram gerados em eventos metamórficos posteriores à formação das rochas do afloramento (Figura 43b).



Figura 43 – a) Gnaiss com granada, paraderivado bandado, cuja foliação principal é um bandamento gnássico transposto com orientação NE-SW e mergulhos para NW, correspondendo à fase de amalgamação do Gondwana; b) Detalhe da granada bem desenvolvida.

Do ponto de vista geológico, Dias Neto et al. (1999), afirma que as relações geométricas existentes entre as rochas máficas (escuras) e a encaixante, presentes no afloramento, sugerem que elas correspondam a antigos diques, de composição basáltica, representado nos corpos anfibolíticos em forma de *boudins*, que ora mostram-se dobrados (Figura 44a), ora aparecem paralelizados com a estrutura gnássica (Figura 44b), indicando atividade magmática pré-tectônica. Contudo, a intensa deformação e o metamorfismo regional apagaram totalmente quaisquer vestígios originais da textura e mineralogia ígnea.



Figura 44 –Corpos anfibolíticos, que ocorrem intercalados aos gnaisses, interpretados como antigos diques ou *sill* basálticos – a) material dobrado; b) paralelizado.

Localmente observam-se vestígios de dobramentos anteriores aos processos de deformação responsáveis pela formação dos *boudins*, tanto na foliação principal da rocha (Figura 45 a) como nos *boudins* (Figura 45 b), onde são mais evidentes (DIAS NETO et al., 1999).



Figura 45 – a) deformação na rocha gnáissica; b) deformação de material félsico no interior do *boudin*.

O geossítio apresenta potencial educativo voltado, a princípio, a alunos do Ensino Superior (graduação e pós-graduação) em aulas de campo, pois apresenta grande diversidade de elementos que facilitam a compreensão dos processos geológicos que ocorreram no local. Dentre esses elementos, observam-se os registros tectônicos decorrentes da amalgamação do Supercontinente Gondwana, representados nos *boudins*. Dias Neto et al., (2009), baseado na determinação da idade das rochas locais por meio de U-Pb (SHRIMP) em zircão, afirma que os paragneisses de 570 Ma retratam a proximidade entre o magmatismo básico e o processo metamórfico regional, interpretando o ambiente tectônico como sendo uma bacia sedimentar de retroarco. Além do ensino de conceitos geocientíficos, é possível associar a biodiversidade local à geodiversidade, mostrando as relações de dependência existentes entre elas (Figura 46).

Estas evidências demonstram a representatividade científica do afloramento, as quais, aliadas ao potencial turístico do mesmo, confirmam o porquê da escolha do costão de Boiçucanga como geossítio.



Figura 46 - Buracos feitos ouriços nos corpos anfibolíticos, menos resistentes aos gnaisses.

A integridade do local está excelente, visto que as ameaças, com exceção de intervenções antrópicas como pichações e atividades científicas, estão relacionadas apenas a processos erosivos e intempéricos, as quais em nossa escala de tempo geológico, não causarão danos profundos ao geossítio.

Do ponto de vista turístico, a praia em que se encontra o geossítio é bem visitada e apresenta uma área recreativa denominada Praça Pôr do Sol, sob a administração da Secretaria de Turismo do município de São Sebastião, favorecendo o turismo local.



### 5.2.5. Geossítio: Sistema de Diques da Ponta do Araçá

<b>Localização:</b>	<b>Costão direito da Ponta do Araçá</b>
<b>Coordenadas (UTM):</b>	0458713/7365759
<b>Acesso:</b>	Km 128 Rod. Dr. Manoel Hipólito Rego (SP-55)
<b>Dimensão:</b>	300m x 15m
<b>Caracterização sucinta:</b>	Tipos litológicos alternados entre biotita-gnaiss milonítico e granito gnaiss grosso, cortados por um sistema de diques.
<b>Litotipo predominante:</b>	gnaiss granítico
<b>Unidade (classificação CPRM):</b>	Unidade dos gnaisses peraluminosos (NPccgp)



Figura 47 - Localização do Geossítio Sistemas de diques da Ponta do Araçá

#### Descrição:

Este geossítio está localizado próximo ao Porto do município de São Sebastião, numa área denominada Baía do Araçá. Consiste num extenso afloramento que apresenta como tipo litológico predominante um gnaiss granítico (GARDA, 1995) com biotita e granada (GOMES, 2012). A rocha é cortada por veios pegmatíticos e por uma série de diques máficos de composições distintas, incluindo diabásio e lamprófiros, cuja maioria apresenta-se orientado na direção NE-SW. Segundo Gomes (2012), o canal de São Sebastião, localizado a oeste do geossítio,



também se encontra alinhado na mesma direção dos corpos intrusivos. Além dos diques, observa-se também um *sill* lamprófiro, que se encontra concordante com a foliação de baixo ângulo observada na rocha.

Barreto (2012) descreve dois tipos litológicos principais no afloramento: a primeira corresponde a um granito gnaissoso grosso, que aflora na direção NE-SW. Apresenta cor cinza clara, estrutura foliada e textura milonítica a protomilonítica; a segunda se refere a um biotita gnaissoso milonítico fino, que ocorre como intercalações centimétricas a métricas no referido granito gnaissoso grosso.

A rocha encaixante apresenta ainda uma série de heterogeneidades como a variação no índice de cor; presença de diferentes tipos de enclaves, incluindo xenólitos, e corpos gerados em estágios hidrotermais, representados pelos referidos veios de pegmatitos e quartzo; e pelo enxame de diques da Serra do Mar, que foi formado durante o processo de rifteamento que formou o Atlântico Sul.

O enxame de diques é caracterizado por dois eventos magmáticos distintos:

- O primeiro, de caráter básico, corresponde ao magmatismo toleítico do Cretáceo Inferior. É representado pela ocorrência de diques e *sills* contemporâneos aos derrames da Bacia do Paraná e aos do fundo da Bacia de Santos (GARDA & SCHORSCHER, 1996). Estes corpos encontram-se encaixados em rochas do embasamento pré-cambriano e são observados ao longo do litoral sul e sudeste do Brasil (de Florianópolis ao Rio de Janeiro);
- O segundo evento, por sua vez, diz respeito ao magmatismo alcalino ocorrido do Cretáceo Superior ao Paleógeno, caracterizado pela presença de corpos plutônicos de maior volume, como *stocks* e *plugs*, além de diques e *sills* de rochas alcalinas.

Neste contexto, os enxames de diques observados na margem continental do sul e sudeste brasileiro, representados pelos diques de Ponta Grossa, Florianópolis e Serra do Mar (Figura 48), surgem como resultado do primeiro evento,

ou seja, do magmatismo toleítico decorrente do processo de ruptura continental seguido da abertura do Oceano Atlântico (GARDA & SCHORSCHER, 1994), ocorrido no Cretáceo Inferior. Este evento acarretou na extrusão de um enorme volume de material ígneo, em sua maioria rochas basálticas toleíticas, tanto nas Formações Camburiú e Cabiúnas, bem como nas bacias de Campos e Santos, gerando, dentre outros, o sistema de diques da Ponta do Araçá.

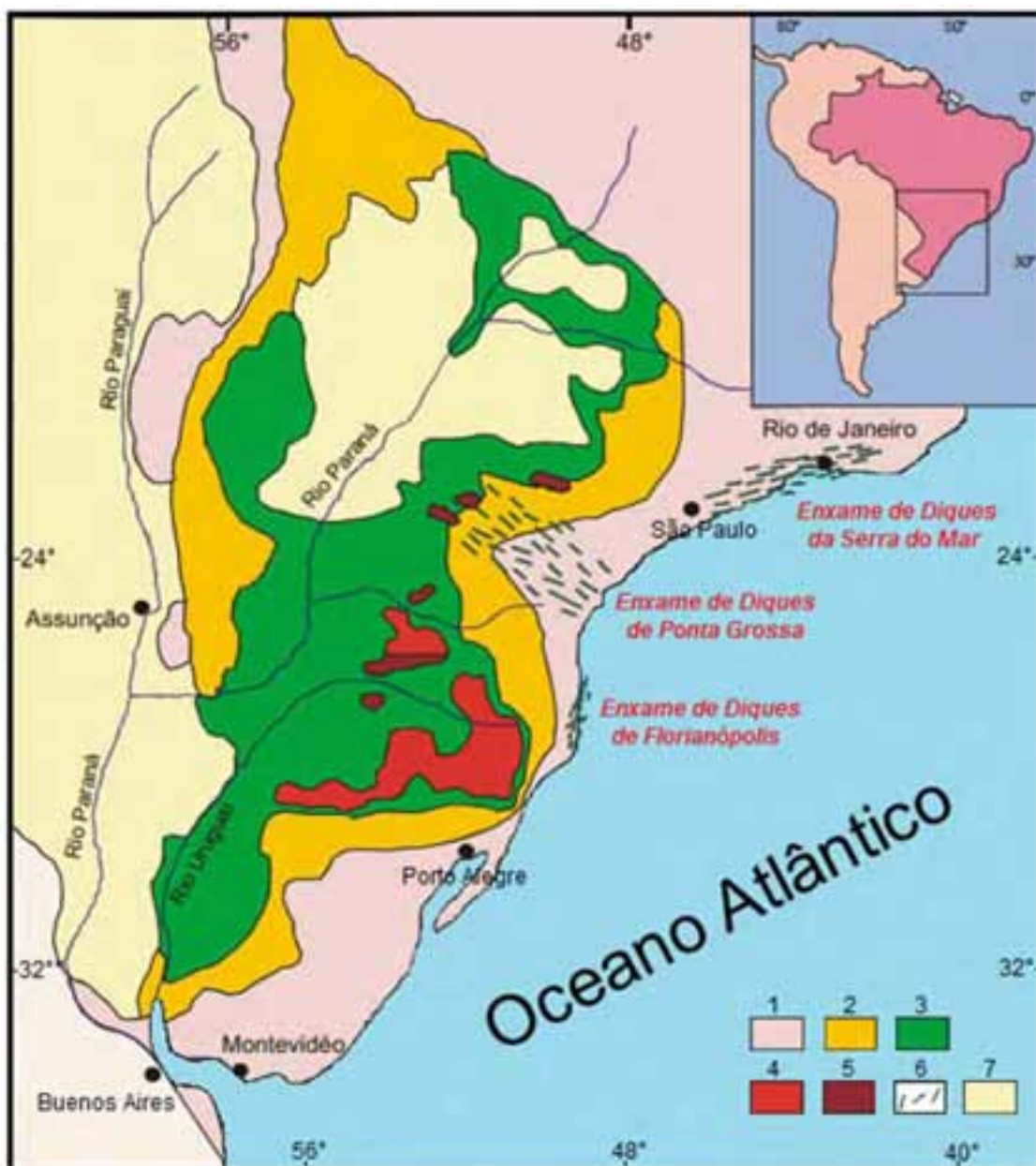


Figura 48 - Localização dos Enxames de Diques em mapa geológico da Bacia do Paraná: 1) Embasamento pré-cambriano; 2) Sedimentos paleozóicos da Bacia do Paraná; 3) Derrames basálticos da Formação Serra Geral; 4) Rochas ácidas do tipo Palmas (maciças e afíricas); 5) Rochas ácidas do tipo Chapecó (porfíricas); 6) Enxame de diques; 7) Sedimentos neocretácicos e cenozoicos. (Fonte: ADAPTADO DE MARQUES & ERNESTO, 2004).

Existem diversos trabalhos publicados sobre o magmatismo toleítico responsável pelo enxame de diques da Ponta do Araçá, enfatizando, principalmente, os aspectos petrológicos deste magmatismo, dentre os quais se destacam: Garda (1995), que estudou a composição de diques do litoral norte de São Paulo, listando uma sequência de vinte e sete deles somente na Ponta do Araçá; Malo (2007), que realizou estudos de anisotropia magnética em dezessete diques do mesmo local; Gomes (2012), que estudou a colocação tectônica de diques cretácicos no município de São Sebastião, incluindo os corpos presentes no geossítio.

Os principais diques e o *sill* da Baía do Araçá são mostrados na figura abaixo.



Figura 49 - Imagem de satélite com a indicação dos principais diques do geossítio

Raras relações de intrusão podem ser observadas em alguns dos corpos destacados, tais como as que ocorrem no *sill*, onde o corpo de composição lamprófira é atravessado por um dique de rocha fina, que aparentemente se junta a outros dois diques de mesma composição, seguindo a direção NE paralelamente ao *sill* (GARDA, 1995; GOMES, 2012) (Figura 50).



Figura 50 - Relações de intrusão dos corpos ígneos - a) *Sill* de lamprófiro de baixo mergulho em escala com o detalhe dos dois diques de diabásio de alto mergulho intrudindo para o topo e para a esquerda em relação ao *sill*; b e c) Detalhe dos dois litotipos.

Outra relação diz respeito a uma intrusão composta que apresenta geometria em “zigue-zague” (GOMES, 2012). Trata-se de uma justaposição entre um dique de diabásio afanítico, com espessura de 80 cm, que traz xenólitos da rocha encaixante, e um dique de lamprófiro porfirítico, cuja espessura é de 60 cm, que é, por sua vez, cortado em suas bordas por outros diques de diabásio mais finos e encontram-se encaixados no gnaisse granítico (Figura 51).



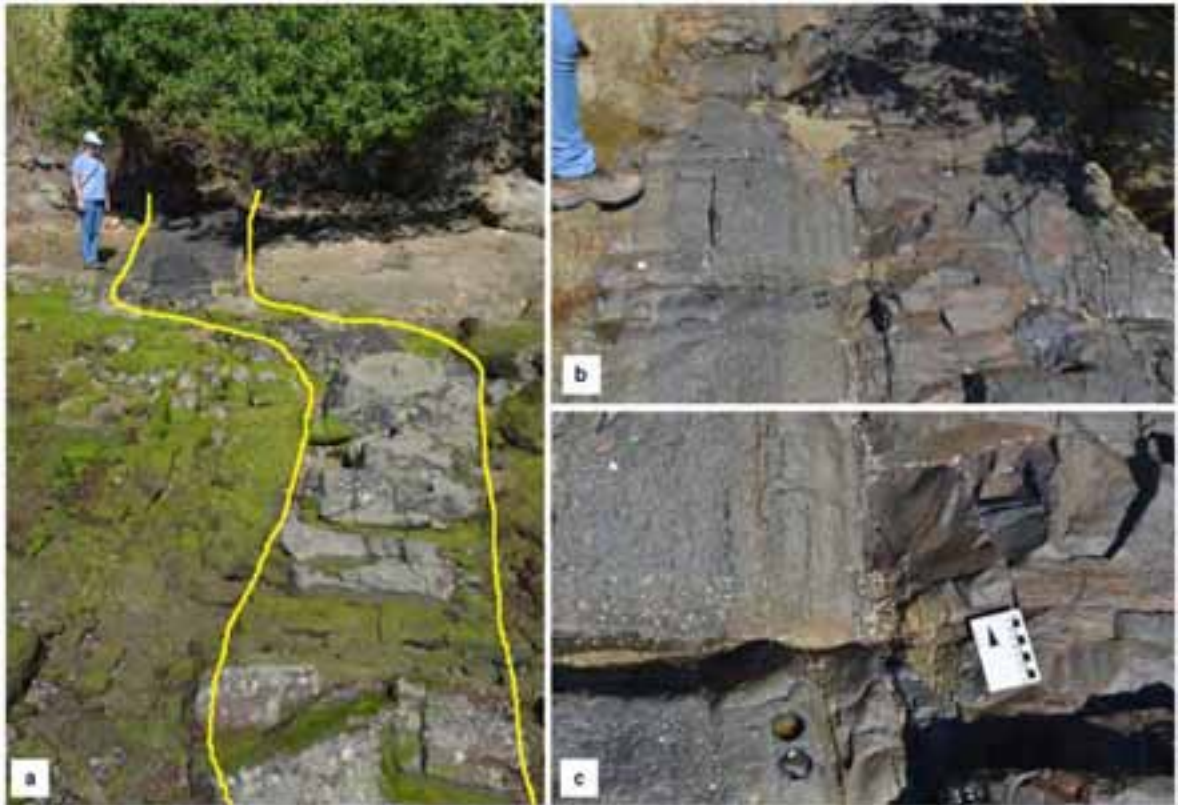


Figura 51 - a) Dique com intrusão composta (diabásio e lamprófiro) com geometria em zigue-zague; b) Detalhe para a justaposição dos diques; c) Detalhe de um dos xenólitos da encaixante.

A Baía do Araçá é uma pequena enseada limitada por flancos rochosos e que abrange quatro praias, duas ilhotas, três núcleos principais de bosques de manguezal, e uma extensa planície de fundo mole, que fica exposta em períodos de maré baixa. Mantém um dos últimos remanescentes de manguezal do município de São Sebastião, abrigando uma grande diversidade biológica. Atualmente encontra-se exposta a diferentes tipos de atividade antrópica, como ocupações irregulares, efluentes de esgoto doméstico e de vazamentos de óleos, devido à proximidade do Porto de São Sebastião e o Terminal Aquaviário da Petrobras.

Além do contexto geológico de extrema importância ao entendimento dos processos que envolvem a abertura do Supercontinente Gondwana, o geossítio abriga uma biodiversidade singular, ameaçada constantemente pelas propostas de ampliação do Porto da cidade, a qual, a princípio, aterraria toda região, o que acarretaria, em longo prazo, na eliminação da biodiversidade e em alterações na integridade da geodiversidade.

### 5.2.6. Geossítio: Praia do Cabelo Gordo (CEBIMar)

<b>Localização:</b>	<b>Costão direito e ilhote da Praia do Cabelo Gordo</b>
<b>Coordenadas (UTM):</b>	0456856/7364623
<b>Acesso:</b>	Km 131,5 da Rod. Manoel Hypólito do Rego (SP-55)
<b>Dimensão:</b>	100m x 15m de costão e 75m x 50m de ilhote
<b>Caracterização sucinta:</b>	A rocha é um gnaiss metapelítico fortemente deformado segundo uma tectônica de baixo ângulo, com silimanita, biotita e granada
<b>Litotipo predominante:</b>	granada-biotita gnaiss com silimanita
<b>Unidade (classificação CPRM):</b>	Unidade de gnaisses bandados (NPccgb)



Figura 52 - Localização do Geossítio Praia do Cabelo Gordo (CEBIMar)

#### Descrição:

Este geossítio está localizado na praia do Cabelo Gordo, sede do Centro de Biologia Marinha da Universidade de São Paulo (CEBIMar). Consiste num grande afloramento muito bem preservado com aproximadamente 100 metros de extensão, situado no lado direito da praia, somado ao pequeno ilhote que fica em frente do referido costão. O acesso ao local é feito pela portaria do CEBIMar, no Km 131,5 da

Rodovia Manoel Hypólito do Rego (SP-55), sendo que a chegada ao costão e ilhote é favorecida quando a maré encontra-se baixa, visto que nestas circunstâncias, forma-se uma faixa de blocos e areia por onde é possível transitar facilmente (Figura 53).



Figura 53 - Vista geral do Geossítio com a indicação do trecho transitável em maré baixa (Fonte: Foto: [www.cebimar.usp.br](http://www.cebimar.usp.br))

O afloramento é predominantemente formado por gnaisses metapelíticos com biotita, granada e silimanita (Figura 54). Segundo Dias Neto (2001), o litotipo é constituído por biotita gnaisses kinzigíticos, com núcleos de rochas cálcio-silicáticas e anfibolíticas *boudinadas* ao longo da foliação gnáissica. O bandamento gnáissico reflete os processos dinâmicos e migmatíticos que acompanharam a formação destas rochas, onde núcleos amendoados de litotipos mais antigos são contornados pela nova foliação. Esta foliação é definida pela orientação da biotita e da silimanita, demonstrando o processo de transposição a que foram submetidas, evidenciadas nas dobras intrafoliais fechadas observadas no afloramento, provavelmente originadas antes do evento que produziu a atual foliação (Figura 55).





Figura 54 – Gnaiss metapelítico com silimanita, indicada pela seta. (Foto: Eliane Del Lama)



Figura 55 – Dobras intrafoliais (destacadas nas elipses em amarelo). Escala representada pela seta em vermelho. (Foto: Eliane Del Lama)



Um dos *boudins* apresenta dimensões métricas e eixo de maior estiramento concordante com a foliação da rocha (Figura 56 a). Observam-se também alguns *boudins* de menor dimensão, possivelmente de composição cálcio-silicática (Figura 56 b). É comum encontrarmos porfiroclastos de feldspato assimétricos, que podem atingir alguns centímetros de extensão, e funcionam como indicadores cinemáticos. Tais indicadores apontam transporte tectônico para sul (DIAS NETO, 2001). Campanha & Ens (1996) descreverem a presença de uma importante zona de cisalhamento na área, caracterizada por uma foliação de baixo ângulo mergulhando para norte, denominada zona de cavalgamento São Sebastião. Os autores afirmam que as lineações de estiramento presentes no afloramento apresentam direção NE e ocorrem tanto no sentido do mergulho como obliquamente.



Figura 56 – Algumas feições representativas do geossítio: a) *Boudin* métrico de rocha anfibolítica com eixo de estiramento maior concordante com a direção da foliação da rocha, registro da atuação das zonas de cisalhamento dúctil regionais; b) Corpos cálcio-silicáticos *boudinados*. (Foto: Eliane Del Lama)

A rocha se encontra fortemente deformada segundo uma tectônica de baixo ângulo (Figura 57), responsável pela foliação observada, cujo mergulho corresponde a cerca de 12° para NW. Esta tectônica, associada à zona de cavalgamento São Sebastião (MAFFRA, 2000), “mascarou” as dobras preexistentes da rocha, por isso não se observam dobras significativas, quando comparadas às que ocorrem no geossítio da praia de Boiçucanga, cuja gênese das estruturas observadas são contemporâneas às ocorridas nesta área.



Figura 57 – Foliação de baixo ângulo observada no afloramento.

O geossítio apresenta ainda diques de lamprófiros de direção NE (GARDA, 1995) relacionados à abertura do Atlântico Sul durante a fase de fragmentação do Gondwana (Figura 58 a/b). Posterior à consolidação destes corpos, todo o afloramento foi fraturado em virtude das fases extensionais (Figura 58 c e 59), de modo que há duas famílias de fraturas, sendo predominante àquela de direção N45E, concordante à orientação dos diques.



Figura 58 – Algumas feições representativas do geossítio: a e b) Diques de lamprófiros; c) Rocha e corpo anfibolítico fraturados.



Figura 59 – Fraturamento da rocha em duas direções preferenciais: NW e a predominante de orientação NE, a mesma do dique indicado.

O Centro de Biologia Marinha (CEBIMar), local que dá acesso ao geossítio, é um instituto especializado da Universidade de São Paulo que tem por objetivos gerar e promover o conhecimento da Biologia Marinha através de pesquisa, ensino e extensão. Oferece infraestrutura ao desenvolvimento de projetos, cursos e disciplinas de nível superior e extensão universitária, atendendo pesquisadores e docentes de diversas instituições nacionais e internacionais. Além disso, realiza projetos ligados à Educação Ambiental por meio de visitas monitoradas à praia, tanques, aquários com organismos marinhos e costões.



Figura 60 – Atividade realizada pelo CEBIMar. (Fotos cedidas por Luciano Abel, biólogo de CEBIMar).

O valor científico do geossítio se justifica em virtude das feições e estruturas descritas, que são facilmente observadas na área e importantes à compreensão da história geológica local, além da tectônica de baixo ângulo decorrente da atuação da zona de cisalhamento, denominada Sistema de Cavalgamento São Sebastião. O costão também apresenta lineações de estiramento, de direção NE, que confirmam a predominância de cisalhamento direcional esquerdo, de baixo ângulo, com pequeno componente de cavalgamento oblíquo em ambiente transpressional (DIAS NETO, 2001).

Estes fatores científicos, aliados à integridade do local, ao potencial didático que ele representa e à presença do CEBIMar, corroboram com a escolha do local como geossítio. Neste contexto, o estudo e a divulgação das geociências seriam potencializados quando acrescidos aos trabalhos e projetos realizados há anos pelo referido Centro, nos mais variados âmbitos.



### 5.2.7. Geossítio: Mirante da Trilha da Praia Brava

<b>Localização:</b>	<b>Ponto mais elevado da trilha da Praia Brava</b>
<b>Coordenadas (UTM):</b>	0437509/7368586
<b>Acesso a trilha:</b>	Km 162,5 da Rod. Manoel Hypólito do Rego (SP-55)
<b>Caracterização sucinta:</b>	Observação de feições geomorfológicas da Serra do Mar
<b>Litotipo predominante:</b>	Geossítio Panorâmico
<b>Unidade (classificação CPRM):</b>	Unidade dos gnaisses peraluminosos (NPccgp)

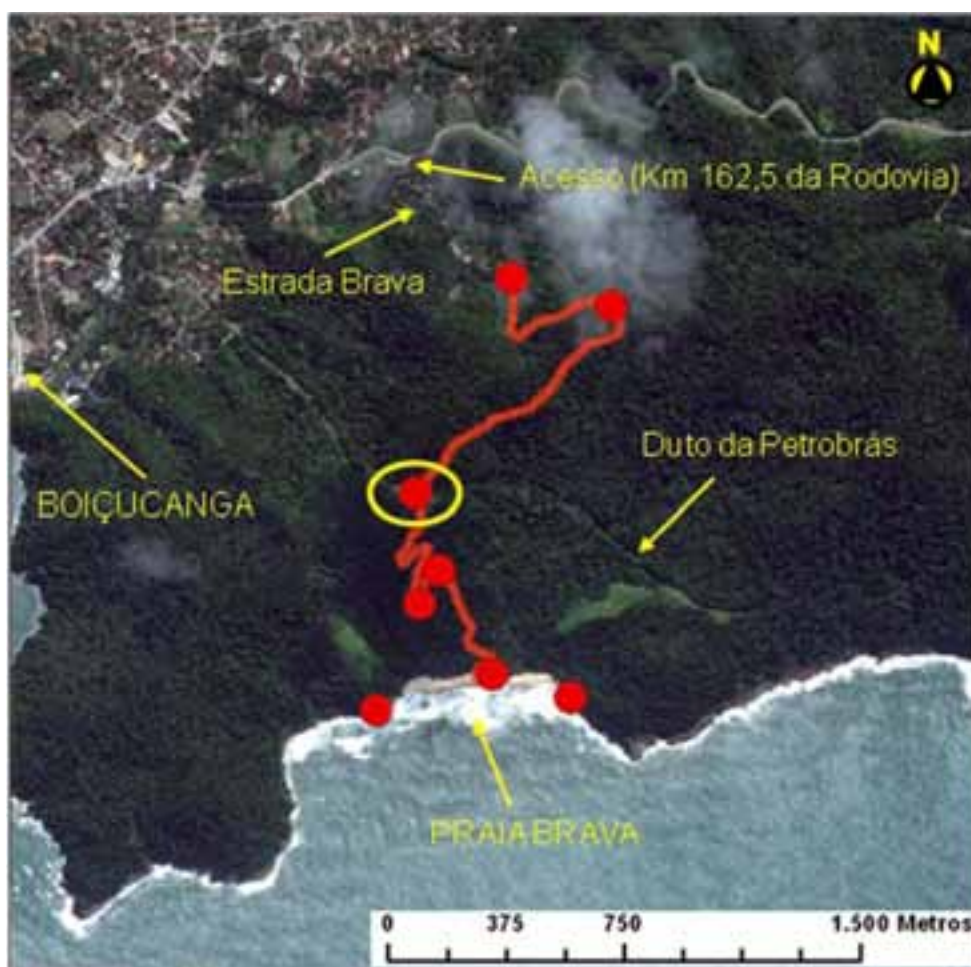


Figura 61 - Localização do Geossítio na trilha da Praia Brava, delimitado pelo círculo em amarelo. Mapa desenvolvido por Carlos Eduardo Mazoca - GeoHereditas

#### Descrição:

Este geossítio está localizado no trajeto da Trilha da Praia Brava, entre as praias de Boiçucanga e Maresias, na costa sul do município de São Sebastião,

correspondendo ao terceiro ponto marcado durante a realização do percurso da mesma, num total de oito pontos de interpretação. Refere-se ao local de maior altitude da trilha, com cerca de 210 metros de elevação, motivo pelo qual foi designado como Mirante da Praia Brava. O acesso é feito somente por meio da trilha: Seguir pela Rodovia SP-55 até o Km 162,5, sentido centro de São Sebastião, onde há uma bifurcação com uma placa indicativa da mesma (Figura 62). Virar a direita na Estrada Brava e seguir por cerca de 400 metros, onde se chegará ao local de início da trilha.



Figura 62 - Indicação do acesso à trilha da Praia Brava na Rodovia SP-55. (Fonte: Google Earth)

O percurso da trilha inteira, que é larga e de fácil acesso, tem aproximadamente dois quilômetros de extensão e duração de três horas, sendo que o geossítio se encontra na metade do trajeto. Durante o percurso pode-se observar uma grande variedade de fauna e flora e contemplar uma paisagem maravilhosa, dependendo do ponto de localização e das condições climáticas do dia, cuja vista reflete às praias de Boiçucanga, Camburizinho, Camburi e Maresias, à Serra do Mar, ao município de Ilhabela e a algumas ilhas de São Sebastião, como Toque-Toque, As Ilhas, Montão de Trigo e Alcatrazes. Seis pontos de interpretação foram marcados no decorrer da trilha, incluindo o geossítio, além de um ponto em cada costão da Praia Brava, que foi considerada como o término do trajeto (Figura 63).



Figura 63 - Imagens de pontos da trilha e da Praia Brava - a) Vista para o costão esquerdo da Praia Brava, Ilha de Toque-Toque e Ilhabela ao fundo; b) Ponto de escorregamento na trilha; c) Ponto de chegada à praia, onde há deposição do rio. Observar a dinâmica de transporte e sedimentação; d) Deposição de sedimentos mais finos transportados pelo rio e marcas onduladas decorrentes do fluxo de água rasa do mar e do rio, que carregam os grãos minerais claros e escuros; f) Costão direito da Praia Brava; g) Costão esquerdo.

O Mirante da Praia Brava tem vista para as praias de Boiçucanga e Camburi, e para as belas escarpas da Serra do Mar, localmente denominada Serra do Juqueriquerê, cuja gênese foi detalhada no capítulo 2 do presente trabalho. Os tipos litológicos da área compreendem rochas da unidade dos gnaisses peraluminosos (PERROTA et al., 2005) e em ambos os costões da Praia Brava a rocha encontrada é um biotita gnaixe bandado, que apresenta granada e muscovita secundária, decorrente da alteração do plagioclásio. Cortando o geossítio, é possível observar



um duto da Petrobrás, que se inicia em Boiçucanga e termina em Maresias. Neste ponto, há uma espécie de “ponto de descanso”, onde os guias costumam parar com os visitantes (Figura 64).



Figura 64 - Indicação do duto da Petrobrás no geossítio - a) Chegada ao “ponto de descanso”; b) Mirante da Praia Brava, atrás do “ponto de descanso”; c) Vista contrária ao mirante, onde é possível observar Ilhabela e seu pico mais alto, denominado São Sebastião, o duto da Petrobrás (detalhe das demarcações da empresa, em amarelo) e sua respectiva continuação, do outro lado do morro.

O geossítio apresenta imenso potencial educacional decorrente, principalmente, de seu valor geomorfológico. Neste contexto, devido à visão geral que ele proporciona, atividades educacionais podem ser facilmente empregadas para abordar assuntos correlatos tanto à biodiversidade, no que diz respeito à riqueza e diversidade de fauna e flora presente na Mata Atlântica, como também à



geodiversidade, abordando conceitos relacionados à formação da Serra do Mar, processos erosivos, intemperismo, processos de sedimentação, formação do solo, dentre outros. Assuntos relacionados ao processo de ocupação de áreas de risco, bem como escorregamentos e demais eventos a eles associados, também podem ser abordados, visto que a região é afetada, com certa frequência, pelas fortes chuvas de verão.



Figura 65 – Vista do Geossítio – Mirante da Praia Brava

Do ponto de vista turístico, a visitação da área está consolidada, principalmente para a prática do surf, visto que o mar agitado da praia propicia ondas que favorecem esta modalidade de esporte. Contudo, em virtude da fragilidade e com vistas a preservar a área, a visita deve ser obrigatoriamente agendada, com acompanhamento de guia, favorecendo a economia local, sendo proibido acampar e se utilizar de qualquer tipo de veículo durante o trajeto. A comunidade local costuma frequentar à Praia Brava para prática de surf, chegando até ela tanto pela trilha, como também via mar, em pequenos barcos de pesca.

### 5.2.8. Geossítio: Milonitos da Zona de Cisalhamento Camburu

<b>Localização:</b>	<b>Ponto TJR 05 da Trilha do Jatobá Rizzieri</b>
<b>Coordenadas (UTM):</b>	0427959/7376763
<b>Acesso a trilha:</b>	Km 182 Rod. Manoel Hypólito do Rego (SP-55)
<b>Dimensão:</b>	50m x 15m de exposição em cachoeira
<b>Caracterização sucinta:</b>	Augen Gnaiss Juquehy com registros da Zona de Cisalhamento Camburu.
<b>Litotipo predominante:</b>	Granito porfirítico milonitizado
<b>Unidade (classificação CPRM):</b>	Unidade granito-gnáissica migmatítica



Figura 66 - Localização do Geossítio Milonitos da Zona de Cisalhamento Camburu

#### Descrição:

O geossítio Milonitos da Zona de Cisalhamento Camburu se encontra no percurso da Trilha Sítio do Jatobá, em São Sebastião, correspondendo ao ponto TJR05 dentre os seis pontos mapeados no trajeto da mesma. O acesso é feito exclusivamente pela referida trilha: Seguir pela Rodovia SP-55 até o Km 182, sentido Bertioga, onde há uma bifurcação com uma placa indicativa Sertão da Barra do Una (Figura 67). Virar a direita e seguir por uma estrada de terra por aproximadamente trinta minutos, chegando ao Sítio do Jatobá, local de início da

trilha. A estrada é relativamente boa, contudo, somente veículos apropriados chegarão ao local, visto que durante o percurso faz-se necessário atravessar dois riachos, que podem estar cheios, variando com a precipitação das chuvas.



