

O PATRIMÔNIO GEOLÓGICO DE SÃO SEBASTIÃO – SP: INVENTÁRIO E USO POTENCIAL DE GEOSSÍTIOS COM VALOR CIENTÍFICO

Fernanda Coyado REVERTE¹ & Maria da Glória Motta GARCIA¹

(1) Programa de Pós Graduação em Mineralogia e Petrologia. Linha de pesquisa em Patrimônio Geológico Natural e Construído e Geoconservação. Núcleo de Apoio à Pesquisa em Patrimônio Geológico e Geoturismo (GeoHereditas), Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, São Paulo – SP, Brasil. Rua do Lago, 562, Cidade Universitária, Butantã, São Paulo - SP. CEP: 05508-080. Endereços eletrônicos: fernanda.reverte@usp.br; mgmgarcia@usp.br.

- Introdução
- Caracterização da área
- Geologia
- Descrição dos geossítios
 - Fase de Amalgamação e Colisão Continental
 - Feições de injeção de Juquehy
 - Gnaisses de Boiçucanga
 - Tectônica de baixo ângulo do CEBIMar
 - Tectônica transcorrente
 - Feições de deformação da Jureia/Engenho
 - Ilhote de Camburizinho
 - Milonitos da Zona de Cisalhamento Camburu
 - Magmatismo Granítico
 - Arquipélago de Alcatrazes
 - Fase de fragmentação do Gondwana
 - Sistema de diques da Ponta do Araçá
 - Eventos pós-fragmentação do Gondwana
 - Mirante da trilha da Praia Brava
- Valorização do patrimônio geológico de São Sebastião
- Conclusões
- Referências

RESUMO - O município de São Sebastião, localizado no litoral norte do estado de São Paulo, é caracterizado pela ocorrência de uma grande diversidade de áreas de interesse geológico. A valorização 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. Como etapa inicial de futuras estratégias de geoconservação foi realizado o inventário do patrimônio geológico da região a partir de um contexto geológico definido, cujo principal aspecto de caráter geocientífico considerado para exemplificar a geodiversidade local relaciona-se à amalgamação, evolução e fragmentação do Supercontinente Gondwana. O inventário teve como principal critério de seleção o valor científico dos geossítios, escolhidos como pontos-chaves para demonstrar processos geológicos relevantes de modo a facilitar o entendimento da história evolutiva da região. O presente trabalho pretende, portanto, definir estas áreas de maior relevância por meio da caracterização dos geossítios inventariados e apresentação de possíveis propostas para valorização, divulgação e gestão deste patrimônio, com o intuito de protegê-lo às futuras gerações.

Palavras-chave: Inventário científico, Patrimônio Geológico, São Sebastião.

ABSTRACT - The city of São Sebastião, located on the northern coast of the State of São Paulo, Brazil, is characterized by the occurrence of a wide range of areas of geological interest. The valorization of these areas is extremely important, as it provides subsidies for the creation of mechanisms aimed at geoconservation, as well as contributes to sustainable development of the region through geological-based tourism. In an initial phase in a future geoconservation strategy, the inventory of geological heritage of the region was carried out. The inventory was based on a defined geological context, whose main aspect of geoscientific character used to exemplify the local geodiversity is related to the amalgamation, evolution and fragmentation of Gondwana Supercontinent. The main selection criteria was the scientific value of geosites, which were chosen as key points to demonstrate relevant geological processes in order to facilitate the understanding of the evolutionary history of the region. This study aims then to define these areas of greatest relevance through a characterization of the inventoried geosites and to present possible proposals for evaluation, dissemination and management of this heritage in order to protect it for future generations.

Keywords: Scientific inventory, Geological Heritage, São Sebastião

INTRODUÇÃO

As questões relacionadas ao patrimônio geológico, geodiversidade e geoconservação surgiram no final do século XX associadas principalmente à preservação da natureza. Desde então, houve uma crescente sensibilização da comunidade geológica em torno da conservação tanto da natureza como

do patrimônio geológico, para que as futuras gerações tenham acesso aos registros que contemplam a história geológica do planeta Terra.

O Brasil tem apresentado um quadro crescente de pesquisas ligadas à gestão e à conservação do patrimônio natural. No entanto,

muitas das áreas que deveriam ser conservadas por se constituírem em importantes testemunhos dos eventos que marcaram a evolução geológica da Terra, não possuem informações acerca dos processos que as originaram e nem dos materiais dos quais são formadas.

Neste contexto, o inventário do patrimônio geológico mostra-se um importante instrumento no processo de avaliação de geossítios, ao caracterizar e selecionar os elementos representativos da geodiversidade que necessitam de proteção, além de delinear medidas cabíveis à sua preservação. Além disso, ele contribui com o aumento do interesse da opinião pública acerca das medidas necessárias à geoconservação e pode ser utilizado para auxiliar no ordenamento territorial, aperfeiçoar a gestão dos recursos geológicos e das paisagens naturais e possibilitar uso sustentável destes recursos.

No Brasil, os esforços associados ao inventário do patrimônio geológico se iniciaram na década de 1990 com a criação, em março de 1997, da Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleontológicos (SIGEP), com o intuito de identificar sítios de interesse geológico em todo território nacional de modo a promover ações preservacionistas e conservacionistas (Schobbenhaus *et al.*, 2002). Além da SIGEP, outras iniciativas se destacam na conservação do patrimônio geológico nacional, como o Conselho Estadual de Monumentos Geológicos do Estado de São Paulo, criado em outubro de 2009 pela Secretaria de Estado do Meio Ambiente por meio do Instituto Geológico do Estado de São Paulo e o Projeto Caminhos Geológicos, implementado em 2001 pelo Departamento de Recursos Minerais do Rio de Janeiro (DRM-RJ). Além disso, o Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, em parceria com a Universidade do Minho, o Serviço Geológico do Brasil (CPRM) e o Instituto Geológico (IG/SMA/SP) vêm desenvolvendo, desde 2012, o Inventário do Patrimônio Geológico do estado de São Paulo.

Com o objetivo de contribuir com o registro, o conhecimento, a conservação e a divulgação do patrimônio geológico do município de São Sebastião, litoral norte do estado de São Paulo, foi realizado o inventário científico dos sítios de interesse geológico da região (Reverte, 2014). A seleção destes sítios foi realizada a partir de um contexto geológico definido, denominado *framework*, cujo principal aspecto 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 observada atualmente 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.

Os métodos utilizados por Reverte (2014) no inventário foram adaptados da metodologia sugerida por Brilha (2005), baseada na escolha dos geossítios por meio do levantamento bibliográfico da região, trabalhos de campo e, por fim, da integração dos dados obtidos. O trabalho acarretou na seleção de nove geossítios que, juntos, contam a história geológica local: seis afloramentos em costões rochosos, um afloramento em trilha ecoturística na Mata Atlântica, um arquipélago distante do continente cerca de 36 km e um mirante com interesse geomorfológico.

