

Alguns autores atribuem a configuração dos enxames de diques a uma junção tríplice com centro no litoral do Paraná (figura 14), que estaria relacionada a uma anomalia térmica no manto responsável pela extrusão de volumes tão grandes de rochas basálticas (e.g. COUTINHO, 2008). No entanto, o mecanismo causador deste magmatismo ainda é controverso.

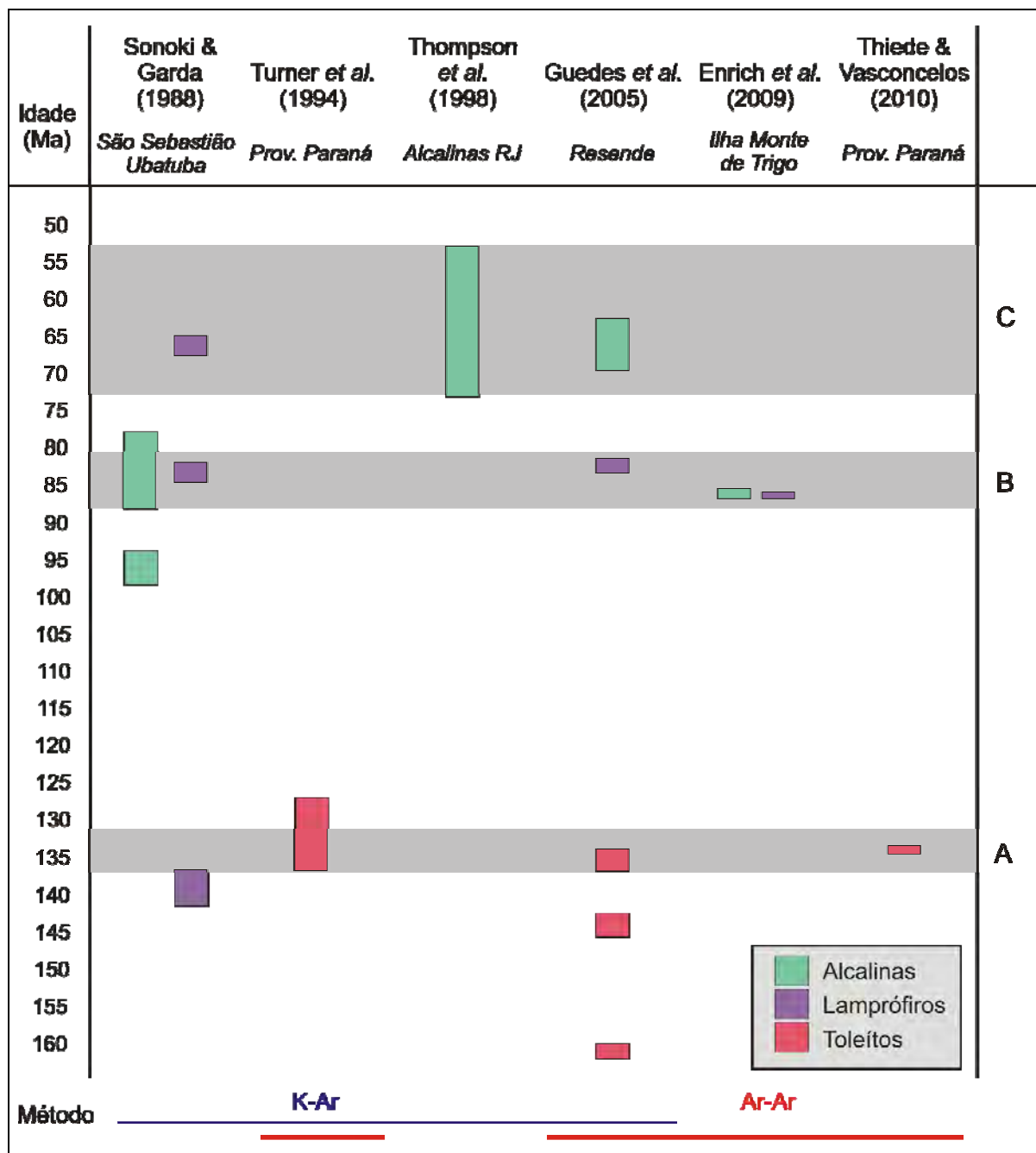


Figura 13 - Quadro sintético das principais idades radiométricas disponíveis para as rochas ígneas do Cretáceo e do Paleogeno nas regiões sul e sudeste do Brasil. As idades podem ser agrupadas em três conjuntos: A) magmatismo toleítico representado pela Formação Serra Geral e pelos enxames de diques de Ponta Grossa e da Serra do Mar; B) magmatismo alcalino e lamprofírico predominante no litoral de São Paulo; C) magmatismo alcalino no estado do Rio de Janeiro.



Figura 14 - Junção tríplice do Paraná. O Ramo norte é representado pelo enxame de diques da Serra do Mar e o Ramo sul corresponde ao enxame de Florianópolis.
Fonte: COUTINHO, 2008