Figura 67 - Indicação do acesso à trilha (Fonte: Google Earth)

A Trilha do Jatobá é fácil e tem duração de aproximadamente quatro horas. O percurso (Figura 68) se inicia em uma Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN), de propriedade de João Baptista Baldini Rizzieri, e nos leva a pequenas cachoeiras inseridas à área do Parque Estadual da Serra do Mar, núcleo São Sebastião, sendo por este motivo, muito procurada pelos turistas. Durante o trajeto encontramos algumas edificações que são utilizadas como apoio, tanto para pesquisadores de diversas instituições de ensino, como também pela equipe do parque, que realiza monitoramentos com vistas à conservação e preservação da área. Na trilha há uma variedade enorme de árvores, pássaros, plantas e pequenos animais. A palmeira Jussara, em risco de extinção decorrente da exploração do palmito, está em toda parte como indicador biológico de preservação, visto que sua coleta é ilegal e ocorre com certa frequência na região.



Figura 68 - Percurso da Trilha do Jatobá

O geossítio se encontra na Zona de Cisalhamento Camburu, uma zona de cisalhamento transcorrente dextral reativada durante o início do Período Cretáceo, que tem orientação predominantemente NE-SW e ocorre, no município de São Sebastião, ao longo do vale do rio Camburu até os depósitos quaternários da planície de Bertioga. Sua extensão a nordeste é conhecida como Falha Bertioga-Caraguatatuba (CHIEREGATTI et al, 1982). A referida zona representa o contato entre o granito Pico do Papagaio, a NW, e o Augen Gnaiss Juquehy, a SE da zona de cisalhamento (MAFFRA, 2000). A autora afirma ainda que o granito Pico do Papagaio corresponde a um monzogranito composto por quartzo, plagioclásio, microclínio, biotita e hornblenda; enquanto o Augen Gnaiss Juquehy representa um álcali-feldspato-granito com grânulos de quartzo estirados, microclínio, plagioclásio e biotita.

No decorrer desta zona são descritos desde protomilonitos a ultramilonitos, predominantemente quartzo feldpáticos, além de cataclasitos, que apresentam foliações subverticais com mergulhos para NW (CAMPANHA & ENS, 1996; MAFFRA, 2000; MORA, 2010). Velázquez et al., (2013) descreve outras unidades geológicas, como a dos ortognaisses, dos gnaisses peraluminosos e dos gnaisses migmatíticos, predominante ao longo da zona. Perrota et al., (2005) afirmam que esta unidade tem ocorrência expressiva no Complexo Costeiro e as rochas são descritas como (hornblenda)-biotita granitóide gnáissico porfirítico, cujo conteúdo



mineralógico compreende plagioclásio, quartzo, microclínio, biotita e hornblenda e a orientação é dada pela presença de minerais micáceos e feldspato.

O tipo litológico observado no geossítio corresponde à referida unidade dos gnaisses migmatíticos, representada por um granito gnaisse porfirítico, com foliação milonítica, de direção NW mergulhando para NE, decorrente do fluxo plástico durante o cisalhamento dúctil, associada à Zona de Cisalhamento Camburu. A exposição milonítica do afloramento é excelente e pode ser observada tanto na cachoeira conhecida como Poço do Jatobá (Figura 69), onde tem melhor exposição, como nas demais quedas observadas no decorrer da trilha.



Figura 69 - a) Vista geral da cachoeira do Poço do Jatobá; b) Afloramento do granito gnaisse milonítico; c) Detalhe da milonitização.



Figura 70 – Amostra retirada do local

O valor científico do geossítio é justificado em sua representatividade, visto que o afloramento, além de ter boa exposição e amostras consideráveis para o estudo de aspectos petrográficos, registra a atuação da Zona de Cisalhamento Camburu, uma das grandes estruturas formadas como resposta à colisão continental, contemplando a história geológica local. Por decorrência deste episódio, é possível observar a evolução da foliação do granito porfirítico, o qual, à medida que se aproxima da Zona de Cisalhamento Camburu, torna-se cada vez mais foliado, sendo observado um aumento de ângulo de mergulho desta estrutura em direção à falha, quando essa foliação torna-se claramente milonítica (MORA, 2010).

A integridade e os potenciais turístico e didático do geossítio são evidentes, visto que a área se configura num excelente local para exemplificar os processos geológicos descritos em meio à rica e diversificada fauna e flora da Mata Atlântica. Desta forma, a trilha como um todo, incluindo o geossítio, pode ser utilizada pela comunidade acadêmica, alunos de ensino fundamental, médio, graduação e de pós-graduação, para o ensino de conceitos correlatos à biodiversidade e à geodiversidade.



Figura 71 - Imagens da trilha e do geossítio - a) Início da trilha, com indicação da RPPN; b) Primeiro contato com o Rio Una, onde observa-se a dinâmica de transporte e deposição de material rochoso; c) Vista do Poço do Jatobá, no ponto do Geossítio. A profundidade chega a três metros em determinados trechos; d) Uma das bases de apoio do PESM.

Embora a trilha seja bem frequentada por pesquisadores, grupos escolares e turistas, o geossítio se encontra muito bem preservado, apresentando vulnerabilidade apenas no que diz respeito a processos naturais. Diversas empresas oferecem roteiros que incluem, além de praias, passeios de barco em algumas ilhas do município, mergulho e trilhas, dentre as quais a trilha do Jatobá se destaca em virtude de sua facilidade no percurso, movimentando a economia da região (Figura 72).



Figura 72 - Imagens do geossítio, utilizado com fins turísticos (Fonte: [www.greenway.com.br](http://www.greenway.com.br) – site de empresa de ecoturismo sediada em Juquehy)



### 5.2.2. Arquipélago de Alcatrazes

<b>Localização:</b>	Conjunto de ilhas distante 36 km do continente	
<b>Coordenadas (UTM):</b>	Saco do Funil	0429992/7334741
	Contato Interior da Ilha	0429975/7334635
	Saco das Tartarugas	0428508/7333760
	Ilha do Oratório	0428060/7333252
	Ilhote do Farol	0428557/7334938
	Ilha da Sapata	0433414/7337265
	Paredão	0433413/7337267
	Baía ao norte da Ilha	0429666/7335097
	Ilhote do Oratório	0428535/7333367
Laje	0432638/7336522	
<b>Acesso:</b>	Somente por meio de barco	
<b>Dimensão:</b>	Cerca de 7000 m de extensão	
<b>Caracterização sucinta:</b>	O arquipélago é formado por um biotita granito porfirítico que varia quanto à granulometria e à deformação. Localmente foi observada granada.	
<b>Litotipo predominante:</b>	Biotita-granito	
<b>Unidade (classificação CPRM):</b>	Não consta no mapa	



Figura 73 - Localização do Arquipélago de Alcatrazes

## Descrição:

O geossítio está situado a aproximadamente 36 km do Porto de São Sebastião, em meio ao oceano Atlântico. Seu acesso é feito exclusivamente por vias marítimas, sendo o tempo de viagem estimado em uma hora. Corresponde a um complexo formado por cinco ilhas, quatro ilhotes, cinco lajes e dois parciais, constituindo um arquipélago cujo conjunto apresenta cerca de 7 km de extensão. Seu ponto mais alto, o Pico da Boa Vista, atinge 316 metros de altura e as principais ilhas são: Alcatrazes (a maior, com cerca de 2750 metros de comprimento e 170 hectares de área), Oratório, Sapata, Paredão e Farol (Figura 74).

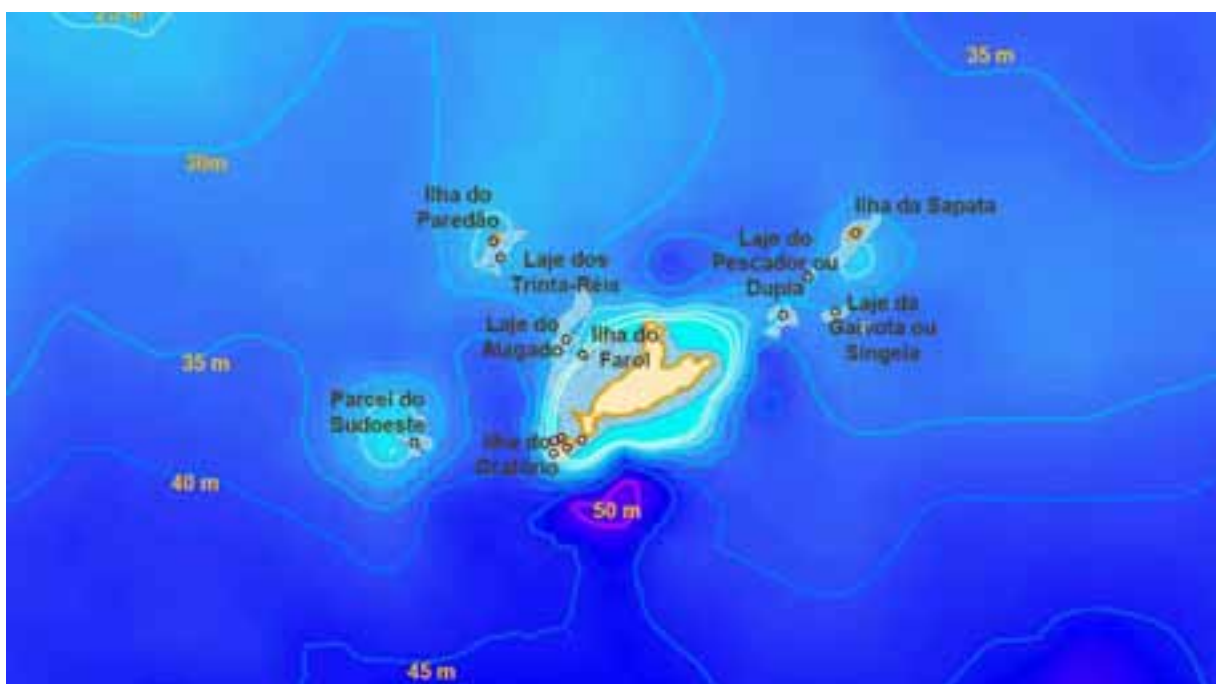


Figura 74 – Distribuição das ilhas, ilhotes, lajes e parciais (Fonte: LEITE, K. L., 2012<sup>14</sup>)

Em virtude da rica diversidade de espécies de fauna e flora, o Arquipélago de Alcatrazes é considerado um verdadeiro santuário ecológico. Refúgio de várias espécies, o local tem mais de 200 espécies catalogadas pelos cientistas, sendo 160 apenas de animais marinhos (trinta espécies a mais do que as encontradas em Fernando de Noronha), incluindo baleias, tubarões e golfinhos, que utilizam a região como rota durante as migrações sazonais. Pesquisadores consideram o arquipélago

<sup>14</sup> Extraído da apresentação da proposta de criação do Parque Nacional Marinho do Arquipélago dos Alcatrazes, apresentada ao Ministério Público em audiência ocorrida em 2012.

como o maior ninhal da América do Sul: são mais de dez mil aves procriando, sendo que algumas utilizam a área como ponto de descanso e nidificação durante seus deslocamentos continentais. Além disso, Alcatrazes possui mais de vinte espécies endêmicas, tanto de animais como também de plantas, encontradas apenas no arquipélago, como a jararaca de Alcatrazes, que tem metade do tamanho e veneno dez vezes mais eficiente, quando comparada à mesma espécie de cobra encontrada no continente.

Essa transformação decorreu da necessidade de adaptação de toda fauna e flora do arquipélago devido às mudanças ambientais ocorridas ao longo do tempo, que resultou no isolamento da área. Durante o período Quaternário, o nível do mar era muito mais baixo do que é observado atualmente, o que favoreceu o congelamento das águas na última glaciação, ocorrida entre 110 mil e 10 mil anos atrás. Desta forma, o conjunto de ilhas ficou unido ao continente, fazendo com que o arquipélago fosse habitado pelas mesmas espécies animais e vegetais da Mata Atlântica durante milhares de anos. Após o degelo, com o aumento do nível do mar, o local ficou isolado e a distância do continente fez com que a fauna e a flora perdessem o contato com as espécies do litoral, com exceção das aves e plantas, cujas sementes podiam ser carregadas pelo vento.

Historicamente, segundo Kodja et al, (2012), alguns relatos importantes contextualizam o arquipélago: o primeiro remonta à expedição colonizadora de Martim Afonso de Sousa (1530-1532). Segundo consta em anotações de Pero Lopes de Sousa, a esquadra avistou o conjunto de ilhas em 10 de agosto de 1531 e foi à terra matar fragatas e atobás para abastecimento; em 1554, o viajante alemão Hans Staden descreveu Alcatrazes; em 1895, a Comissão Geográfica e Geológica de São Paulo também esteve no local; entre os anos de 1911 e 1920, temos os relatos dos primeiros levantamentos científicos detalhados da área; finalmente, em 1982, a Secretaria do Patrimônio da União cedeu à Marinha do Brasil o arquipélago e no mesmo ano foi implementada a primeira raia para treinamentos de tiro. Desde então, a área ficou restrita e isolada, sob domínio da Marinha, que restringe o acesso dificultando o avanço da pesquisa científica.

Este cenário começou a mudar com a instituição da Estação Ecológica Tupinambás, em 1987, cuja gestão se iniciou apenas no ano 2000, e com a criação do Projeto Alcatrazes pela Sociedade Brasileira de Defesa do Litoral Brasileiro (SDLB), em 1989. A Esec Tupinambás é uma unidade de conservação voltada à

proteção dos biomas marinhos e costeiros, abrangendo uma área de cerca de dois mil hectares<sup>15</sup>. Cobre partes do arquipélago, mas não a ilha principal, a mais utilizada pela Marinha para os tiros, e que em 2004 perdeu cerca de 20 hectares em um incêndio iniciado após um dos treinos, gerando uma disputa entre a referida entidade e pesquisadores aliados a grupos de defesa do meio ambiente, com o intuito de barrar os testes de tiro no local. Neste contexto, após longas negociações, em 2009, a Força anunciou que concordava em parar de atirar na ilha e que apoiava a transformação de quase todo o arquipélago num parque nacional marinho, sob a administração do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), mas manteve a posse do arquipélago, devendo ser consultada sobre qualquer decisão que reflita sobre o conjunto. Exigiu ainda que testes fossem realizados esporadicamente na ilha da Sapata, que tem aproximadamente quatro hectares e dista cerca de 4 km da ilha principal, pois tem uma cobertura vegetal rasteira, a qual não seria afetada por incêndios, possui poucos ninhais de aves marinhas e não abriga nenhuma espécie endêmica ou ameaçada.

Em decorrência da dificuldade do acesso ao Arquipélago de Alcatrazes, motivo pelo qual a descrição do presente geossítio iniciou-se com a breve contextualização descrita, quase não há publicações científicas sobre a área, apenas algumas voltadas, principalmente, à biodiversidade. Sendo assim, o conhecimento relacionado à geologia do arquipélago é praticamente inexistente.

Sabendo da importância e relevância do Arquipélago, uma solicitação foi expedida à Marinha do Brasil para que alguns trabalhos de campo fossem realizados na área. Os mesmos foram autorizados e contaram com o apoio do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), que disponibilizou embarcação e equipe para acompanhamento durante os cinco dias de pesquisa em campo.

Desta forma, com o objetivo de estudar o contexto geológico, litotipos, petrologia, tectônica e sua associação com as rochas do continente e de Ilhabela, foram realizadas incursões em dez pontos do arquipélago (Figura 75). São eles: Saco do Funil; Saco do Funil mais para o interior da ilha; Saco das Tartarugas; Ilha do Oratório; Ilhote do Farol; Ilha da Sapata; Ilha do Paredão; Baía ao norte da Ilha; Ilhote do Oratório e Laje próxima à Ilha da Sapata. Foram obtidos amostras e dados

---

<sup>15</sup> Fonte: <http://www.icmbio.gov.br>

estruturais em quase todos os pontos, com exceção do Ilhote do Farol e Ilha do Paredão. A nomeação dos pontos foi feita de acordo com as informações dos guias que acompanharam os trabalhos.



Figura 75 – Distribuição dos pontos mapeados no Arquipélago de Alcatrazes

A maior parte do arquipélago é constituída por um biotita granito porfirítico, com megacristais de feldspato alcalino de coloração rosada que atingem até 7 cm de comprimento. Enclaves de anfibólio-granada-biotita gnaisse e enclaves de anfibólio-biotita gnaisse fino, por vezes foliados, cujos tamanhos variam de centimétrico a métrico, são frequentes e se encontram deformados no sentido da foliação principal, de direção NE-SW, com mergulhos suaves para NW (MARTINS et al., 2014).

De forma sucinta, segue a descrição de cada um dos dez pontos:

**Saco do Funil (Coordenadas UTM: 0429992/7334741):**



Figura 76 - Imagem aérea da região do Saco do Funil  
(Fonte: [http://br.geoview.info/ilha\\_de\\_alcatrazes\\_aerea,14378228p](http://br.geoview.info/ilha_de_alcatrazes_aerea,14378228p) - Foto:Luiz Albano)

Principal ponto de entrada para a maior ilha, Alcatrazes, sendo, inclusive, o primeiro ponto marcado em campo. O tipo litológico presente é um granito porfirítico, com megacristais de feldspato bem desenvolvidos, repleto de enclaves de material máfico. Ocorre granada concentrada sempre próxima aos referidos enclaves.



Figura 77 - Detalhe da rocha - a) granito porfirítico com megacristais centimétricos; b) Detalhe da concentração de granada, próximo do enclave máfico.



**Saco do Funil mais para o interior da ilha (Coordenadas UTM: 0429975/7334635):**

Seguindo por uma pequena trilha, cujo acesso é feito pelo ponto anterior, chegamos a uma zona de contato entre o granito porfirítico observado anteriormente e um granito mais fino, com enclaves graníticos, de material mais grosso. Este granito fino encontra-se orientado na direção NE-SW, mergulhando cerca de 30° para NW.

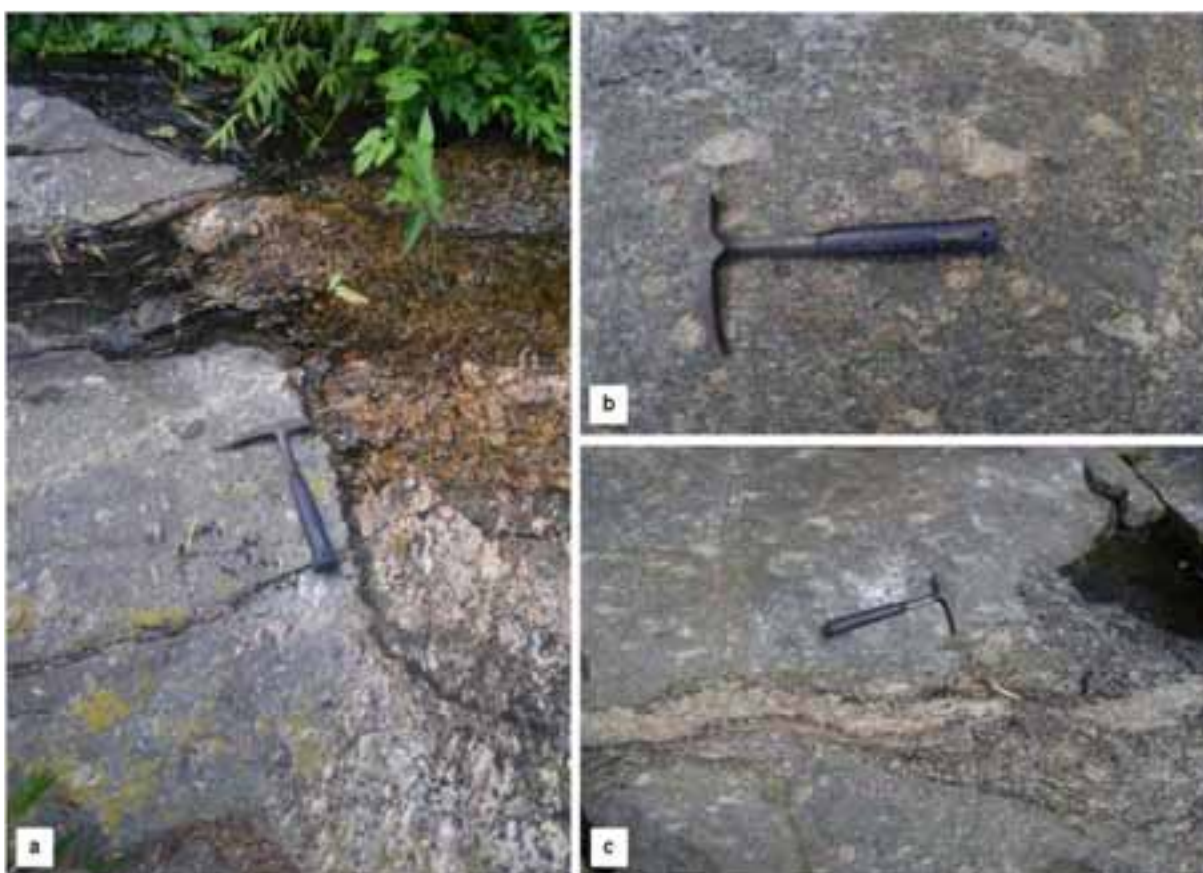


Figura 78 - Detalhe da rocha - a) zona de contato entre o granito fino (esquerda) e o porfirítico (direita); b) e c) Detalhe do granito fino com enclaves

**Saco das Tartarugas (Coordenadas UTM: 0428508/7333760):**

Neste ponto, também conhecido como parte interna da garganta, encontramos o mesmo granito porfirítico, sem orientação, com enclaves de material máfico. O afloramento possui dimensão aproximada de 50 metros. Por se tratar de um local mais plano e de fácil acesso, foi possível fazer um levantamento das

fraturas existentes no costão, onde foram determinadas três famílias distintas. No local observamos, também, um dique de granulação grossa, com aproximadamente nove metros de espessura e direção N10.



Figura 79 – Feições do afloramento - a) Observação da principal família de fraturas, de direção N135 subvertical; b) Dique; e c) Detalhe do granito porfirítico com enclaves máficos

***Ilha do Oratório (Coordenadas UTM: 0428060/7333252):***

Localizada a sul do Arquipélago, a ilha do Oratório consiste num extenso afloramento, com cerca de mil metros de extensão. Trata-se do mesmo granito porfirítico, com enclaves de material máfico de granulação fina, que às vezes mostram-se deformados.



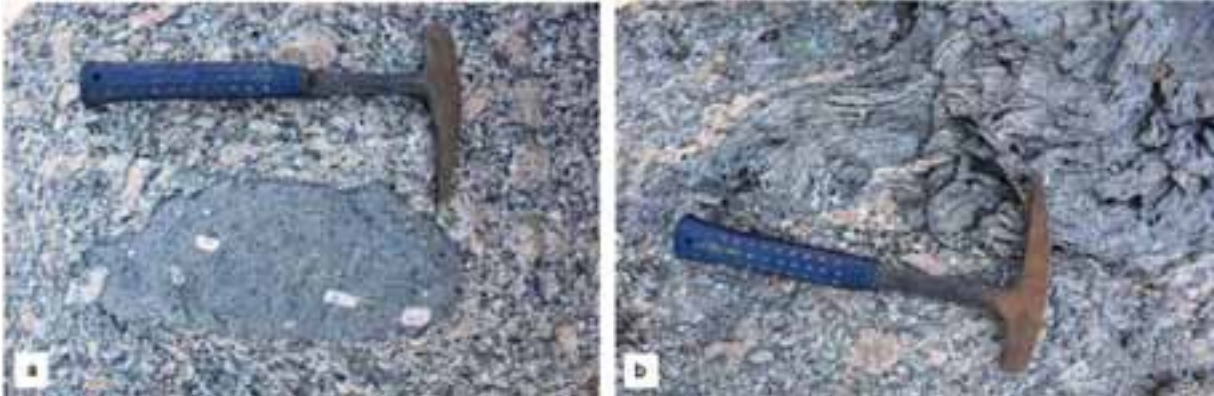


Figura 80 - a) Granito porfirítico com enclave máfico e concentração de biotita nas bordas; b) Detalhe do enclave máfico deformado.

Neste ponto foi possível identificar duas famílias de fraturas: família 1, de direção N130 e família 2, N45.



Figura 81 – a) As duas famílias de fraturas (em vermelho e amarelo, de direção N130 e N45, respectivamente); b) As mesmas famílias, em outro ângulo. Detalhe para um dos parceiros do Arquipélago ao fundo.

Da ilha do Oratório se tem uma vista privilegiada para a ilha principal, Alcatrazes, cuja beleza cênica, de cunho geomorfológico, se assemelha ao gnaissé focoidal que constitui o Pão de Açúcar, localizado no município do Rio de Janeiro.



Figura 82 – Vista para Ilha de Alcatrazes, cuja elevação principal lembra o Pão de Açúcar.

***Ilhote do Farol (Coordenadas UTM: 0428557/7334938):***

Também conhecida como ilha do Porto, o ilhote do farol possui o mesmo granito porfirítico, não deformado, pouco fraturado e que se encontra muito intemperizado, em decorrência, principalmente, da atividade biológica e da alteração de marés.



Figura 83 – a) Vista do paredão fraturado, onde fica instalado o farol; b) Granito porfirítico; c) Detalhe da atividade biológica, que contorna toda a laje do ilhote.

Neste ponto, localiza-se o farol de Alcatrazes, de posse da Marinha do Brasil, correspondendo a um importante auxílio à navegação noturna na região, em virtude da grande quantidade de lajes e parcéis .



Figura 84 – Vista geral do ilhote do farol, ao fundo, face norte de Alcatrazes; b) Detalhe do farol.

***Ilha da Sapata (Coordenadas UTM: 0433414/7337265):***

Distante cerca de 4 km da ilha principal, a ilha da Sapata consiste num extenso afloramento com cerca de 4 hectares de área, correspondente a 40 mil m<sup>2</sup>, formado pelo mesmo granito porfirítico. A rocha encontra-se em excelente exposição e não há presença significativa de fauna e flora locais.



Figura 85 – a) Imagem aérea da Ilha da Sapata (Fonte: KODJA et al, 2012); b) Vista da Ilha para Alcatrazes, distante 4 km.



Neste ponto o granito está cortado localmente por zonas de cisalhamento orientadas na direção N120, com desenvolvimento local de foliação milonítica de mesma direção, que corta a foliação principal da rocha, orientada na direção NE-SW e mergulho de 33° para NW, de forma perpendicular.



Figura 86 – Detalhe da zona de cisalhamento submétrica orientada na direção N120 cortando perpendicularmente o granito porfírico.

Em determinada região do afloramento observa-se uma intrusão tabular de aplito concordante à foliação principal da rocha, orientada na direção NE-SW (Figura 87a), com cerca 3 metros de extensão, correspondendo a uma rocha granítica de granulação muito fina, geralmente composta por quartzo e feldspato, além de apresentar textura sacaroidal. Uma concentração de feldspato é observada em outro ponto do afloramento (Figura 87b), bem como enclaves máficos intrudidos por material félsico, ambos com biotita concentrados em suas respectivas bordas (Figura 87c).



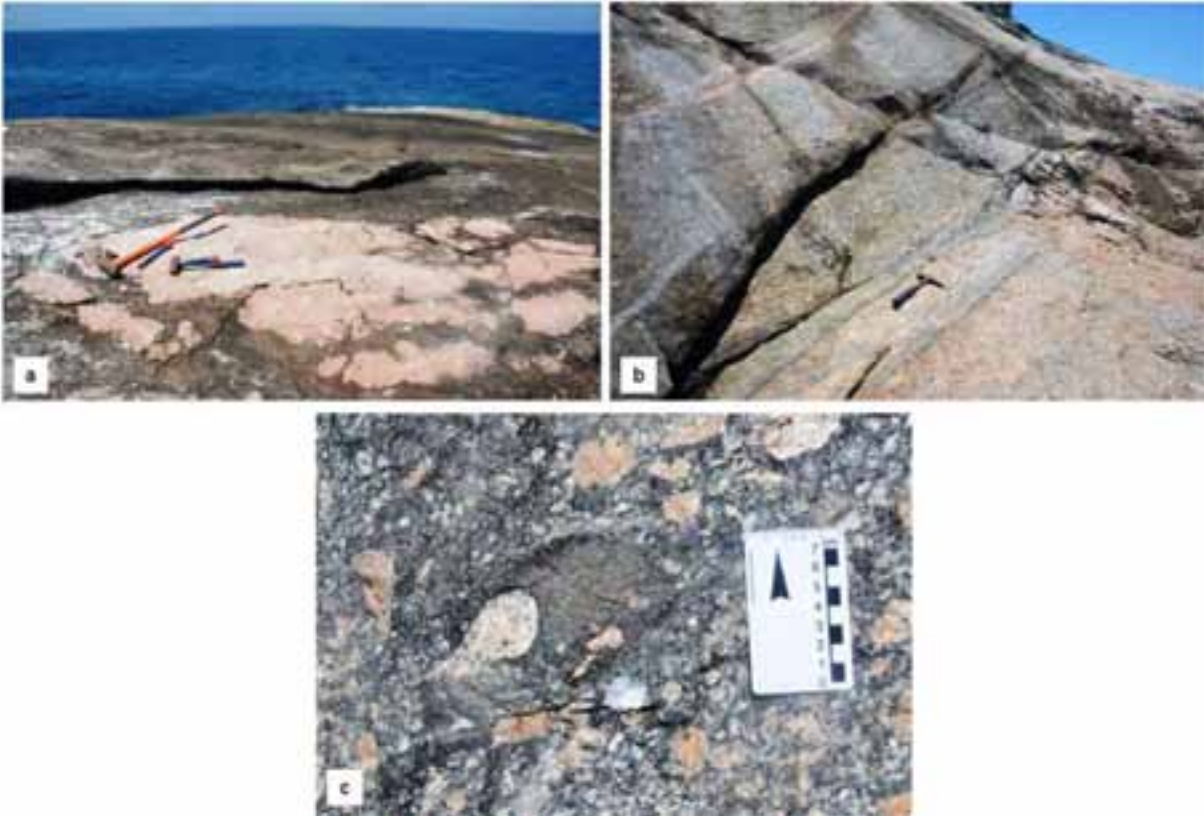


Figura 87 – a) intrusão de aplito; b) granito com concentração de feldspato (parte clara, a direita da foto); c) enclaves máficos com concentração de biotita nas bordas.

Observam-se, ainda, quatro famílias de fraturas: F1 e F2, de direção N110 e N30, respectivamente, formam pares conjugados, enquanto F3 e F4 (menos marcada), orientadas respectivamente nas direções N70 e N155, são famílias de fraturas ortogonais.

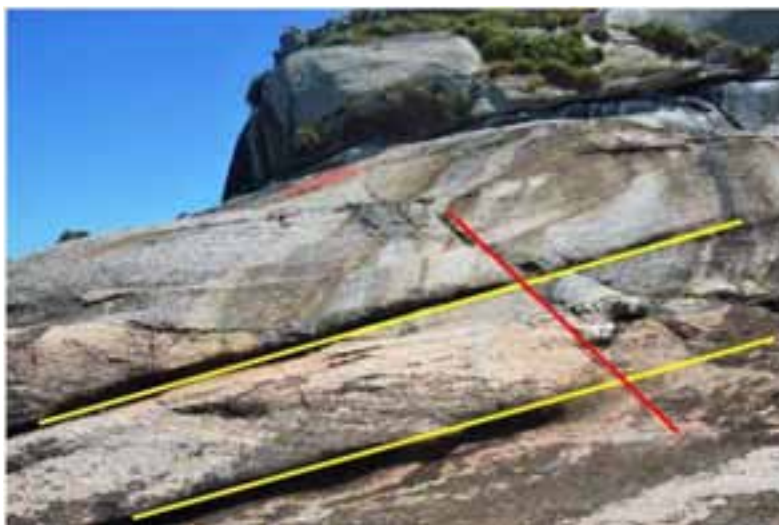


Figura 88 – Família de fraturas: F3 em amarelo, de direção N70 e F4 em vermelho, de direção N155.

Desde 2012, a Ilha da Sapata passou a representar a única área do Arquipélago que poderá ser utilizada pela Marinha do Brasil para exercícios de tiro, em substituição aos alvos do Saco do Funil e Lajes Dupla e Singela. Esta mudança representa um ganho na proteção de espécies endêmicas e ameaçadas, cuja maioria reside na Ilha de Alcatrazes, maior e principal ilha do Arquipélago.

***Paredão (Coordenadas UTM: 0433413/7337267):***

Corresponde a um ilhote próximo a Ilha da Sapata, nomeado como Paredão em virtude da inclinação que ele apresenta. A noroeste da ilha de Alcatrazes existe um ponto conhecido como Ilha do Paredão, que não está contemplado no presente trabalho.



Figura 89 – Detalhe da inclinação do Paredão

No paredão podemos observar o mesmo granito porfirítico, cujos cristais de feldspatos mostram-se bem mais desenvolvidos quando comparado aos encontrados nos demais pontos. A rocha encontra-se orientada na direção NE-SW e apresenta duas famílias de fraturas, sendo a principal concordante com a foliação da rocha de direção NE.