O presente trabalho faz parte de um projeto maior que tem como objetivo o inventário do patrimônio geológico da região costeira do estado de São Paulo (Garcia, 2012; Garcia *et al.*, 2014). Pretende-se, com isso, impulsionar as ações voltadas à geoconservação do patrimônio geológico da área e fornecer subsídios para a gestão territorial do município, valorizando e protegendo a geodiversidade local para as futuras gerações. Com base nesta pesquisa, será possível também promover o geoturismo como ferramenta para estimular o desenvolvimento sustentável da região.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

Situado entre os paralelos 23°30' e 24°00' S e meridianos 45°15' e 46°15' W e distando

cerca de 200 km da capital paulistana, o município de São Sebastião localiza-se no

litoral norte paulista, região sudeste do estado de São Paulo (Figura 1). Faz divisa com o Oceano Atlântico e Ilhabela, a leste e com os municípios de Bertioga, Caraguatatuba e Salesópolis, a sul, norte e noroeste, respectivamente. Separa-se de Ilhabela pelo canal marinho de São Sebastião, cuja gênese

envolve tectônica e variações do nível do mar no Quaternário (Ab'Saber, 2006). Segundo o censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), o município possui extensão territorial de aproximadamente 400 km² e cerca de 74 mil habitantes.

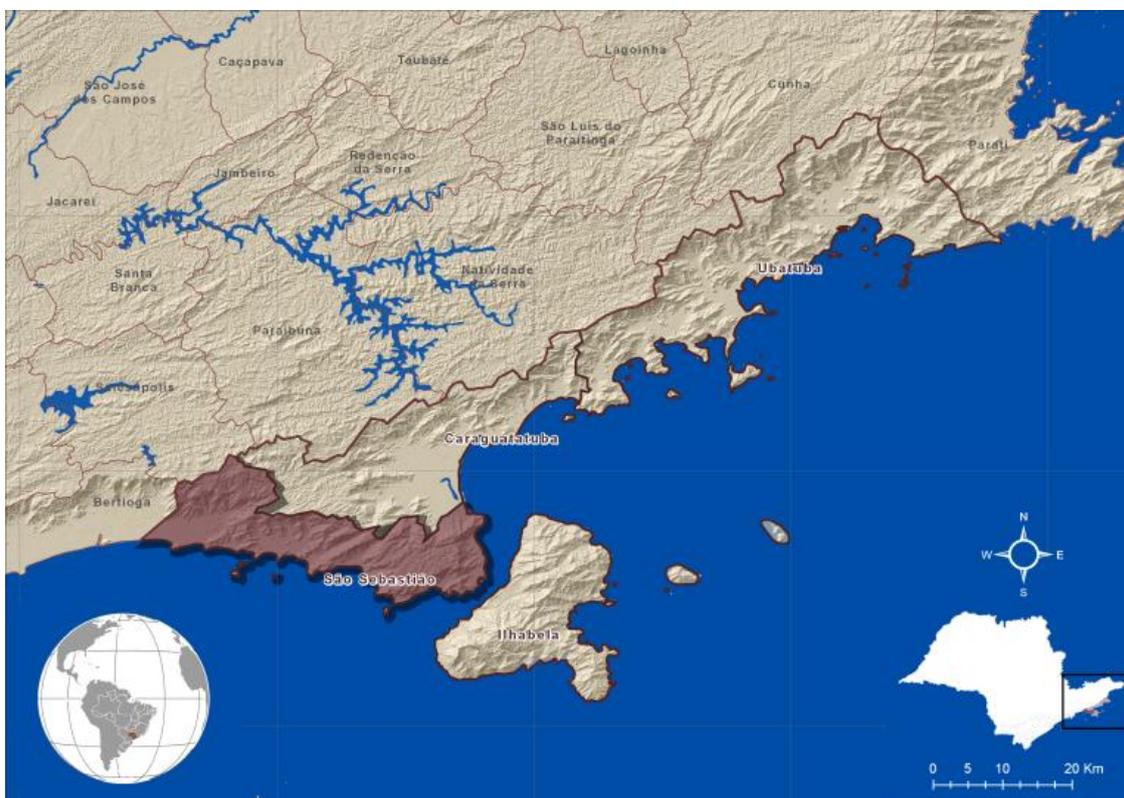


Figura 1. Localização do município de São Sebastião

A paisagem natural de São Sebastião é fortemente marcada pela presença da Mata Atlântica e da Serra do Mar em toda sua extensão, o que confere à região uma rica rede hídrica e fauna abundante inseridas à referida vegetação, que na região encontra-se muito bem preservada. Em virtude da proximidade dos maciços da Serra do Mar, as praias do município mostram-se recortadas, apresentando inúmeros costões rochosos e diversas ilhas, que atraem muitos turistas na busca de atividades esportivas, descanso e lazer.

Em termos históricos, as características geográficas da região favoreceram a organização de diversas comunidades, cujos

primeiros vestígios, datados de 2.500 anos aproximadamente, referem-se aos chamados "povos sambaquis". Além disso, inúmeras construções do período colonial registram a ocupação dos europeus desde o século XVI e representam o patrimônio histórico do município que pode ser observado tanto nos vestígios arqueológicos, como nos monumentos arquitetônicos presentes no centro histórico de São Sebastião, tombados pelo Condephaat. Este contexto, que abrange os aspectos arqueológicos, históricos e culturais, é significativo e agrega valor à geodiversidade local.

GEOLOGIA

A região do litoral norte paulista está inserida na Faixa Ribeira, um dos orógenos que compõem a Província Mantiqueira que, por sua

vez, se estende ao longo da costa brasileira por mais de 3.000 km com direção NE-SW, entre

Montevideu e o sul da Bahia (Almeida *et al.*, 1977; Heilbron *et al.*, 2004).

O Orógeno Ribeira (Heilbron *et al.*, 2004) pertence a um sistema formado por um conjunto de terrenos que incluem rochas do embasamento arqueano-paleoproterozoico e coberturas metassedimentares mesoproterozoicas e neoproterozoicas. Sua origem está relacionada ao fechamento do oceano Adamastor, entre 650-510 Ma, decorrente da colisão entre os crátons São Francisco e Congo Ocidental durante a amalgamação do Supercontinente Gondwana (Schmitt *et al.*, 2004; Heilbron *et al.*, 2008; Tupinambá *et al.*, 2012). Zonas de cisalhamento transcorrentes de direção NE-SW, associadas à colisão brasileira-pan-africana, são marcantes.

A unidade geológica que ocorre na região é denominada Domínio Costeiro (Heilbron &

Machado, 2003) ou Terreno Serra do Mar, limitado a noroeste pela Zona de Cisalhamento Cubatão e estendendo-se até a zona costeira, incluindo as ilhas (Figura 2).

As rochas presentes são ortognaisses com filiação de arco magmático, gnaisses metapelíticos parcialmente migmatizados, incluindo anfibolitos interpretados como paleodiques, além de inúmeros corpos de composição granítica *sin a tardi*-colisionais (Campanha & Ens, 1996; Dias Neto *et al.*, 2009; Tupinambá *et al.*, 2012). Maffra (2000) definiu as seguintes unidades de mapeamento: Granito Pico do Papagaio, Augen Gnaiss Juquehy, Complexo gnáissico migmatítico e Granito Guaecá. A área em estudo é cortada de oeste para leste pelas zonas de cisalhamento Bairro do Alto e Camburu, além do Sistema de Cavalcamento São Sebastião, respectivamente (Maffra, 2000; Moura *et al.*, 2012).

