

6 LITOGEOQUÍMICA DE ORTOGNAISSES, ROCHAS GRANITOIDES E ANFIBOLITOS

O presente capítulo apresenta dados e interpretações geoquímicos, baseado em elementos maiores, traços e Terras Raras para ortognaisses, rochas graníticas e anfibolitos do domínio Itálva e ortognaisses do Complexo Rio Negro. Os dados geoquímicos utilizados correspondem a resultados adquiridos durante esse estudo somados a dados bibliográficos.

Os pontos de coleta de amostras analisadas nesta tese estão plotados no mapa geológico (APÊNDICE A). A discriminação entre as amostras analisadas, a fonte bibliográfica, o domínio tectônico e os dados analíticos correspondentes encontram-se na Tabela 5 (APÊNDICE B) e na Tabela 6 (APÊNDICE C).

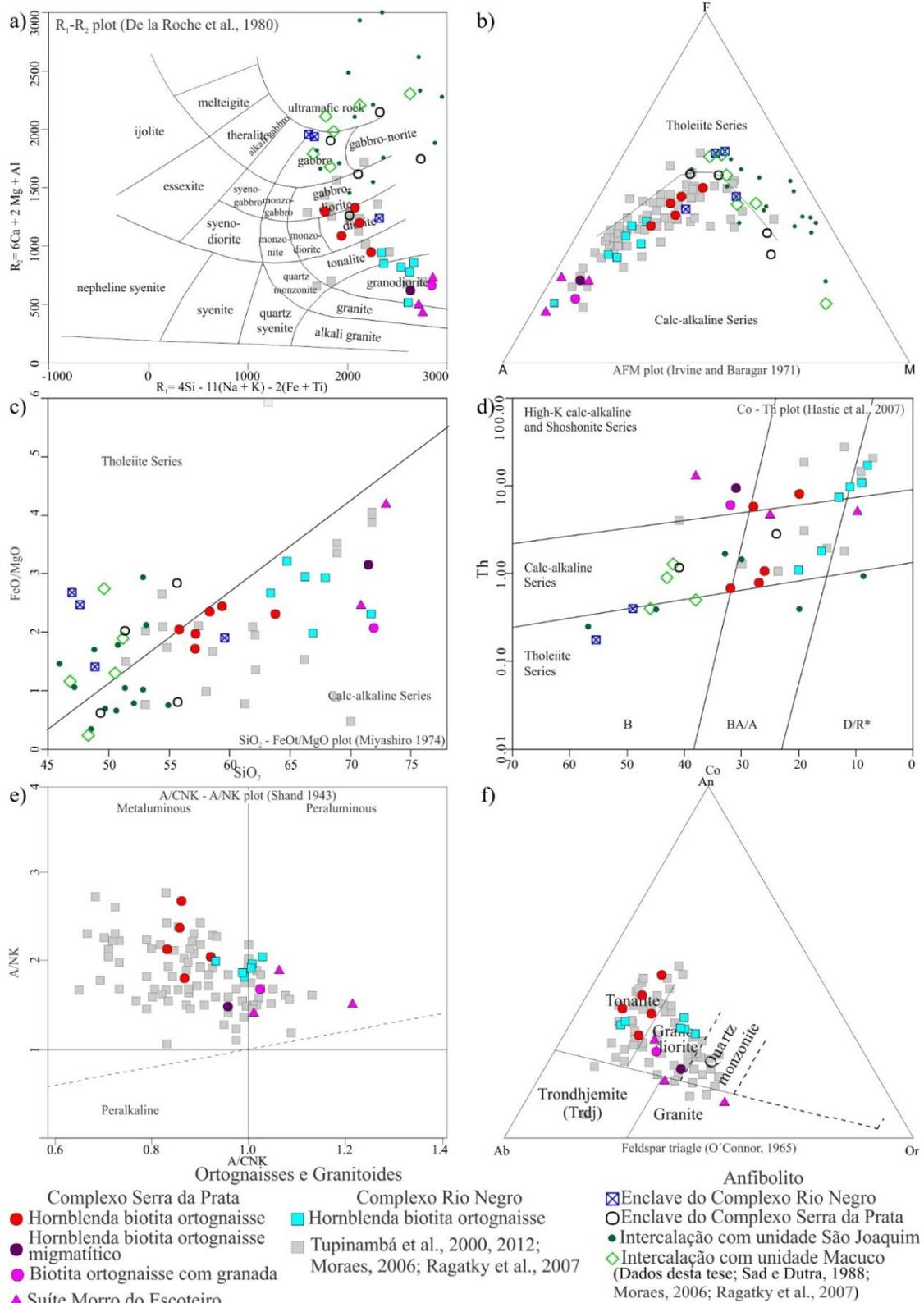
6.1 Ortognaisses e rochas granitoides

Os dados compilados e adquiridos neste trabalho para os ortognaisses e granitoides dos complexos Serra da Prata (CSP) e Rio Negro (CRN), e para o leucogranito-gnaiss da Suíte Morro do Escoteiro (SME), estão representados nos diagramas geoquímicos da Figura 24.

Dentre os dados compilados para o CRN por Tupinambá *et al.* (2012) e suas citações existem rochas de arco pertencentes tanto à suíte alcalina de muito alto-K quanto a suíte calcialcalina de médio a alto -K. Segundo esses autores, a distribuição geográfica do CRN no estado do Rio de Janeiro sugere uma polaridade geoquímica compatível com polaridade de subdução para sul-sudeste. O mesmo não ocorre para o CSP, onde a escassez de dados não permitiu a identificação de qualquer polaridade geoquímica.