Figura 90 – a) Fraturamento em duas direções principais; b) Detalhe dos megacristais de feldspatos, que se alinham na direção NE-SW, concordante a uma das famílias de fraturas.

**Baía ao norte da Ilha (Coordenadas UTM: 0429666/7335097):**

Localizada ao norte da ilha principal, com vista para o ilhote do Farol, apresenta um extenso afloramento da mesma litologia, o granito porfírico.



Figura 91 – a) Imagem do afloramento; b) Ilhote do Farol

A rocha encontra-se levemente orientada na direção NW e apresenta fraturas denominadas penetrativas de direção N145, que acompanham a foliação da rocha. Observam-se muitos enclaves máficos, alguns dobrados e foliados, contendo cristais de granada.





Figura 92 – a) Enclave máfico foliado e dobrado; b) Granito porfirítico com granada e enclave máfico; c) Grande enclave máfico fraturado, com feldspato intrudido.

**Ilhote do Oratório (Coordenadas UTM: 0428535/7333367):**

Localizado a sul do arquipélago, entre a Ilha do Oratório e a Ilha de Alcatrazes, o Ilhote do Oratório apresenta cerca de 500 metros de extensão. Corresponde ao mesmo granito porfirítico, que se encontra orientado na direção NW apresentando uma foliação de baixo ângulo com mergulho de 20° para NE. Essa foliação de baixo ângulo representa um cavalgamento com indicação de topo para N130.

A rocha encontra-se muito fraturada, apresentando duas famílias de fraturas: a principal, de direção N160, e as fraturas subsidiárias, orientadas para NW.

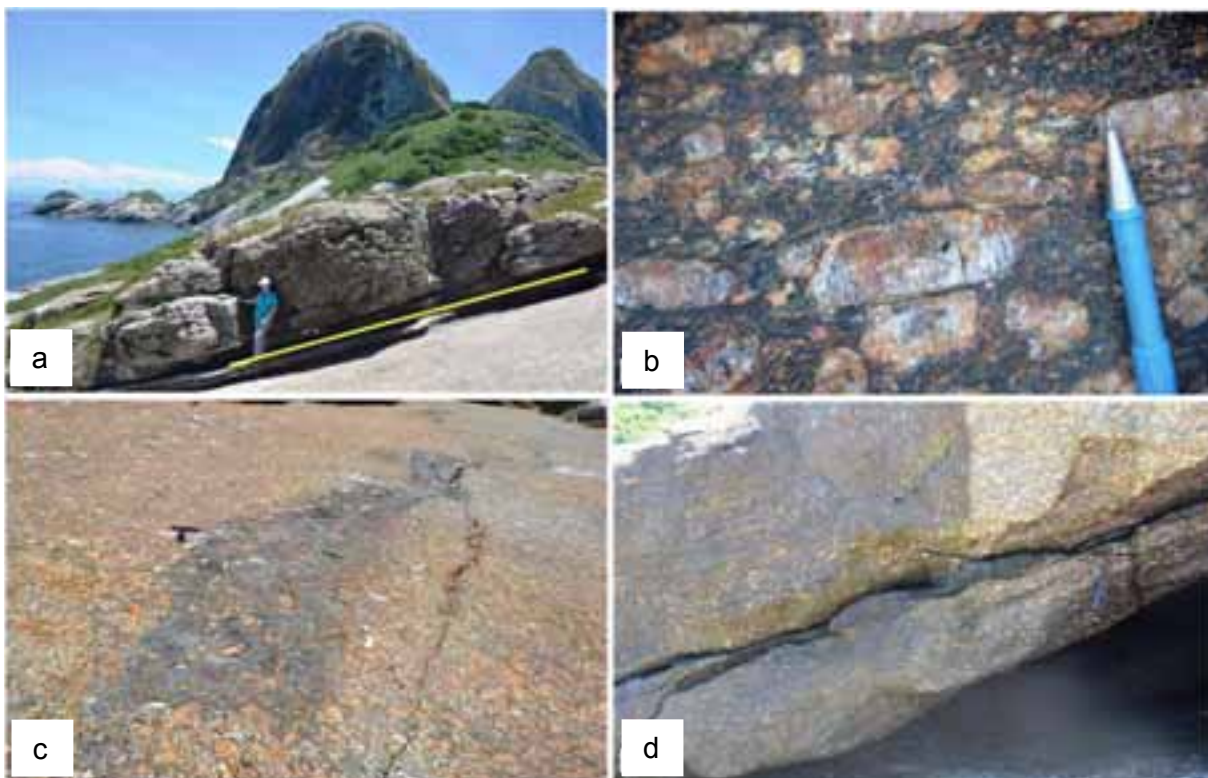


Figura 93 – Feições representativas do afloramento: a) Indicação do fraturamento observado, sendo o principal de direção N160 (destacado em amarelo); b) Porfiroblastos de feldspato assimétricos que dão indicação de movimento; c) e d) Intrusões máficas no granito orientado e fraturado;



Figura 94 – Sistema de fraturamento visto sob dois ângulos. As pequenas fraturas são secundárias e apresentam um padrão escalonado conhecido como fraturas *en echelon*. Indicam que o fraturamento foi formado por um deslocamento dextral.

**Laje (Coordenadas UTM: 0432638/7336522):**

Localizada na região nordeste do arquipélago, a Laje se encontra entre a Ilha principal e a Ilha da Sapata. Trata-se de um pequeno afloramento, com cerca de 50 metros de extensão, constituído pelo mesmo granito porfírico. Observam-se na rocha intrusões máficas e juntas (Figura 95a/b), provavelmente de alívio, também conhecida como de esfoliação, as quais promovem a separação de placas de rocha em geral subparalelas umas às outras (Figura 95b).

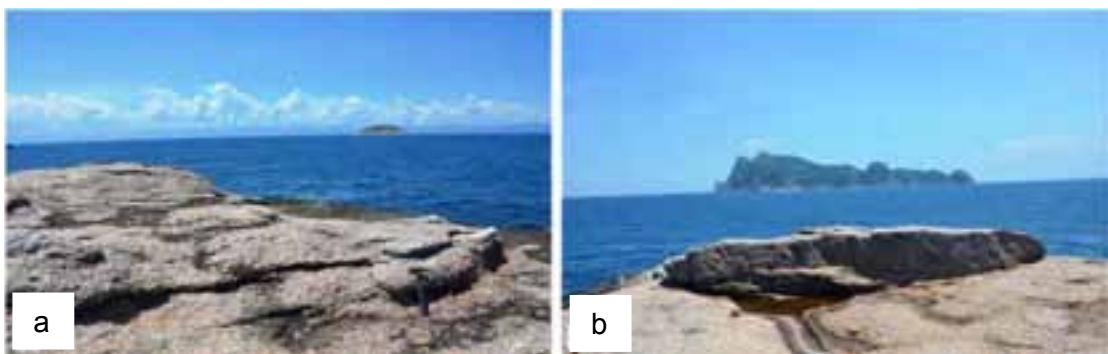


Figura 95 – a e b) Juntas de alívio que se encontram subparalelas à superfície do terreno. Ilha da Sapata ao fundo em a e Alcatrazes em b.



As estruturas observadas no arquipélago coincidem com os dados descritos do continente. No lado continental, Campanha & Ens (1996) descreveram feições semelhantes para a porção sul da estrutura em flor transpressiva cujo eixo corresponde à Zona de Cisalhamento Camburu. Os autores mencionam que ao longo da referida zona ocorrem rochas que apresentam direção predominantemente para NE-SW, com foliações subverticais mergulhando para NW (CAMPANHA & ENS, 1996; MAFFRA, 2000; MORA, 2010). Os autores sugerem ainda um componente de cavalgamento oblíquo para sul, que estaria associado a uma movimentação inicial de baixo ângulo sobreposta, a norte, por deformação de alto ângulo transcorrente.

Garda (1995) descreve, na ilha principal, a ocorrência de um dique vertical constituído por olivina basalto, com cerca de 8 metros de largura e direção NE-SW, relacionado ao estágio final da evolução do Gondwana. Neste contexto, foram identificadas um total de quatro famílias principais de juntas: NW-SE, NE-SW, NNE-SSW e WNW-ESE, compatíveis com um esquema de Riedel para arranjo sinistral com SHMáx na direção NNE-SSW. Estes dados são concordantes com a fase distensiva responsável pelo fraturamento da crosta, associado à abertura do Oceano Atlântico Sul (MARTINS et al., 2014).

Com relação ao conhecimento geocientífico, as informações relacionadas ao contexto geológico do arquipélago restringiam-se apenas à informação do tipo de rocha principal como sendo um granito. Após a realização dos campos para o presente trabalho, amostras foram recolhidas para estudos posteriores, sobretudo no que diz respeito à petrografia, geoquímica e geocronologia.

Com o estabelecimento da Marinha do Brasil durante anos no arquipélago, o local apresenta alguns pontos de degradação em virtude dos tiros, de bases destruídas e pichação dos costões para alvo, cujas marcas ainda mostram-se presentes (Figura 96).

Contudo, o fato do acesso à área ser restrito, a fauna e flora do arquipélago tem se restituído com o passar dos anos. Como forma de amenizar os danos com vistas à proteção total do arquipélago, um projeto para a criação do Parque Nacional Marinho de Alcatrazes foi submetido ao Ministério do Meio Ambiente (MMA) em 2012, visto que o arquipélago apresenta um potencial enorme, tanto em termos de conservação, em virtude da biodiversidade, quanto sob o aspecto turístico, pois é

justamente esta riqueza que atrairia os visitantes viabilizando o uso sustentável do local.



Figura 96 – a) Ruínas de estrutura em tijolo utilizada pela Marinha para tiros construída em costão; b e c) Alvos para exercícios de artilharia da Marinha em pontos distintos do Arquipélago (Fonte: KODJA et al, 2012)

Diante do exposto, o valor do geossítio se justifica em sua representatividade e raridade, visto que, além das estruturas observadas coincidirem com os dados estruturais continentais, o local é considerado o único santuário ecológico do sudeste brasileiro, comparado ao Arquipélago de Abrolhos, na Bahia, e Fernando de Noronha, em Pernambuco. Reúne características únicas no que diz respeito à diversidade biológica, que se encontra em perfeito estado de conservação, muito bem estudada e mapeada. Desta forma, pode-se atribuir imenso potencial didático ao local, tanto no âmbito biológico, como também no ensino geocientífico. Contudo, em virtude da legislação que proíbe atividades num raio de 10 km do arquipélago, salvos casos específicos voltados à pesquisa e ao monitoramento, as atividades de campo tornam-se inviáveis no geossítio.

No Arquipélago como um todo é possível associar a biodiversidade local à geodiversidade, mostrando as relações de dependência existentes entre elas (Figuras 97 e 98). No caso, uma intrusão de um material mais fino deformado,

distinto do granito porfirítico observado em todo o Arquipélago, é visto com frequência na região e está sempre associado às aves locais, que nidificam nestas áreas deformadas.



Figura 97 – Material mais fino intrudido no granito porfirítico cujas deformações são utilizadas pelas aves para nidificação.



Figura 98 – Outro ponto do Arquipélago com a mesma feição, onde é visível que o material intrudido é distinto do granito porfirítico.

Após a descrição de cada um dos pontos mapeados surgiu uma dúvida acerca de qual deles poderia representar o geossítio de fato, visto que, de acordo com Brilha (2005), os geossítios são bem delimitados geograficamente, devendo possuir algum valor representativo no âmbito científico, pedagógico, cultural ou turístico. Desta forma, em virtude de sua grande extensão, o ideal seria delimitar o Arquipélago de acordo com os pontos mais representativos do ponto de vista científico, de modo a atender as condições necessárias atribuídas aos sítios geológicos.

Contudo, sabendo da importância que todo o Arquipélago representa nos mais variados âmbitos, aliado à ausência de informações científicas, principalmente do ponto de vista geológico, optou-se por enquadrar todo o complexo como um único geossítio, onde todos os pontos mapeados constituem-se em locais de extrema relevância.

O Arquipélago de Alcatrazes apresenta ainda interesses histórico e cultural, o que aumenta a sua representatividade enquanto geossítio.

## **6. QUANTIFICAÇÃO DO PATRIMÔNIO GEOLÓGICO**

### **6.1 Introdução**

A quantificação da relevância do patrimônio geológico de uma dada área corresponde à etapa posterior ao inventário e caracterização dos geossítios selecionados. Tem como principal objetivo orientar a escolha de ações prioritárias voltadas à conservação dos referidos sítios geológicos, seguindo uma ordem de relevância, de modo a estabelecer medidas adequadas para a preservação destes locais de importante interesse científico.

O processo de quantificação apresenta algumas dificuldades em sua realização, sobretudo no que diz respeito à subjetividade na atribuição de valores, aos parâmetros que devem ser adotados, aos objetivos do inventário e, principalmente, à escolha correta do método a ser aplicado. Desta forma, a metodologia selecionada deve ser objetiva e adequada à realidade em que se inserem os geossítios, de modo a diminuir possíveis disparidades e subjetividades, facilitando a aplicação de futuras estratégias de gestão e conservação para estes locais.

Nos últimos anos, com o intuito de diminuir a subjetividade associada à quantificação dos geossítios, diversas metodologias foram propostas para a avaliação dos elementos da geodiversidade, a maioria delas voltadas à quantificação do valor científico dos geossítios significativos. Pereira (2010) elenca e discute os métodos propostos por e Rivas et al. (1997), Brilha (2005), Bruschi & Cendrero (2005), Coratza & Giusti (2005), Serrano & Gonzalez Trueba (2005), Pralong (2005), Pereira (2006) e Garcia-Cortéz & Urquí (2009). Alguns destes métodos são voltados a temáticas específicas, como a quantificação aplicada exclusivamente ao patrimônio geomorfológico, tais como as propostas de Panizza et al. (1995) e Rivas et al. (1997), utilizadas por Rodrigues (2008). Cabe destacar que independente do valor que se deseja atribuir aos geossítios, é importante ter um critério bem estabelecido na escolha da metodologia.

Recentemente, Gonçalves (2013) propôs uma metodologia baseada exclusivamente no valor turístico representado por 42 geossítios do Geoparque

Terras de Cavaleiros, em Portugal. O autor utilizou-se de quatro critérios principais (disponibilidade, uso, logística e sentidos) dividindo-os em treze categorias: acessibilidade, visibilidade, segurança, sinalização, uso atual do interesse geológico, uso atual de outros tipos de interesse, propriedade e limitações ao uso turístico, limpeza e recreação, instalações sanitárias, equipamento de alojamento, equipamento de restauração, estética e compreensão e aprendizagem do conteúdo do geossítio. O conjunto destes parâmetros avalia o potencial turístico e as condições de infraestrutura necessárias à visita de cada um dos geossítios.

A metodologia proposta por Brilha (2005) se constitui em uma metodologia “clássica” e tem sido muito utilizada para a quantificação de geossítios em inventários do mundo inteiro. Este método inovou ao permitir a determinação da relevância dos geossítios nos âmbitos regional, nacional e internacional. No entanto, o método vem sofrendo alterações que ainda não foram publicadas (BRILHA, 2013, informação verbal<sup>16</sup>) e que por esta razão não foi utilizado no presente trabalho.

Para a quantificação dos geossítios do município de São Sebastião foram escolhidos os métodos do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), disponibilizado por meio do sistema GEOSSIT, e aquele proposto por Pereira (2010). A escolha de tais métodos visou à valorização das propostas brasileiras para conservação da geodiversidade, visto que os parâmetros e critérios utilizados como referência são relativamente adaptados à realidade nacional. Além disso, o favorecimento do uso de metodologias brasileiras representa um incentivo ao aperfeiçoamento das propostas para futura consolidação do país como referência no âmbito da geoconservação.

Os métodos de quantificação adotados para o presente trabalho serão descritos a seguir.

## **6.2 O método do Serviço Geológico do Brasil (CPRM): GEOSSIT**

O Serviço Geológico do Brasil representa um órgão detentor e difusor do conhecimento geológico nacional, sendo incumbido, dentre outros, a realizar de forma sistemática o mapeamento geológico do território brasileiro. Recentemente o

---

<sup>16</sup> Dados fornecidos pelo Prof.<sup>a</sup> Dr. José Bernardo R. Brilha, Centro de Ciências da Terra – Universidade do Minho – Portugal



órgão tem investido em iniciativas de inventário do patrimônio geológico brasileiro com o apoio da comunidade científica e demais serviços geológicos estaduais.

Com o intuito de conservar este patrimônio, a CPRM criou o programa Geoparques (discutido no próximo capítulo) como forma de suprir a lacuna existente no país no que diz respeito ao reconhecimento internacional do patrimônio geológico de importância nacional ou regional. As atividades ligadas ao referido programa contemplam a identificação, caracterização e avaliação dos geossítios, que integrarão um acervo mais amplo, de âmbito nacional, representado pelo Inventário de Sítios do Patrimônio Geológico do Brasil (MANSUR et al., 2013).

Neste contexto, como forma de alimentar o banco de dados gerado pelos sítios geológicos cadastrados no programa Geoparques, a CPRM desenvolveu o GEOSSIT, um aplicativo web para cadastro e quantificação automática de geossítios, sendo uma das primeiras iniciativas brasileiras que possibilita a integração dos dados das fichas de inventário e os parâmetros de quantificação para caracterização do patrimônio geológico nacional. Segundo Mansur et al. (2013), o aplicativo funciona como uma ferramenta para a padronização do cadastramento de geossítios do Brasil, é de livre acesso para visualização dos sítios já existentes e é operado por meio de uma base de dados específica do Sistema GEOBANK do Serviço Geológico do Brasil. Para aqueles que desejam registrar geossítios, o sistema exige um pequeno cadastro para liberação de senha, que será encaminhada pelo responsável técnico via e-mail.

As fichas utilizadas para a quantificação dos geossítios no referido sistema<sup>17</sup> foram adaptadas à realidade brasileira a partir de métodos propostos por Brilha (2005) e Garcia-Cortés & Luis Carvavilla Urquí (2009). De acordo com Mansur et al. (2013), os dados solicitados durante o cadastro, como localização e caracterização geológica, por exemplo, somados às características intrínsecas, ao uso potencial e à necessidade de proteção, constituem-se em parâmetros adaptados da metodologia sugerida por Brilha (2005), que permitem classificar o geossítio de acordo com sua relevância nos âmbitos regional, nacional ou internacional. Os autores afirmam ainda que os quesitos relativos ao valor atribuído para os interesses científico, didático e turístico, bem como àqueles utilizados no cálculo da vulnerabilidade do sítio, ambos extraídos da metodologia proposta por Garcia-Cortés & Luis Carvavilla Urquí (2009),

---

<sup>17</sup> Disponíveis em [www.cprm.gov.br/geossit](http://www.cprm.gov.br/geossit)

permitem estabelecer a urgência da real necessidade de proteção do geossítio, de modo que sejam adotadas medidas cabíveis para a preservação do mesmo.

O GEOSSIT, que teve seu lançamento oficial durante o 46º Congresso Brasileiro de Geologia, ocorrido na cidade de Santos em 2012, ainda se encontra em processo de desenvolvimento, sendo aperfeiçoado sempre que utilizado por acadêmicos de todo o país, que enviam sugestões visando à melhoria do sistema. O conteúdo das planilhas, os parâmetros, os dados solicitados e os passos para se proceder com o cadastro dos geossítios serão detalhados a seguir.

### **6.2.1 Utilizando o sistema: Como cadastrar geossítios**

Para proceder com o registro de um geossítio primeiramente é necessário solicitar uma senha de acesso ao sistema, preenchendo o pequeno cadastro disponível no site com informações pessoais, tais como nome, e-mail, instituição, telefone e link do currículo lattes. Após alguns dias, um dos responsáveis pelo aplicativo retorna o contato com login e senha para acesso ao sistema, no e-mail informado no cadastro.

De posse da senha, é possível iniciar o cadastro dos geossítios informando, primeiramente, o nome do sítio, o estado e a cidade em que se localiza. Feito isso, se abrirá o sistema utilizado para caracterizar o geossítio, contemplando inúmeras planilhas eletrônicas que deverão ser preenchidas com as informações pertinentes à descrição completa do geossítio, para futura quantificação da relevância, calculada automaticamente a partir dos dados informados. Tais planilhas são divididas em sete quesitos, da seguinte maneira:

- **Identificação:** este item se divide em duas abas. A primeira, denominada “Designação” deverá ser preenchida com o nome do geossítio e sua classificação temática principal (astroblema, paleoambiente, tectônica, dentre outros); a segunda aba se refere à “Localização”, correspondendo ao local onde deverão ser informadas coordenadas, ponto de referência, acesso, podendo incluir mapas;

- Enquadramento: Planilha que se refere ao enquadramento geológico da área, abrangendo o contexto geológico, terreno e dados estratigráficos;
- Caracterização geológica: nesta planilha encontramos quatro abas (rochas sedimentares, rochas ígneas, rochas metamórficas e deformação das rochas) com diversos itens a serem preenchidos. Para rochas sedimentares, por exemplo, temos como itens os ambientes sedimentares (continental, marinho, transiicional), os tipos de ambiente (cárstico, eólico, recifes, glacial, costeiro, etc); a presença de fósseis e demais estruturas sedimentares; para rochas ígneas temos por itens a categoria (vulcânica ou plutônica); os aspectos texturais (afanítica, fanerítica, amigdaloidal, pegmatítica, etc) e as estruturas (almofadada, maciça, orientada); nas metamórficas os itens correspondem aos tipos de metamorfismo (contato, dinâmico, impacto), as fácies de metamorfismo (anfíbolito, eclogito, granulito, etc); as texturas (granoblástica, milonítica, porfiroblastica, etc) e estruturas (bandamento, foliação); e na última aba, denominada Deformação das Rochas, encontramos os tipos de deformação (dúctil, rúptil), o regime tectônico (compressional, extensional, transcorrente), as estruturas (boudins, lineação, estrias de falha, eixos de dobra) e as estruturas planares (acamamento, foliação, diques e veios, zona de cisalhamento, etc).
- Feições de relevo: planilha que apresenta cinco abas representadas pelas feições deposicionais, feições erosivas, feições de dissolução química, feições de evolução geoquímica e ilustração. Esta última corresponde a um espaço destinado a esquemas e ilustrações que podem facilitar na compreensão das feições observadas em campo;
- Interesse: planilha que apresenta três abas. A primeira diz respeito ao conteúdo do geossítio (paleontológico, espeleológico, tectônico), interesses associados (arqueológico, ecológico, etnológico) e possível utilização (científica, turística, econômica). A segunda deve ser

preenchida com observações, como bibliografia, enquanto a terceira aba corresponde a um espaço destinado a fotografias e dados gráficos do local;

- **Conservação:** dividida em três abas, a primeira corresponde a Unidade de conservação (proteção integral, uso sustentável, situação); a segunda aba trata de áreas de Proteção indireta (Área de Proteção Permanente, Área indígena, Reserva da Biosfera); e a terceira diz respeito às áreas de Uso e Ocupação (terreno público, privado, área rural);
- **Quantificação:** última planilha do sistema, se divide em seis abas (vulnerabilidade, características intrínsecas, uso potencial, necessidade de proteção, média do geossítio, recomendação), que serão detalhadas posteriormente, com a quantificação dos geossítios do município de São Sebastião.

Após o preenchimento de todos os itens, o sistema calculará automaticamente a relevância do geossítio, atribuindo-lhe uma nota (entre 0 e 5), relevância (regional, nacional ou internacional), além de valores didático, científico e turístico. Além disso, o GEOSSIT sugere algumas recomendações quanto à urgência e necessidade de proteção, independentemente da destinação do local como um ponto turístico, ou didático, por exemplo.

### **6.2.2 Quantificação dos geossítios pelo método GEOSSIT**

Conforme mencionado, a planilha destinada para a quantificação dos geossítios se divide em seis abas: Vulnerabilidade, Características Intrínsecas, Uso Potencial, Necessidade de Proteção, Média do Geossítio e Recomendação. As duas últimas correspondem, respectivamente, às notas calculadas automaticamente pelo sistema e às recomendações sugeridas para a proteção do geossítio. As quatro primeiras contêm os parâmetros que são valorados para se chegar à referida média calculada, sintetizadas a seguir.

Para a quantificação da vulnerabilidade e dos valores didático, científico e turístico, o GEOSSIT utilizou-se do método de Garcia-Cortés & Carcavilla Urquí (2009), mantendo todos os parâmetros e seus respectivos pesos para o cálculo do valor final (Tabelas 2 e 3).

<b>QUANTIFICAÇÃO DA VULNERABILIDADE DOS GEOSSÍTIOS</b>			
<b>Vulnerabilidade</b>	<b>Peso</b>	<b>Vulnerabilidade</b>	<b>Peso</b>
1. Ameaças antrópicas	15	6. Proteção física ou indireta	10
2. Interesse para exploração mineral	15	7. Acessibilidade	10
3. Ameaças naturais	15	8. Regime de propriedade local	5
4. Fragilidade intrínseca	10	9. Densidades de população (agressão potencial)	5
5. Regime de proteção local	10	10. Proximidades de área recreativas (agressão potencial)	5

Tabela 2: Parâmetros utilizados pelo GEOSSIT para quantificação da vulnerabilidade dos Geossítios, extraídos do método de Garcia-Cortés & Carcavilla Urquí (2009). Os valores possíveis são 0, 1, 3 ou 5, cujos pesos variam entre 15, 10 ou 5.

<b>QUANTIFICAÇÃO DO VALOR CIENTÍFICO (Ic), DIDÁTICO (Id) E TURÍSTICO (It) DOS GEOSSÍTIOS – MÉTODO GARCIA-CORTÉS &amp; CARCAVILLA URQUÍ (2009)</b>			
<b>Parâmetros</b>	<b>(Ic)</b>	<b>(Id)</b>	<b>(It)</b>
Representatividade (A4)	25	5	0
Caráter de localidade tipo (A6)	20	5	0
Grau de conhecimento científico do lugar (A3)	15	0	0
Estado de conservação (A9)	10	5	0
Condições de observação (B2)	5	5	5
Raridade (A1)	15	15	0
Diversidade geológica (A5)	10	10	0
Conteúdo didático/uso didático (B8)	0	20	0
Infraestrutura logística (B5)	0	15	5
Densidade populacional (B6)	0	5	5
Acessibilidade (B4)	0	15	10
Fragilidade intrínseca (C6)	0	5	15
Associação com outros elementos (culturais e/ou naturais) (A7)	0	5	5
Espetacularidade ou beleza (A10)	0	5	20
Conteúdo divulgativo (B9)	0	0	15
Potencialidade para realizar atividades turísticas e recreativas (B1)	0	0	5
Proximidade de zonas recreativas (C7)	0	0	5
Entorno socioeconômico (B7)	0	0	10

Tabela 3: Parâmetros e pesos propostos por Garcia-Cortés & Carcavilla Urquí (2009) relativos à quantificação dos interesses científico (Ic), didático (Id) e turísticos (It). Detalhe para os parâmetros que são correspondentes e utilizados no sistema GEOSSIT, entre parênteses.

Com relação à quantificação da relevância regional, nacional ou internacional, a metodologia foi adaptada daquela sugerida por Brilha (2005), mantendo-se os parâmetros já propostos, mas acrescentando outros (A9, B8, B9 e C7), adaptados à realidade brasileira (Tabelas 4, 5 e 6).

<b>QUANTIFICAÇÃO DA RELEVÂNCIA DOS GEOSSÍTIOS</b>	
<b><i>Características intrínsecas</i></b>	<b><i>Possíveis valores</i></b>
A1. Abundância/raridade	0, 1, 2, 3, 4 ou 5
A2. Extensão	0, 1, 2, 3, 4 ou 5
A3. Grau de conhecimento científico	0, 1, 2, 3, 4 ou 5
A4. Utilidade como modelo para ilustração de processos geológicos	0, 1, 2, 3, 4 ou 5
A5. Diversidade de elementos de interesse pelo conteúdo	0, 1, 2, 3, 4 ou 5
A6. Local-tipo	0, 1, 3 ou 5
A7. Associação com elementos culturais	0, 1, 2, 3, 4 ou 5
A8. Associação com elementos naturais	0, 1, 2, 3, 4 ou 5
A9. Estado de conservação	0, 1, 2, 3, 4 ou 5
A10. Utilização da imagem na divulgação turística	0, 1, 2, 3, 4 ou 5

Tabela 4: Parâmetros para quantificação da relevância dos geossítios no quesito “Características intrínsecas”, adaptado do método de Brilha (2005). O peso atribuído a cada parâmetro é igual a 1, sendo utilizada média simples para o cálculo final.

<b>QUANTIFICAÇÃO DA RELEVÂNCIA DOS GEOSSÍTIOS</b>	
<b><i>Uso Potencial</i></b>	<b><i>Possíveis valores</i></b>
B1. Possibilidade de realizar as atividades propostas	0, 1, 2, 3, 4 ou 5
B2. Condições de observação	0, 1, 2, 3, 4 ou 5
B3. Possibilidades de coleta de materiais	0, 1, 2, 3, 4 ou 5
B4. Acessibilidade	0, 1, 2, 3, 4 ou 5
B5. Proximidade de povoação	0, 1, 2, 3, 4 ou 5
B6. População a ser beneficiada com a utilização/divulgação do geossítio	0, 1, 2, 3, 4 ou 5
B7. Condições socioeconômicas	0, 1, 3 ou 5
B8. Utilização didática	0, 1, 2, 3, 4 ou 5
B9. Conteúdo divulgativo	0, 1, 2, 3, 4 ou 5

Tabela 5: Parâmetros para quantificação da relevância dos geossítios no quesito “Uso Potencial”, adaptado do método de Brilha (2005). O peso atribuído a cada parâmetro é igual a 1, sendo utilizada média simples para o cálculo final.



## QUANTIFICAÇÃO DA RELEVÂNCIA DOS GEOSSÍTIOS

<i>Necessidade de Proteção</i>	<i>Possíveis valores</i>
C1. Ameaças atuais ou potenciais	0, 1, 2, 3, 4 ou 5
C2. Situação atual	0, 1, 2, 3, 4 ou 5
C3. Interesse para exploração mineral	0, 1, 2, 3, 4 ou 5
C4. Valor dos terrenos	0, 1, 2, 3, 4 ou 5
C5. Regime de propriedade	0, 1, 2, 3, 4 ou 5
C6. Fragilidade (Perante ação humana)	0, 1, 2, 3, 4 ou 5
C7. Proximidade de áreas recreativas	0, 1, 2, 3, 4 ou 5

Tabela 6: Parâmetros para quantificação da relevância dos geossítios no quesito “Necessidade de Proteção”, adaptado do método de Brilha (2005). O peso atribuído a cada parâmetro é igual a 1, sendo utilizada média simples para o cálculo final.

Após o preenchimento de todos os parâmetros, o sistema calculará uma média final para os geossítios, atribuindo-lhes uma relevância nos âmbitos internacional, nacional e regional. Os geossítios de relevância internacional são aqueles que possuem os seguintes valores acumulados: A1, A3, A9, B1 e B2 simultaneamente  $\geq 4$  e A6 = 5; Os de relevância nacional, são aqueles que possuem como valores acumulados: A1, A6, A9, B1 e B2 simultaneamente  $\geq 3$  e A3  $\geq 4$ ; por fim, os locais que não se enquadram nestas condições serão considerados geossítios de relevância regional. Para o cálculo de relevância, aplicam-se as fórmulas descritas no quadro a seguir:

### CÁLCULO PARA A QUANTIFICAÇÃO DA RELEVÂNCIA DOS GEOSSÍTIOS

<i>Geossítios de âmbito Internacional ou Nacional</i>	<i>Geossítios de âmbito Regional</i>
$Q = \frac{2A + B + 1,5C}{3}$	$Q = \frac{A + B + C}{3}$

*Q = Quantificação final da relevância do geossítio;  
A, B e C = Média simples obtida para cada conjunto de critérios;*

Quadro 2 – Demonstração dos cálculos utilizados para a quantificação da relevância internacional, nacional ou regional dos geossítios de São Sebastião – SP, adotados pelo GEOSSIT. Extraídos de Brilha (2005).

Diante do exposto, segue a quantificação da vulnerabilidade (Tabela 7) e da relevância (Tabela 8) de cada um dos geossítios de São Sebastião pelo método GEOSSIT:

<b>QUANTIFICAÇÃO DA VULNERABILIDADE DOS GEOSSÍTIOS DO MUNICÍPIO DE SÃO SEBASTIÃO</b>										
		Feições de deformação da Jureia/Engenho	Feições de injeção de Juquehy	Ilhote de Camburizinho	Gnaisses de Boiçucanga	Sistema de diques da Baía do Araçá	CEBIMar	Mirante da Trilha da Praia Brava	Milonitos da ZCC	Arquipélago de Alcatrazes
Vulnerabilidade	V1	1	1	1	1	3	1	0	0	0
	V2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	V3	1	1	1	1	1	1	1	3	1
	V4	0	0	3	0	3	0	1	3	1
	V5	0	5	5	1	5	0	1	1	0
	V6	5	5	5	0	5	0	0	3	0
	V7	1	3	5	5	3	3	0	0	0
	V8	2	2	2	2	2	5	2	2	1
	V9	3	3	3	3	3	3	3	3	0
	V10	5	5	5	5	5	5	3	1	0
		<b>Média</b>	<b>140,00</b>	<b>210,00</b>	<b>260,00</b>	<b>140,00</b>	<b>27,00</b>	<b>125,00</b>	<b>75,00</b>	<b>145,00</b>
	<b>Valor Científico</b>	<b>400,00</b>	<b>415,00</b>	<b>415,00</b>	<b>415,00</b>	<b>445,00</b>	<b>445,00</b>	<b>285,00</b>	<b>335,00</b>	<b>380,00</b>
	<b>Valor Didático</b>	<b>310,00</b>	<b>320,00</b>	<b>325,00</b>	<b>320,00</b>	<b>395,00</b>	<b>440,00</b>	<b>265,00</b>	<b>245,00</b>	<b>225,00</b>
	<b>Valor Turístico</b>	<b>275,00</b>	<b>285,00</b>	<b>320,00</b>	<b>285,00</b>	<b>270,00</b>	<b>375,00</b>	<b>290,00</b>	<b>260,00</b>	<b>250,00</b>
	<b>Valor Global</b>	<b>328,33</b>	<b>340,00</b>	<b>353,33</b>	<b>340,00</b>	<b>370,00</b>	<b>420,00</b>	<b>280,00</b>	<b>280,00</b>	<b>285,00</b>

Tabela 7: Quantificação da vulnerabilidade (V) e média dos valores científico (VC), didático (VD) e turístico (VT) dos geossítios de São Sebastião calculados pelo sistema GEOSSIT. O valor global se refere à média simples entre VC, VD e VT. Adaptado da metodologia de Garcia-Cortés & Carcavilla Urquí (2009), cujos valores e pesos dos parâmetros foram detalhados nas Tabelas 2 e 3, respectivamente.