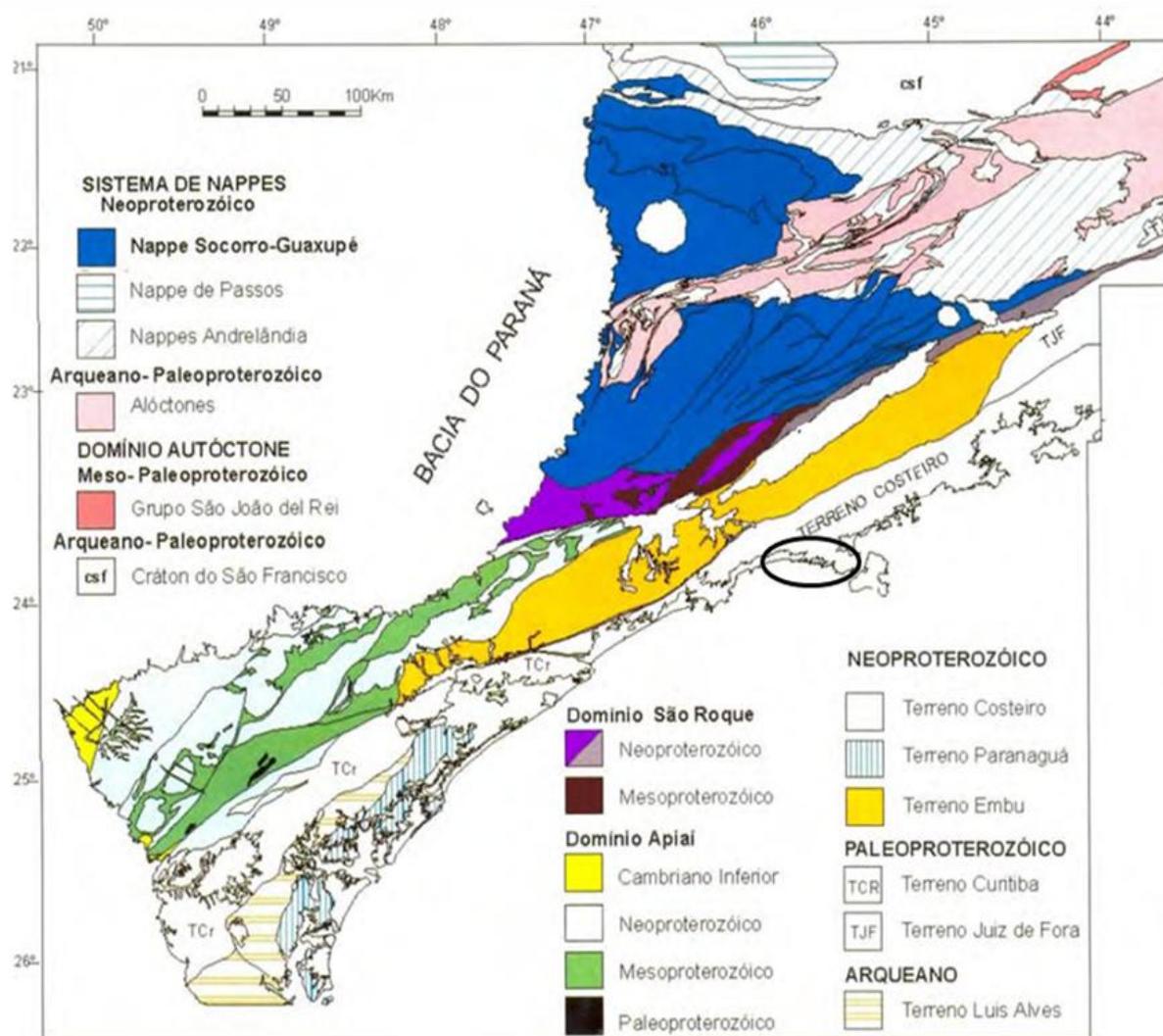


Figura 2. Mapa Tectônico dos terrenos Apiaí, Guaxupé, Curitiba, Embu e Luis Alves. Área de estudo delimitada pelo círculo em destaque (Adaptado Heilbron *et al.*, 2004).

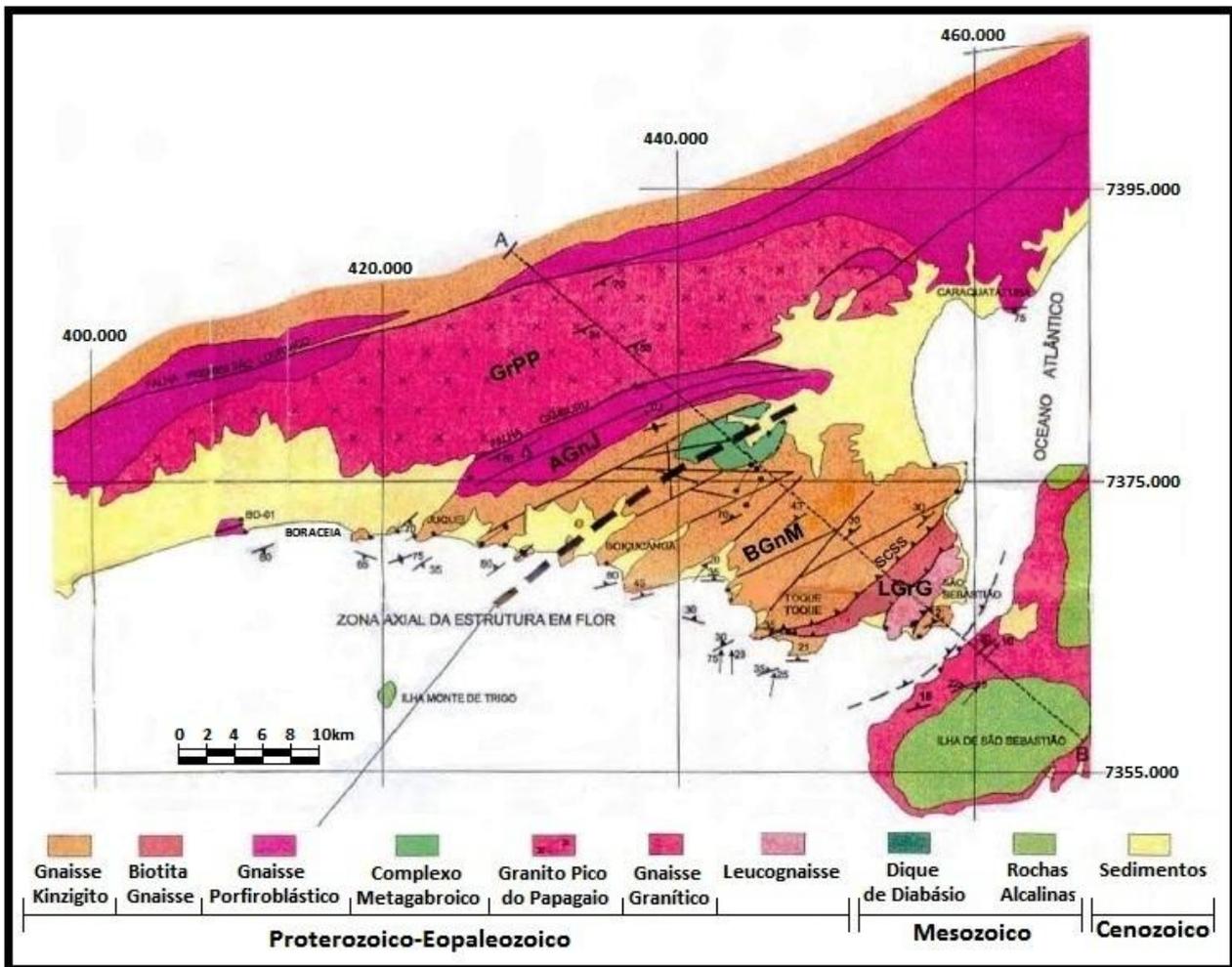


Figura 3. Mapa geológico da região de São Sebastião - SP.