Existe grande discussão sobre a contribuição de pluma mantélica na geração dos magmas, neste caso a pluma de Tristão da Cunha. Os estudos petrogenéticos apontam para processos de fusão do manto litosférico subcontinental, que estaria anormalmente aquecido e teria sofrido descompressão devido ao rifteamento. Valente et al. (2007) sugerem a contribuição da pluma de Tristão da Cunha como fonte do calor necessário para a fusão parcial do manto litosférico subcontinental. Neste modelo, as rochas com assinatura de pluma estariam restritas à descontinuidade litosférica herdada da zona de cisalhamento do Paraíba do Sul (figura 15).

Marques e Ernesto (2004), com base em estudos geocronológicos, sugerem que a pluma de Tristão da Cunha estaria muito distante do local onde ocorreu o magmatismo naquela época. Alternativamente, estas autoras sugerem uma anomalia térmica de grande escala proveniente das camadas mais profundas do manto, e uma contribuição mais efetiva da descompressão relacionada ao rifteamento na geração dos magmas.

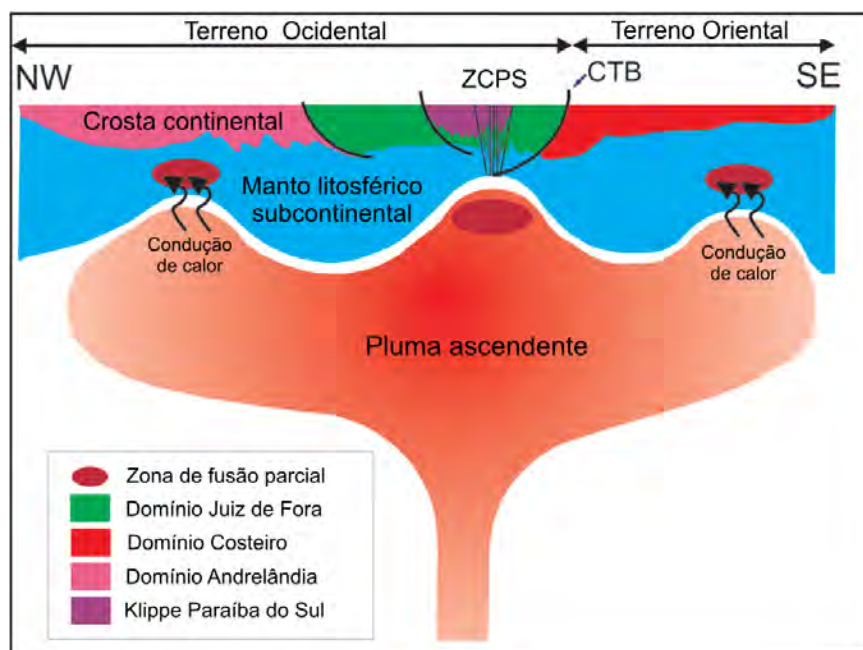


Figura 15 - Modelo geodinâmico proposto por Valente et al. (2007) para a origem do exame de diques da Serra do Mar. ZCPS= Zona de Cisalhamento do Paraíba do Sul; CTB= *Central Tectonic Boundary*.