QUANTIFICAÇÃO DA RELEVÂNCIA DOS GEOSSÍTIOS DO MUNICÍPIO DE SÃO SEBASTIÃO										
		Feições de deformação da Jureia/Engenho	Feições de injeção de Juquehy	Ilhote de Camburizinho	Gnaisses de Boiçucanga	Sistema de diques da Baía do Araçá	CEBIMar	Mirante da Trilha da Praia Brava	Milonitos da ZCC	Arquipélago de Alcatrazes
A - Características Intrínsecas	A1	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	A2	2	2	3	2	2	2	1	1	5
	A3	3	5	3	5	5	5	0	4	1
	A4	5	5	5	5	5	5	5	3	4
	A5	4	2	5	2	1	4	2	2	4
	A6	3	3	3	3	5	3	1	3	5
	A7	0	0	3	0	0	0	0	0	5
	A8	3	3	3	3	4	4	3	3	5
	A9	4	4	4	4	4	5	4	4	4
	A10	1	1	0	1	0	3	2	2	0
	<b>Média A</b>	<b>3,00</b>	<b>3,00</b>	<b>3,40</b>	<b>3,00</b>	<b>3,10</b>	<b>3,60</b>	<b>2,30</b>	<b>2,70</b>	<b>3,80</b>
B - Uso Potencial	B1	4	4	5	4	4	5	5	3	3
	B2	5	5	5	5	5	5	5	4	5
	B3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	B4	4	5	5	5	5	5	1	1	1
	B5	5	5	5	5	5	5	4	3	1
	B6	4	4	4	4	4	4	4	4	1
	B7	3	3	3	3	3	5	3	3	3
	B8	1	1	0	1	5	5	3	1	0
	B9	1	1	3	1	1	3	1	1	1
	<b>Média B</b>	<b>3,44</b>	<b>3,56</b>	<b>3,78</b>	<b>3,56</b>	<b>4,00</b>	<b>4,56</b>	<b>3,33</b>	<b>2,67</b>	<b>2,11</b>
C - Necessidade de Proteção	C1	3	3	3	5	2	5	5	5	5
	C2	1	1	1	3	1	3	5	5	5
	C3	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	C4	1	1	1	1	1	1	1	1	0
	C5	4	4	4	4	4	3	4	3	4
	C6	4	4	4	4	4	4	5	4	5
	C7	1	1	1	1	1	1	4	5	5
	<b>Média C</b>	<b>2,71</b>	<b>2,71</b>	<b>2,71</b>	<b>3,29</b>	<b>2,57</b>	<b>3,14</b>	<b>4,14</b>	<b>4,00</b>	<b>4,14</b>
<b>Quantificação</b>	<b>3,05</b>	<b>4,54</b>	<b>3,30</b>	<b>4,83</b>	<b>4,68</b>	<b>5,49</b>	<b>3,26</b>	<b>4,69</b>	<b>3,35</b>	
<b>Relevância</b>	<b>Regional</b>	<b>Nacional</b>	<b>Regional</b>	<b>Nacional</b>	<b>Internacional</b>	<b>Nacional</b>	<b>Regional</b>	<b>Nacional</b>	<b>Regional</b>	

Tabela 8: Médias finais da quantificação da relevância dos geossítios de São Sebastião calculados pelo sistema GEOSSIT. Adaptado da metodologia de Brilha (2005), cujos valores e pesos dos parâmetros foram detalhados nas Tabelas 4, 5 e 6, respectivamente.

Geossítios com relevância internacional devem atender aos parâmetros A1, A3, A9, B1 e B2 simultaneamente  $\geq 4$  e  $A6 = 5$

### **6.3 O método de Pereira (2010): Apresentação e quantificação**

A metodologia proposta por Pereira (2010) foi desenvolvida durante a tese de doutorado do autor, que tinha como objetivos quantificar o patrimônio geológico da Chapada Diamantina, no estado da Bahia, região nordeste do Brasil. Este método surgiu de um estudo comparativo entre inúmeras propostas de metodologia existentes para a quantificação do patrimônio geológico, cuja maioria havia sido desenvolvida focada numa realidade europeia, para uma abordagem local, envolvendo principalmente a quantificação de geomorfossítios. À exceção, o autor menciona como exemplos os métodos de Brilha (2005) e de Garcia-Cortés & Carcavilla Urquí (2009), os quais poderiam ser aplicados dentro de um contexto universal.

Pereira (2010) observou que os métodos europeus eram contrastantes com as condições intrínsecas e especificidades de seus geossítios, bem como as condições socioeconômicas e ambientais da área de estudo, optando por elaborar uma proposta adequada à realidade observada no Brasil. Sendo assim, o autor examinou um conjunto de parâmetros comuns em algumas propostas europeias e inseriu novos, totalizando um conjunto de 20 quesitos. Em seguida, os agrupou em categorias de valores, enfatizando os valores científicos e turísticos, além dos parâmetros necessários para a conservação dos sítios. São elas: Valor intrínseco ( $V_i$ ), Valor científico ( $V_{ci}$ ), Valor turístico ( $V_{tur}$ ) e Valor de uso/gestão ( $V_{ug}$ ).

Na Tabela 9 estão apresentadas e detalhadas as quatro categorias com as descrições dos vinte parâmetros. Para cada categoria, deve se obter uma nota por meio de média aritmética simples, cujos resultados finais serão utilizados no cálculo do Valor de Uso Científico (VUC), Valor de Uso Turístico (VUT), Valor de Conservação (VC) e Relevância (R), que serão detalhados adiante. As fórmulas adotadas para as médias são:

- Valor intrínseco: ( $V_i$ ) =  $(A_1+A_2+A_3+A_4)/4$
- Valor Científico: ( $V_c$ ) =  $(B_1+B_2+B_3+B_4)/4$
- Valor Turístico: ( $V_{tur}$ ) =  $(C_1+C_2+C_3+C_4+C_5)/5$
- Valor de Uso/Gestão: ( $V_{ug}$ ) =  $(D_1+D_2+D_3+D_4+D_5+D_6+D_7)/7$

<b>QUANTIFICAÇÃO DOS GEOSSÍTIOS – VALOR INTRÍNSECO (Vi)</b>		
<b>A1</b>	Vulnerabilidade associada a processos naturais	Refere-se à vulnerabilidade do geossítio face aos processos naturais atuantes no local, que podem descaracterizá-lo ou mesmo culminar com a sua destruição.
<b>A2</b>	Abundância/Raridade	Importância do local em termos de sua ocorrência na área investigada.
<b>A3</b>	Integridade	Indicativo do nível de conservação do geossítio e da possibilidade de visualização dos aspectos de interesse.
<b>A4</b>	Variedade de elementos de geodiversidade	Quantidade de interesses e elementos da geodiversidade associados (hidrologia, hidrogeologia, mineralogia, petrologia, etc).
<b>QUANTIFICAÇÃO DOS GEOSSÍTIOS – VALOR CIENTÍFICO (Vci)</b>		
<b>B1</b>	Objeto de referências bibliográficas (grau de conhecimento científico)	Indica se o geossítio já foi alvo de estudos acadêmicos ou citados em artigos técnico-científicos.
<b>B2</b>	Representatividade de materiais e processos geológicos	Indicativo da relevância do geossítio como registro de elementos ou processos relacionados com a evolução geológica ou geomorfológica da região e o contexto em que ela se insere.
<b>B3</b>	Diversidade de interesses/temáticas associados	Associação do geossítio com outros tipos de interesse (dentro das geociências) ou outras temáticas de estudo (ex.: biodiversidade, meteorologia, arqueologia).
<b>B4</b>	Relevância didática	Potencial do geossítio para ilustrar elementos ou processos da geodiversidade e possibilidade de uso do local para ensino das geociências e/ou escolas secundárias.
<b>QUANTIFICAÇÃO DOS GEOSSÍTIOS – VALOR TURÍSTICO (Vtur)</b>		
<b>C1</b>	Aspecto estético	Relativo ao aspecto de beleza cênica do local. Consiste no parâmetro de maior grau de subjetividade, uma vez que depende do sentimento que o local provoca no avaliador.
<b>C2</b>	Acessibilidade	Indicativo das dificuldades de acesso ao local.
<b>C3</b>	Presença de infraestrutura	Indicativo de presença de infraestrutura que facilitam e sirvam de apoio para a utilização do local.
<b>C4</b>	Existência de utilização em curso	Indica as condições atuais de utilização turística do geossítio.
<b>C5</b>	Presença de mecanismos de controle de visitantes	Indicativo da existência de controle dos visitantes, gerando informações para uma futura análise da capacidade de carga dos geossítios.
<b>QUANTIFICAÇÃO DOS GEOSSÍTIOS – VALOR DE USO/GESTÃO (Vug)</b>		
<b>D1</b>	Relevância cultural	Ilustra a associação do geossítios com elementos culturais. Utilização para fins religiosos, toponímias ou realização de eventos culturais.
<b>D2</b>	Relevância econômica	Refere-se ao potencial de exploração econômica do geossítio e utilização como um recurso natural, excluindo-se exploração turística.
<b>D3</b>	Nível oficial de proteção	Indicativo se o local está inserido em Unidade de Conservação.
<b>D4</b>	Passível de utilização econômica	Indica se o local é passível de utilização econômica, excluindo o turismo, ou se está em área com algum tipo de uso que acarrete em restrições para o seu uso turístico.
<b>D5</b>	Vulnerabilidade associada ao uso antrópico	Indicativo da susceptibilidade do local sofrer deterioração mediante o uso para diversos fins.
<b>D6</b>	População do núcleo urbano mais próximo	Indicativo da população da região onde se insere o geossítio, que poderá visitá-lo e, teoricamente, será beneficiada com a sua valorização e utilização.
<b>D7</b>	Condições socioeconômicas dos núcleos urbanos mais próximos	Indicativo das condições socioeconômicas da região onde se insere o geossítio, que indiretamente influenciam na infraestrutura disponível e perfil dos visitantes.

Tabela 9: Os 20 parâmetros propostos por Pereira (2010) para a quantificação dos geossítios da Chapada Diamantina. Os valores de cada quesito variam entre 0 e 4.

Conforme mencionado, os resultados obtidos por meio dos cálculos das médias de cada uma das quatro categorias descritas ( $V_i$ ,  $V_{ci}$ ,  $V_{tur}$  e  $V_{ug}$ ), seriam necessários para compor as fórmulas para o cálculo do Valor de Uso Científico (VUC), Valor de Uso Turístico (VUT), Valor de Conservação (VC) e Relevância (R) para o conjunto dos geossítios inventariados, compondo a quantificação final (Tabela 14, adiante). Para os referidos cálculos, Pereira (2010) adotou como fórmulas e ponderações o que segue:

- Valor de Uso Científico (VUC): Indicativo da relevância científica do geossítio.

$$\mathbf{VUC} = (2 \cdot V_i + 3 \cdot V_{ci}) / 5$$

- Valor de Uso Turístico (VUT): Expressa o potencial de utilização do geossítio como atrativo turístico.

$$\mathbf{VUT} = (3 \cdot V_{tur} + 2 \cdot V_{ug}) / 5$$

- Valor de Conservação (VC): Se refere à relevância do geossítio para fins de conservação dos elementos da geodiversidade.

$$\mathbf{VC} = (3 \cdot V_i + V_{ci} + V_{ug}) / 5$$

- Relevância (R): Estabelece o nível de relevância do geossítio (local, regional, nacional ou internacional).

$$\mathbf{R} = \{2 \cdot [(VUC/20) \cdot 100] + [(VUT/20) \cdot 100]\} / 3$$



Neste último parâmetro (R), o autor estabeleceu ainda alguns critérios para definição da relevância dos geossítios:

- **Geossítios de relevância local:** locais onde  $R \leq 10$ ;
- **Geossítios de relevância regional:** locais onde  $10 < R <$  valor médio obtido para a relevância do conjunto de geossítios avaliados;
- **Geossítios de relevância nacional:** locais onde  $R >$  valor médio obtido para a relevância do conjunto de geossítios avaliados;
- **Geossítios de relevância internacional:** locais onde  $R >$  valor médio obtido para a relevância do conjunto de geossítios avaliados, onde simultaneamente A2 e A3 são  $\geq 3$  e B1, B2, C2 e C3  $\geq 2$ .

Diante do exposto, segue a quantificação dos parâmetros de cada um dos geossítios (Tabelas 10, 11, 12 e 13) e a quantificação final, com a relevância (Tabela 14), pelo método de Pereira (2010):

QUANTIFICAÇÃO PELO MÉTODO DE PEREIRA										
		Feições de deformação da Jureia/Engenho	Feições de injeção de Juquehy	Ilhote de Camburizinho	Gnaisses de Boiçucanga	Sistema de diques da Baía do Araçá	CEBIMar	Mirante da Trilha da Praia Brava	Milonitos da ZCC	Arquipélago de Alcatrazes
VALOR INTRÍNSECO (Vi)	A1	2	2	2	2	2	4	2	2	4
	A2	2	4	2	1	4	2	0	2	4
	A3	4	4	4	3	3	4	3	1	4
	A4	4	2	3	2	1	3	2	2	3
	<b>Média</b>	<b>3,00</b>	<b>3,00</b>	<b>2,75</b>	<b>2,00</b>	<b>2,50</b>	<b>3,25</b>	<b>1,75</b>	<b>1,75</b>	<b>3,75</b>
<b>Média Final (Vi)</b>										<b>2,64</b>

Tabela 10: Quantificação do valor intrínseco dos geossítios de São Sebastião pelo método de Pereira (2010) com apresentação das médias para cada um dos geossítios e média final total nesta categoria (Vi).

QUANTIFICAÇÃO PELO MÉTODO DE PEREIRA										
		Feições de deformação da Jureia/Engenho	Feições de injeção de Juquehy	Ilhote de Camburizinho	Gnaisses de Boiçucanga	Sistema de diques da Baía do Araçá	CEBIMar	Mirante da Trilha da Praia Brava	Milonitos da ZCC	Arquipélago de Alcatrazes
VALOR CIENTÍFICO (Vci)	B1	1	4	1	4	4	4	1	3	0
	B2	2	4	4	4	4	4	4	4	4
	B3	3	2	4	2	2	2	3	2	3
	B4	2	2	2	2	2	2	4	2	2
	<b>Média</b>	<b>2,00</b>	<b>3,00</b>	<b>2,75</b>	<b>3,00</b>	<b>3,00</b>	<b>3,00</b>	<b>3,00</b>	<b>3,00</b>	<b>2,75</b>
<b>Média Final (Vci)</b>										<b>2,44</b>

Tabela 11: Quantificação do valor científico dos geossítios de São Sebastião pelo método de Pereira (2010) com apresentação das médias para cada um dos geossítios e média final total nesta categoria (Vci).

QUANTIFICAÇÃO PELO MÉTODO DE PEREIRA										
		Feições de deformação da Jureia/Engenho	Feições de injeção de Juquehy	Ilhote de Camburizinho	Gnaisses de Boiçucanga	Sistema de diques da Baía do Araçá	CEBIMar	Mirante da Trilha da Praia Brava	Milonitos da ZCC	Arquipélago de Alcatrazes
VALOR TURÍSTICO (Vtur)	C1	4	4	4	4	2	4	4	4	4
	C2	2	4	3	3	3	3	0	0	0
	C3	2	2	2	2	0	4	0	0	0
	C4	0	0	0	0	0	4	3	3	0
	C5	0	0	0	0	0	4	4	4	4
	<b>Média</b>	<b>1,60</b>	<b>2,00</b>	<b>1,80</b>	<b>1,80</b>	<b>1,00</b>	<b>3,80</b>	<b>2,20</b>	<b>2,20</b>	<b>1,60</b>
<b>Média Final (Vtur)</b>										<b>2,00</b>

Tabela 12: Quantificação do valor turístico dos geossítios de São Sebastião pelo método de Pereira (2010) com apresentação das médias para cada um dos geossítios e média final total nesta categoria (Vtur).

QUANTIFICAÇÃO PELO MÉTODO DE PEREIRA										
		Feições de deformação da Jureia/Engenho	Feições de injeção de Juquehy	Ilhote de Camburizinho	Gnaisses de Boiçucanga	Sistema de diques da Baía do Araçá	CEBIMar	Mirante da Trilha da Praia Brava	Milonitos da ZCC	Arquipélago de Alcatrazes
VALOR DE USO/GESTÃO (Vug)	D1	0	0	0	0	3	0	0	0	1
	D2	4	0	0	0	1	0	0	0	0
	D3	0	0	0	2	0	2	4	4	4
	D4	4	4	4	4	4	0	2	2	0
	D5	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	D6	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	D7	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	<b>Média</b>	<b>2,57</b>	<b>2,00</b>	<b>2,00</b>	<b>2,29</b>	<b>2,57</b>	<b>1,71</b>	<b>2,29</b>	<b>2,29</b>	<b>2,14</b>
<b>Média Final (Vug)</b>										<b>2,21</b>

Tabela 13: Quantificação do valor turístico dos geossítios de São Sebastião pelo método de Pereira (2010) com apresentação das médias para cada um dos geossítios e média final total nesta categoria (Vug).

<b>QUANTIFICAÇÃO DA RELEVÂNCIA DOS GEOSSÍTIOS DO MUNICÍPIO DE SÃO SEBASTIÃO</b>										
	Feições de deformação da Jureia/Engenho	Feições de injeção de Juquehy	Ilhote de Camburizinho	Gnaisses de Boiçucanga	Sistema de diques da Baía do Araçá	CEBIMar	Mirante da Trilha da Praia Brava	Milonitos da ZCC	Arquipélago de Alcatrazes	<b>MÉDIAS</b>
<b>Valor de Uso Científico</b> $VUC = (2*Vi + 3*Vci)/5$	2,40	3,00	2,75	2,60	2,80	3,10	2,50	2,35	2,85	<b>2,71</b>
<b>Valor de Uso Turístico</b> $VUT = (3*Vtur + 2*Vug)/5$	1,99	2,00	1,88	1,99	1,63	2,97	2,23	2,23	1,82	<b>2,08</b>
<b>Valor de Conservação</b> $VC = (3*Vi + Vci + Vug)/5$	2,71	2,80	2,60	2,26	2,61	2,89	2,11	2,06	3,13	<b>2,57</b>
<b>Relevância</b> $R = \{2* [(VUC/20) *100] + [(VUT/20)*100]\}/3$	11,31	13,33	12,30	11,99	12,05	15,28	12,06	11,56	12,53	<b>R<sub>m</sub> = 12,49</b>
<b>Relevância dos Geossítios</b>	<b>Relevância Regional</b>	<b>Relevância Internacional</b>	<b>Relevância Regional</b>	<b>Relevância Regional</b>	<b>Relevância Regional</b>	<b>Relevância Nacional</b>	<b>Relevância Regional</b>	<b>Relevância Regional</b>	<b>Relevância Nacional</b>	

Tabela 14: Quantificação da relevância dos geossítios de São Sebastião pelo método de Pereira (2010) com apresentação das médias finais para o conjunto dos geossítios nos parâmetros Valor de Uso Científico (VUC), Valor de Uso Turístico (VUT), Valor de Conservação (VC) e Ranking de Relevância (R). Geossítio de Relevância Internacional devem ter valor de Relevância > R<sub>m</sub> e, simultaneamente, critérios A2 e A3 ≥ 3 e B1, B2, C2 e C3 ≥ 2.

#### 6.4 Discussão dos resultados

Conforme descritas, as metodologias escolhidas para a quantificação dos geossítios remontam a adaptações para a realidade brasileira de métodos europeus já consolidados. O primeiro, desenvolvido pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM), é mais amplo e pode ser aplicado em diversos contextos e ambientes, enquanto o segundo foi idealizado para quantificar geossítios dentro de um conjunto específico, no caso, a Chapada Diamantina.

Alguns parâmetros são comuns aos dois métodos, mas encontram-se em categorias distintas, conforme demonstrados nas tabelas (2, 3, 4, 5, 6 e 9). Um exemplo incide na categoria “Valor Intrínseco” presente nas duas metodologias, que embora apresentem o mesmo nome em ambas, diferem na quantidade de parâmetros (dez para o método GEOSSIT e quatro no segundo método). Um outro exemplo, configura-se no parâmetro B4 – Acessibilidade – proposto pelo GEOSSIT na categoria “Uso Potencial”, cujo correspondente em Pereira (2010) é representado pelo parâmetro C2 – Acessibilidade – da categoria “Valor Turístico”.

Diante destas disparidades, a comparação do presente trabalho aborda os valores e resultados obtidos na quantificação quanto à relevância dos geossítios, em caráter regional, nacional e internacional. Segue a classificação e os valores obtidos para cada um dos geossítios nos dois métodos (Tabela 15):

	MÉTODO: GEOSSIT			MÉTODO PEREIRA (2010)		
	Valor de Relevância	Relevância	Ranking	Valor de Relevância	Relevância	Ranking
Feições de deformação da Jureia/Engenho	3,05	Regional	9°	11,31	Regional	9°
Feições de injeção de Juquehy	4,54	Nacional	5°	13,33	Internacional	2°
Ilhote de Camburizinho	3,30	Regional	7°	12,30	Regional	4°
Gnaisses de Boiçucanga	4,83	Nacional	2°	11,99	Regional	7°
Sistema de diques da Baía do Araçá	4,68	Internacional	4°	12,05	Regional	6°
CEBIMar	5,49	Nacional	1°	15,28	Nacional	1°
Mirante da Trilha da Praia Brava	3,26	Regional	8°	12,06	Regional	5°
Milonitos da ZCC	4,69	Nacional	3°	11,56	Regional	8°
Arquipélago de Alcatrazes	3,35	Regional	6°	12,53	Nacional	3°

Tabela 15: Ranking de Relevância dos geossítios para os dois métodos.

De acordo com a Tabela 15, nota-se rapidamente algumas semelhanças entre os dois métodos: os geossítios classificados em primeiro e último lugar, Praia do Cabelo Gordo (CEBIMar) e Feições de Deformação da Jureia/Engenho, respectivamente, em ambas metodologias; e a classificação internacional para um único sítio, Sistemas de Dique da Baía do Araçá para o método proposto pela CPRM e Feições de Injeção de Juquehy, no método de Pereira (2010).

Os gráficos 1 e 2 a seguir exemplificam a hierarquia da classificação dos geossítios.

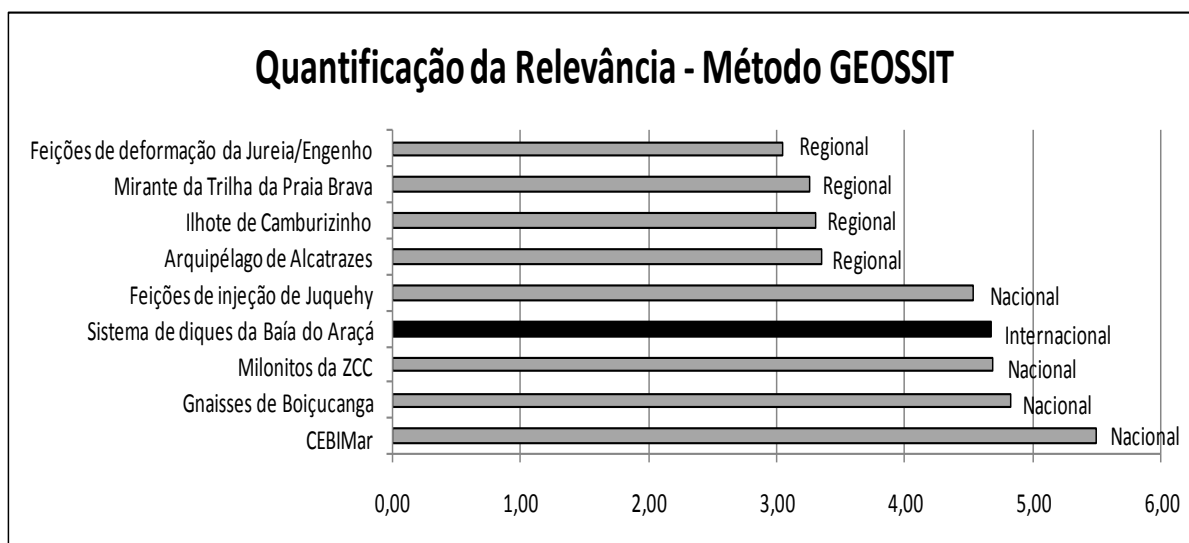


Gráfico 1 – Classificação dos geossítios pelo GEOSSIT em ordem decrescente do valor obtido, com indicação da relevância atribuída a cada um dos geossítios, destacando o de valor internacional.

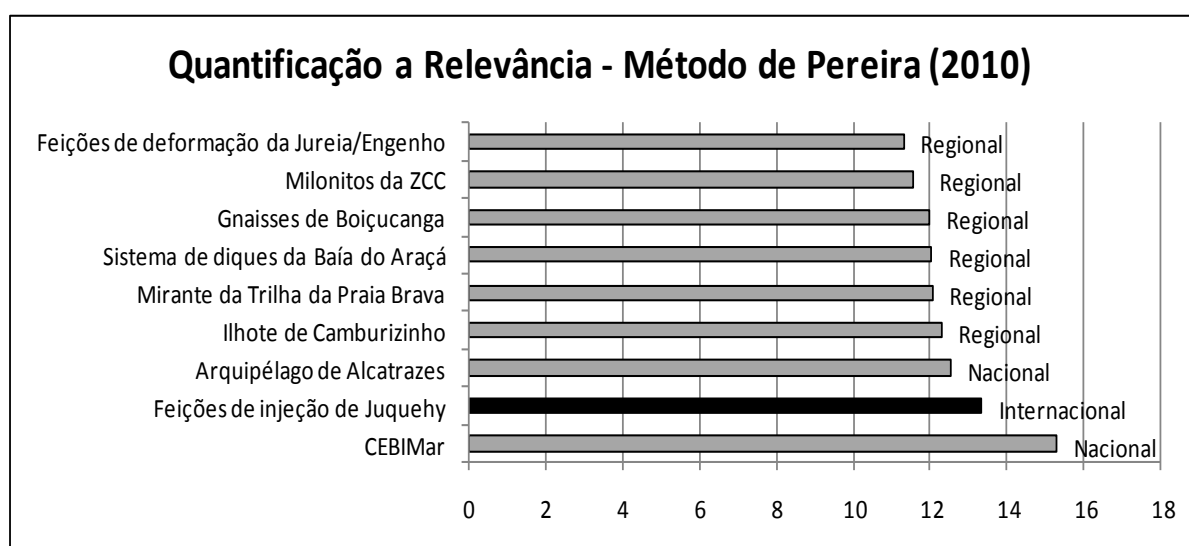


Gráfico 2 – Classificação dos geossítios pelo método de Pereira (2010) em ordem decrescente do valor obtido, com indicação da relevância atribuída a cada um dos geossítios, destacando o de valor internacional.



Descrevendo sucintamente os resultados demonstrados na Tabela 15 e nos Gráficos 1 e 2, para as duas metodologias, temos:

- **Feições de deformação da Jureia/Engenho:** Como já mencionado, para ambos os métodos este geossítio ficou em 9º lugar na classificação, com relevância regional. Parâmetros como A3 e A6 (grau de conhecimento científico e local-tipo, respectivamente) no primeiro método, além dos quesitos A2 e B1 (correspondentes a abundância/raridade e grau de conhecimento científico) no segundo, corroboraram com esta classificação;
- **Feições de Injeção de Juquehy:** No primeiro método, foi classificado em 5º lugar como nacional por não ser um local-tipo (parâmetro A6), necessário à classificação como internacional, embora atendesse aos demais critérios necessários a esta classificação; Diferente do segundo método, que o classificou em 2º lugar como um geossítio internacional, pois atendeu aos parâmetros solicitados ( $A2$  e  $A3 \geq 3$  e  $B1, B2, C2$  e  $C3 \geq 2$ , simultaneamente);
- **Ilhote de Camburizinho:** Classificado como geossítio regional nos dois métodos, ficando em 7º lugar no primeiro e em 4º pelo segundo. Este resultado decorre, principalmente, ao fato de não existir publicações científicas a respeito do geossítio, diminuindo sua pontuação;
- **Gnaisses de Boiçucanga:** Classificado em 2º lugar pelo primeiro método, foi considerado um geossítio de relevância nacional. Com exceção do parâmetro local-tipo, o geossítio atendeu aos demais quesitos necessários à classificação internacional, o que corrobora com a sua elevada pontuação; No outro obteve uma classificação inferior, ocupando o 7º lugar. Isso decorre do fato do parâmetro A2 (abundância/raridade) ter sido inferior a 3, deixando sua média ( $R_{Boiçucanga} = 11,99$ ) menor que a média do conjunto ( $R_m = 12,49$ ), classificando-o de imediato como um geossítio regional;

- **Sistema de Diques da Ponta do Araçá:** Este geossítio obteve uma classificação bem discrepante quando comparada aos dois métodos. No método do GEOSSIT, obteve classificação em 4º lugar e relevância internacional, pois atendeu a todas as condições designadas pela CPRM para tal. O baixo valor da média do geossítio decorre das baixas notas atribuídas aos parâmetros relacionados à categoria “Necessidade de Proteção”; enquanto no método de Pereira, o geossítio obteve relevância regional, ocupando o 6º lugar. Isso decorre do fato da média final do Ranking de Relevância do geossítio ( $R_{\text{Araçá}} = 12,05$ ) ter sido inferior à média geral de relevância do conjunto de geossítios avaliados ( $R_m = 12,29$ ), embora todos os demais critérios para classificação como um geossítio internacional tenham sido atendidos, conforme consta na Tabela 14. Esse valor abaixo da referida média é reflexo dos baixos valores atribuídos aos parâmetros da categoria “Valor Turístico”, visto que o local não apresenta um potencial favorável a esta demanda.
- **Praia do Cabelo Gordo (CEBIMar):** Em ambos os métodos, este geossítio obteve maior pontuação, classificando-se em primeiro lugar. No método da CPRM, não obteve relevância internacional por não ter atendido ao critério A6 (local-tipo); enquanto no método de Pereira, não atendeu o parâmetro  $A2 \geq 3$  (abundância/raridade). Tais critérios, indiretamente, podem ser correlacionados, tornando o resultado da comparação das metodologias neste critério, muito próximas.
- **Mirante da Trilha da Praia Brava:** Classificado como geossítio regional em ambos os métodos, ficando em 8º lugar no primeiro e em 5º pelo segundo. No método do GEOSSIT, a baixa classificação é reflexo, principalmente, do baixo valor atribuído aos parâmetros A3 e A6 (grau de conhecimento científico e local-tipo, respectivamente), além da baixa nota na categoria “Vulnerabilidade”, visto que a área encontra-se muito bem protegida e preservada; No método de Pereira (2010), a classificação regional reflete ao fato da média ( $R_{\text{Mirante}} = 12,06$ ) ter sido inferior a media do conjunto ( $R_m = 12,29$ ), devido ao fato

de obter pontuação igual a zero nos parâmetros A2, C2, C3, D1 e D2 (Abundância/Raridade, Acessibilidade, Presença de infraestrutura, Relevância cultural e Relevância econômica, respectivamente);

- **Milonitos da Zona de Cisalhamento Camburu:** No método da CPRM, este geossítio obteve classificação em 3º lugar, sendo considerado um geossítio de relevância nacional; no segundo método obteve apenas o 8º lugar e classificação regional quanto à relevância. Isso se deve ao fato da média ( $R_{\text{milonitos}} = 11,59$ ) ter sido inferior a media do conjunto ( $R_m = 12,29$ ), decorrente do baixo valor atribuído aos parâmetros da categoria “Valor Turístico”, como ocorreu no geossítio Sistema de Diques da Baía do Araçá;
- **Arquipélago de Alcatrazes:** Este geossítio obteve 6º lugar na classificação e relevância regional no primeiro método em virtude do parâmetro A3 (Grau de Conhecimento Científico) da categoria “Características Intrínsecas”, visto que o local não está contemplado em trabalhos científicos, necessário para aumentar sua valoração. Além disso, trata-se de uma área extremamente protegida, onde o turismo não pode ser praticado. Este fato gera a ausência de infraestrutura (cujos parâmetros correspondentes estão relacionados à categoria “Uso Potencial”), corroborando com a diminuição do seu valor na quantificação. Contudo, estes fatores não diminuem a sua importância, visto que o Arquipélago é considerado um local-tipo; No segundo método o geossítio teve uma classificação superior, ficando em 3º lugar, com relevância nacional. Neste caso, o fato de ser uma área protegida, atender ao quesito “Abundância/Raridade (parâmetro A2), dentre outros, fez com que sua média ( $R_{\text{Alcatrazes}} = 12,53$ ) fosse maior que a média do conjunto ( $R_m = 12,29$ ), o que lhe atribui, de imediato, relevância nacional. Não foi considerado internacional por não atender aos parâmetros B1 (grau de conhecimento científico), C2 (Relevância Econômica) e C3 (Presença de Infraestrutura).