GrPP: Granito Pico do Papagaio; AGnJ: Augen Gnaiss Juquehy; BGnM: Biotita gnaiss migmatítico; LGrG: Leucogranito Guaecá; SCSS: Sistema de Cavalgamentos São Sebastião. (Adaptado de Dias Neto, 2001).

DESCRIÇÃO DOS GEOSSÍTIOS

O critério de seleção utilizado no inventário do patrimônio geológico de São Sebastião foi o valor científico, que serviu de base para catalogar os geossítios que melhor representassem os diferentes eventos na história geológica da região. Sendo assim, os registros relacionados ao espessamento crustal e à colisão continental, durante a amalgamação do Gondwana, estão representados pelos geossítios Feições de Injeção de Juquehy, Gnaisses de Boiçucanga e Tectônica de baixo ângulo do CEBIMar. A tectônica transcorrente associada à colisão está registrada em feições que ocorrem nos geossítios Feições de deformação da Jureia/Engenho, Ilhote de Camburizinho e Milonitos da Zona de Cisalhamento Camburu. O magmatismo granítico está documentado principalmente pelo Geossítio Arquipélago de

Alcatrazes e a fase de fragmentação do supercontinente pelo Geossítio Sistema de Diques da Ponta do Araçá. Finalmente, registros dos eventos pós-fragmentação podem ser observados no Geossítio Mirante da Trilha da Praia Brava (Figura 4).

Fase de Amalgamação e Colisão Continental *Feições de injeção de Juquehy*

Localizado no costão direito da praia de Juquehy, este geossítio se estende por cerca de cem metros e apresenta dois conjuntos litológicos principais: rochas félsicas (paragnaisses de composição granítica) e anfibolíticas (metagabros). Segundo Perrota *et al.* (2005) o local se enquadra na Unidade granito-gnáissica migmatítica.



Figura 4. Mapa de localização dos geossítios em São Sebastião.

Como feições representativas estão, na porção mais próxima à praia, abundantes núcleos anfibolíticos com injeções pegmatíticas, que se mostram frequentemente deformadas e registram as correlações temporais entre os litotipos (Figura 5A). Evidências de processos de migmatização ocorrem localmente (Figura 5B). Seguindo pelo costão em direção ao mar predomina o augen gnaiss Juquehy (Maffra, 2000) (Figura 5C). Um dique com espessura de cerca de 70 cm e de direção N94E mergulhando 45° para SE corta todo o conjunto (Figura 5D).

O valor científico é justificado pela *Integridade*, visto que os processos e feições são facilmente observáveis na área; pela *Raridade*, pois é o único local no município onde estas feições estão expostas; pela *Representatividade*, porque registra processos em grande profundidade, de espessamento crustal; e pelo *Conhecimento científico*, pois é foco de publicações (teses e artigos nacionais, tais como Tassinari, 1988; Maffra, 2000; Dias Neto *et al.*, 2009) com dados geoquímicos, estruturais e geocronológicos.

O geossítio apresenta ainda interesse didático, visto que 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 e os processos de migmatização que ali encontram-se registrados, e valor turístico, pois o local se encontra em uma das praias mais visitadas do município de São Sebastião. Apresenta baixa vulnerabilidade às atividades antrópicas e processos naturais.

Gnaisses de Boiçucanga

Localizado na porção direita da praia de Boiçucanga, este geossítio consiste num extenso afloramento rochoso constituído por paragneisse bandado com granada e biotita. Enquadra-se na unidade dos gnaisses peraluminosos (Perrota *et al.*, 2005). Apresenta corpos anfibolíticos de dimensões métricas, a grande maioria boudinada na direção NE-SW, concordante com a foliação da rocha (Figura 6A). Localmente observam-se vestígios de dobramentos anteriores aos processos de deformação responsáveis pela formação dos boudins, tanto na foliação principal da rocha como também nos *boudins*, onde são mais evidentes (Dias Neto *et al.*, 1999) (Figura 6B e 6C). Com base na proximidade das idades U-Pb obtidas para o pico metamórfico (571 Ma) e as

intrusões máficas (580 Ma), Dias Neto *et al.* (2009) sugere um ambiente de bacia de retroarco, associada à convergência que gerou o Supercontinente Gondwana. Cristais 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 6D).

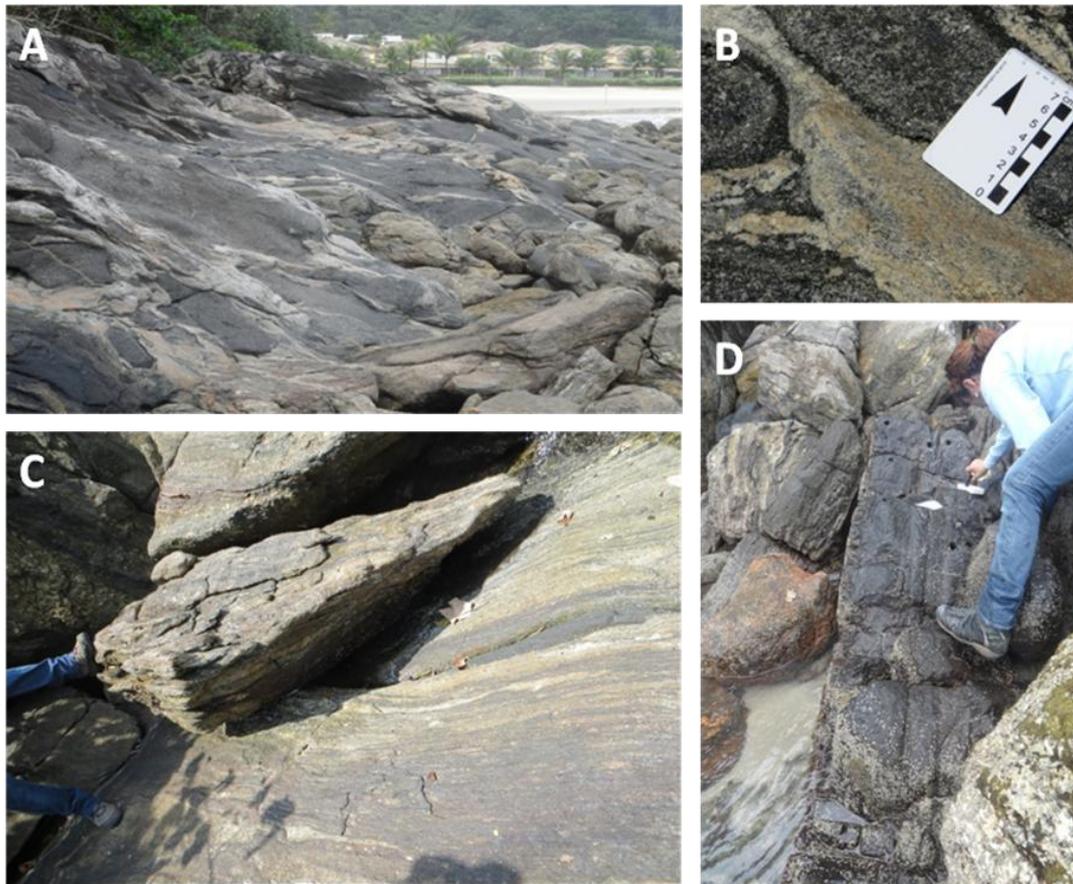


Figura 5. A) Vista geral do geossítio, de onde é possível observar as injeções pegmatíticas nos anfibolitos; B) Feições de migmatização; C) *Augen* gnaiss Juquehy finamente bandado; D) Dique.