Fonte: VALENTE et al. (2007)

3.3 Magmatismo alcalino do Cretáceo Superior ao Paleogeno

No território brasileiro ocorrem diversas manifestações de magmatismo alcalino posterior à abertura do Oceano Atlântico. São documentadas diversas ocorrências de pequenos corpos plutônicos (*stocks* e *plugs*), bem como seus componentes hipoabissais (diques e *sills*), desde o estado de Goiás até a região sul (ALMEIDA, 1983; HERZ, 1977; ULBRICH e GOMES, 1981).

Os corpos alcalinos foram agrupados em províncias conforme sua distribuição geográfica e possível significado tectônico. Almeida (1983) definiu a Província Serra do Mar, que abarcava as rochas alcalinas localizadas na margem da Bacia de Santos. Posteriormente, Riccomini et al. (2005) redefiniram a Província Serra do Mar para toda a margem continental desde o domo de Lages em Santa Catarina até o norte do estado de São Paulo. As rochas alcalinas do estado do Rio de Janeiro são agrupadas no Alinhamento Magmático de Cabo Frio (ALMEIDA, 1991), um alinhamento de corpos plutônicos desde o maciço de Poços de Caldas até a Ilha de Cabo Frio (figura 16).

Riccomini et al. (2005) subdividiram a Província Serra do Mar em três setores: norte, central e sul. O setor norte compreende as ilhas de São Sebastião, Monte de Trigo, Búzios e Vitória, além do maciço de Ponte Nova na Serra da Mantiqueira. O setor central corresponde à região geográfica do Arco de Ponta Grossa, enquanto o setor sul é representado pelo Domo de Lajes (figura 16).

Dentre as rochas plutônicas, predominam os sienitos, que em sua maior parte contêm nefelina. Dentre as fases máficas predominam anfibólios alcalinos e biotita (THOMPSON et al., 1998). Frequentemente, os corpos plutônicos apresentam zonamento composicional, com alcali-feldspato sienitos por vezes com quartzo nas bordas e sienitos e nefelina-sienitos no centro (ENRICH et al., 2009). Associados aos sienitos ocorrem diques de fonolito e secundariamente traquito. Fácies vulcânicas raramente são encontradas.



Figura 16 - Ocorrências de magmatismo alcalino do Cretáceo ao Paleogeno no sul-sudeste brasileiro agrupadas segundo Riccomini et al. (2005). A área de estudo pertence ao setor norte da Província Magmática da Serra do Mar.

Fonte: HERZ, 1977 (modificado)

Ocorrem também rochas alcalinas máficas e ultramáficas em menor volume. Rochas máficas plutônicas ocorrem juntamente com os sienitos sob a forma de gabros acamadados nas ilhas de Monte de Trigo e São Sebastião (THOMPSON et al., 1998; ENRICH et al., 2009). Diques de rochas máficas a ultramáficas são amplamente descritos na literatura, cortando tanto os sienitos quanto o embasamento. Garda (1995) e Coutinho (2008) descrevem diversos diques de diabásio alcalino (olivina-diabásio) e lamprófiro alcalino (monchiquito e camptonito). Segundo Garda e Shorscher (1996), pode ocorrer uma gradação de basalto alcalino para lamprófiro por aumento da fugacidade em H_2O e CO_2 .

As rochas alcalinas foram datadas por diversos autores pelo método K-Ar. Sonoki e Garda (1988) compilaram as datações existentes até então e as recalcularam utilizando as novas constantes de decaimento do sistema K-Ar, aceitas atualmente. Segundo estes autores, as idades das rochas alcalinas agrupadas no Alinhamento Magmático de Cabo Frio variam entre cerca de 85 Ma no maciço de Poços de Caldas até cerca de 54 Ma em Cabo Frio, com uma discreta tendência de decréscimo de idades entre os dois extremos. Nas ilhas de São Sebastião, Búzios, Vitória e Monte de Trigo as idades se concentram entre 80 e 87 Ma. Recentemente, Enrich et al. (2009) obtiveram datações por Ar-Ar nas rochas da Ilha Monte de Trigo, que resultaram em 86,6 Ma com erros analíticos menores que 1 Ma.