Vale ressaltar que o método de Pereira (2010) contempla uma possível classificação denominada “local” para os geossítios, que não foi atribuída a nenhum dos geossítios inventariados no município de São Sebastião. O autor explica que para que uma determinada área apresente relevância local, ela precisa, necessariamente, ter obtido valor de Relevância  $\leq 10$ , independentemente dos valores atribuídos aos demais parâmetros, o que não ocorreu em nenhum dos geossítios apresentados.

A categoria “Vulnerabilidade” incluída apenas no método GEOSSIT, possibilitou o cálculo da necessidade de proteção dos geossítios, onde foi possível atribuir, em ordem crescente, a necessidade de proteção vinculada a eles (Tabela 16). A obtenção dos valores atribuídos à “Necessidade de Proteção” (NP) corresponde à soma entre o Valor Global (média entre os valores científicos, didáticos e turísticos) e a Vulnerabilidade (cujos valores foram demonstrados anteriormente na Tabela 7). Em Pereira (2010), esse ranking não pôde ser calculado.

<b>NECESSIDADE DE PROTEÇÃO (NP) - MÉTODO GEOSSIT</b>				
<b>Geossítios</b>	<b>Valor Global</b>	<b>Vulner.</b>	<b>NP</b>	<b>Ranking</b>
Sistema de diques da Baía do Araçá	370,00	270,00	640,00	1°
Ilhote de Camburizinho	353,33	260,00	613,33	2°
Feições de injeção de Juquehy	340,00	210,00	550,00	3°
Praia do Cabelo Gordo (CEBIMar)	420,00	125,00	545,00	4°
Gnaisses de Boiçucanga	340,00	140,00	480,00	5°
Feições de deformação da Jureia/Engenho	328,33	140,00	468,33	6°
Milonitos da ZCC	280,00	145,00	425,00	7°
Mirante da Trilha da Praia Brava	280,00	75,00	355,00	8°
Arquipélago de Alcatrazes	285,00	30,00	315,00	9°

Tabela 16: Ranking da Necessidade de Proteção dos geossítios em ordem crescente.

De acordo com a Tabela 16, o geossítio que possui a maior urgência quanto à necessidade de proteção corresponde ao Sistema de Diques da Baía do Araçá, que ficou em primeiro lugar na classificação de prioridade, enquanto o último colocado ocupa o lugar do geossítio Arquipélago de Alcatrazes. Estes resultados são

condizentes à realidade observada em ambos os locais: o primeiro encontra-se ameaçado em virtude das propostas de ampliação do espaço portuário do município, e o segundo, por sua vez, situa-se numa área de proteção, onde o acesso ao turismo é vetado.

Estes detalhes, bem como o contexto em que se inserem os demais geossítios (se estão inseridos em Unidades de Conservação, propriedade particular, se possuem ameaças), serão mais bem explicados no capítulo a seguir.

## **7. A GEOCONSERVAÇÃO NO BRASIL**

### **7.1 *Iniciativas de Geoconservação: Contextualização***

Ao longo do século XX sucessivos instrumentos de proteção do patrimônio foram implementados em escalas local, estadual, nacional e internacional. Tais instrumentos associam o patrimônio geológico ao natural, porém, em termos da lei, são poucos os organismos legais específicos aos conteúdos geológicos no Brasil.

A geoconservação é a parte esquecida da conservação da natureza, visto que o foco principal, neste contexto, sempre esteve relacionado apenas à conservação da biodiversidade (SHARPLES, 2002). Contudo, no âmbito internacional, notou-se o crescimento das iniciativas de geoconservação, envolvendo a criação de instrumentos legais voltados à temática da conservação específica do patrimônio geológico. Para Lima (2008), estas ações promovem grande repercussão junto à comunidade internacional, motivando diversos países a tentarem adotar os programas de geoconservação propostos.

Segundo Moreira (2008), o surgimento do termo geoconservação ocorreu no ano de 1991 durante o 1º Simpósio Internacional de Digne, na França, onde foi elaborada a “Declaração Internacional dos Direitos da Memória da Terra”. No ano seguinte, em 1992, foi criada uma das primeiras iniciativas voltadas para a conservação do patrimônio geológico, o ProGEO<sup>18</sup> (The European Association for the Conservation of the Geological Heritage), que incentiva a conservação do patrimônio por meio da catalogação e geoconservação de sítios e paisagens de interesse geológico existentes na Europa.

A criação do ProGEO promoveu uma grande repercussão perante a comunidade científica, refletindo no reconhecimento dos órgãos governamentais e instituições internacionais acerca da real necessidade de se implementar medidas concretas de geoconservação. Lima (2008) afirma que este reconhecimento foi acelerado com a criação de diversos grupos nacionais da ProGEO, promovendo e direcionando os trabalhos em seus próprios territórios: ProGEO-Portugal, ProGEO-Turquia, ProGEO-Croácia, ProGEO-Espanha, ProGEO-Itália, ProGEO-Noruega, entre outras, além da ProGEO sede, situada na Suécia. Devido à criação destes

---

<sup>18</sup> Associação Européia para a Conservação do Patrimônio Geológico ([www.progeo.pt](http://www.progeo.pt))



grupos, os países europeus se encontram em fase muito mais avançada no processo de geoconservação, quando comparados ao contexto mundial.

Em 1996, durante o Segundo Simpósio Internacional sobre a Conservação Geológica realizado em Roma, a IUGS (União Internacional das Ciências Geológicas) criou o projeto “Geosites”, como forma de envolver a comunidade científica nas atividades de identificação de áreas de interesse geológico com relevância internacional, para posterior catalogação e criação de um banco de dados global, visando à geoconservação destas áreas (WIMBLEDON, 1996; RUCHKYS, 2007).

Ainda no âmbito internacional, para reforçar os projetos de conservação do patrimônio geológico, a UNESCO<sup>19</sup>, após a realização de sua 29ª Conferência Geral, desenvolveu o programa “Geoparks”, apresentado à comunidade científica em 1999. De acordo com a UNESCO (1999), o programa trata de uma série de parques geológicos globais seguindo a filosofia da “Declaração dos Direitos da Memória da Terra”.

No Brasil os esforços acerca dos processos ligados à geoconservação se iniciaram apenas na década de 1990, com a criação da Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleontológicos (SIGEP), em março de 1997.

### **7.1.1 SIGEP: Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos**

A iniciativa mais importante e abrangente no sentido de reconhecimento e geoconservação do patrimônio geológico brasileiro é a Comissão de Sítios Geológicos e Paleobiológicos do Brasil, também conhecida por SIGEP.

Fundada no início de 1997, em resposta ao chamamento mundial feito em 1993 pelo Working Group on Geological and Paleobiological Sites (GEOTOPES), a SIGEP foi criada para evitar a perda de nosso patrimônio natural (MOREIRA, 2008). Envolve representantes de toda a comunidade geológica brasileira, por sua vez, constituída por dez entidades públicas ou privadas, tais como a Academia Brasileira de Ciências (ABC), o Serviço Geológico do Brasil (CPRM), o Instituto do Patrimônio

---

<sup>19</sup> A Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), fundada em 16 de Novembro de 1945, tem por objetivo contribuir para a paz e segurança no mundo mediante a educação, a ciência, a cultura e as comunicações.

Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), Petróleo Brasileiro S.A. (Petrobrás) e a Sociedade Brasileira de Geologia (SBGeo), tendo ainda o apoio de grandes entidades internacionais, como a IUGS (International Union for the Geological Sciences, criadora do programa Geosites) e a UNESCO (NASCIMENTO et al, 2008).

A SIGEP tem por objetivos identificar os sítios geológicos brasileiros, gerenciar o banco de dados nacional dos sítios de interesse geológico e divulgar os resultados obtidos com este projeto, de modo a promover ações preservacionistas e conservacionistas, principalmente aos sítios que apresentavam maior vulnerabilidade ao processo de depredação (SCHOBENHAUS et al., 2002). Em termos gerais, ela promove a catalogação, levantamento e a organização dos sítios geológicos e paleobiológicos, cujas descrições foram publicadas em dois volumes, totalizando 98 geossítios estudados em todo o Brasil (Figura 99). O terceiro volume está pronto, mas ainda não foi publicado.

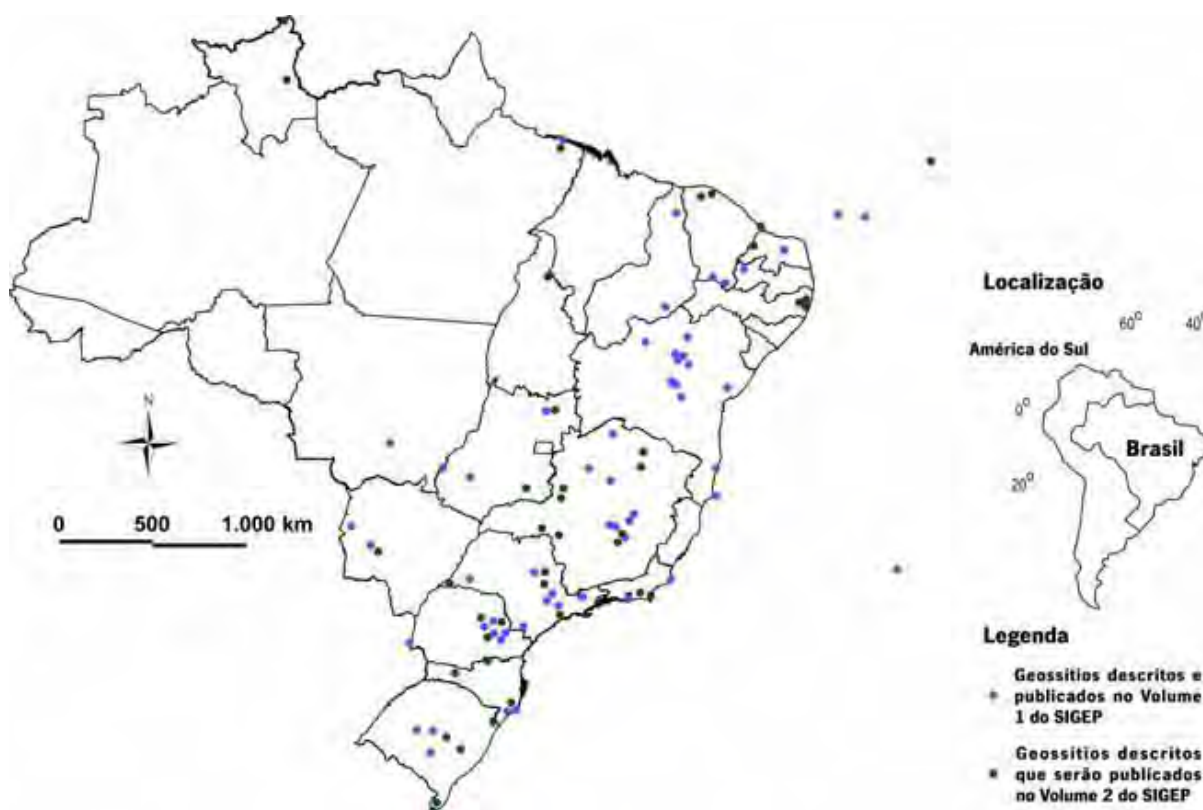


Figura 99 – Localização dos 98 geossítios já descritos pela SIGEP até 2009, (PEREIRA, 2010.)

Para ser um sítio reconhecido é realizado um processo seletivo, definido pela própria SIGEP, que abrange os seguintes critérios: singularidade na representação de sua tipologia ou categoria; importância na caracterização de processos geológicos regionais ou globais, períodos geológicos e registros expressivos na história evolutiva da Terra; expressão cênica; estado de conservação; acesso viável; e existência de mecanismos ou possibilidade de criação de mecanismos que lhe assegurem conservação.

### **7.1.2 Conselho Estadual de Monumentos Geológicos do Estado de São Paulo**

O Conselho Estadual de Monumentos Geológicos (CoMGeo-SP) foi criado em outubro de 2009 pela Secretaria de Estado do Meio Ambiente por meio do Instituto Geológico do Estado de São Paulo. Trata-se de um conselho consultivo e multidisciplinar que envolve pesquisadores, dentre outros, do IG-SMA (Instituto Geológico do Estado de São Paulo, entidade vinculada à Secretaria do Meio Ambiente), USP (Universidade de São Paulo), UNESP (Universidade Estadual Paulista) e IF-SMA (Instituto Florestal).

O CoMGeo tem como principais objetivos reconhecer os monumentos geológicos, sugerindo atividades e ações de pesquisa, conservação e divulgação da geodiversidade paulista. As ações voltadas ao inventário dos Monumentos Geológicos do Estado estão de acordo com as estratégias desenvolvidas pela GILGES, GEOTOPES, WHC, ProGEO (The European Association for the Conservation of the Geological Heritage) e SIGEP (IG-SMA, 2009).

O Estado de São Paulo possui seis Monumentos Geológicos, ou seja, geossítios com características excepcionais que foram incluídos no Inventário Paulista de Monumentos Geológicos<sup>20</sup>. São eles: Parque Municipal Varvito de Itu, em Itu; Rocha Moutonné, em Salto; Carste e Cavernas do Parque Estadual Turístico do Alto do Ribeira, em Iporanga e Apiaí; Geiseritos Gigantes de Anhembi, em Anhembi; Cratera de Colônia, em Parelheiros; a Pedra do Baú, em São Bento do

---

<sup>20</sup> Um banco de dados georreferenciado (com localização exata por meio de coordenadas geográficas) que tem por finalidade identificar, registrar e divulgar essa modalidade de patrimônio natural existente no Estado.

Sapucaí; e o mais recente, o Morro do Diabo, em Teodoro Sampaio, aprovado como Monumento Geológico pelo CoMGeo em novembro de 2013.

### **7.1.3 Projeto Geoparques do Brasil**

O Projeto Geoparques do Brasil foi instituído pela CPRM (Serviço Geológico do Brasil) no início de 2006 com o objetivo de identificar, classificar, descrever, catalogar, georreferenciar e divulgar os parques geológicos nacionais, bem como definir diretrizes para o seu desenvolvimento sustentável (LIMA, 2008; NASCIMENTO ET AL, 2008).

Segundo definição da UNESCO, geoparque é um território com limites bem definidos e área suficientemente grande para servir de apoio ao desenvolvimento socioeconômico local. Deve abranger um determinado número de sítios associados ao patrimônio geológico de especial importância científica, raridade e beleza, que seja representativa de uma região e da sua história geológica, eventos e processos. Poderá possuir não só significado geológico, mas também ao nível da ecologia, arqueologia, história e cultura (BRILHA, 2005; NASCIMENTO et al, 2008).

Como uma iniciativa a ser difundida e desenvolvida em seu território, o Brasil adotou recentemente o Programa Geoparques (LIMA, 2008). O Geopark Araripe, criado em 2006 pelo Governo do Estado do Ceará, foi o primeiro exemplar brasileiro reconhecido pela Rede Global de Geoparques da UNESCO, e durante anos o único das Américas, título perdido no final de 2013 com a entrada do Geoparque Grutas Del Palacio, localizado no Uruguai.

O projeto Geoparques do Brasil tem se desenvolvido em parceria com as atividades da SIGEP e de outros programas regionais, como o Projeto Caminhos Geológicos do Rio de Janeiro. Inúmeras áreas do território brasileiro, segundo este programa, apresentam potencial para se transformarem em geoparques. Algumas delas, inclusive, tiveram suas propostas de candidatura encaminhadas à Rede Global de Geoparques Nacionais da UNESCO, como o Geoparque Quadrilátero Ferrífero, que sob a égide do Governo do Estado de Minas Gerais enviou o dossiê de candidatura no final de 2009. Outras áreas foram ou estão sendo estudadas em colaboração com entidades federais, estaduais ou municipais.

Dentre os locais com o referido potencial destacam-se: Alto Alegre dos Parecis (RO); Alto Vale do Ribeira (SP/PR); Astroblema Araguinha-Ponte Branca (MT/GO); Bodoquena - Pantanal (MS); Litoral Sul de Pernambuco; Cachoeiras do Amazonas (AM); Caminhos dos Cânions do Sul (RS/SC); Cânion do São Francisco (SE/AL); Canudos (BA); Catimbau - Pedra Furada (PE); Chapada Diamantina (BA); Chapada dos Guimarães (MT); Chapada dos Veadeiros (GO); Fernando de Noronha (PE); Vale Monumental (CE); Monte Alegre (PA); Morro do Chapéu (BA); Pireneus (GO); Quadrilátero Ferrífero (MG); Quarta Colônia (RS); Rio de Contas (BA); Rio do Peixe (PB); Seridó (RN); Serra da Canastra (MG); Serra da Capivara (PI); Sete Cidades - Pedro II (PI); Tepuis (RR); e Uberaba - Terra dos Dinossauros (MG), totalizando 28 propostas de geoparques distribuídas por todo território brasileiro (Figura 100).

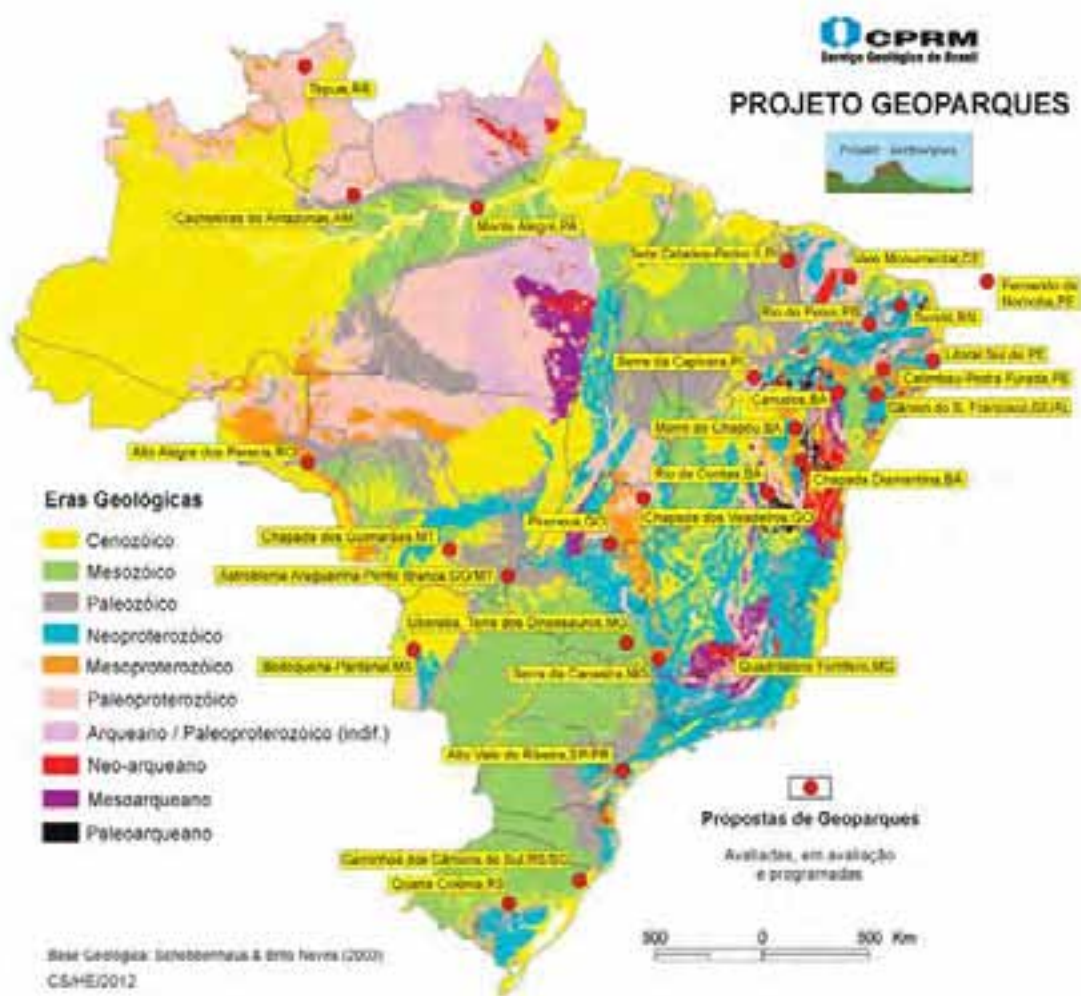


Figura 100 – Propostas de Geoparques avaliadas, em avaliação e programadas pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM), disponível em <http://www.cprm.gov.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=134>

#### **7.1.4 Programa Geoecoturismo do Brasil**

O presente programa foi criado pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) com o objetivo de estimular novas modalidades de turismo ecológico no território nacional, por meio da caracterização física de regiões que apresentam elementos da geodiversidade, tais como parques geológicos, afloramentos, cachoeiras, cavernas, sítios fossilíferos, patrimônio mineiro, fontes termais, paisagens e trilhas. Desta forma, o programa visa à disseminação do conhecimento geológico entre as comunidades, profissionais e cidadãos em geral, com o intuito incrementar os potenciais turísticos das regiões ao incentivar a preservação do patrimônio natural.

Segundo informações oficiais da CPRM (2008), este programa promoveu inúmeras iniciativas de geoecoturismo dispersas em todas as regiões brasileiras, envolvendo atividades como elaboração de mapas de trilhas e de pontos turísticos; proposição de diagnósticos do potencial ecoturístico; criação de roteiro geológico em áreas de especial interesse geológico; e desenvolvimento de excursões virtuais em áreas de significativo interesse geológico (LIMA, 2008).

#### **7.1.5 Projeto Caminhos Geológicos**

O projeto Caminhos Geológicos foi implementado em 2001 pelo Departamento de Recursos Minerais do Rio de Janeiro (DRM-RJ), com o objetivo principal de levar a geologia ao público leigo em uma linguagem simplificada, auxiliando no desenvolvimento turístico de regiões e levando a cultura geológica para áreas carentes deste tipo de informação (SCHMITT et al, 2001; MANSUR et al, 2003; MANTESSO-NETO et al., 2008).

Este projeto, que trabalha com a divulgação de sítios de interesse geológico, segundo Mansur & Erthall (2003), consiste na elaboração de painéis explicativos sobre os monumentos geológicos do Estado do Rio de Janeiro, contendo informações sobre a sua história evolutiva, utilizando-se de uma linguagem que procura buscar no cotidiano das pessoas as comparações com os fenômenos geológicos observados, de forma a tornar os termos utilizados pela comunidade científica compreensíveis ao cidadão comum.

Os resultados obtidos, por meio das 95 placas instaladas<sup>21</sup>, indicam que é possível fortalecer o potencial turístico dos locais escolhidos, criando circuitos de visitação com base na divulgação das geociências, de modo a promover a difusão do conhecimento geológico no Estado do Rio de Janeiro como base para a preservação de seus monumentos naturais, verdadeiro patrimônio de todos os cidadãos (SCHMITT et al., 2004).

Além do Rio de Janeiro, outros Estados também realizam projetos semelhantes, visando à elaboração e instalação de painéis informativos em locais turísticos que apresentam conteúdos de interesse geológico. São eles:

- Monumentos geológicos do Rio Grande do Norte, iniciado em 2006 pelo Instituto de Desenvolvimento e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte (IDEMA) e PETROBRAS, em parceria com a Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) e outras instituições públicas.
- Sítios geológicos e paleontológicos do Paraná, iniciado pela MINEROPAR (Minerais do Paraná S.A) em 2003;
- Caminhos geológicos da Bahia, iniciado em 2003 pela Superintendência Regional da Bahia do Serviço Geológico do Brasil - CPRM, em parceria com a PETROBRAS;

Para Pereira (2010), estes projetos, mais voltados para o geoturismo, ainda não obtiveram o mesmo alcance e visibilidade do projeto Caminhos Geológicos do Rio de Janeiro, talvez pelo elevado potencial turístico deste Estado e pela aposta institucional empenhada pelo DRM-RJ.

---

<sup>21</sup> A placa de nº 95 conta a história da construção do Forte Duque de Caxias (Forte do Leme). Informação obtida em: <http://www.drm.rj.gov.br/index.php/component/content/article/31-home/231-forte-do-leme-inaugurado-mais-um-painel-do-projeto-caminhos-geologicos> - Último acesso: 23 de julho de 2014.



## **7.2 Estratégias para a geoconservação do Patrimônio Geológico**

O desenvolvimento de estratégias para a geoconservação dos locais inventariados deve levar em consideração fatores como a relevância das informações geológicas observadas nos geossítios, além do grau de vulnerabilidade aos impactos a que estão submetidos, de modo a criar mecanismos que facilitem a aproximação das pessoas e também protejam estas áreas de interesse geológico. Neste sentido, o principal aspecto considerado relevante à preservação dos geossítios do município de São Sebastião concerne ao valor científico por eles apresentados, em especial, àqueles que contemplam registros da história geológica da região.

Desta forma, promover o turismo sustentável dos geossítios de modo que a população local seja beneficiada configura-se numa maneira de valorizar estes locais de interesse geológico. Para que isso ocorra de modo efetivo, é necessária a implantação de estratégias que auxiliem no ordenamento da visitação, tanto pelos turistas como também pela comunidade acadêmica e científica, por meio de gestão adequada e de iniciativas voltadas à valorização destas áreas.

### **7.2.1 Geoturismo**

O litoral norte do Estado de São Paulo possui um grande potencial para diferentes segmentos do turismo, cujo rico patrimônio natural proporciona, dentre outros, o ecoturismo, o turismo de aventura, o cultural e o pedagógico. São Sebastião insere-se neste contexto, apresentando como atrativos naturais 33 km de praias, dezenas de ilhas, incluindo o Arquipélago de Alcatrazes (importante refúgio da fauna e flora, sendo, inclusive, rota de baleias), trilhas e cachoeiras. Além disso, o terreno acidentado do município é favorável à prática de esportes radicais, tais como voo livre, rapel e surf, que atraem turistas o ano inteiro na busca por aventuras, descanso e lazer.

O ecoturismo é considerado um turismo de natureza cujos principais atrativos são as belas praias e paisagens, que devem ser monitoradas para permitir um desenvolvimento sustentável, harmonioso e compatível com a dinâmica do meio

ambiente (NASCIMENTO et al, 2008). O Ministério do Turismo do Brasil<sup>22</sup> incluiu na definição de ecoturismo o benefício que sua prática traz à população, conceituando o termo como sendo

o segmento da atividade turística que utiliza, de forma sustentável, o patrimônio natural e cultural, incentiva sua conservação e busca a formação de uma consciência ambientalista por meio da interpretação do ambiente, promovendo o bem-estar das populações

Neste mesmo contexto, um novo segmento do turismo de natureza, o geoturismo, vem ganhando destaque perante a comunidade científica devido à preocupação com a valorização e conservação do patrimônio natural associado ao meio abiótico (HOSE, 1995), e é considerado por muitos autores, como uma consequência do sucesso da geoconservação.

Relativamente recente e estritamente ligado à geodiversidade e à geoconservação, o conceito de geoturismo foi definido por Hose (1995) como

“a provisão de serviços e facilidades interpretativas que permitam aos turistas adquirirem conhecimento e entendimento da geomorfologia e geologia de um sítio (incluindo sua contribuição para o desenvolvimento das ciências da Terra), além de mera apreciação estética”.

Cinco anos depois, o mesmo autor fez uma revisão em sua definição, conceituando-o como

“a provisão de facilidades interpretativas e serviços para promover o valor e os benefícios sociais de lugares e materiais geológicos e geomorfológicos e assegurar sua conservação, para uso de estudantes, turistas e outras pessoas com interesse recreativo ou de lazer” (HOSE, 2000).

Com o passar dos anos, diversos autores definiram o termo de formas distintas. Brilha (2005), por exemplo, de maneira mais sucinta, corrobora que "o geoturismo é uma atividade que se baseia na geodiversidade". Ruchkys (2007), por

---

<sup>22</sup> Disponível em <http://www.turismo.gov.br/>

sua vez, baseada em definições existentes, caracterizou o termo de uma forma mais abrangente, definindo-o como

"um segmento da atividade turística que tem o patrimônio geológico como seu principal atrativo e busca uma proteção por meio da conservação de seus recursos e da sensibilização do turista, utilizando, para isto, a interpretação deste patrimônio tornando-o acessível ao público leigo, além de promover a sua divulgação e o desenvolvimento das ciências da Terra".

Nem todas as definições sobre o geoturismo associam-no aos temas voltados à geologia, conforme podemos observar na aceção proposta pela National Geographic Society (NGS) em conjunto com a Travel Industry Association (TIA), em 2001, que configuraram o termo como um tipo de turismo que mantém ou reforça as principais características do local a ser visitado, concretamente o seu ambiente, cultura, estética, patrimônio, sem esquecer o bem estar dos seus residentes. Além disso, para a NGS (apud BRILHA, 2005), o geoturismo procura minimizar o impacto cultural e ambiental sobre os locais que recebem os fluxos turísticos, inserindo-se no conceito de turismo sustentável, caracterizado por:

- Respeitar os destinos turísticos implementando estratégias de gestão de modo a evitar modificações no habitat natural, no patrimônio cultural e paisagístico e na cultura local;
- Conservar os recursos e minimizar a poluição, o lixo, o consumo energético e o uso de água;
- Respeitar as tradições e a cultura local;
- Promover a qualidade em detrimento da quantidade, ou seja, favorecer a infraestrutura à visitação o que acarretará numa quantidade expressiva de turistas.

De forma geral, o conceito relativo ao geoturismo implica que o termo se refere a um tipo de turismo cuja principal atenção visa às atrações geológicas. Além disso, algumas das paisagens e alguns dos geossítios possuem valores estéticos, culturais, históricos e podem fornecer o turismo de natureza, também conhecido por turismo de aventura, quando há presença, por exemplo, de trilhas, exploração de cavernas e rapel em cachoeiras.

Embora São Sebastião apresente uma rica geodiversidade, o geoturismo ainda não é praticado no município, visto que a região não apresenta uma geoconservação efetiva, necessária à divulgação correta do patrimônio geológico. O turismo praticado na região é basicamente o de aventura, o cultural, por meio dos monumentos históricos tombados, e o ecoturismo, tratando especificamente da biodiversidade local.

No entanto, o município apresenta um importante patrimônio arqueológico, representando um diferencial no que diz respeito ao turismo cultural da região. O Sítio Arqueológico São Francisco representa uma antiga unidade produtiva de açúcar e café, implantado em meio ao Parque Estadual da Serra do Mar. Totalizando 1.200.000 m<sup>2</sup> de área, o sítio São Francisco apresenta vestígios de edificações, aquedutos, postos de vigília, forno açucareiro, estradas, jazidas de matéria prima, bolsões de cultura agrícola (SANTOS, 2011).

Tanto o ecoturismo, quanto o geoturismo, são segmentos turísticos que devem se desenvolver de forma a promover a preservação do patrimônio natural, histórico e cultural da região visitada. Por isso, o inventário, a quantificação e a classificação dos monumentos geológicos, além do desenvolvimento de atividades ligadas ao processo de geoconservação, foram realizados em São Sebastião e estão em andamento nos demais municípios do litoral norte paulista, os quais, em curto prazo, permitirão que o geoturismo seja consolidado, o que irá contribuir com o crescimento econômico e social de toda a região.

Além disso, os elementos culturais, da geodiversidade e da biodiversidade presentes na região de São Sebastião corroboram a potencialidade educacional e turística conferida ao município, servindo como plataforma para ações de educação nos mais variados âmbitos, tendo como públicos alvos a comunidade do entorno, a clientela escolar e os turistas.

### **7.2.1 Gestão do patrimônio geológico**

A geoconservação tem como objetivo a preservação da geodiversidade sem interferir na evolução natural de aspectos e processos geológicos relacionados à dinâmica do planeta. Para que seja efetiva, Brilha (2005) afirma ser necessária uma gestão sustentável dos recursos geológicos, além da implementação de estratégias que assegurem a integridade dos geossítios. Neste contexto, os municípios representam papéis de extrema importância no âmbito da conservação da natureza, assumindo compromissos que viabilizam a manutenção e valorização de todo o patrimônio que lhes pertence.

A gestão do patrimônio geológico deve contribuir com o desenvolvimento sustentável de uma dada região, promovendo melhorias nas condições socioambientais tanto da área como também na vida da população que ali reside. Desta forma, progressos em pesquisa, infraestrutura, ordenamento territorial e saneamento constituem-se em medidas essenciais à promoção e valorização dos referidos geossítios, conferindo segurança, acessibilidade e conforto à visitação do público em geral.

No que diz respeito à ciência, a pesquisa contribui com o avanço deste desenvolvimento sustentável à medida que informações técnico-científicas são agregadas ao patrimônio geológico estudado, de modo a potencializar sua respectiva relevância enquanto geossítio. Além disso, sabendo a importância configurada pelo geossítio, a população poderá difundir este conhecimento, aumentando o grau de conservação e valorização destas áreas.

Conforme mencionado, o município de São Sebastião engloba inúmeras áreas inseridas no Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), incluindo alguns de seus geossítios. Este fator, segundo as leis que regem o SNUC, favorece a atuação do município na gestão e conservação do patrimônio geológico. Embora a maioria destas leis tenha sido redigida para fins do meio biótico, “o simples fato de que a geodiversidade é o substrato onde a vida se desenvolve e o homem constrói é motivo suficiente para ser tratada com a mesma importância da biodiversidade” (MANSUR, 2010), ou seja, a geodiversidade está intimamente relacionada à biodiversidade. Além disso, não é possível falar em preservação de flora sem considerar o relevo, o solo, os minerais, dentre outros, os quais influenciaram na evolução e no hábito da vida na maioria dos seres vivos do planeta.