O valor científico é justificado em sua *Integridade*, pois os processos e feições são facilmente observáveis na área; pela *Raridade*, pois não são conhecidos outros sítios com as mesmas associações; pela *Representatividade*, visto que registra elementos importantes relacionados à amalgamação do Gondwana, tais como metamorfismo regional, intrusões básicas e deformação; e *Conhecimento científico*, pois existem muitas publicações (teses e artigos nacionais, tais como Tassinari, 1988; Dias Neto *et al.*, 2009) com dados geoquímicos, estruturais e geocronológicos.

O geossítio apresenta ainda interesse didático, 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*. Possui também interesse turístico, visto que 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.

Tectônica de baixo ângulo do CEBIMar

Localizado na praia do Segredo, sede do Centro de Biologia Marinha da Universidade de São Paulo (CEBIMar), este geossítio consiste num grande afloramento, com aproximadamente cem metros de extensão, somado ao pequeno ilhote em frente ao costão. O afloramento é predominantemente formado por gnaisses metapelíticos com biotita, granada e silimanita e se enquadra na unidade dos

gnaisse bandados (Perrota *et al.*, 2005). Caracteriza-se, principalmente, por uma foliação de baixo ângulo (Figura 7A), fraturamentos (Figura 7B) e boudinagem, tanto em corpos anfibolíticos, como também em cálcio-silicáticos (Figura 7C e 7D). Lineações

de estiramento de médio a baixo ângulo, com caimentos para SW e NE, sugerem a predominância de cisalhamento direcional esquerdo, de baixo ângulo, com pequeno componente de cavalgamento oblíquo em ambiente transpressional (Dias Neto, 2001).



Figura 6. A e B) Corpos anfibolíticos que ocorrem intercalados ao gnaiss paraderivado bandado de direção NE-SW, interpretados como antigos diques ou *sills* basálticos (material paralelizado em “A” e dobrado em “B”); C) Deformação de material félsico no interior do *boudin*; D) Detalhe da granada bem desenvolvida.

O valor científico do geossítio se justifica em sua *Integridade*, visto que os processos e feições são facilmente observáveis na área; pela *Representatividade*, pois registra a tectônica de baixo ângulo relacionada aos eventos colisionais que culminaram na formação do Supercontinente Gondwana; e *Conhecimento científico*, em virtude das inúmeras publicações (teses e artigos nacionais, tais como Campanha & Ens, 1996; Dias Neto, 2001) com dados geoquímicos, estruturais e geocronológicos que ele possui.

O geossítio apresenta ainda interesse didático, promovido pelo CEBIMar ao realizar projetos ligados à Educação Ambiental por meio de visitas monitoradas à praia, tanques, aquários com organismos marinhos e costões. Neste contexto, o estudo e a divulgação das geociências seriam potencializados quando acrescidos aos trabalhos e projetos realizados há anos pelo referido Centro, o que aumenta os

valores turísticos e científicos inerentes ao geossítio. A área está muito bem preservada e não se encontra vulnerável às atividades antrópicas.

Tectônica transcorrente

Feições de deformação da Jureia/Engenho

Localizado entre as praias da Jureia e do Engenho, este geossítio tem cerca de cem metros de extensão e se enquadra na unidade granito-gnáissica migmatítica (Perrota *et al.*, 2005). A rocha é um granito porfirítico composto por cristais de feldspato potássico imersos em uma matriz mais fina, apresentando uma foliação milonítica por vezes bem desenvolvida, associada à Zona de Cisalhamento Camburu (Figura 8B). Orientados ao longo desta foliação ocorrem *boudins* anfibolíticos, cujos tamanhos variam entre 50 cm e 1 metro de comprimento (Figura 8A e 8C). Um dique de orientação N50E

mergulhando 45° para NE também ocorre (Figura 8D).

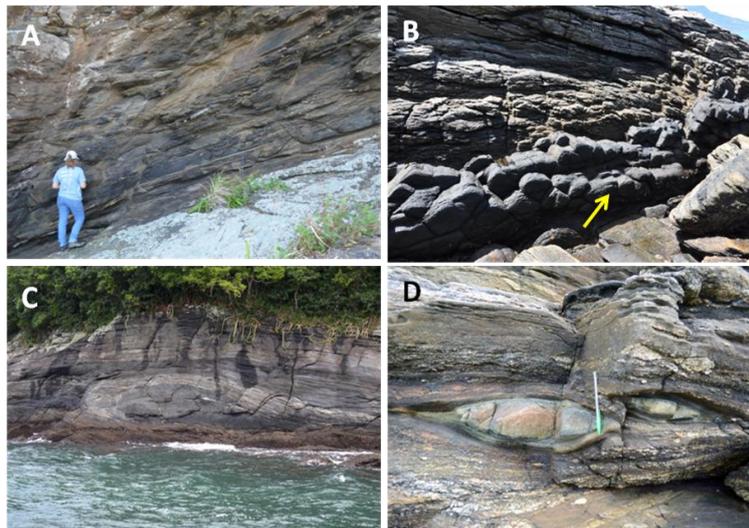


Figura 7. A) Foliação de baixo ângulo com mergulho de 12° para NW; B) Fraturamento em duas direções preferenciais: NE, predominante (mesma do dique indicado na seta) e NW; C) *Boudin* métrico de rocha anfibolítica com eixo de estiramento maior concordante com a foliação; D) Corpos cálcio-silicáticos boudinados.

O valor científico do geossítio se justifica principalmente em sua *Integridade*, visto que os processos e feições são facilmente observáveis na área; pela *Representatividade*, visto que registra a continuação da Zona de Cisalhamento Camburu em direção a leste; pela *Raridade*, pois se constitui no registro mais oriental desta estrutura.

O geossítio possui interesse didático, pois se configura num excelente local para exemplificar diversos processos, tais como a formação da Serra do Mar, conceitos correlatos à tectônica de placas e correlações geocronológicas, e valor turístico, por ser um local frequentado durante o ano todo. Apresenta ainda baixa vulnerabilidade às atividades antrópicas e processos naturais.

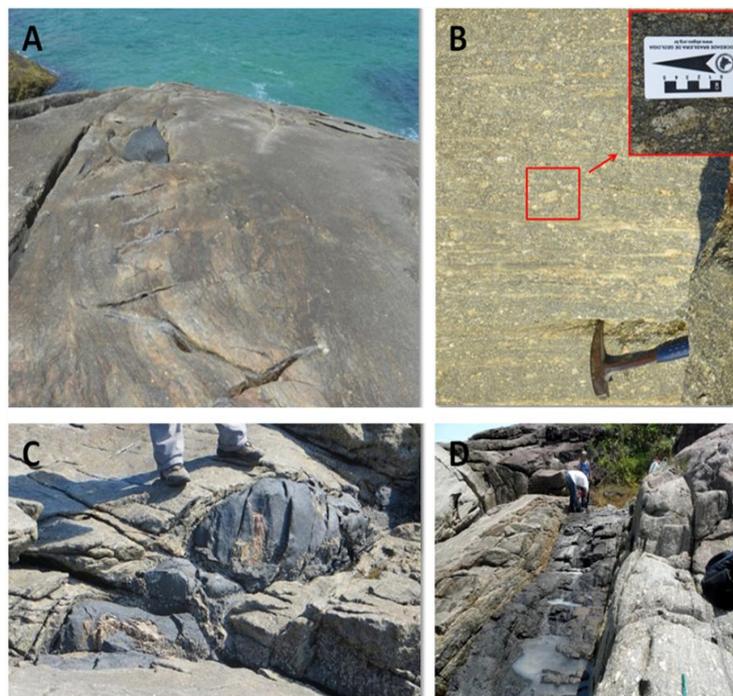


Figura 8. A) Fraturas *en echelon* em padrão escalonado compatíveis com movimentação destal. Detalhe de *boudin* orientado na mesma direção da foliação; B) Foliação milonítica bem desenvolvida associada à Zona de Cisalhamento Camburu. No detalhe porfiroclasto de feldspato assimétrico com indicação de movimento destal; C) *Boudins* métricos; D) Dique.