A petrologia das rochas alcalinas do Brasil vem sendo estudada desde os trabalhos pioneiros do final do século XIX. No entanto, pouco ainda se entende sobre sua gênese e seu significado geodinâmico. Alguns autores (THOMPSON et al., 1998; THOMAZ FILHO e RODRIGUES, 1999) associam o magmatismo alcalino a um *hotspot* que hoje estaria sob as ilhas vulcânicas de Trindade e Martin Vaz. Os argumentos em favor deste modelo são a progressão de idades e as assinaturas geoquímicas. Outros autores (ALMEIDA, 1983; RICCOMINI et al., 2005) defendem um controle tectônico sobre o magmatismo sem necessidade de contribuição de hotspot ou pluma mantélica. Este tectonismo estaria associado à fase drifte que sucedeu a abertura do Oceano Atlântico e aos estágios iniciais da instalação do Rifte Continental do Sudeste do Brasil, no Paleogeno.

3.4 Tectônica Cenozóica

Entre os estados do Paraná e do Rio de Janeiro, são descritas depressões tectônicas alongadas na direção NE-SW preenchidas por sedimentos de idade pós-paleocênica, por vezes intercalados a derrames ankaramíticos de idade eocênica (RICCOMINI et al., 2004). Estas feições foram denominadas por Almeida (1976) de Sistema de Riftes da Serra do Mar. Riccomini (1989) utilizou o nome Rifte Continental do Sudeste do Brasil (RCSB), advogando a existência de uma feição tectônica inicialmente contínua. Esta feição foi instalada no Paleogeno pela atividade de falhas normais que reativaram a trama tectônica da Faixa Ribeira, e segmentada posteriormente por regimes transtrativos no Neogeno (RICCOMINI et al., 2004).

Segundo estes autores, o registro do RCSB compreende as bacias de São Paulo, Curitiba, Taubaté, Resende, Volta Redonda, Itaboraí, Macacu e Barra de São João, além de depósitos menores (figura 17A). Zalán e Oliveira (2005) utilizam o termo Sistema de Riftes Cenozóicos do Sudeste do Brasil, incluindo também depressões topográficas interpretadas como morfoestruturas e feições observadas na plataforma rasa, a oeste da charneira cretácica da Bacia de Santos, denominadas Rifte Marítimo (figura 17A). Este rifte, bem como as intrusões alcalinas inferidas, foram interpretados com base em mapas magnetométricos de alta resolução da plataforma rasa (figura 17B).