Sendo assim, no que concerne à gestão do patrimônio geológico do município de São Sebastião, algumas iniciativas voltadas à conservação, do ponto de interesse geológico, têm sido propostas para que sejam integradas aos trabalhos de educação ambiental já realizados pelo Núcleo São Sebastião do Parque Estadual da Serra do Mar (PESM), dentre os quais podemos destacar o curso de capacitação oferecido aos monitores ambientais da referida instituição, que será mais bem detalhado no item a seguir.

### ***7.2.2 Iniciativas de gestão: Sugestões para valorização do patrimônio***

O senso comum acredita que as rochas são extremamente resistentes e por este motivo não podem ser destruídas. Em alguns casos esta afirmação é verdadeira, mas nem sempre é válida. Grande parte dos danos causados à geodiversidade decorre direta ou indiretamente de ações praticadas pelos seres humanos, tais como a exploração de recursos geológicos, obras de grande porte, atividades militares, dentre outros. Os danos podem ocorrer em diferentes escalas, acarretando na perda de parte ou de toda a geodiversidade de uma determinada região. Para combater ou amenizar tais perdas, cuja maioria é irreversível, são propostas medidas de gestão para a geoconservação do patrimônio geológico.

Inúmeros autores têm sugerido algumas iniciativas voltadas à conservação, valorização e gestão do patrimônio geológico. Dentre estas ações, Brilha (2005) destaca que medidas devem ser tomadas para que a integridade do geossítio seja mantida aliada ao uso público. Gray (2004), ao contrário, sugere até a restrição à visitação, dependendo do grau de deterioração em que se encontra o geossítio.

Outra maneira que pode acarretar em benefícios, em longo prazo, à proteção dos locais de interesse geológico diz respeito à educação formal. No atual currículo escolar não existe uma disciplina específica voltada ao ensino de Geociências, importante à compreensão dos processos que ocorrem no planeta. Embora esta não seja uma ação de geoconservação propriamente dita, a ausência destes conceitos pode originar problemas na compreensão e importância da geodiversidade. Neste contexto, atividades de educação ambiental e patrimonial em centros existentes em áreas já protegidas, como sedes de Parques, por exemplo, podem ser oferecidas como forma de amenizar essa defasagem do ensino geocientífico.

Medidas mais drásticas também podem funcionar como alternativas à preservação do patrimônio geológico, como a retirada do material para exibição em museus. Dependendo do grau de deterioração e do contexto em que se encontra o elemento da geodiversidade, esta é uma maneira eficaz de conservá-lo às futuras gerações. Fósseis, gemas, artefatos arqueológicos, dentre outros, exemplificam esta possibilidade. Ainda neste contexto, para que não ocorra a retirada do material do local, o tombamento ou a instituição de um parque, por exemplo, correspondem a possíveis medidas como forma de preservação do geossítio, mas demandam esforços de outras esferas (poder público, legislação, população, desapropriação).

Para Carcavilla-Urquí et al (2007) iniciativas de gestão voltadas à interpretação e divulgação do patrimônio geológico tendem a ocorrer de forma mais efetiva, principalmente àqueles inseridos em áreas protegidas, visto que nestas áreas o risco potencial para atos de vandalismo é reduzido. Estes locais geralmente possuem alguma estrutura para abrigar um centro interpretativo (como exemplos de sedes existentes em parques, já mencionados) que pode ser utilizado para a divulgação do conhecimento científico por meio da instalação de painéis com informações sobre a importância do patrimônio visitado, uso de roteiros geoturísticos, distribuição de folhetos, capacitação de guias e monitores ambientais que atuam no local, trabalhos de educação ambiental com o público do entorno (escolas, comunidade) e turistas, dentre outros.

Os centros de interpretação geológica (Figura 103 a/b/c), comuns em países europeus como Portugal e Espanha, contribuem com a propagação do conhecimento e valorização do geossítio, pois nestes locais o público tem acesso a informações sobre a região, podem contratar guias para realização de atividades oferecidas, adquirir lembranças, tais como artesanatos e demais artigos produzidos pela população local, como queijos, azeites, vinhos, dentre outros, que variam de acordo com o contexto regional (Figura 104 a/b). Todas estas ações envolvem a comunidade, potencializando a economia local.

A divulgação pode atingir outros setores, envolvendo ainda mais a população do entorno: no setor alimentício, por exemplo, bares, restaurantes e padarias utilizam-se da geodiversidade como tema para oferecerem seus produtos. Com muita criatividade estes estabelecimentos inovam na decoração e inventam cardápios diferenciados, despertando a curiosidade em muitos turistas (Figuras 105 a/b, 106 a/b/c/ e 107 a/b).





Figura 101 – a) Sala de vídeo do Centro de Investigação e Interpretação Geológica de Canelas e Museu das Trilobites Gigantes – Arouca *Geopark*, Portugal. Detalhe da escultura de trilobita gigante no teto (Foto: Diego Machado); b) Estrutura disponibilizada para visualização das pedras parideiras *in situ* no Centro de Interpretação Geossítio “Pedras Parideiras” – Arouca *Geopark*, Portugal. Detalhe das “Pedras Parideiras” separadas do granito; c) Saguão principal do Centro Interpretativo da Biodiversidade – Naturtejo *Geopark*.



Figura 102 – a) Centro Interpretativo da Biodiversidade – Naturtejo *Geopark*, Portugal: Artesanato, vinhos, azeite e outros produtos fabricados pela comunidade e comercializados pelo centro; b) Centro de Investigação e Interpretação Geológica de Canelas e Museu das Trilobites Gigantes – Arouca *Geopark*, Portugal: Artesanatos fabricados em ardósia pela comunidade e comercializados pelo centro, que se encontra numa pedreira de ardósia.



Figura 103 – Restaurante Petiscos e Granitos – Naturtejo Geopark, Portugal: a) Entrada do restaurante com detalhe da fachada; b) Saguão superior. O restaurante foi construído em meio a grandes blocos de granito.



Figura 104 – Restaurante Trilobite – Naturtejo Geopark, Portugal: a) Entrada do restaurante com enfeite de trilobita esculpida em ardósia; b) Entrada do restaurante, decorado com esculturas de trilobita; c) Cardápio cujos pratos levam nomes associados ao contexto dos fósseis de trilobitas encontrados na pedra de ardósia da região. (Fotos: Eliane Del Lama)



Figura 105 – Produtos oferecidos em bares e padarias da região: a) Sachê de açúcar com foto de trilobita – Arouca Geopark (Foto: Diego Machado); b) Biscoitos em formato de trilobitas vendidos ao público infantil (Fonte: [www.comerparacrescer.com](http://www.comerparacrescer.com)); c) Biscoitos em formato de trilobitas – Arouca Geopark; d) Bolos em formato de “pedras parideiras” – Arouca Geopark.

### **7.3 Geoconservação em São Sebastião: Cenário atual e Perspectivas**

#### **7.3.1 O contexto das Unidades de Conservação**

A criação da Lei Federal 9.985 de 18 de Julho de 2000, que instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), configura-se como uma das formas de proteção do patrimônio natural existente no território brasileiro. Segundo Pereira (2010), esta lei estabelece os critérios e normas para a criação, implantação e gestão das unidades de conservação. O autor afirma ainda que, antes desta lei, a regulamentação das áreas protegidas era distribuída em leis esparsas, cujos objetivos de conservação ficavam ao arbítrio dos órgãos responsáveis pela sua criação.

De acordo com a Lei do SNUC, as Unidades de Conservação (UC's) são espaços territoriais que abrigam recursos ambientais de características naturais relevantes, legalmente instituídas pelo Poder Público, com objetivo de conservação e estabelecimento de limites para garantia de proteção. Desta forma, Moreira (2008) corrobora que a referida lei pode ser considerada uma importante medida para a proteção da geodiversidade brasileira.

Dentre os principais objetivos do SNUC, o Art. 4º, alínea VII, está diretamente relacionado ao patrimônio geológico, destacando a necessidade de proteger as características relevantes de naturezas geológica, geomorfológica, espeleológica, arqueológica, paleontológica e cultural. Contudo, a proteção da geodiversidade, mencionada na referida lei, não ocorre de modo efetivo, uma vez que a grande maioria das unidades de conservação brasileiras tem por foco principal à proteção de elementos da biodiversidade (PEREIRA, 2010).

O SNUC é dividido em unidades de uso indireto e direto: na primeira, são permitidas apenas atividades ligadas à pesquisa científica, educação ambiental e ao turismo; enquanto na outra, permite-se atividades como mineração, pecuária e agricultura, desde que sejam desenvolvidas com o compromisso da sustentabilidade (NASCIMENTO et al, 2008). As unidades de conservação integrantes do SNUC dividem-se, ainda, em duas categorias de proteção ambiental, que apresentam características específicas, as Unidades de Proteção Integral e Unidades de Uso Sustentável.

De acordo com a Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (2005), as Unidades de Proteção Integral têm por objetivos preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais. Este grupo é composto pelas seguintes categorias de unidades de conservação: Estação Ecológica, Reserva Biológica, Parque Nacional, Monumento Natural e Refúgio de Vida Silvestre; as Unidades de Uso Sustentável, por sua vez, objetivam compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parte de seus recursos naturais. O grupo é formado por: Área de Proteção Ambiental, Área de Relevante Interesse Ecológico, Floresta Nacional, Reserva de Fauna, Reserva Extrativista, Reserva de Desenvolvimento Sustentável e Reserva Particular do Patrimônio Natural.

### ***7.3.2 Áreas protegidas em São Sebastião***

O litoral norte do Estado de São Paulo reúne um conjunto significativo de áreas naturais protegidas, que incidem sobre o território dos quatro municípios que compõem a região: São Sebastião, Ilhabela, Caraguatatuba e Ubatuba (Figura 101). Tais unidades foram criadas pelo Poder Público visando, principalmente, proteger os remanescentes florestais da Mata Atlântica que recobrem a Serra do Mar, ao longo do litoral paulista.

O Município de São Sebastião apresenta inúmeras destas unidades, englobando o território em quase toda a sua totalidade. Também denominadas Unidades de Conservação, estas unidades estão distribuídas pelo município em quase toda sua totalidade e contemplam as inúmeras ilhas, praias e cachoeiras presentes na região.





Figura 106 – Unidades de Conservação do Parque Estadual da Serra do Mar na região do litoral norte de São Paulo (Adaptado SMA-SP, 2008).

Segundo a Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (2005), dentre as categorias de Unidades de Conservação previstas no SNUC existentes no litoral norte, destacam-se as seguintes:

- Unidade de Proteção Integral: Estação Ecológica, Parque Nacional e Parque Estadual;
- Unidades de Uso Sustentável: Área de Proteção Ambiental e Reserva Particular do Patrimônio Natural.

Além destas, de acordo com a Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (2005), o litoral norte possui outras áreas especialmente protegidas, não previstas no SNUC, denominadas Áreas de Proteção Especial, Áreas Naturais Tombadas e Terras Indígenas.

Dos quatro municípios presentes na região, São Sebastião destaca-se por ser o único que contempla em seu território todas as categorias de Unidades de Conservação, incluindo àquelas não previstas pelo SNUC (Figura 102 e Tabela 17).

A região de São Sebastião, em quase toda sua totalidade, pertence ao Parque Estadual da Serra do Mar, a maior Unidade de Conservação de Proteção Integral do litoral brasileiro (SMA-SP, 2008), apresentando áreas destinadas para fins de conservação, pesquisa e turismo.

De acordo com o Instituto Florestal, os parques, seja no âmbito nacional, estadual ou municipal, constituem extensas unidades de conservação (terrestres e/ou aquáticas) destinadas à proteção de áreas representativas de ecossistemas, podendo contemplar notáveis atributos naturais ou paisagísticos, além de sítios geológicos com grande interesse (científico, educacional, recreativo ou turístico). Tem por finalidade resguardar tais atributos conciliando a proteção integral da biodiversidade e geodiversidade, com a sua utilização para fins científicos, educacionais ou recreativos.

Embora todo o litoral paulista esteja inserido em inúmeras categorias de áreas protegidas, locais onde a conservação da biodiversidade e a geoconservação deveriam ocorrer de modo efetivo, ainda é perceptível a destruição dos ambientes naturais pela espécie humana. Para a região de São Sebastião, a situação da conservação da natureza é agravada pela presença do Terminal Marítimo da Petrobrás Almirante Barroso, que se configura como um significativo fator de risco ambiental, representado pelos vazamentos de petróleo e derivados, com consequências para a saúde humana, para a vida marinha e para a qualidade das praias (SMA-SP, 2005).

A biodiversidade está condicionada à geodiversidade, uma vez que esta favoreceu o desenvolvimento dos seres vivos ao proporcionar plenas condições de subsistência e evolução de todas as espécies. Dessa forma, aproveitando-se das leis de conservação existentes no município, a proteção de todo o meio natural seria fortalecida se a preservação da biodiversidade ocorresse de forma simultânea à da geodiversidade, visto que a destruição dos ambientes naturais é um dos principais fatores que contribuem com o desaparecimento das espécies.



Figura 107 – Áreas Especialmente Protegidas e Unidades de Conservação do Litoral Norte de São Paulo (Adaptado SMA-SP, 2008)



<b>CATEGORIAS</b>	<b>LEGISLAÇÃO</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>ADMINISTRAÇÃO</b>
<b>Parque P.E.</b>	P.E. da Serra do Mar Dec. Est. nº 10.251/77 e 13.313/79	Relevo com escarpas retilíneas da Serra do Mar, com outras denominações locais: Serra do Juqueriquerê, Serra do Dom e Espigão dos Quinhentos Reis; Apresenta rica flora e fauna e detém a maior parte das nascentes dos rios do município.	Instituto Florestal (SMA)
<b>Estação Ecológica E.E.</b>	E.E Tupinambás Dec. Fed. nº 94.656/87	Ilhas com recortes litorâneos rochosos, algumas possuem picos com elevada acentuação; fauna e flora abundante;	IBAMA
<b>Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN)</b>	RPPN Toque-Toque Pequeno Portaria 09/00	Área montanhosa da vertente atlântica da Serra do Mar; contém a cachoeira onde é coletada a água para abastecimento local; fauna e flora abundante;	Propriedade Particular fiscalizada pelo IBAMA
<b>Área de Proteção Ambiental (APA)</b>	APA de Alcatrazes Lei nº 848/92 e Dec. Mun. nº 2.029/97	Floresta Atlântica associada à presença de vegetação de rochedo	Prefeitura Municipal de São Sebastião
	APA Ilha de Itaçuçé Dec. Mun. nº 1.964/96	Ilhota de origem rochosa; Costões rochosos; presença de flora; fauna importante, abrigo de reprodução de aves marinhas migratórias;	Prefeitura Municipal de São Sebastião
<b>Área sob Proteção Especial (ASPE)</b>	ASPE do Costão de Boiçucanga Res. Est. SMA de 11/02/87	Estreita planície marinha; Costão rochoso; presença de grande diversidade de fauna e flora;	Secretaria de Estado do Meio Ambiente
	ASPE do Costão do Navio Res. Est. SMA de 10/02/87	Estreita planície marinha; Costão rochoso; Promontório da Serra do Mar; grande diversidade de fauna e flora;	Secretaria de Estado do Meio Ambiente
	ASPE CEBIMAR Res. Est. SMA de 10/02/87	Estreita planície marinha; Costão rochoso; Promontório da Serra do Mar; grande diversidade de fauna e flora;	Secretaria de Estado do Meio Ambiente
<b>Área Natural Tombada (ANT)</b>	ANT Serra do Mar e Paranapiacaba Res. nº 40/85 Sec. Cultura/SP	Conjunto serrano de escarpa atlântica; Planície costeira; Morros isolados; Ilhas costeiras; detém todos os cursos d'água que nascem no município; presença de florestas, restinga, vegetação de rochedo; fauna e flora diversificada.	CONDEPHAAT
	ANT Ilhas do Litoral Paulista Res. nº 8/94 Sec. Cultura/SP	Ilhas com recortes litorâneos rochosos; floresta atlântica, vegetação de rochedo, formações rupestres; abrigo e reprodução de aves marinhas migratórias;	CONDEPHAAT
<b>Terra Indígena (T.I.)</b>	T.I. Ribeirão Silveira Dec. Fed. nº 94.568/87	Encosta da Serra do Mar e planície costeira; detém parte da Bacia do Ribeirão Silveira; floresta Atlântica de encosta.	Fundação Nacional do Índio

Tabela 17: Síntese das principais características das Unidades de Conservação e outras Áreas Especialmente Protegidas (Adaptado SMA-SP, 2008)

#### **7.4 Gestão e Valorização dos geossítios de São Sebastião**

Dentre as possíveis iniciativas voltadas à valorização do patrimônio geológico do município de São Sebastião, destacam-se àquelas associadas à interpretação geológica intrínseca ao referido patrimônio, de modo que se promova a difusão do conhecimento científico atrelado ao geossítio por meio de folhetos, painéis, cartilhas, centros de interpretação, capacitação de guias e monitores ambientais, desenvolvimento de sites, trabalhos de educação ambiental (com grupos escolares e público avulso), além de roteiros geoturísticos e geodidáticos (ou geointerpretativos). A maioria destes exemplos é utilizada e abordam, principalmente, conteúdos sobre a biodiversidade. Normalmente, Unidades de Conservação costumam distribuir panfletos, roteiros para trilhas, disponibilizam monitores ambientais e até realizam trabalhos de educação ambiental, mas sempre com o enfoque biológico.

O Projeto Caminhos Geológicos, mencionado no início deste capítulo, foi um dos pioneiros no Brasil a trabalhar com a divulgação de geossítios, agregando ao turismo já existente no estado do Rio de Janeiro, uma cultura geológica ao público como um todo. Este trabalho é realizado por meio da implantação de painéis interpretativos e placas rodoviárias (Figura 108). O Projeto possui ainda um *website* interativo onde o internauta pode obter informações sobre o projeto, localizar os painéis e placas instaladas acompanhadas de suas respectivas informações geológicas, enviar postais via e-mail dos pontos turísticos do estado onde há painéis instalados e ainda aprender um pouco de geologia se divertindo, por meio de jogos *online* voltado, em especial, ao público infantil.

Este projeto exemplifica o uso de algumas das iniciativas de gestão sugeridas anteriormente representadas pela implantação de *websites* com informações geológicas e pela instalação de painéis em áreas de interesse geológico, sendo este último passível de ser realizado em alguns dos geossítios de São Sebastião. Para isto, assim como no referido projeto realizado no estado do Rio de Janeiro, seriam necessárias parcerias com prefeituras (para apoio logístico, ajuda na manutenção dos painéis), comissões científicas (Instituições de ensino e pesquisa que possam contribuir com o conhecimento na confecção dos painéis), empresas privadas (obtenção de recursos para confecção das placas), dentre outros.



Figura 108 – Estudantes e professores diante de um dos painéis do Projeto Caminhos Geológicos.  
(Fonte: [umaescolaviva.blogspot.com.br](http://umaescolaviva.blogspot.com.br))

Com relação à gestão do patrimônio por meio da capacitação de guias turísticos, o Núcleo de Apoio à Pesquisa em Patrimônio Geológico e Geoturismo (GeoHereditas) tem oferecido cursos aos funcionários dos parques estaduais de todo o litoral norte de São Paulo.

No início de 2014, com o intuito de fornecer informações sobre a geologia de São Sebastião, o curso de “Introdução às Geociências” foi ministrado aos monitores e guias de ecoturismo do município (Figuras 109 a/b). Foram abordados temas como o Tempo Geológico, Estrutura Interna do Planeta, Tectônica de placas e Ciclo das Rochas. Após as sessões teóricas de cada tema abordado, algumas atividades práticas foram realizadas de modo a facilitar a compreensão dos alunos. Para finalizar, uma atividade de campo foi realizada na trilha da Praia Brava com a utilização de um roteiro geointerpretativo (Figuras 110 e 111) contendo informações relevantes do ponto de vista geológico de pontos previamente selecionados.

O objetivo principal do curso era que os participantes pudessem agregar e transmitir aos visitantes das unidades de conservação os conceitos geocientíficos adquiridos e observados em campo. A trilha da Praia Brava foi selecionada para a atividade prática por ter o maior índice de visitação dentre as trilhas oferecidas pelo Núcleo São Sebastião do Parque Estadual da Serra do Mar.



Figura 109 – Curso de Introdução às Geociências (Núcleo São Sebastião do Parque Estadual da Serra do Mar). a) Atividade prática sobre o Ciclo das Rochas; b) Atividade de campo na Praia Brava.

**4 (cont.): DEPOSIÇÃO DE SEDIMENTOS**

Além dos blocos maiores, a água do rio transporta também sedimentos mais finos, como a areia, e vai depositando estes grãos à medida que perde força, sob a forma de finas camadas. Esse processo é chamado de estratificação. A água do rio traz sedimentos de regiões mais altas, formados devido à decomposição das rochas que compõem as montanhas. Por isso, as camadas podem ter cores variadas, dependendo do local de onde vêm os sedimentos.

As marcas onduladas que você vê na areia são decorrentes do fluxo de água para o mar e do rio, que carregam os grãos minerais claros e escuros. Os grãos mais pesados concentram-se preferencialmente nos locais mais baixos, enquanto os mais leves podem atingir os locais mais altos, resultando num padrão "listrado" como o observado aqui.

**5: ROCHA DOBRADA**

Imagine dois grandes blocos de rochas sendo comprimidos um contra o outro. A força desta compressão deforma as rochas, gerando um tipo de estrutura denominada "dobras".

As rochas, quando submetidas a forças compressivas, altas pressões e temperatura, podem se deformar, resultando em uma rocha dobrada.

Veja como ela se forma:

**GEO HEREDITAS** NÚCLEO DE APOIO À PESQUISA PATRIMÔNIO GEOLÓGICO E GEOPRISMA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO **GEOCIÊNCIAS**

**TRILHA DA PRAIA BRAVA**  
Roteiro Geo-interpretativo

Figura 110 – Frente do Roteiro Geointerpretativo disponibilizado aos alunos para a atividade de campo do Curso de Introdução às Geociências. Detalhe do percurso da trilha e dois pontos de interpretação geológica abordados na Praia Brava.



Figura 111 – Verso do Roteiro Geointerpretativo disponibilizado aos alunos para a atividade de campo do Curso de Introdução às Geociências. Detalhe de quatro pontos de interpretação geológica abordados entre o percurso da trilha e a Praia Brava.

Muitas das iniciativas de gestão elencadas são passíveis de serem realizadas nos geossítios inventariados em São Sebastião. Desta forma, serão propostas algumas ações voltadas à gestão e geoconservação de cada um dos nove sítios do município de acordo com suas necessidades e particularidades.

#### 7.4.1 Feições de deformação da Jureia/Engenho e Feições de Injeção de Juquehy

Estes geossítios foram agrupados em virtude das semelhanças por eles apresentadas: os dois foram selecionados em virtude do seu valor científico, localizam-se em costões rochosos, não apresentam ameaças à deterioração e todas as feições que lhes atribuem valor são facilmente observadas. Por estes motivos, as propostas sugeridas caberão a ambos os geossítios.



Os dois geossítios se encontram localizados em costões de praias com alto índice de visitação, especialmente durante o período de férias. Estas praias apresentam infraestrutura suficiente para atender aos turistas e, conseqüentemente, àqueles que tenham interesse em conhecer os geossítios. No entanto, o uso destinado a eles tem cunho fundamentalmente científico, por ora didático a nível universitário, visto que o potencial para ensino de conceitos relacionados à história geológica da região está bem evidente em ambos os afloramentos, podendo ser aproveitado em aulas de campo.

Neste sentido, o geossítio Feições de injeção de Juquehy já é utilizado em aulas de campo do curso de Geologia da Universidade de São Paulo. Além disso, o local está contemplado em inúmeras publicações e teses, tendo sido estudado por diversos pesquisadores o que corrobora sua importância científica. O outro geossítio, Feições de deformação da Jureia/Engenho, embora seja o único costão do município de São Sebastião que apresenta foliação milonítica associada à Zona de Cisalhamento Camburu, dentre outras feições significativas, consta apenas em mapeamentos regionais, necessitando de estudos mais aprofundados. Talvez este seja o motivo do local ainda não ser utilizado como ponto de parada em campos dos cursos de geologia e geofísica.

Com relação à divulgação, os dois geossítios deveriam ser descritos em roteiros geodidáticos, folhetos explicativos, painéis (que contenha, por exemplo, um mapa com a localização de todos os geossítios de São Sebastião) e possíveis *websites* (este exemplo poderia ser aplicado a um conjunto de geossítios de todo o litoral, parecido com o aquele apresentado pelo Projeto Caminhos Geológicos). A ideia não seria colocar um painel informativo em cada um dos geossítios, mas divulgá-los em pontos estratégicos da região, que sejam procurados pelo público em geral, até como forma de manter a integridade destas áreas.

Algumas destas ações poderiam ocorrer de forma efetiva na sede do Núcleo São Sebastião do Parque Estadual da Serra do Mar (PESM), que fica localizada na praia de Juquehy, muito próxima ao geossítio. A ideia de um painel com o mapa do município e localização dos geossítios funcionaria bem neste local, bem como a distribuição de roteiros e folhetos explicativos àqueles que tenham interesse em conhecer o geossítio, cuja visitação não necessita de guia.

A fim de se manter a integridade destas áreas um monitoramento deve ser realizado com vistas, principalmente, a não depredação, como pichações por parte

do público leigo e “marteladas” por parte da comunidade científica, especialmente por alunos de ciências da Terra, que adoram retirar pedaços de rocha sem motivo predefinido. Lembrando que um dos geossítios já foi muito bem estudado, não há muito sentido em coletar amostras geológicas sem fundamento em nenhuma destas áreas, visto que estas ações em longo prazo podem descaracterizar as feições representativas dos referidos geossítios.

Muitos pesquisadores, felizmente, têm assumido posturas contrárias às “marteladas” aleatórias de seus alunos durante atividades de campo, visto que inúmeros afloramentos representativos, que foram utilizados por décadas para atividades práticas, hoje não existem mais.

#### **7.4.2 Ilhote de Camburizinho**

Este geossítio é representado por um ilhote de grande dimensão que se encontra entre as praias de Cambury e Camburizinho. Trata-se de um lugar de singular beleza cênica, atraindo muitos turistas durante o ano inteiro. Somado à beleza deste lugar, o rio Camburi completa a paisagem, desaguando na praia de Cambury. O acesso ao afloramento é extremamente fácil e pode ser feito por ambas as praias.

Com certeza muitas pessoas que freqüentam as praias devem se perguntar “como aquele ilhote foi parar no meio da praia?” Por esse motivo, a instalação de um painel se configuraria numa excelente ferramenta para a divulgação do geossítio. Ele poderia ser colocado no interior do ilhote, numa área coberta pela vegetação onde é possível caminhar com tranqüilidade, sendo, inclusive, muito visitado pelos turistas que freqüentam as praias, conforme visto em campo. Outra possibilidade seria colocá-lo no acesso à praia localizado mais próximo ao ilhote, onde seria visualizado por todos que ali passarem, além de inibir possíveis depredações.

Além do painel, as iniciativas sugeridas para os geossítios anteriores também podem ser adotadas aqui: a sede do PESH em São Sebastião pode distribuir materiais interpretativos como forma de divulgar o geossítio, além da possibilidade de figurar roteiros geodidáticos e ser descrito em *websites*. Acrescido a estas ações, incluir este geossítio em um roteiro geoturístico também seria de grande valia à sua divulgação, visto que o ilhote por si só já desperta a curiosidade do público em geral.



Do ponto de vista científico, o geossítio registra diversos eventos relacionados a períodos distintos da história geológica da região, ocorridos entre 600 e 80 milhões de anos, conforme elencados em sua descrição, no capítulo anterior. Contudo, ainda não há publicações sobre o local, sendo necessários estudos mais pontuais envolvendo geoquímica, geocronologia, geologia estrutural, dentre outros. Sendo assim, todas as iniciativas sugeridas deverão conter uma escala de tempo geológico de modo que facilite a compreensão dos eventos registrados, contando a história geológica responsável pela formação e atual configuração do geossítio, em ordem cronológica. A escala deve vir acompanhada de imagens de cada feição associada ao seu respectivo evento.

Em virtude de sua representatividade, o local pode ser utilizado para aulas de campo não somente voltadas ao público universitário, como também a alunos de ensino médio, visto que temas associados à evolução da Serra do Mar, por exemplo, podem ser abordados no local. Neste sentido, trabalhos de educação ambiental também podem ser desenvolvidos nas escolas do município abordando conceitos correlatos às Ciências da Terra. Este fator implica numa conscientização sobre a importância do patrimônio, de modo a se manter a integridade do local.

### **7.4.3 *Gnaisses de Boiçucanga***

Assim como os dois primeiros geossítios descritos, Jureia/Engenho e Juquehy, respectivamente, este também se encontra em costão rochoso de uma praia muito turística. Seu acesso é extremamente fácil, visto que a via que dá acesso à praia é a própria rodovia (SP – 55) e não há necessidade de subir no costão, pois as feições se encontram em paredões e lajedos, podendo ser observadas da própria areia, em especial, durante períodos de marés baixas.

Além de turística, a praia de Boiçucanga concentra grande parte da população residente no município. Por este motivo, em sua orla foi construída uma área recreativa denominada Praça Pôr do Sol, sob a administração da Prefeitura por meio da Secretaria de Turismo do município de São Sebastião. A praça possui uma ampla pista de skate e um espaço destinado a atividades culturais (Figura 112), como oficinas de arte, shows, apresentação de peças teatrais e exibição de filmes, utilizados pelos moradores e por turistas.



Figura 112 – Praça Pôr do Sol: a e b) Pista de skate; c e d) Espaço utilizado para atividades culturais.  
(Fonte: <http://oficinascultraiss.webnode.com.br/>)

Esta infraestrutura, que fica cerca de 400 metros do geossítios, poderia ser aproveitada como um Centro de Interpretação, voltado à divulgação deste e dos demais geossítios do município, por meio da instalação de painéis informativos (do geossítio e outro com mapa e localização dos demais), distribuição de folhetos, roteiros geodidáticos e geoturísticos, realização de trabalhos com a comunidade, voltados ao ensino das Ciências da Terra, dentre outros.

Ainda neste contexto, a proximidade da rodovia com a praia, faz com que o comércio se concentre em toda a orla de Boiçucanga. Existem muitas pousadas, hotéis, lojas e restaurantes que poderiam promover a divulgação do geossítio por meio de iniciativas relativamente simples: restaurantes, por exemplo, poderiam colocar imagens ou informações sucintas sobre a geologia do local impressos no cardápio, sobre a mesa, murais, dentre outros. Os clientes certamente leriam enquanto aguardam pelos pedidos; as lojinhas poderiam comercializar mapas do litoral norte, fotos do geossítio, artesanato; pousadas e hotéis poderiam fazer murais

de fotos e distribuir folhetos, por exemplo, dentre outras iniciativas, que certamente divulgariam o geossítio.

Do ponto de vista didático, as feições observadas no geossítio são ilustrativas de processos geológicos cujos conceitos são destinados, especificamente, a alunos do Ensino Superior (graduação e pós-graduação), sendo observados registros tectônicos decorrentes da amalgamação do Supercontinente Gondwana. Contudo, se o geossítio estiver divulgado, com certeza muitas pessoas terão interesse em querer visitá-lo e saberão identificar que aquela “pedra preta” é o *boudin* explicado no painel, no folheto ou no mapa. Com relação ao público escolar, professores de ensino médio poderiam explorar a formação da Serra do Mar, das ilhas, o processo de sedimentação, tectônica de placas e, de posse de um roteiro geodidático, abordar informações básicas sobre geologia, incluindo o geossítio. Conhecer e entender um pouco da importância deste patrimônio fará com que as pessoas se conscientizem e queiram protegê-lo, revertendo quadros de depredação observados no local, visto que algumas intervenções antrópicas, como pichações, são freqüentes no costão.

#### **7.4.4 Sistema de Diques da Ponta do Araçá**

Este geossítio não fica localizado em uma praia turística. Localiza-se em um dos costões da Baía do Araçá, uma pequena enseada que abriga um dos principais bosques de manguezal de São Sebastião. Sua representatividade decorre da sequencia de dezenas de corpos intrusivos, um exame de diques, originários do magmatismo toleítico ocorrido na região durante o processo de ruptura continental, seguido da abertura do Oceano Atlântico (GARDA & SCHORSCHER, 1994).

Esta região fica muito próxima ao centro e ao Porto Marítimo do município, correspondendo a uma das áreas mais populosas e movimentadas da região. Por este motivo, encontra-se exposta a inúmeras ameaças relacionadas principalmente a atividades antrópicas e às propostas de ampliação do referido porto, que podem gerar danos irreversíveis ao local. Estas propostas têm sido frequentemente analisadas por diversos setores, que avaliam os impactos positivos e negativos que a viabilização do projeto trará para a região e população como um todo. Uma última proposta foi anunciada em audiência pública, ocorrida no município de Ilhabela, na qual foi apresentado o EIA-RIMA (Estudo de Impacto Ambiental – Relatório de

Impacto Ambiental), elaborado pela Consultoria Paulista de Estudos Ambientais (CPEA), com parecer favorável do IBAMA à elaboração do projeto.



Figura 113 – Projeto final de ampliação do Porto, cobrindo grande parte da Baía do Araçá. Geossítio delimitado pelo círculo em amarelo. (Fonte: CPEA EIA RIMA).