Geossítio Ilhote de Camburizinho

Este geossítio, localizado no limite entre as praias de Cambury e Camburizinho, consiste num ilhote com cerca de cento e cinquenta metros de afloramento constituído predominantemente por biotita monzogranito em excelente exposição, se enquadrando na unidade dos gnaisses peraluminosos (Perrota *et al.*, 2005).

Este extenso afloramento apresenta estruturas que registram eventos distintos dentro da história geológica da região, ilustrados na escala de tempo geológico (Figura 9A). Devido às dimensões e variedade de processos registrados 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 (Figura 9B):

1) Gnaise granítico com granada e biotita dobrado. Deformação associada aos eventos de colisão continental, anteriores à foliação geral da rocha, de direção NE (Figura 9C).

2) Corpos anfíbolíticos de dimensões variadas (centimétricos a métricos) que ocorrem como *boudins* orientados na direção da foliação regional, de direção NE-SW e mergulhos médios a altos (Figura 9D). Localmente exibem uma foliação interna dobrada, registrando uma deformação anterior, possivelmente contemporânea àquela observada na porção “1”. A observação em três dimensões destas feições é característica marcante do geossítio.

3) Dique de diabásio de direção N40E, representativa do evento de fragmentação do supercontinente.

4) Tômbolo que liga o ilhote ao continente, que corresponde à deposição sedimentar durante o Quaternário.

Seu valor científico justifica-se em sua *Integridade*, visto que os processos e feições são facilmente observáveis na área; pela *Representatividade*, pois registra eventos geológicos associados a eventos distintos e; pela *Raridade*, pois é o único costão em que aparecem tais elementos juntos. Com relação ao conhecimento científico, o geossítio encontra-se contemplado apenas em mapeamentos regionais, necessitando de estudos mais detalhados.

O ilhote possui potencial didático 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 práticas, em especial para geologia estrutural, visto que as estruturas e feições, como foliação, deformação, variação textural, dentre outros, são facilmente observadas no local. 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. 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.

Milonitos da Zona de Cisalhamento Camburu

Este geossítio, localizado ao longo da trilha Sítio do Jatobá, em São Sebastião, consiste num afloramento de gnaise milonítico associado à Zona de Cisalhamento Camburu, de caráter transcorrente dextral e orientação predominantemente NE-SW, relacionada à evolução da Faixa Ribeira e reativada durante o início do Período Cretáceo (Salazar Mora *et al.*, 2013). Esta zona representa o contato entre o Granito Pico do Papagaio, a NW, e o Augen Gnaise Juquehy, a SE (Maffra, 2000; Salazar Mora *et al.*, 2013). Segundo Perrota *et al.* (2005), a região se enquadra na unidade granito-gnáissica migmatítica, confirmando o que se observa no local: um granito gnaise porfirítico, com foliação milonítica de direção NW mergulhando para NE, associado à atuação da Zona de Cisalhamento Camburu (Figura 10 A, 10B e 10C).

Seu valor científico se justifica em sua *Integridade*, pois os processos e feições são facilmente observáveis na área; *Representatividade*, pois permite traçar a zona de cisalhamento; e pelo *Conhecimento científico*, pois existem muitas publicações (teses e artigos nacionais, tais como Maffra,

2000; Salazar Mora *et al.*, 2013) com dados geoquímicos, estruturais e geocronológicos.

O geossítio apresenta ainda interesse didático, visto que se encontra em uma zona de

cisalhamento registrando processos geológicos significativos, e valor turístico, pois a área está inserida em uma trilha imersa à Mata Atlântica.

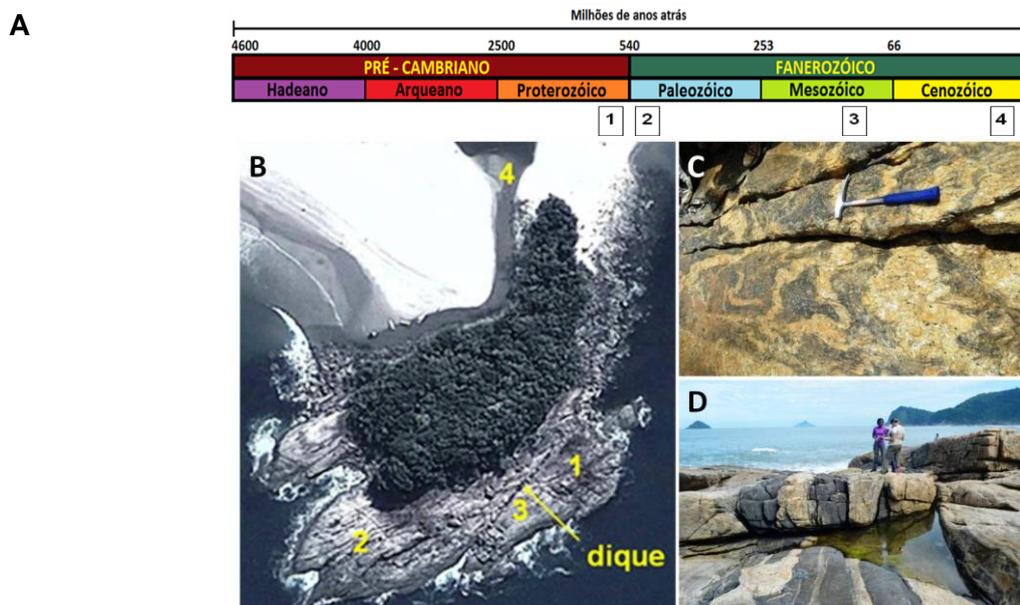


Figura 9. A) Correlação dos eventos geológicos registrados no geossítio numerados na escala geológica; B) Imagem do ilhote (Fonte: Google Earth). Notar o tómbolo e o rio Camburi, que separa as praias de Camburizinho e Cambury; C) Dobras relacionadas à deformação dúctil; D) *Boudins* métricos concordantes com a foliação.



Figura 10. A) Localização do Geossítio com indicação da Zona de Cisalhamento Camburu (Fonte: Google Earth); B) Afloramento do granito gnaíse milonítico; C) Amostra milonítica retirada do local.

Magmatismo Granítico Arquipélago de Alcatrazes

O geossítio, situado a aproximadamente 36 km do continente, é formado por cinco ilhas, quatro ilhotes, cinco lajes e dois parciais, constituindo um arquipélago cujo conjunto apresenta cerca de 7 km de extensão e encontra-

se isolado do continente pela variação do nível do mar, ocorrida provavelmente durante o período Quaternário (Figura 11A).

A maior parte do arquipélago é formado pelo Granito Alcatrazes, um biotita granito porfirítico com megacristais de feldspato que atingem por vezes 10 cm (Figura 11B). A idade

desta rocha, que forma a quase totalidade do arquipélago, foi definida em 568.8 ± 3.4 Ma (Janasi *et al.*, 2015).