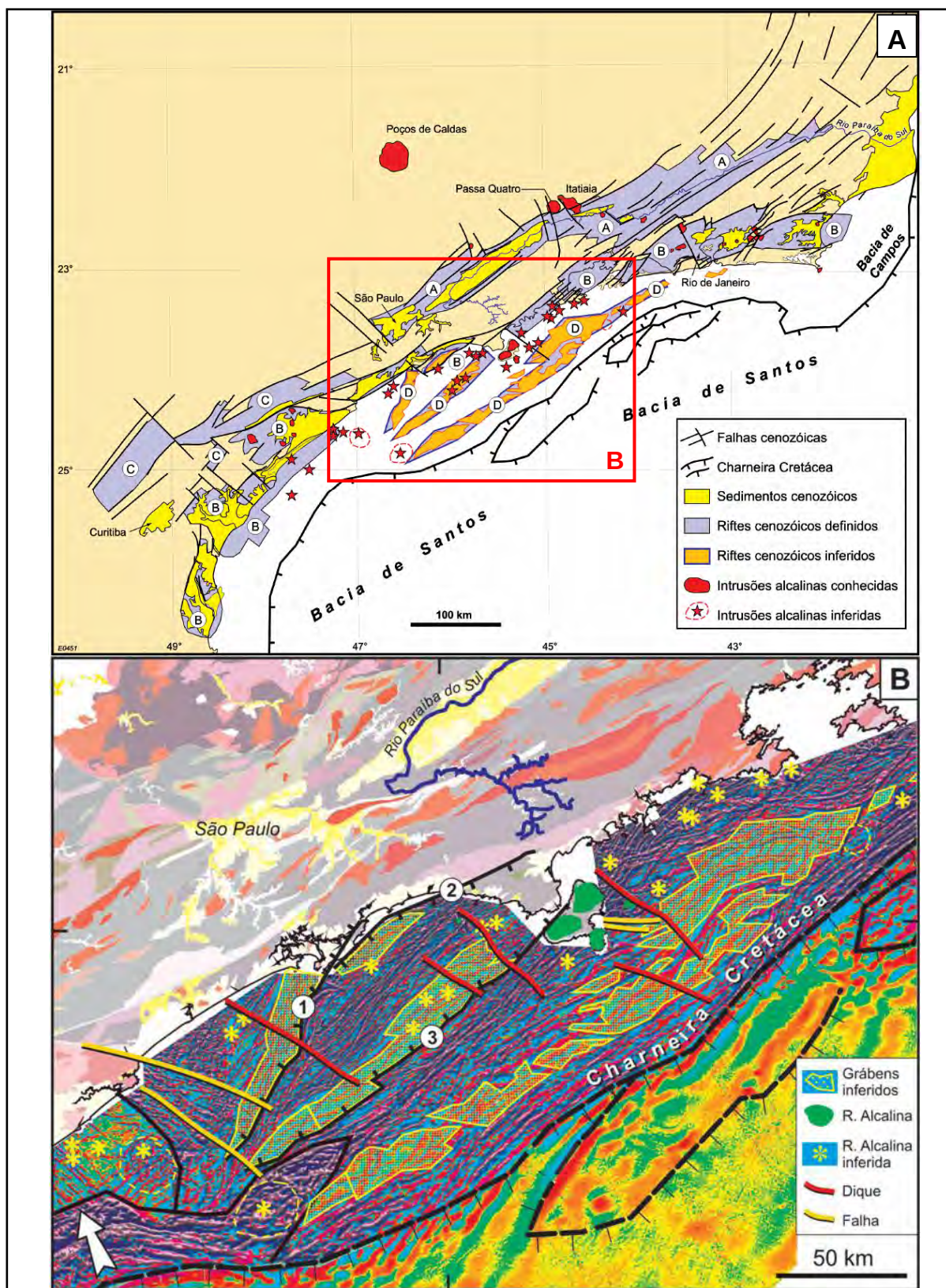


Figura 17 - **A)** Mapa do Sistema de Riftes Cenozóicos do Sudeste do Brasil. (A) Paraíba do Sul; (B) Litorâneo; (C) Ribeira; (D) Marítimo. **B)** Mapa magnetométrico interpretado na plataforma continental da Bacia de Santos. Falhas de borda inferidas para os grábens marítimos: 1) Bertioga; 2) Camburu; 3) Santos. A seta indica o prolongamento para *offshore* do enxame de diques de Ponta Grossa. Fonte: ZALÁN e OLIVEIRA, 2005.

4 GEOLOGIA LOCAL

Este capítulo apresenta as principais informações existentes na literatura sobre a geologia do pré-cambriano na área de estudo. Os dados estruturais do embasamento obtidos neste trabalho serão apresentados e discutidos posteriormente no capítulo 6 - Embasamento.

4.1 Unidades litológicas

A região de São Sebastião está inserida no chamado Domínio Costeiro. O arcabouço geológico desta região foi estudado em detalhe por Maffra (2000) e Dias Neto (2001). Segundo Campanha e Ens (1996), observa-se um predomínio de rochas paraderivadas, representadas por paragnaisses migmatíticos, a leste da Falha de Camburu (figura 18), enquanto que a oeste desta falha ocorrem rochas granitóides, representadas pelo Granito Pico do Papagaio.

Maffra (2000) mapeou os litotipos da região (figura 18), definindo as seguintes unidades:

- Granito Pico do Papagaio, um batólito de composição monzogranítica limitado a sul pela Falha de Camburu e a norte pela Zona de Cisalhamento do Bairro do Alto (também chamada Freires - São Lourenço). Apresenta intensidades de deformação variáveis, com texturas variando de milonítica a equigranular, sendo interpretado como um corpo sin a tardi-tectônico. Foi datado em 543 Ma pelo método K-Ar (TASSINARI, 1988).