Dentre os impactos negativos destacam-se: interferências na planície de enseada e na biota aquática; aumento do tráfego de veículos e de embarcações; aumento do risco de acidentes; atração populacional, incluindo risco de invasão, acarretando no aumento pela demanda de infraestrutura e saneamento; e interferência na paisagem (Figura 114).



Figura 114 – Interferência do Porto na paisagem. Ilhabela ao fundo. (Fonte: CPEA EIA RIMA).

Contudo, apesar dos inúmeros impactos negativos, ficou determinado que não ocorrerão a ocupação de manguezal; ocupação de praias e costões, o que não comprometerá a integridade do geossítio; aterro da planície de maré; dragagem; e interdição dos acessos às pequenas embarcações, utilizadas pelos moradores locais para pesca domiciliar.



Figura 115 – Projeto final da ampliação do Porto com indicação das determinações do IBAMA. (Fonte: CPEA EIA RIMA).



Mesmo empobrecido e poluído, o Araçá representa um dos poucos manguezais do litoral brasileiro, onde vivem organismos raros, que não são encontrados em outros locais: São 733 espécies registradas para a área das quais 34 foram descritas como novas para a ciência. Abriga ainda muitas espécies de poliquetas, equinodermos e hemicordados ameaçadas de extinção (AMARAL et al., 2010). Além disso, por se tratar de uma região de mangue, diversas espécies marinhas passam parte de seu ciclo de vida no local, favorecendo o trabalho de pescadores artesanais e catadores de peixes, crustáceos, mariscos e siris, que usufruem da baía como fonte de recursos e alimento (Figura 116).



Figura 116 – Morador coletando crustáceos na baía totalmente descoberta durante a maré baixa. (Fonte: ALBUQUERQUE, 2013).



Figura 117 - Detalhe de grande embarcação atracada no Porto de São Sebastião, mostrando a proximidade do mesmo ao mangue.

Diversos estudos foram e são realizados na Baía desde 1950, abrangendo temas voltados principalmente para a diversidade da macrofauna, alterações

provocadas por ação antrópica, genética evolutiva, desenvolvimento, fisiologia, parasitologia, dinâmica populacional e, mais recentemente, o estudo da geodiversidade. De acordo com Amaral et al. (2010), os trabalhos somam 127 artigos publicados em revistas nacionais e estrangeiras, 150 trabalhos em eventos (incluindo artigos completos publicados em anais e resumos expandidos), 1 livro, 4 capítulos de livros e 77 títulos de teses, dissertações, monografias, entre outros, além de vários textos de revistas e jornais.

No que diz respeito à ampliação do porto, Albuquerque (2013) diz que os estudos da hidrodinâmica contidos no EIA RIMA aprovado para a realização do projeto, referem-se principalmente ao Canal de São Sebastião, não tendo sido encontrados estudos sobre a Baía do Araçá, local sobre o qual está projetada a ampliação do Porto de São Sebastião. A autora diz ainda que, apesar do IBAMA ter referido o risco de invasão de larvas de animais trazidas por navios, cuja inserção poderia causar alterações ecológicas e ambientais significativas na biota local, não foram propostas medidas mitigadoras. Além disso, não há menção de como seria feito o descarte dos materiais que seriam utilizados durante a realização das obras, o que poderia afetar, além da biota, o fundo marítimo e os costões. Para Amaral et al (2010), o aterro do Araçá seria inevitável, o que acarretaria na destruição deste complexo ecossistema, cujos danos ecológicos não ficariam restritos à região. A autora diz ainda que a retificação da linha da costa afetaria a dinâmica de sedimentação no canal, causando assoreamento ou erosão nas praias e costões adjacentes.

Diante do exposto, o geossítio apresenta um enorme potencial educativo voltado para diversas áreas do conhecimento, visto que as características excepcionais da Baía a transformaram num verdadeiro laboratório a céu aberto para atividades de Educação Ambiental e para cursos do ensino superior, como oceanografia, ciências biológicas, gestão ambiental e geologia. O afloramento é utilizada há anos em aulas de campo da disciplina de Petrologia Ígnea do curso de Geologia da Universidade de São Paulo para observação dos processos geológicos encontrados no local.

Com relação à divulgação, o geossítio deveria figurar painéis informativos (elencado em painel que contenha todos os geossítios, visto que é inviável a instalação de um painel específico no Araçá), roteiros geodidáticos, folhetos, *websites*, dentre outros, mas com o apelo científico e não turístico, até pelo fato das



feições serem observadas apenas em marés extremamente baixas, o que ocorre durante algumas horas do dia. Trabalhos envolvendo a comunidade sobre a importância da geodiversidade como substrato a toda biodiversidade local, seriam de grande estima tanto para a população quanto ao geossítio, com vistas à manutenção de sua integridade.

A importância do geossítio é aumentada quando aliada ao contexto cultural do povo caiçara que reside na área e a há décadas a utiliza como forma de subsistência. Os dados científicos acumulados em anos de pesquisa acrescidos dos depoimentos da comunidade acadêmica revelam o quanto a conservação dessa região representa para a ciência e para a vida daqueles que dependem do Araçá, sendo inquestionável a necessidade de se proteger a área<sup>23</sup>.

Cabe ressaltar que, em virtude de sua importância, este geossítio tem grande potencial para integrar o inventário do patrimônio geológico do estado de São Paulo. Neste caso, o local teria sua relevância documentada e apresentada formalmente em relatórios que serão direcionados às autoridades (GARCIA, 2014, informação verbal<sup>24</sup>).

#### **7.4.5 Costão do Centro de Biologia Marinha (CEBIMar)**

Este geossítio, situado na Praia do Cabelo Gordo, sede do Centro de Biologia Marinha da Universidade de São Paulo (CEBIMar), compreende um extenso afloramento e um ilhote, que exemplificam parte da geodiversidade e da evolução geológica locais. Todo o afloramento, formado por gnaisses metapelíticos com silimanita fortemente deformados segundo uma tectônica de baixo ângulo, está relacionado às etapas de fusão do Gondwana, ocorrida no Neoproterozoico.

Conforme mencionado na descrição do geossítio, o CEBIMar é um instituto voltado à pesquisas sobre Biologia Marinha. Oferece toda infraestrutura necessária ao desenvolvimento de projetos por parte da comunidade científica e atende o público escolar por meio de visitas monitoradas à praia, costões rochosos, tanques e aquários com organismos marinhos, visando à divulgação das ciências marinhas.

---

<sup>23</sup> Informações extraídas do vídeo: “A vida na Baía do Araçá” – Entrevista com o diretor do Centro de Biologia Marinha (CEBIMar) da Universidade de São Paulo, disponível em <http://www.youtube.com/watch?v=lx4Y8Q-GSCg>

<sup>24</sup> Dados fornecidos pela Prof.<sup>a</sup> Dra. Maria da Glória Motta Garcia, Instituto de Geociências – USP, 2014, sobre o Projeto Patrimônio Geológico do estado de São Paulo: identificação, conservação e valorização de geossítios de valor científico com relevância nacional e internacional – em andamento.

Embora o CEBIMar seja aberto ao público, há um controle rigoroso no acesso ao Instituto, sendo necessário agendamento para visitação. Por este motivo, o local não é muito frequentado por turistas, o que o torna muito bem preservado. O maior público atendido pelo Centro, além de pesquisadores e estudantes universitários, corresponde a grupos escolares, principalmente do entorno.

Sendo assim, o potencial didático do geossítio, já trabalhado no âmbito do estudo da biota marinha, poderia ser majorado com o ensino de conteúdos geocientíficos, pois a área configura-se num excelente local para exemplificar os processos relacionados à evolução geológica da região, podendo ser utilizado pela comunidade acadêmica, alunos de graduação e de pós-graduação. Dentre os assuntos que poderão ser trabalhados, além da tectônica e geologia estrutural, cujos conteúdos são destinados a públicos específicos, pode ser abordada a formação da Serra do Mar, das praias e ilhas, além de conceitos interdisciplinares voltados às ciências e biologia para o ensino médio.

Ainda neste contexto, sabendo que o Instituto realiza visitas monitoradas, propõe-se a instalação de um painel com informações específicas sobre o geossítio em frente a um dos acessos à praia. Os guias poderiam fazer uma primeira parada em frente ao painel, antes de irem aos costões, para explicar alguns conceitos básicos sobre a geologia e apontar as feições que os grupos encontrarão no costão. Além disso, o CEBIMar pode distribuir folhetos e roteiros geodidáticos aos seus visitantes, despertando o interesse dos professores e/ou alunos, para conhecerem os demais geossítios do município.

#### ***7.4.6 Mirante da Trilha da Praia Brava***

O Mirante da Praia Brava é o único geossítio presente neste inventário com interesse de cunho geomorfológico. Encontra-se no ponto de maior elevação do percurso da Trilha da Praia Brava, com cerca de 210 metros de altitude e tem vista para as praias de Boiçucanga e Camburi, e para a imponente Serra do Mar, com suas belas escarpas e o verde marcante da Mata Atlântica, que apresenta imenso valor no que diz respeito à riqueza e diversidade de fauna e flora.

A Trilha da Praia Brava apresenta alto índice de visitação atraindo públicos distintos, que variam de grandes grupos escolares (estes geralmente agendam a

visita e são acompanhados de guias ambientais do Parque) e turistas que nem sempre agendam visita, até porque a trilha é aberta e de fácil acesso. Apresenta um “ponto de descanso”, uma estrutura coberta, construída em madeira, localizada no meio do trajeto da trilha. É utilizada como ponto para abastecimento, onde as pessoas costumam descansar, fazer suas refeições ou hidratarem-se, por exemplo.

O “ponto de descanso” pode servir como base para divulgação e ensino, onde os monitores ambientais, professores e demais colaboradores educacionais poderiam abordar em campo conceitos predefinidos em sala de aula, tais como: a formação da Serra do Mar, processos erosivos, intemperismo, processos de sedimentação, formação do solo, dentre outros, além de assuntos relacionados ao processo de ocupação de áreas de risco, bem como escorregamentos e demais eventos a eles associados, visto que a região é afetada, com certa frequência, pelas fortes chuvas de verão e cicatrizes de escorregamento são visíveis do geossítio.

Além destas iniciativas, que podem partir dos guias ambientais e professores, o geossítio pode ser divulgado por meio de *websites* (juntamente com outros geossítios), folhetos (que poderiam ser distribuídos pelos próprios guias, com informações específicas sobre geossítio), roteiros geodidáticos/turísticos e painéis localizados em sedes ou centros específicos (neste caso, o local não favorece a instalação de um painel específico, pois estaria sujeito a deterioração rápida por estar exposto ao intemperismo e a depredações).

O geossítio correspondeu a um dos pontos de interpretação geológica contido no roteiro geodidático da atividade prática do curso de Introdução às Geociências, mencionado anteriormente. Um dos propósitos desta atividade era de que os guias parassem neste ponto e explicassem um pouco das feições e dos processos geológicos visíveis do mirante. Esta iniciativa também contempla a gama de possibilidades para a gestão deste geossítio.

#### **7.4.7 Milonitos da Zona de Cisalhamento Camburu**

Este geossítio se encontra no percurso da Trilha Sítio do Jatobá, que se inicia em uma Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) pertencente à área do Parque Estadual da Serra do Mar. Para chegar ao início da trilha é preciso veículos apropriados, pois durante o percurso alguns riachos devem ser atravessados. É

muito procurada por turistas, visto que o acesso a algumas cachoeiras e poços de piscina natural é feito exclusivamente pela referida trilha. Contudo, a visita costuma ser acompanhada de monitores ambientais, pois o acesso é controlado por funcionários do Parque em uma portaria, necessitando autorização para entrar.

Do ponto de vista científico, o geossítio contém registros da atuação da Zona de Cisalhamento Camburu, evidenciados na foliação milonítica de excelente exposição em diversos pontos da trilha, em especial, no Poço do Jatobá, local escolhido como geossítio. Os conceitos atrelados a estes registros são extremamente específicos, voltados ao público de ensino superior.

Contudo, é possível exemplificar de forma sucinta os processos geológicos que ocorrem no local, de modo que o público compreenda que a orientação observada na rocha, por exemplo, decorre de processos tectônicos. Desta forma, o geossítio poderia ser divulgado a outros públicos, aliando o ensino de conceitos correlatos à biodiversidade e à geodiversidade, por meio de propostas semelhantes àquelas sugeridas ao geossítio anterior: figurar *websites*, distribuição de folhetos com informações específicas, roteiros geodidáticos/turísticos incluindo todos os geossítios do município e ser contemplado em painel distante do geossítio, visto que o local também não favorece a instalação de um painel informativo.

#### **7.4.8 Arquipélago de Alcatrazes**

O Arquipélago de Alcatrazes corresponde a um complexo formado por cinco ilhas, quatro ilhotes, cinco lajes e dois parciais, abrangendo uma área de cerca de 7 km de extensão. Seu acesso é feito, exclusivamente, por vias marítimas, sendo restrito a pesquisadores (com autorização prévia) e funcionários do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), que realizam o monitoramento da área.

Grande parte do Arquipélago encontra-se protegido por meio da Estação Ecológica Tupinambás, com exceção da principal ilha, denominada Alcatrazes. Por este motivo, um projeto para a criação do Parque Nacional Marinho de Alcatrazes foi submetido ao Ministério do Meio Ambiente (MMA) em 2012. Na proposta, o parque teria cerca de 160 km<sup>2</sup>, incluindo a Estação Ecológica (ESEC) Tupinambás no seu perímetro. A ilha principal, que ainda não é protegida, ficaria como parque, uma

categoria de proteção integral aos recursos naturais, mas que permite atividades de uso sustentável, como visitação pública e atividades de mergulho recreativo, por exemplo. Enquanto as ilhas menores, já classificadas como estação ecológica, manter-se-ão somente atividades de educação ambiental e pesquisa científica. A Ilha da Sapata e mais um perímetro de um quilômetro ao redor dela, permaneceria fora da área protegida, sob jurisdição da Marinha para treinamentos militares.

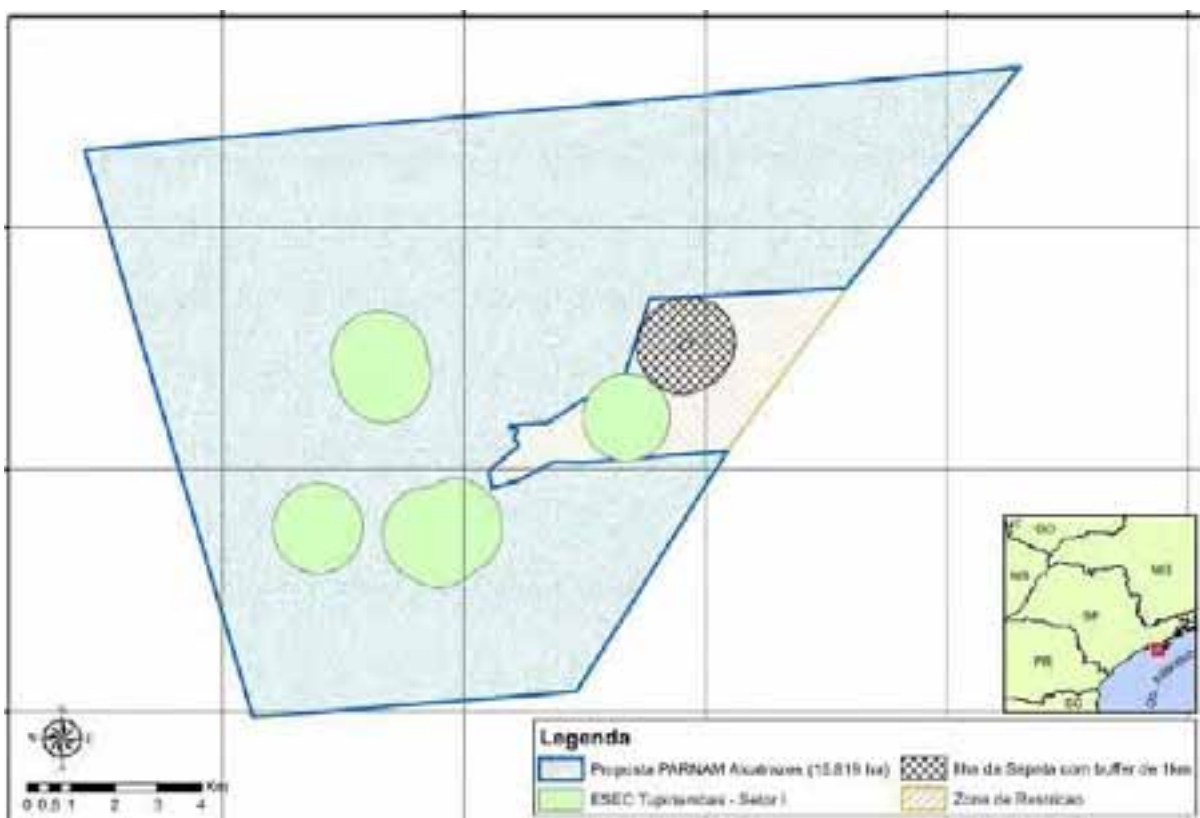


Figura 118 – Mapa da proposta do Parque Nacional Marinho Arquipélago de Alcatrazes. (Fonte: LEITE, K. L., 2012<sup>25</sup>)

O Parque Nacional Marinho dos Alcatrazes seria o terceiro parque marinho brasileiro e o primeiro no sudeste. Os outros dois são Abrolhos, criado em 1983, no litoral sul baiano, reduto das baleias jubarte; e Fernando de Noronha, santuário dos golfinhos, criado em 1988, no litoral pernambucano.

Conforme mencionado, atualmente a visitação ao Arquipélago é restrita, sendo proibido até mesmo circular no entorno, sob pena de multa e apreensão da embarcação. Desta forma, a divulgação do geossítio se restringe, a princípio, a

<sup>25</sup> Extraído da apresentação da proposta de criação do Parque Nacional Marinho do Arquipélago dos Alcatrazes, apresentada ao Ministério Público em audiência ocorrida em 2012.

figurar painéis informativos instalados em pontos sugeridos, como o centro cultural da Praça Pôr do Sol, em Boiçucanga, ou na sede do PESM, em Juquehy. Além do painel, propõe-se a elaboração de folhetos que contenham informações sobre os aspectos geológicos observados no complexo, comparando-os e exemplificando com as estruturas coincidentes encontrados no continente.

Futuramente, com a aprovação do projeto para a implantação do Parque Nacional Marinho Arquipélago de Alcatrazes, este cenário irá mudar, visto que a visitação turística ao geossítio será permitida, após a realização de um plano de manejo coerente à manutenção da integridade do local. Caso isso ocorra, iniciativas de gestão envolvendo roteiros geodidáticos e geoturísticos, bem como trabalhos de educação ambiental, atividades de campo e capacitação de guias, também deverão ser propostas ao geossítio, de modo que se possa aproveitar o imenso potencial científico e didático por ele apresentado, tanto no âmbito da biodiversidade como também da geodiversidade, para o ensino e divulgação das Ciências da Terra.

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

### 8.1 Metodologia utilizada e escolha dos geossítios

O município de São Sebastião é caracterizado pela ocorrência de uma grande diversidade de áreas de interesse geológico. A quantificação dessas áreas é de extrema importância, uma vez que fornece subsídios à criação de mecanismos voltados à geoconservação, além de contribuir com o desenvolvimento sustentável da região por meio do turismo de base geológica. Neste sentido, o presente trabalho incidiu na seleção destas áreas de maior relevância, abordando o inventário científico, a caracterização dos geossítios, a quantificação da relevância e apresentação de propostas destinadas à valorização e à gestão do patrimônio inventariado.

Para atingir os objetivos deste trabalho, os métodos utilizados foram adaptados da metodologia sugerida por Brilha (2005), baseada na escolha dos geossítios por meio do levantamento bibliográfico, trabalhos de campo e por fim, da integração dos dados obtidos. Contudo, a pesquisa bibliográfica proposta na referida metodologia tem uma aplicabilidade eficiente em áreas bem estudadas, o que não corresponde à realidade do município de São Sebastião, visto que as publicações voltadas a esta temática são relativamente escassas na região e por este motivo algumas adaptações foram feitas para que os geossítios pudessem ser selecionados. Desta forma, muitos dos afloramentos visitados foram indicados por pesquisadores, especialmente do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, que estudaram a área (alguns dos afloramentos são, inclusive, parte de roteiros de campos em disciplinas específicas ao curso de Geologia do referido instituto, em virtude das feições encontradas se mostrarem extremamente didáticas ao conteúdo pertinente à disciplina). Além desta contribuição, outros pontos foram indicados tanto por guias ambientais quanto pelos próprios moradores locais durante as atividades de campo, que conheciam muito bem a região e recomendavam a visita em determinadas áreas por conterem “pedras diferentes”, ou um ilhote com várias “pedras pretas”, dentre outros. Tais contribuições foram de grande valia e fomentaram a escolha de alguns dos geossítios, como Ilhote de Camburizinho, que contém as tais “pedras pretas”, os *boudins*.



Com base nos trabalhos de campo foram selecionados nove geossítios distribuídos pelo município correspondendo a seis afloramentos em costões, dois afloramentos ao longo de trilhas ecoturísticas na Mata Atlântica, sendo um deles um mirante com interesse geomorfológico, e um arquipélago distante do continente cerca de 35 km (Tabela 17).

<b>GEOSSÍTIOS</b>	<b>USOS</b>	<b>CONTEÚDOS DE INTERESSE</b>	<b>FEIÇÕES/PROCESSOS</b>
<b><i>Feições de deformação da Jureia/Engenho</i></b>	Científico Didático	Tectônico Ígneo Metamórfico Estrutural	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Magmatismo básico (fragmentação do Gondwana - diques);</li> <li>• <i>Boudinagen</i>;</li> <li>• Foliação milonítica desenvolvida (atuação da ZCC);</li> <li>• Fraturas <i>en echelon</i>;</li> </ul>
<b><i>Feições de Injeção de Juquehy</i></b>	Científico Didático	Ígneo Metamórfico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evidências de migmatização;</li> <li>• Magmatismo básico (fragmentação do Gondwana - diques);</li> </ul>
<b><i>Ilhote de Camburizinho</i></b>	Científico Didático Turístico	Tectônico Ígneo Metamórfico Estrutural Sedimentar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deformações (Amalgamação do Gondwana);</li> <li>• Magmatismo básico (fragmentação do Gondwana - diques);</li> <li>• <i>Boudinagen</i>;</li> <li>• Dinâmica Sedimentar;</li> </ul>
<b><i>Gnaisses de Boiçucanga</i></b>	Científico Didático Turístico	Tectônico Metamórfico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deformações (Amalgamação do Supercontinente Gondwana);</li> <li>• <i>Boudinagen</i>;</li> </ul>

*Continua*

<b>GEOSSÍTIOS</b>	<b>USOS</b>	<b>CONTEÚDOS DE INTERESSE</b>	<b>FEIÇÕES/PROCESSOS</b>
<b>Sistema de Diques da Ponta do Araçá</b>	Científico Didático	Tectônico Ígneo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Magmatismo básico (intrusão de diques básicos e lamprófiros decorrentes da abertura do Atlântico Sul);</li> </ul>
<b>Praia do Cabelo Gordo (CEBIMAR)</b>	Científico Didático Turístico	Tectônico Ígneo Metamórfico Estrutural Sedimentar	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tectônica de baixo ângulo (associada ao Sistema de Cavalcamento São Sebastião);</li> <li><i>Boudinagen</i>;</li> <li>Magmatismo básico (fragmentação do Gondwana - diques);</li> </ul>
<b>Mirante da Trilha da Praia Brava</b>	Didático Turístico	Sedimentar Geomorfológico	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evolução da Serra do Mar;</li> <li>Dinâmica costeira;</li> <li>Intemperismo;</li> <li>Processos de Sedimentação;</li> </ul>
<b>Milonitos da Zona de Cisalhamento Camburu</b>	Científico Didático Turístico	Tectônico Metamórfico	<ul style="list-style-type: none"> <li>Foliação milonítica desenvolvida (atuação da ZCC);</li> </ul>
<b>Arquipélago de Alcatrazes</b>	Científico Didático	Tectônico Ígneo Metamórfico Estrutural	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evolução da Serra do Mar;</li> <li>Dinâmica costeira;</li> </ul>

Tabela 17: Tabela Síntese – Geossítios de São Sebastião, os usos, conteúdos de interesse e feições/processos relevantes, que lhes agregam valor.

Estes geossítios apresentam conteúdos variados que podem ser utilizados para fins didáticos, científicos e turísticos. Contudo, o principal aspecto considerado

no inventário e na classificação destes sítios refere-se, prioritariamente, ao valor científico por eles apresentados. Nesse contexto, para exemplificar a geodiversidade local definiu-se o *framework*, ou categoria temática, relacionado à amalgamação, evolução e fragmentação do Supercontinente Gondwana, visto que estes processos se constituem em eventos tectônicos significativos na história geológica da região.

## **8.2 Quantificação: discussão e resultados**

Após a caracterização dos geossítios procedeu-se à quantificação dos mesmos por meio de dois métodos brasileiros, dentre os inúmeros europeus existentes: o método do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), adaptado da metodologia sugerida por Brilha (2005) e Garcia-Cortés & Luis Carvavilla Urquí (2009), disponibilizado por meio do sistema GEOSSIT; e a metodologia proposta por Pereira (2010) para a quantificação dos geossítios da Chapada Diamantina.

Os métodos de quantificação utilizados no presente trabalho obtiveram proximidade nos resultados, conforme demonstrados no capítulo 6. Contudo, embora as duas metodologias sejam mais condizentes com a realidade brasileira, quando comparadas aos métodos europeus, nenhuma delas aborda o contexto em que se inserem os geossítios inventariados no município de São Sebastião, visto que não há parâmetros que reflitam, objetivamente, aos costões rochosos, praias e trilhas, locais correspondentes aos referidos geossítios.

Nesse sentido, algumas considerações foram necessárias à quantificação, de modo a enquadrarem-se aos parâmetros propostos. Podemos citar como exemplo ao método do sistema GEOSSIT, proposto pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM), o parâmetro C2 (Situação Atual) na categoria “Necessidade de Proteção”, cujas opções são:

- Sítio Tombado ou em Unidade de Proteção Integral implantada (pontuação 5);
- Zona incluída em Unidade de Conservação de Proteção Integral não implantada (pontuação 4);

- Zona incluída em Unidade de Conservação de Uso Sustentável implantada (pontuação 3);
- Zona incluída em Unidade de Conservação de Uso Sustentável não implantada (pontuação 2); e
- Zona sem qualquer tipo de proteção (pontuação 1).

Nesta categoria, todos os geossítios encontram-se, de certa forma, protegidos, visto que aqueles que não se enquadram em Unidades de Conservação, como os geossítios Feições de deformação da Jureia/Engenho, Feições de Injeção de Juquehy, Ilhote de Camburizinho e Sistema de Diques da Baía do Araçá situam-se em costões rochosos pertencentes à União. Para estes locais o parâmetro adotado na quantificação correspondeu ao de pontuação 1, visto que não há opção que se enquadre em bens da União; Os geossítios Praia de Boiçucanga e Costão do Centro de Biologia Marinha (CEBIMar) enquadram-se na categoria de proteção designada por Área sob Proteção Especial (ASPE); Os geossítios Mirante da Trilha da Praia Brava e Milonitos da Zona de Cisalhamento Camburu localizam-se em trilhas dentro da área do Parque Estadual da Serra do Mar, enquadrando-se em Unidades de Conservação implantadas, enquanto o Arquipélago de Alcatrazes encontra-se protegido pela Estação Ecológica Tupinambás.

Um exemplo de dificuldade encontrada no método de Pereira (2010) refere-se ao parâmetro C4 (Existência de utilização em curso), na categoria “Valor Turístico”, cujas opções e pontuações correspondem a:

- Geossítio sem qualquer uso atual (pontuação 0);
- Geossítio com alguma taxa de visitação, porém ainda incipiente (pontuação 1);
- Geossítio com alta taxa de visitação, porém sem mecanismo de controle de visitantes (pontuação 3);
- Geossítio com elevada taxa de visitação e dotado medidas de controle de visitantes (pontuação 4);

Neste caso, para o grupo de geossítios que se encontra em costões rochosos, foi considerada a pontuação zero. Apesar do alto índice de visitação das

praias em que estão inseridos, os turistas não freqüentam os costões com o intuito de conhecê-los, alguns deles, inclusive, os depredam. Futuramente este quadro poderá ser modificado, caso sejam disponibilizadas informações sobre a relevância intrínseca a cada um dos costões. À exceção, o Costão do CEBIMar, que obteve pontuação 4 em virtude de estar situado num instituto de pesquisa, apresenta elevado índice de visitação e controle do mesmo. Os geossítios inseridos em trilhas obtiveram nota 3, pois apesar de serem solicitados guias para executá-las, as trilhas são abertas ao público, o que não gera um controle rigoroso quanto à visitação. O Arquipélago de Alcatrazes também obteve pontuação igual a zero, visto que a visitação é restrita ao uso científico.

Embora os métodos apresentados tenham sido elaborados de modo a atender a demanda brasileira na quantificação de geossítios, é evidente que ainda existem déficits que devem ser melhorados e adaptados para uma quantificação mais precisa ao objetivo do inventário proposto, especialmente em locais que possuem grandes dimensões, como ocorre no Brasil, cuja extensão territorial reflete nos mais variados ambientes, aumentando a gama de possibilidades aos parâmetros propostos.

Contudo, conforme descrito no capítulo 6, os resultados da quantificação da relevância dos geossítios não destoaram significativamente, de modo que a aplicabilidade das metodologias utilizadas mostrou-se eficaz ao objetivo do presente trabalho (Gráficos 3 e 4). Este fato fica evidente em virtude de algumas semelhanças observadas nos resultados: as classificações atribuídas a cada um dos geossítios (regional, nacional ou internacional) são próximas em ambos os casos; e os geossítios classificados em primeiro e último lugar, Costão do CEBIMar e Feições de Deformação da Jureia/Engenho, respectivamente, foram os mesmos tanto no GEOSSIT quanto no método de Pereira (2010).

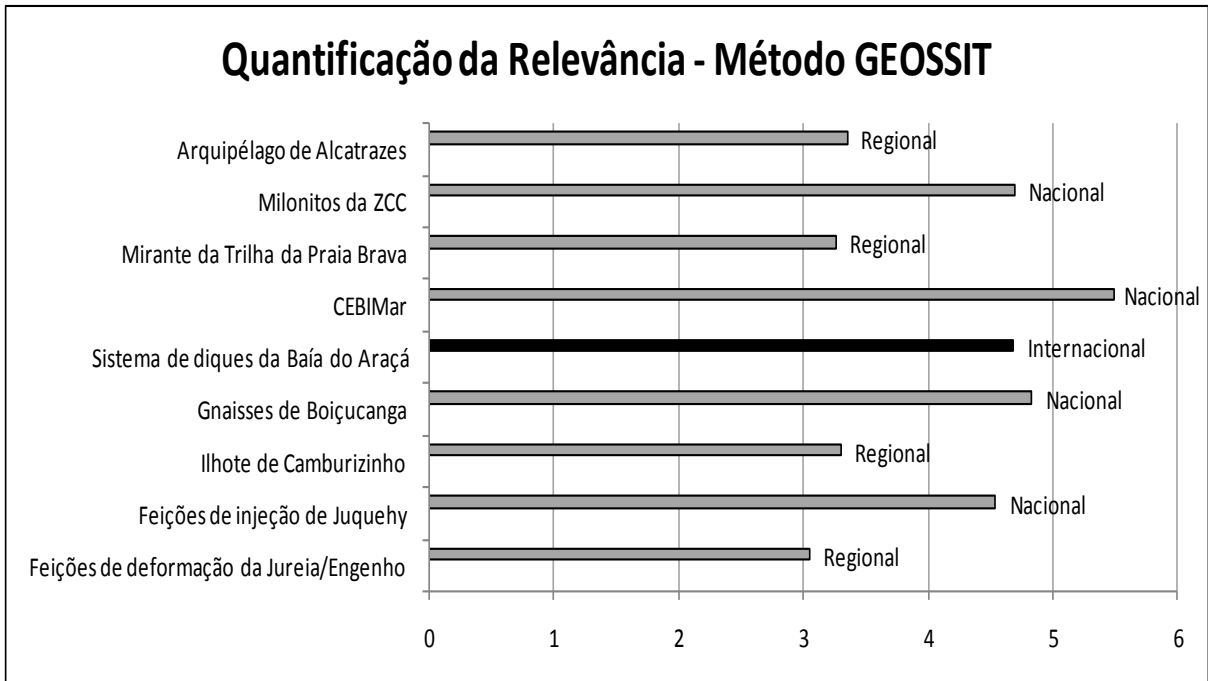


Gráfico 3 – Classificação dos geossítios pelo método GEOSSIT. Destaque ao geossítio que obteve relevância internacional.