A foliação principal da rocha tem direção NE-SW, com mergulhos suaves para NW e indicações de movimento de topo para SE (Martins *et al.*, 2014) (Figura 11C). As estruturas observadas coincidem com os dados do continente, onde 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 sugerem ainda um componente de cavalgamento oblíquo para sul 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 (Figura 11D). Martins *et al.* (2014) identificaram quatro

famílias principais de juntas: NW-SE, NE-SW, NNE-SSW e WNW-ESE, compatíveis com um esquema de Riedel para arranjo sinistral com $SH_{Máx}$ na direção NNE-SSW. Estes dados são concordantes com a fase distensiva responsável pelo fraturamento da crosta, associado à abertura do Atlântico Sul.

Seu valor científico justifica-se principalmente em sua *Integridade*, visto que os processos e feições são facilmente observáveis na área; e por seu *Valor Geomorfológico*, cujas feições corroboram com o potencial didático inerente ao geossítio. Com relação ao conhecimento científico, dados geoquímicos, estruturais e geocronológicos encontram-se em estudo.

O geossítio não apresenta vulnerabilidade a atividades antrópicas, visto que o arquipélago é protegido pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), por meio da Estação Ecológica Tupinambás, unidade de conservação federal, sendo a visitação turística proibida por lei.



Figura 11. A) Vista geral do arquipélago, mostrando sua geomorfologia; B) Granito porfirítico com enclave máfico deformado; C) Foliação de baixo ângulo com indicação de movimento de topo para SE; D) Dique de direção N10.

Fase de fragmentação do Gondwana Sistema de diques da Ponta do Araçá

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 gnaise granítico (Garda, 1995) com biotita e granada, enquadrado na unidade dos gnaisses peraluminosos (Perrota *et al.*, 2005). A rocha é cortada por veios pegmatíticos e por uma série de diques máficos de composições distintas,

incluindo diabásio e lamprófiro, a maioria orientados na direção NE-SW (Figura 12A e 12B). Além dos diques, observa-se também um *sill* lamprófiro, que se encontra concordante com a foliação de baixo ângulo da rocha (Figura 12C). Estes corpos foram intrudidos durante o processo de rifteamento que formou o Atlântico Sul, que gerou o enxame de diques da Serra do Mar e que ocorreu entre o Cretáceo Inferior e o Paleógeno (Garda & Schorscher, 1996).

Seu valor científico se justifica em sua *Integridade*, pois os processos e feições são facilmente observáveis na área; *Representatividade*, visto que é o único costão

que registra uma quantidade significativa de corpos intrusivos associados à abertura do Atlântico Sul; e *Conhecimento científico*, pois existem muitas publicações (teses e artigos nacionais, tais como Garda, 1995; Garda & Schorscher, 1996; Gomes, 2012) com dados geoquímicos, estruturais e geocronológicos.

O local encontra-se ameaçado em virtude das propostas de ampliação do Porto de São Sebastião que, se for concretizada, irá inundar o geossítio. Contudo, sua vulnerabilidade a processos naturais é considerada baixa e não apresenta interesse turístico.

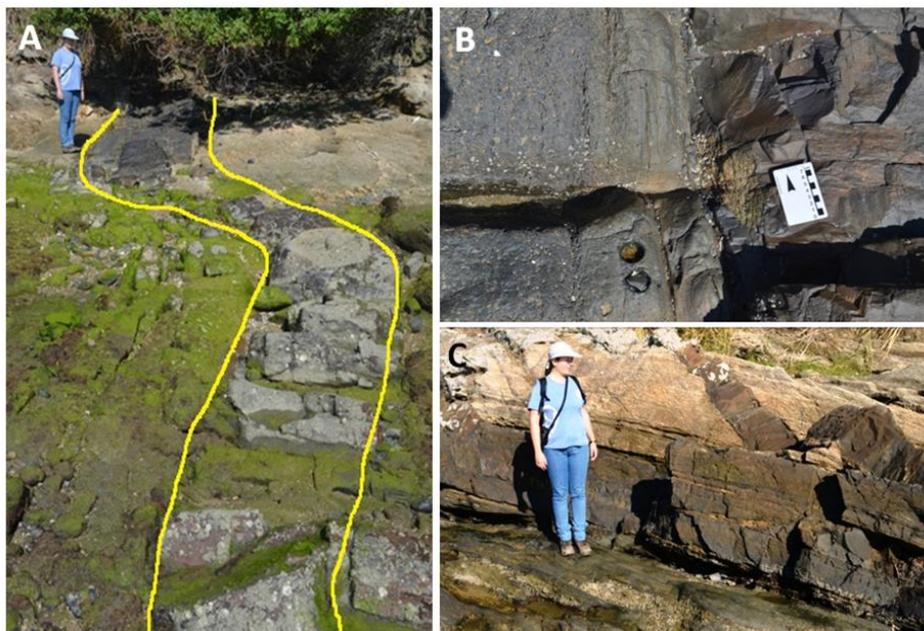


Figura 12. A) Dique com intrusão composta (diabásio e lamprófiro) com geometria em zigue-zague; B) Detalhe para a justaposição dos diques com xenólitos da encaixante; C)) *Sill* de lamprófiro de baixo mergulho em escala com o detalhe dos dois diques de diabásio de alto mergulho intrudindo para o topo em relação ao *sill*.

Eventos pós-fragmentação do Gondwana *Mirante da trilha da Praia Brava*

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. 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, sendo o único geossítio geomorfológico da área. O mirante tem vista para as praias de Boiçucanga, Cambury e para as escarpas da Serra do Mar, localmente denominada Serra do Juqueriquerê

(Figura 13). Os tipos litológicos da área compreendem rochas da unidade dos gnaisses peraluminosos (Perrota *et al.*, 2005).

A justificativa do valor científico do geossítio está em sua *Integridade*, visto que os processos e feições são facilmente observáveis na área e sua *Representatividade*, em virtude do seu valor geomorfológico. Apresenta ainda interesse didático, decorrente, principalmente, do seu valor geomorfológico, e turístico, por estar inserido numa trilha em meio à Mata Atlântica. Sua vulnerabilidade é considerada baixa.



Figura 13. Vista do Mirante da Praia Brava

VALORIZAÇÃO DO PATRIMÔNIO GEOLÓGICO DE SÃO SEBASTIÃO

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, apresentando áreas destinadas para fins de conservação, pesquisa e turismo. Como a grande maioria dos geossítios se encontra em áreas de conservação, as ações propostas para a preservação do patrimônio local objetivam o uso sustentável destas áreas, de modo a protegê-las e gerar benefícios à população do entorno (Reverte, 2014).

Dentre as possíveis iniciativas voltadas à valorização dos geossítios do município destacam-se aquelas 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 *websites*, trabalhos de educação ambiental (com grupos escolares e público avulso), além de roteiros geoturísticos e geodidáticos (ou geointerpretativos), complementando a visitação turística já consolidada na região (Reverte, 2014). Muitas 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 propósito do inventário surge também como um meio facilitador à promoção da geodiversidade, onde o conteúdo geocientífico pode ser incorporado aos trabalhos já realizados pelas referidas Unidades de Conservação.

Reverte (2014) destaca que 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 e 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.

Estas iniciativas podem 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.

CONCLUSÕES

A geodiversidade presente em São Sebastião está representada pelos nove geossítios

inventariados, os quais, adicionados à rica biodiversidade e aos 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 ao promover melhorias nas condições socioambientais tanto da área como também na vida da população do entorno por meio do turismo de base geológica, além da divulgação da geodiversidade. Os geossítios estando contemplados em roteiros, painéis e folhetos, por exemplo, despertarão o interesse dos turistas em conhecer parte da história geológica local.