- Augen gnaiss Juqueí, um gnaiss de composição granítica que ocorre em uma estreita faixa a sul da Falha de Camburu;

- Biotita-gnaiss migmatítico, que corresponde à unidade mais frequente. Trata-se de paragnaisses de caráter heterogêneo, gradando de biotita gnaiss bandado a migmatitos com texturas estromáticas e nebulíticas. Ocorre em contato transicional com o gnaiss Juqueí a nordeste e em contato tectônico com o Granito Guaecá a sudoeste. Apresenta muscovita, biotita, sillimanita, granada e feldspatos, podendo conter também cordierita. Neste caso, a rocha pode ser classificada como

kinzigito. A foliação é definida pelas micas e pela sillimanita, quando presente. Ocorrem corpos anfibolíticos, tanto paralelizados quanto discordantes da foliação, por vezes sob a forma de diques.

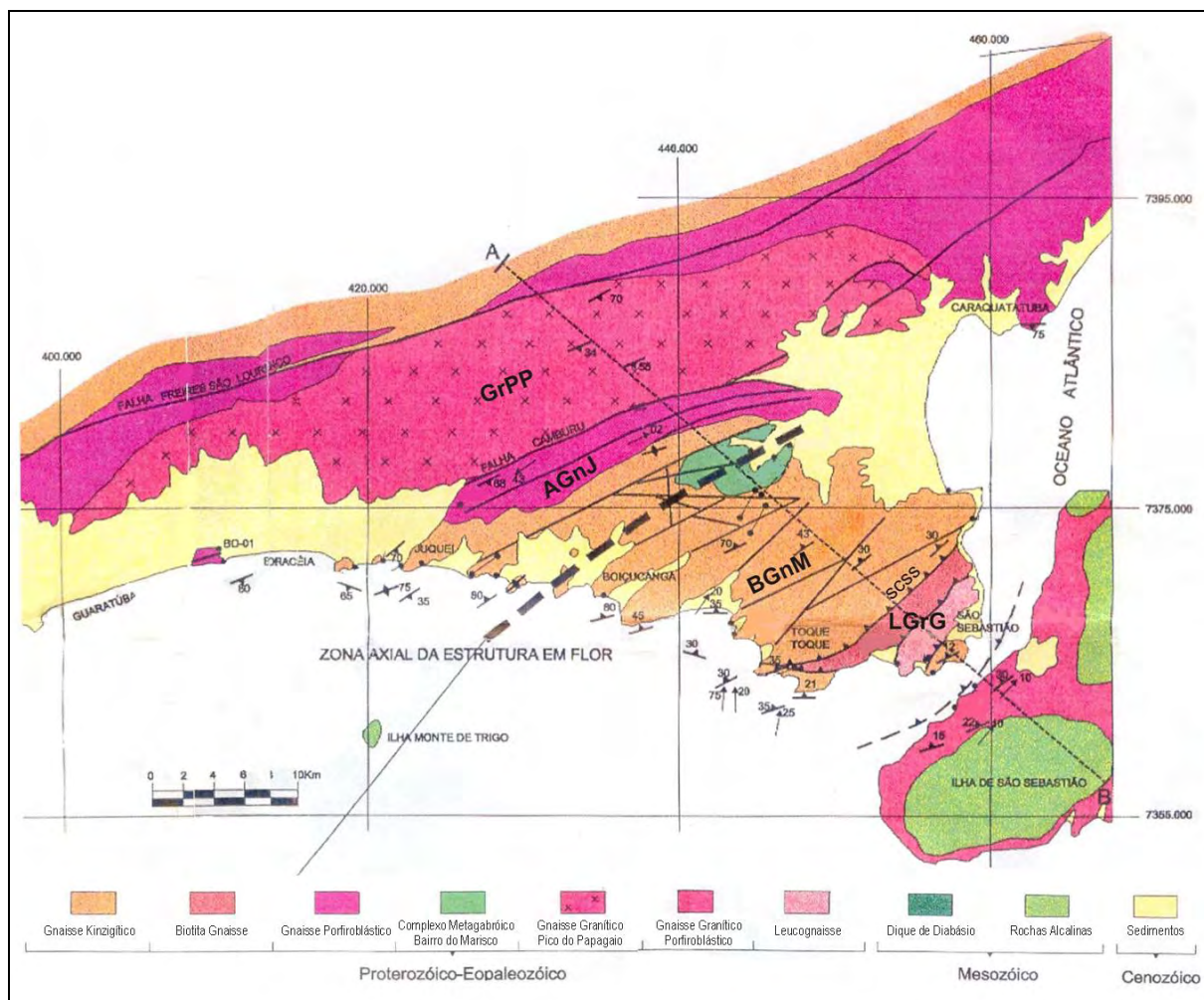


Figura 18 - Mapa geológico da região de São Sebastião, SP, indicando a posição do perfil da figura 19 e as unidades descritas por Maffra (2000). GrPP: Granito Pico do Papagaio, AGnJ: Augen Gnaisse Jaqueí, BGnM: Biotita-gnaisse migmatítico, LGrG: Leucogranito Guaecá, SCSS: Sistema de Cavaleamentos São Sebastião. Fonte: DIAS NETO, 2001 (modificado)

- Granito Guaecá, um leucogranito de composição monzogranítica a granodiorítica contendo quartzo, plagioclásio, microclina, biotita, muscovita e granada. Apresenta foliação em intensidades variáveis. Ocorre nas proximidades da cidade de São Sebastião. Apresenta geometria de um *sill* segundo Dias Neto (2001) ou de *sheet* segundo Maffra (2000). É classificado como um granito do tipo s, originado por fusão crustal.

Encaixado na unidade biotita-gnaiss, ocorre um corpo anfibolítico de 6 km de extensão, composto por metagabros e metadioritos. Foi denominado Complexo Bairro do Marisco por Silva et al. (1977 apud DIAS NETO et al., 2009).