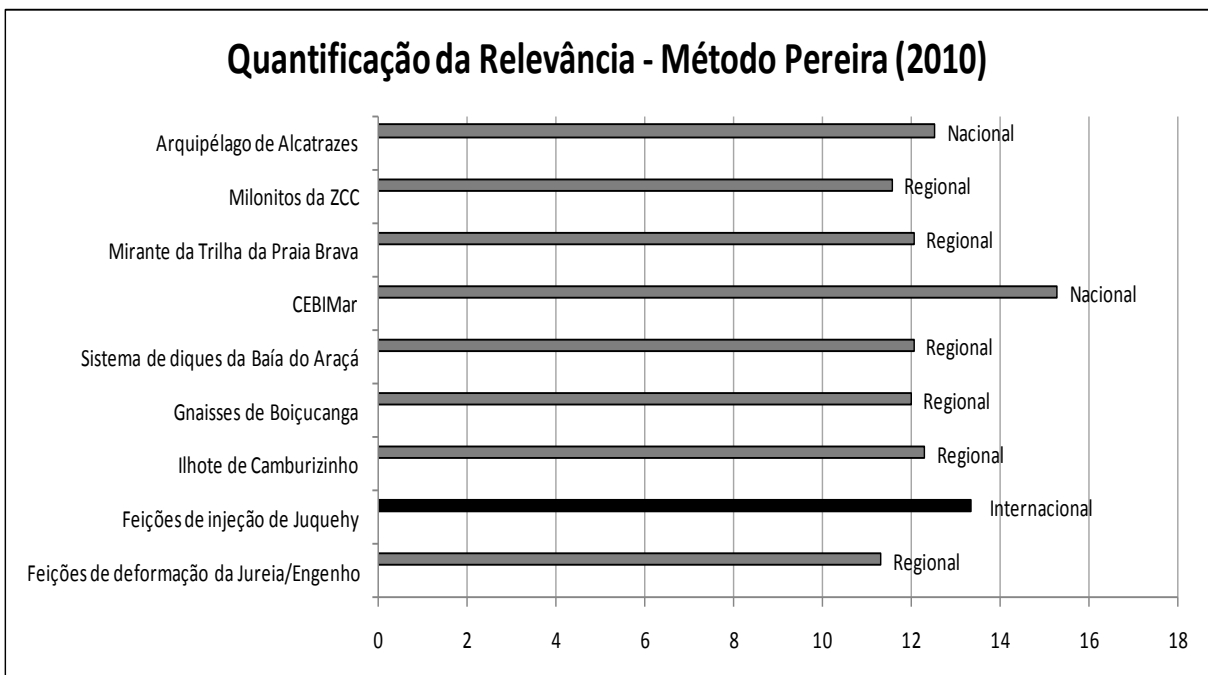


Gráfico 4 – Classificação dos geossítios pelo método de Pereira (2010). Destaque ao geossítio que obteve relevância internacional.

### **8.3 Gestão e valorização dos geossítios**

No capítulo anterior foi descrito um panorama completo acerca da geoconservação no Brasil e seu reflexo no município de São Sebastião. Conforme mencionado, a grande maioria dos geossítios se encontra em áreas de conservação, protegidas pelas Unidades de Conservação ou por Áreas de Proteção Especial. Por esse motivo, as ações propostas para a preservação dos geossítios do município são parecidas e objetivam o uso sustentável destas áreas, de modo a protegê-las e gerar benefícios à população do entorno.

Dentre as sugestões apresentadas, a grande maioria engloba todos os geossítios, como o exemplo da inclusão dos referidos sítios em roteiros geoturísticos ou em *websites* específicos que contenham informações sobre a geologia da região e sobre o que o turista irá encontrar (vias de acesso, infraestrutura, etc), por exemplo. Pontualmente, foram propostas intervenções a cada um dos geossítios, como no caso do geossítio Gnaisses de Boiçucanga, cuja infraestrutura existente na Praça Pôr do Sol poderia contemplar painéis informativos, além de oficinas e projetos voltados à promoção da educação ambiental voltada à comunidade e população do entorno. À exceção, o Arquipélago de Alcatrazes, embora possa figurar folhetos, *websites* e painéis, é o único geossítio cuja visitação não é aberta ao público, sendo restrita apenas às atividades científicas providas de autorização prévia.

O potencial didático inerente aos geossítios também se configura em uma forma eficiente de valorizá-los e divulgá-los por meio da pesquisa científica, visto que muitos destes locais necessitam de estudos mais aprofundados, como o geossítio Ilhote de Camburizinho, por exemplo, e através de trabalhos de campo, fomentando no aprendizado de conceitos voltados às Ciências da Terra tanto por parte de público escolar como também de turistas que frequentam a região.

As iniciativas de gestão e valorização propostas neste trabalho poderiam ser aliadas ao apelo turístico existente no município, de modo a contribuir com o desenvolvimento sustentável, promover melhorias nas condições socioambientais tanto da área como também na vida da população do entorno e potencializar o geoturismo.



#### **8.4 Conclusões gerais e perspectivas**

A atribuição de valor à geodiversidade é o que lhe confere a qualidade de patrimônio geológico. Para o presente trabalho, essa valoração foi obtida por meio levantamento bibliográfico e, principalmente, pelas atividades de campo realizadas, que revelaram locais de interesse geológico de extrema importância, além de dados de relevância científica, vulnerabilidade e possíveis ameaças associadas a estes locais de interesse geológico.

Dessa forma, a geodiversidade de São Sebastião é representada nos referidos geossítios inventariados, os quais, adicionados à rica biodiversidade e sítios arqueológicos existentes na área, caracterizam o grande potencial geoturístico do município. Neste sentido, o geoturismo pode emergir como atividade que permita o desenvolvimento sustentável da região, além da divulgação da geodiversidade. Os geossítios estando contemplados em roteiros, painéis e folhetos, por exemplo, despertarão o interesse dos turistas em conhecerem parte da história geológica local. Lembrando que o índice de visitação aumenta em temporadas, onde a procura por guias ambientais é maior, informações simples sobre a geologia poderão ser transmitidas pelos próprios guias durante seus trabalhos em trilhas que exijam monitoria, após a devida capacitação em mini cursos, como àqueles que foram ministrados pelo GeoHereditas em todos os municípios do litoral norte, conforme descritos no capítulo 7.

De modo geral, para que a gestão e a conservação dos geossítios de São Sebastião ocorram de modo efetivo, a conscientização por meio da educação é de extrema importância para assegurar que atividades antrópicas não reflitam na deterioração da riqueza geológica pertencente ao município. Cabe ressaltar que a carência de uma legislação específica à proteção do patrimônio geológico dificulta a realização de ações neste sentido. No entanto, sabendo que as Unidades de Conservação constituem métodos de conservação da natureza, incluindo os aspectos geológicos, e elas estão presentes na região, seria importante que a preservação da geodiversidade fosse articulada à da biodiversidade, de modo a se criar estratégias conjuntas de geoconservação.

A geodiversidade fornece subsídios para a gestão sustentável e uso correto dos recursos hídricos, comportamento frente a fontes poluidoras, riscos geológicos, manutenção do meio ambiente, promoção do geoturismo, dentre outros, apontando

as adequabilidades e limitações para o uso e ocupação dos terrenos. Desta forma, sabendo que este trabalho está contemplado em um projeto maior, que envolve o inventário e a quantificação de locais de interesse geológico distribuídos por todo o litoral norte do estado de São Paulo<sup>26</sup>, espera-se que esta pesquisa sirva como base para futuras ações do poder público no que concerne ao planejamento e ordenamento territorial englobando todos os municípios envolvidos no referido projeto, de modo a contribuir com a manutenção de um ecossistema sustentável e com a preservação do patrimônio geológico às futuras gerações

---

PROCHOROFF, R. 2014. O patrimônio geológico de Ilhabela – SP: estratégias de geoconservação. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, p. 199;  
SANTOS, P. L. A. Patrimônio geológico em áreas de proteção ambiental: Ubatuba – SP. (Mestrado iniciado em 2012);  
MUCIVUNA, V. C. Inventário do patrimônio geológico de Bertioga – SP. (Mestrado iniciado em 2013);  
ARRUDA, K. E. C. A geodiversidade do Litoral Norte de São Paulo. (Doutorado iniciado em 2013);  
GARCIA, M. G. M. O patrimônio geológico do litoral norte do estado de São Paulo: proposta de geoconservação. (projeto FAPESP).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SABER, A. N. 2000. **Fundamentos da geomorfologia costeira do Brasil atlântico Inter e Subtropical**. Revista Brasileira de Geomorfologia, vol.1 , p. 127-43.
- AB'SABER, A. N. 2005. **Litoral do Brasil / Brazilian coast**. São Paulo: Metalivros, p. 281.
- AB'SABER, A. N. 2006. **Brasil: paisagens de exceção: o litoral e o Pantanal Mato-Grossense: patrimônios básicos**. São Paulo: Ateliê Editorial, p. 182.
- ALBUQUERQUE, E. C. 2013. **Considerações sobre os impactos ambientais negativos previstos sobre a Baía do Araçá devido à ampliação do porto de São Sebastião: Um olhar da engenharia sobre o meio ambiente marinho**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental da Universidade de São Paulo, p.124.
- ALMEIDA, F. F. M. DE. 1976. **The system of continental rifts bordering the Santos Basin, Brazil**. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 48 (supl.), p. 15-26. (Proceedings of the International Symposium on Continental Margins of Atlantic Type, October 1975).
- ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y. 1984. **O Pré-Cambriano do Brasil**. São Paulo: Ed. Edward Blücher. p.378.
- ALMEIDA, F. F. M. DE.; CARNEIRO, C. D. R. 1998. **Origem e Evolução da Serra do Mar**. *Revista Brasileira de Geociências* p. 135-150.
- ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B.B.; FUCK, R.A.1981. **A brazilian structural provinces: na introduction**. *Earth-Science Reviews*, 17(1/2): 1-29.

- ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B.B.; FUCK, R.A. 1977. **Províncias estruturais brasileiras**. In: Simpósio de Geologia do Nordeste, 8., Campina Grande, Bolim Especial, p.12-13.
- ALMEIDA, F. F. M.; HASUY, Y.; PONÇANO, W. L.; DANTAS, A. S. L.; CARNEIRO, C. R.; MELO, M. S.; BISTRICHI, C. A. 1981. **Mapa geológico do Estado de São Paulo**, escala 1:5000.000 V. I - Nota explicativa. IPT-DMGA, p.126. (Monografia 6).
- AMARAL, A. C. Z.; MIGOTTO, A. E.; TURRA, A.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y. 2010. **Araçá: biodiversidade, impactos e ameaças**. Biota Neotropica, 10(1): 219-264,
- AMENOMORI, S. N. 2005. **Paisagem das ilhas, as ilhas da paisagem: a ocupação dos grupos pescadores-coletores pré-históricos no Litoral Norte do Estado de São Paulo**. Museu de Arqueologia e Etnologia da Universidade de São Paulo, São Paulo, Tese (Doutorado), p. 163.
- ASMUS, H. E.; FERRARI, A.L. 1978. **Hipótese sobre a causa do tectonismo cenozóico na região sudeste do Brasil**. In: PETROBRÁS. Aspectos estruturais da margem continental leste e sudeste do Brasil. Rio de Janeiro, PETROBRÁS/CENPES/DINTEP. p.75-88.
- BORNAL, W. G. 2008. **Sítio Histórico São Francisco: um estudo sob a ótica da arqueologia da paisagem**. Museu de Arqueologia e Etnologia da Universidade de São Paulo, São Paulo. Tese (Doutorado), p. 297.
- BRILHA J. B. R. 2005. **Patrimônio Geológico e Geoconservação: a conservação da natureza na sua vertente geológica**. Palimage Editora, p. 190.
- BRITO-NEVES, B. B., CAMPOS-NETO, M.D., FUCK, R.A., 1999. **From Rodinia to Western Gondwana: An approach to the Brasiliano-Pan-African Cycle and orogenic collage**. Episodes 22(3), 155–166.

- CAMPANHA G. A. C., ENS H.H., POÇANO W.L. 1994. **Análise morfotectônica do Planalto do Juqueriquerê, São Sebastião.** Rev. Geoc., 24: 32-42.
- CAMPANHA, G. A. C., ENS, H.H., 1996. **Estruturação geológica da Serra de Juqueriquerê, São Sebastião, SP.** Boletim Instituto de Geociências. Série Científica, v. 27, p. 1-15.
- CEBALLOS-LASCURÀIN, H. 1987. **Estúdio de prefactibilidad socioeconômica del turismo ecológico y anteproyecto arquitectônico y urbanístico del cetro de turismo ecológico de la reserva de la Biosfera de Sian kaán, Q.R., México.** SEDEE, Mexico. p.213.
- CHIODI FILHO, C.; CHIEREGATI, L. A.; THEODOROVICZ, A. M. G.; THEODOROVICZ, A.; MENEZES, R. G.; RAMALHO O, R.; BATOLLA JR., F. 1983. **Geologia e recursos minerais das folhas de Natividade da Serra e Caraguatatuba.** In: jornada sobre a carta geológica do Estado de São Paulo em 1:50 000, 1., São Paulo. Atas...São Paulo: Pró-Minério, IPT. p. 8-29.
- COMISSÃO GEOGRAPHICA E GEOLÓGICA DO ESTADO DE SÃO PAULO. 1915. **Exploração do Litoral. 1ª secção: cidade de Santos à fronteira do estado do Rio de Janeiro.** São Paulo: Typographia Brazil de Rothshild & Co.
- COUTINHO, J. M. V., 2008. **Dyke swarms of the Paraná Triple Junction, Southern Brazil.** Revista do Instituto de Geociências USP 8(2): 29-52.
- DIAS NETO, C. M. 2001. **Evolução tectono-termal do Complexo Costeiro (Faixa de Dobramentos Ribeira) em São Paulo.** Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, p. 160.
- DIAS NETO, C. M.; CORREIA, C. T.; MUNHÁ, J. M. U.; TASSINARI, C. C. G. 2008. **Litoquímica dos granitóides da estrutura em flor de São Sebastião,**

**São Paulo.** Geologia USP: Série Científica, São Paulo, v. 8, n. 2, p. 101-114.

DIAS NETO C. M., CORREIA C.T., TASSINARI C.C.G., MUNHA J.M.U. 2009. **Os anfibolitos do Complexo Costeiro na região de São Sebastião, SP.** Geol. USP, Sér. Cient., 09: 71-87.

DIAS NETO, C. M.; PALACIOS, T.; MUNHÁ, J. M. U.; TASSINARI, C. C. G.; CORREIA, C. T. 1999. **Magmatismo pré-orogênico no cinturão ribeira (se do brasil): geoquímica dos anfibolitos na região de Boissucanga.** In: Congresso de geoquímica dos países de Língua Portuguesa, 5 / Congresso Brasileiro de Geoquímica, 7., Porto Seguro. Anais. Porto Seguro: SBGQ p. 486-488.

DIAS NETO, C. M.; FONSECA, P. E.; MUNHÁ, J.; EGYDIO SILVA, M.; RIBEIRO, A. 2006. **A estrutura em flor (flower structure) do Complexo Costeiro (Faixa Ribeira) em São Sebastião (São Paulo, Brasil).** Cadernos Laboratório Xeolóxico de Laxe, La Curuña, v. 31, p. 105-125.

EBERT, H. D.; HASUI, Y. 1998. **Transpressional tectonics and strain partitioning during oblique collision between three plates in precambrian of southeast Brazil.** In: Holdsworth, R. E.; Strachan, R. A.; Dewey, J. F. (Ed.). Continental transpressional and transtensional tectonics. London: Geological Society. p. 231-253 (Geological Society Special Publication, 135).

GARCIA, M. G. M. 2012. **Gondwana Geodiversity and Geological Heritage: Examples from the north coast of São Paulo State, Brazil.** Anuário do Instituto de Geociências (Online), v. 35, p. 101-111.

GARCIA, M. G. M.; MARTINS, L.; DEL LAMA, E. A.; BOUROTTE, C. 2014. **O inventário do patrimônio geológico da região costeira do estado de São Paulo: base metodológica, adaptações e considerações.** Trabalho aceito para o 47º Congresso Brasileiro de Geologia, Salvador, 21 a 26 de setembro.

- GARCÍA-CORTÉZ A.; CARCAVILLA URQUÍ L. 2009. **Documento metodológico para la elaboración del inventario español de lugares de interés geológico (IELIG)**. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, version 12, p.61.
- GARDA, G. M. 1995. **Os diques básicos e ultrabásicos da região costeira entre as cidades de São Sebastião e Ubatuba, Estado de São Paulo**. Tese (Doutorado), Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, p. 349.
- GARDA G. M., SCHORSCHER, J. H. D., 1994. **Os diques máficos e ultramáficos da região costeira entre São Sebastião e Ubatuba, São Paulo – SP**. In: Congresso Brasileiro de Geologia, v. 3, p. 62 – 63.
- GARDA G. M., SCHORSCHER, J. H. D., 1996. **Os diques costeiros básicos e ultrabásicos adjacentes ao canal de São Sebastião (Litoral Norte do Estado de São Paulo)**. Revista do Instituto Geológico SP, 17 (1-2): 7 – 31.
- GOMES, L. C. 2012. **Análise da tectônica de colocação de diques cretácicos na região de São Sebastião, SP**. Faculdade de Geologia, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Dissertação (Mestrado), p. 125.
- GONÇALVES, B. D. S. 2013. **Avaliação do valor turístico dos geossítios do Geoparque Terras de Cavaleiros**. Universidade do Minho, Portugal, Dissertação (Mestrado), p. 133.
- GRAY, M. 2004. **Geodiversity: Valuing and conserving abiotic nature**. John Wiley & Sons Ltd., Chichester, England, p. 434.
- GRAY, M. 2005. **Geodiversity and Geoconservation: What, Why, and How?** The George Wright Forum, V.L. Santucci (Ed.), v. 22, Nº 3, p. 4 – 12.
- HASUI, Y., 2010. **A grande colisão pré-cambriana do sudeste brasileiro e a estruturação regional**. Geociências UNESP 29: 141-169.



- HASUI, Y., DANTAS, A.S.L., CARNEIRO, C.D.R., BISTRICHI, C.A., 1981. - . In: Mapa Geológico do Estado de São Paulo. Pró-Minério/IPT, v. 1, p. 12-45.
- HEILBRON, M., MACHADO, N., 2003. **Timing of terrane accretion in the Neoproterozoic-Eopaleozoic Ribeira orogen (SE Brazil)**. Precambrian Research 125: 87-112.
- HEILBRON, M., PEDROSA-SOARES, A.C., CAMPOS NETO, M.C., SILVA, L.C., TROUW, R.A.J., JANASI, V.A., 2004. **Província Mantiqueira**. In: Mantesso-Neto et al. (Org.) – Geologia do Continente Sul-Americano – Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida, p. 203-234.
- HEILBRON, M., VALERIANO, C.M., TASSINARI, C.C.G., ALMEIDA, J.C.H., TUPINAMB, M., SIGA JR., O., TROUW, R.J.A., 2008. **Correlation of Neoproterozoic terranes between the Ribeira Belt, SE Brazil and its African counterpart: comparative tectonic evolution and open questions**. In: Pankhurst, R.J., Trouw, R.A.J., Brito Neves, B.B., De Wit, M.J. (Eds.), West Gondwana Pre-Cenozoic Correlations Across the South Atlantic Region, 294. The Geological Society of London, London, pp. 211–237.
- HIRUMA, S. T., RICCOMINI, C., MODENESI-GAUTTIERI, M. C., HACKSPACHER, P. C., HADLER NETO, J. C., FRANCO-MAGALHÃES, A. O. B., 2010. **Denudation history of the Bocaina Plateau, Serra do Mar, Southeastern Brazil: Relationships with Gondwana breakup and passive margin development**. Gondwana Research 18: p. 674-687.
- HOSE T.A. 1995. **Selling the Story of Britain's Stone**. Environmental Interpretation, 2: 16-17.
- HOSE, T. A. 2000. **E “G ” – geological interpretation and geoconservation promotion for tourists**. In: **Geological Heritage: Its**

**Conservation and Management. Baretino, D., Wimbledon, W. A. P., Gallego, E. (Eds.).** Madrid, Spain, p. 127-146.

IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). **Material Cartográfico e Estatístico.** Disponível em <http://www.ibge.gov.br>

KARNIOL, T. R. 2000. **Análise geométrica e cinemática de um segmento do Complexo Costeiro na região de São Sebastião, SP.** Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, Trabalho de Conclusão de Curso, p. 127.

KODJA, G., GIBRAN, F. Z., LEITE, K. C., MOURA, R. L., FRANCINI-FILHO, R. B. 2012. **Alcatrazes.** Cultura Sub Editora, p. 208.

LAMPARELLI, C. C. 1999. **Mapeamento dos ecossistemas costeiros do Estado de São Paulo.** São Paulo: CETESB: Secretaria do Meio Ambiente. p.108.

LIMA, F. F. 2008. **Proposta Metodológica para a Inventariação do Patrimônio Geológico Brasileiro.** Universidade do Minho, Portugal, Dissertação (Mestrado), p. 103.

MAFFRA, C. Q. T. 2000. **Geologia estrutural do embasamento cristalino na região de São Sebastião, SP: evidências de um domínio transpressivo.** Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Dissertação (Mestrado), p. 113.

MAGALHÃES, J. T. R. 2012. **Petrogênese das rochas máficas alcalinas do litoral entre São Sebastião (SP) e Parati (RJ).** Faculdade de Geologia, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Dissertação (Mestrado), p. 207.

MALO, G. K. M. 2007. **Estudos magnéticos nos diques de São Sebastião, São Paulo (SP).** Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, Trabalho de Conclusão de Curso, p. 40.

- MANSUR, K.L. 2010. **Diretrizes para Geoconservação do Patrimônio Geológico do Estado do Rio de Janeiro. O caso do Domínio Tectônico Cabo Frio.** Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- MANSUR, K.L.; ERTHAL, F. 2003. **Preservação do Patrimônio Natural – Desdobramentos do Projeto Caminhos Geológicos – RJ.** In: Simpósio de Geologia do Sudeste, 8., Águas de São Pedro, SP. Águas de São Pedro, SP: SBG. p.253.
- MANSUR, K. L.; ROCHA, A. J. D.; PEDREIRA, A. J.; SCHOBENHAUS, C.; SALAMUNI, E.; ERTHAL, F. L. C.; PIEKARZ, G. F.; WINGE, M.; NASCIMENTO, M. A. L.; RIBEIRO, R. R. 2013. **Iniciativas Institucionais de valorização do patrimônio geológico no Brasil.** Boletim Paranaense de Geociências, v. 70, p. 2-27.
- MANTESSO-NETO, V.; RUCHKYS, U.; MANSUR, K.; SCHOBENHAUS, C.; NASCIMENTO, M. A. L.; LICCARDO, A.; PIEKARZ, G. 2008. **História e Situação Atual do Movimento Geoturismo-Geoconservação no Brasil.** In: Anais do XLIV Congresso Brasileiro de Geologia. Curitiba/PR – Brasil, p. 397.
- MARQUES, L.S., ERNESTO, M. 2004. **O magmatismo toleítico da Bacia do Paraná, In: Mantesso Neto, V. et al. (Org.). Geologia do continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida.** São Paulo: Beca Produções Culturais, p. 245-263.
- MARTINS, L.; GARCIA, M. G. M.; REVERTE, F.C. 2014. **Geologia do Arquipélago de Alcatrazes, litoral norte do Estado de São Paulo.** Trabalho aceito para o 47º Congresso Brasileiro de Geologia, Salvador, 21 a 26 de setembro.
- MEHNERT, K. R. 1968. **Migmatites and the origin of the granitic rocks.** Elsevier Publishing Company, Amsterdam, p. 394.

- MINIOLI, B. 1971. **Determinações potássio-argônio em rochas localizadas no litoral norte do estado de São Paulo.** Anais da Academia Brasileira de Ciências, v. 43, n. 2, p. 443-448.
- MORA, C. A. S. 2010. **Caracterização das rochas cataclásticas associadas à zona de cisalhamento Camburu-Salesópolis e São Sebastião (SP).** Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, Trabalho de Conclusão de Curso, p. 67.
- MORA, C. A. S.; CAMPANHA, G. A. C.; FALEIROS, F. M. 2011. **Rochas cataclásticas da Zona de Cisalhamento Camburu - São Sebastião (SP).** In: XIII Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos, Campinas. Anais. São Paulo: SBG, 2011. p. 46-49.
- MORA, C. A. S.; CAMPANHA, G. A. C.; WEMMER, K. 2013. **Microstructures and K-Ar illite fine-fraction ages of the cataclastic rocks associated to the Camburu Shear Zone, Ribeira Belt, Southeastern Brazil.** Brazilian Journal of Geology, 43(4): 607-622.
- MOREIRA, J. C. 2008. **Patrimônio Geológico em Unidades de Conservação: atividades interpretativas, educativas e geoturísticas.** Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina. p. 428.
- MOURA, C. A.; MATTOS, J. T.; JIMENEZ-RUEDA, J. R. 2012. **Análise de fraturamentos para determinação de áreas instáveis na faixa de dutos Osvat/Osplan - São Sebastião, em São Paulo.** Revista Brasileira de Geociências, vol. 42, nº 3, p. 585-593.
- NASCIMENTO M., RUCHKYS U. & MANTESSO-NETO V. 2008. **Geodiversidade, geoconservação e geoturismo: trinômio importante para a conservação do patrimônio geológico.** Ed. Sociedade Brasileira de Geologia, p. 82.

- PASSARELLI, C. R., BASEI, M.A.S., CAMPOS NETO, M.C., SIGA JÚNIOR, O., PRAZERES FILHO, H.J., 2001. **Geocronologia e geologia isotópica dos terrenos pré-cambrianos da porção sul-oriental do Estado de São Paulo**. Revista do Instituto de Geociências-USP, 4(1): 55-74.
- PEREIRA, P. J. DA S. 2006. **Património geomorfológico: conceptualização, avaliação e divulgação. Aplicação ao Parque Natural de Montesinho**. Tese de Doutoramento, Universidade do Minho. Braga. p.370.
- PEREIRA, R. F., BRILHA, J., MARTINEZ, J. E. 2008. **Proposta de enquadramento da geoconservação na legislação ambiental brasileira. Memórias e Notícias**. Revista Científica do Departamento de Ciências da Terra e do Museu Mineralógico e Geológico da Universidade de Coimbra. Coimbra, v.3, p. 491-499.
- PEREIRA, R.G.F.A. 2010. **Geoconservação e desenvolvimento sustentável na Chapada Diamantina (Bahia - Brasil)**. Tese de Doutorado, Escola de Ciências da Universidade do Minho (Portugal). p. 318.
- PEIXOTO, C. A. B. 2010. **Geodiversidade do estado de São Paulo**. Organização Carlos Augusto Brasil Peixoto. – São Paulo: CPRM. p. 176 ; 30 cm + 1 DVD-ROM.
- PERROTA, M. M., SALVADOR, E. D., LOPES, R. C., D'AGOSTINHO, L. Z., *et al.* 2005. **Mapa geológico do estado de São Paulo, escala 1:750.000**. Programa levantamentos geológicos básicos do Brasil, CPRM, São Paulo, 2005.
- RICCOMINI, C. 1989. **O Rift Continental do Sudeste do Brasil**. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado, p. 256.
- RICCOMINI, C., SANT'ANNA, L. G., FERRARI, A. L., 2004. **E Rift Continental do Sudeste do Brasil**. In: Mantesso Neto, V., Bartorelli, A., Carneiro, C.D.R., Neves, B.B.B. (Eds.), Geologia do Continente Sul-

Americano: Evolução da Obra de Fernando Álv io Marques de Almeida. Beca, p. 383–405.

RICCOMINI, C., VELHUE, V.F., GOMES, C.B., 2005. **Tectonic controls of the Mesozoic and Cenozoic alkaline magmatism in central-southeastern Brazilian Platform.** In: Gomes, C.B., Comin-Chiaramonti, P. (Eds.), Mesozoic to Cenozoic Alkaline Magmatism in the Brazilian Platform. EDUSP-FAPESP, p. 31–55.

RODRIGUES J. C. de. 2008. **Património Geológico no Parque Natural do Douro Internacional: caracterização, quantificação da relevância e estratégias de valorização dos geossítios.** Universidade do Minho, Portugal, Dissertação (Mestrado), p. 310.

RUCHKYS, U. A. 2007. **Patrimônio Geológico e Geoconservação no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais: potencial para a criação de um geoparque da UNESCO.** Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. p. 211.

SANTOS, A. R. 2004. **A Grande Barreira da Serra do Mar: da Trilha dos Tupiniquins à Rodovia dos Imigrantes.** São Paulo: O Nome da Rosa, p. 128.

SANTOS, C. G. R. 2011. **Programa de Gestão do Patrimônio Arqueológico de São Sebastião – SP.** Museu de Arqueologia e Etonologia – MAE/USP. São Paulo, Dissertação (Mestrado), p. 131.

SANTOS, I. P. L. 2010. **Geossítios na região de Nordestina, Bahia: Uma alternativa para o geoturismo e para o desenvolvimento sustentável.** Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Bahia, Monografia, p. 136.

SAWYER, E. W. 2008. **Atlas of Migmatites.** Special Publications of The Canadian Mineralogist, Vol. 9, p. 371.

- SCHMITT, R.S.; MANSUR, K.L. 2001. **Os Caminhos Geológicos do Estado do Rio de Janeiro a experiência de Armação dos Búzios**. In: Simpósio de Geologia do Sudeste, 7., Rio de Janeiro. Boletim de Resumos. Rio de Janeiro: SBG. p.205.
- SCHMITT, R.S., TROUW, R. A. J., VAN SCHMUS, W.R., PIMENTEL, M.M., 2004. **Late amalgamation in the central part of Western Gondwana: new geochronological data and the characterization of a Cambrian collision orogeny in the Ribeira Belt (SE Brazil)**. Precambrian Research 133: 29–61.
- SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D.A.; QUEIROZ, E.T.; WINGE, M; BERBERT-BORN, M.L.C. 2002. **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. Brasília: DNPM/CPRM - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), p.554.
- SECRETARIA DA CULTURA. GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Definição de Tombamento Histórico**. Disponível em <http://www.cultura.sp.gov.br>
- SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE. 2005. **Litoral Norte**. Coordenadoria de Planejamento Ambiental Estratégico e Educação Ambiental, São Paulo: SMA/CPLEA, p. 111.
- SHARPLES, C. 1993. **A methodology for the identification of significant landforms and geological sites for geoconservation purposes**. Forestry Commission, Tasmania.
- SHARPLES, C. 2002. **Concepts and Principles of Geoconservation**. Disponível em **Tasmanian Parks & Wildlife**. Service, Australia, [http://www.dpiw.tas.gov.au/inter.nsf/Attachments/SJON57W3YM/\\$FILE/geoconservation.pdf](http://www.dpiw.tas.gov.au/inter.nsf/Attachments/SJON57W3YM/$FILE/geoconservation.pdf)



- SILVA, C. R. da. 2008. **Geodiversidade do Brasil: conhecer o passado para entender o presente e prever o futuro**. Rio de Janeiro, CPRM, p. 264.
- SOBREIRO NETO, A. F.; PAIVA FILHO, A.; MORTARI, J. L.; BITAR, O. Y. 1983. **Geologia da Folha São Luiz do Paraitinga (SP)**. In: JORNADA SOBRE A CARTA GEOLÓGICA DO ESTADO DE SÃO PAULO EM 1:50.000, 1., São Paulo. Atas. São Paulo: Pro-Minério/IPT. p. 31-52.
- STANLEY, M. 2001. **Welcome to the 21st century**. Geodiversity, Update, 1, p. 1-8.
- STANLEY, M. 2004. **Geodiversity – linking people, landscapes and their culture**. In: Natural and Cultural Landscapes – The Geological Foundation, M. A. Parks (Ed.). Royal Irish Academy, Dublin, Ireland, 47 - 52.
- TASSINARI, C. C. G. 1988. **As idades das rochas e dos eventos metamórficos da porção sudeste do Estado de São Paulo e sua evolução crustal**. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado, p. 236.
- TUPINAMBÁ, M., HEILBRON, M., DUARTE, B. P., NOGUEIRA, J. R., VALLADARES, C., ALMEIDA, J., EIRADO SILVA, L. G., MEDEIROS, S. R., ALMEIDA, C. G., MIRANDA, A., RAGATKY, C. D., MENDES, J., LUDKA, I., 2007. **Geologia da Faixa Ribeira Setentrional: estado da arte e conexões com a Faixa Araçuaí**. Geonomos 15(1): 67-79.
- TUPINAMBÁ, M., HEILBRON, M., VALERIANO, C., PORTO JÚNIOR, R., BLANCO DE DIOS, F., MACHADO, N., EIRADO SILVA, L.G., ALMEIDA, J.C.H., 2012. **Juvenile contribution of the Neoproterozoic Rio Negro Magmatic Arc (Ribeira Belt, Brazil): Implications for Western Gondwana Amalgamation**. Gondwana Research 21: 422-438.
- UCEDA, A. C. 1996. El **Patrimonio Geológico: ideas para su protección, conservación y utilización**. In: MOPTMA - MIN. OBR. PÚBL. TRANP.

MED. AMB. El patrimonio geológico. Bases para su valoración, protección, conservación y utilización. Madrid. p. 17-27.

UCEDA, A. C. 2000. **Patrimonio geológico; diagnóstico, clasificación y valoración.** In: Jornadas sobre Património Geológico y Desarrollo Sostenible, J.P. Suárez-Valgrande (Coord.), Soria, 22–24 Septiembre 1999, Serie Monografías, Ministerio de Medio Ambiente, España, pp.23–37.

UNESCO. 1987. **A Chronology of UNESCO: 1947-1987.** Paris, December 1987.  
<http://unesdoc.unesco.org/images/0007/000790/079049eb.pdf>

UNESCO. 1999. **UNESCO Network of Geoparks,** Paris.

VELÁZQUEZ, V. F.; SOBRINHO, J. M. A.; PLETSCH, M. A. J. S.; GUEDES, A. C. M.; ZOBEL, G. 2013. **Geotourism in the Salesópolis-Caraguatatuba Trail, São Paulo, Brazil: A Possibility to Utilize Geological Elements for Sustainable Development.** Journal of Environmental Protection, Vol.4, nº10, p. 1044-1053.

WIMBLEDON, W. A. P. 1996. **Geosites - A new conservation initiative.** Episodes, 19 (3), 87-88.