De modo geral, para que a gestão e a conservação destes geossítios 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 espera-se que os inventários realizados, de um modo geral, sirvam como base para futuras ações do poder público no que concerne ao planejamento e ordenamento territorial, de modo a contribuir com a manutenção de um ecossistema sustentável e com a preservação do patrimônio geológico.

REFERÊNCIAS

1. AB'SABER, A. N. Fundamentos da geomorfologia costeira do Brasil Atlântico inter e subtropical. In: Ab'Saber, A.N. Brasil: Paisagens de exceção - O litoral e o pantanal mato-grossense patrimônios básicos. Cotia - SP: Ateliê Editorial, 182p, 2006.
2. ALMEIDA, F. F. M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B.B.; FUCK, R.A. Províncias estruturais brasileiras. In: 8º Simpósio de Geologia do Nordeste, Campina Grande, 1977, p. 12-13.
3. BRILHA J. B. R. Patrimônio Geológico e Geoconservação: a conservação da natureza na sua vertente geológica. Palimage Editora, 190p, 2005.
4. CAMPANHA, G. A. C.; ENS; H.H. Estruturação geológica da Serra de Juqueriquerê, São Sebastião, SP. Boletim Instituto de Geociências. Série Científica, v. 27, p. 1-15, 1996.
5. DIAS NETO, C. M. Evolução tectono-termal do Complexo Costeiro (Faixa de Dobramentos Ribeira). São Paulo, 2001. 160p. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
6. DIAS NETO, C. M.; PALACIOS, T.; MUNHÁ, J. M. U.; TASSINARI, C. C. G.; CORREIA, C. T. Magmatismo pré-orogênico no cinturão ribeira (SE do Brasil): geoquímica dos anfíbolitos na região de Boissucanga. In: 5º Congresso de geoquímica dos países de Língua Portuguesa / 7º Congresso Brasileiro de Geoquímica, Porto Seguro, p. 486-488, 1999.
7. DIAS NETO C. M.; CORREIA C.T.; TASSINARI C.C.G.; MUNHA J.M.U. Os anfíbolitos do Complexo Costeiro na região de São Sebastião, SP. Geol. USP, Série Científica, v. 09, p. 71-87, 2009.
8. GARCIA, M.G.M. 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, 2012
9. GARCIA, M.G.M.; MARTINS, L.; DEL LAMA, E.A.; BOUROTTE, C.L.M. O Inventário do Patrimônio Geológico da Região Costeira do Estado de São Paulo: Base Metodológica, Adaptações e Considerações. Anais do 47º Congresso Brasileiro de Geologia, Salvador – BA, 2014.
10. GARDA G. M. Os diques básicos e ultrabásicos da região costeira entre as cidades de São Sebastião e Ubatuba, Estado de São Paulo. São Paulo, 1995. 349p. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
11. GARDA G. M.; SCHORSCHER, J. H. D. Os diques costeiros básicos e ultrabásicos adjacentes ao canal de São Sebastião (Litoral Norte do Estado de São Paulo). Revista do Instituto Geológico – SP, v. 17, p. 7-31, 1996.
12. GOMES, L. C. Análise da tectônica de colocação de diques cretácicos na região de São Sebastião, SP. Rio de Janeiro, 2012. 125p. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Faculdade de Geologia, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro.
13. HEILBRON, M.; MACHADO, N. Timing of terrane accretion in the Neoproterozoic-Eopaleozoic Ribeira orogen (SE Brazil). Precambrian Research 125, p. 87-112, 2003.
14. HEILBRON, M.; PEDROSA-SOARES; A.C., CAMPOS NETO, M.C.; SILVA, L.C.; TROUW, R.A.J.; JANASI, V.A. 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, 2004.

15. HEILBRON, M.; VALERIANO, C.M.; TASSINARI, C.C.G.; ALMEIDA, J.C.H.; TUPINAMBÁ, M.; SIGA JUNIOR, O.; TROUW, R.J.A. 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., West Gondwana Pre-Cenozoic Correlations Across the South Atlantic Region, 294. The Geological Society of London, London, p. 211-237, 2008.
16. IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Material Cartográfico e Estatístico. Disponível em <http://www.ibge.gov.br>. Acessado em 19mai2015.
17. JANASI, V.A.; VASCONCELLOS A. C. B. C.; SIGA JUNIOR, O.; SATO, K.; MACHADO, F. B.; MARTINS, L.; GARCIA, M. G. M. In situ U-Pb dating and Hf isotope geochemistry of zircons from granites of the Costeiro Domain, SE Brazil: timing and source contrasts with neighboring terranes of the Ribeira Belt. Submetido ao 8th Hutton Symposium on Granites and Related Rocks, Florianópolis, 20 a 25 de setembro, 2015.
18. MAFFRA, C. Q. T. Geologia estrutural do embasamento cristalino na região de São Sebastião, SP: evidências de um domínio transpressivo. São Paulo, 2000. 113p. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
19. MARTINS, L.; GARCIA, M. G. M.; REVERTE, F.C. Geologia do Arquipélago de Alcatrazes, litoral norte do Estado de São Paulo. Anais 47º Congresso Brasileiro de Geologia, Salvador – BA, 2014.
20. MOURA, C. A.; MATTOS, J. T.; JIMENEZ-RUEDA, J. R. Análise de fraturamentos para determinação de áreas instáveis na faixa de dutos Osvat/Osplan - São Sebastião, em São Paulo. Revista Brasileira de Geociências, v. 42, p. 585-593, 2012.
21. PERROTA, M. M.; SALVADOR, E. D.; LOPES, R. C.; D'AGOSTINHO, L. Z.; PERUFFO, N.;

GOMES, S.D.; SACHS, L. L. B.; GARCIA, M. G. M.; LACERDA FILHO, J.V. Mapa geológico do estado de São Paulo, escala 1:750.000. Programa levantamentos geológicos básicos do Brasil, CPRM, São Paulo, 2005.

22. REVERTE, F. C. Avaliação da geodiversidade em São Sebastião – SP, como patrimônio geológico. São Paulo, 2014. 208p. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
23. SALAZAR MORA C. A.; CAMPANHA, G. A. C.; WEMMER, K. 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, v. 43, p. 607-622, 2013.
24. SCHMITT, R.S.; TROUW, R. A. J.; VAN SCHMUS, W.R.; PIMENTEL, M.M. 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, p. 29-61, 2004.
25. SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D.A.; QUEIROZ, E.T.; WINGE, M; BERBERT-BORN, M.L.C. Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. Brasília: DNPM/CPRM - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), 554p, 2002.
26. TASSINARI, C. C. G. As idades das rochas e dos eventos metamórficos da porção sudeste do Estado de São Paulo e sua evolução crustal. São Paulo, 1988. 236p. Tese (Doutorado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
27. TUPINAMBÁ, M.; HEILBRON, M.; VALERIANO, C.; PORTO JÚNIOR, R.; BLANCO DE DIOS, F.; MACHADO, N.; EIRADO SILVA, L.G.; ALMEIDA, J.C.H. Juvenile contribution of the Neoproterozoic Rio Negro Magmatic Arc (Ribeira Belt, Brazil): Implications for Western Gondwana Amalgamation. Gondwana Research 21, p. 422-438, 2012.

Manuscrito recebido em: 11 de Novembro de 2015

Revisado e Aceito em: 15 de Agosto de 2016