4.2 Arcabouço Estrutural

A estrutura da região reproduz de certa forma a estruturação da Faixa Ribeira. As feições mais importantes são as foliações, definidas geralmente por bandamento gnáissico e xistosidade. Além disso, ocorrem zonas de cisalhamento dúcteis que compartimentam a área. Tanto as foliações quanto as zonas de cisalhamento apresentam orientação preferencial NE-SW, com ângulos de mergulho variáveis (DIAS NETO et al., 2006).

A zona de cisalhamento de Bairro do Alto, também chamada Freires-São Lourenço, ocorre no extremo noroeste da área, limitando o Granito Pico do Papagaio a norte (MAFFRA, 2000). Estende-se desde a cidade de Guarujá até Ubatuba. É definida como uma zona milonítica sub-vertical com lineações sub-horizontais com caimento para NE. É interpretada como uma zona transcorrente destal (MAFFRA, 2000).

A zona de cisalhamento de Camburu limita o Granito Pico do Papagaio a sul, colocando-o em contato tectônico com o augen gnaiss. A ramificação desta zona para norte também já foi chamada de Falha de Bertioga-Caraguatatuba e Falha de Quinhentos Réis (CAMPANHA e ENS, 1996). Ao longo da zona de cisalhamento são descritos desde protomilonitos a ultramilonitos, apresentando foliações subverticais com mergulhos para NW. As lineações são em maior parte direcionais, mas também ocorrem lineações de alto caimento (MAFFRA, 2000).

A interpretação cinemática da zona de cisalhamento de Camburu tem sido objeto de discussão na literatura. Dias Neto (2001) e Dias Neto et al. (2006) interpretam esta zona como transpressiva sinistral, apresentando diversos indicadores cinemáticos levógiros. Por sua vez, Campanha e Ens (1996) e Maffra (2000) atribuem movimentação destal ao longo da zona. Maffra (2000) observou tanto indicadores dextrais quanto sinistrais, e explica a presença dos indicadores