Os dados apresentados na Figura 24 definem uma suíte subalcalina com afinidade calcialcalina de médio-K e alto-K e intervalo composicional entre gabro, diorito e granodiorito para os ortognaisses, enquanto o leucogranito-gnaiss e granitoide se restringem à composição granodiorítica e granítica (Figura 24 a-d, f).

Figura 24 - Diagramas de classificação geoquímica para ortogneisses, granitoides e anfibolitos dos Domínios Itálva e Costeiro.



Nota: a) Diagramas de classificação (R1–R2) de De la Roche *et al.* (1980); b) Diagrama Ternário AFM de Irvine and Baragar, 1971; c) Diagrama de série (FeO/MgO vs. SiO₂) de Miyashiro (1974); d) Diagrama de série (Co – Th) de Hastie *et al.* (2007); e) Diagrama de discriminação A/CNK - A/NK de Shand (1943).

Fonte: A autora, 2018.

Comparativamente, a maioria das amostras do CSP (círculos vermelhos) se mostra menos ácidas que as amostras do CRN coletadas na área de estudo (quadrados azuis). A exceção é dada por duas amostras granodioríticas do CSP que se destacam das demais pelo maior teor de SiO₂. Essa diferença pode estar associada a eventos de fusão parcial, fato que será discutido nos capítulos seguintes.

No diagrama de Shand (Figura 24 e), o índice de saturação em alumínio mostra que os hornblenda biotita ortognaisses diorítico-tonalíticos do CSP são metaluminosos. Já os granitoides e os leucogranito-gnaiss das SME se mostram peraluminosos. O CRN segue a mesma tendência onde os granitoides e as variedades mais ácidas dos ortognaisses se aproximam do campo peraluminoso.

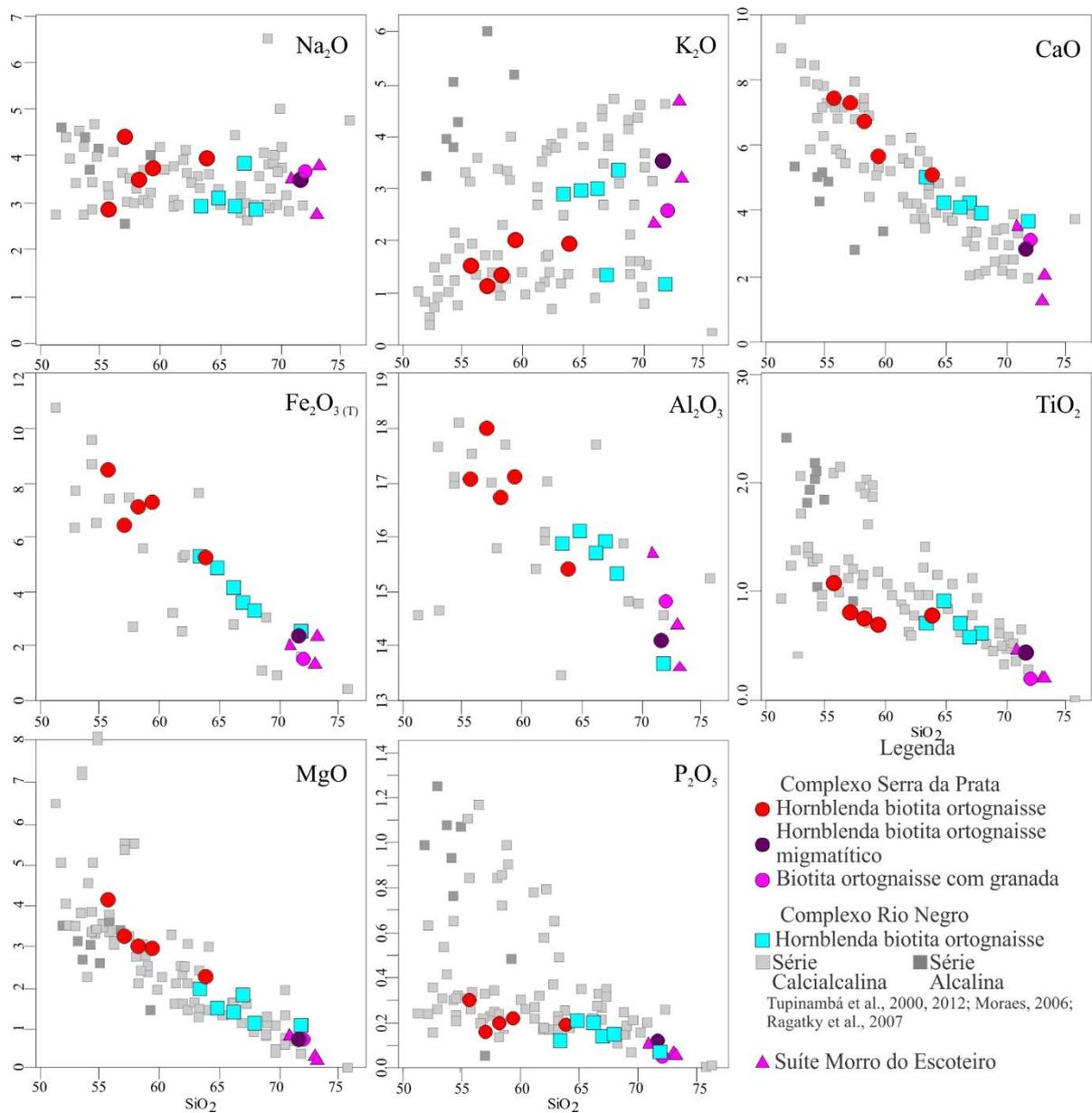
O déficit de alumínio nos ortognaisses metaluminosos ratifica sua origem ígnea e reflete a cristalização de hornblenda, biotita, epidoto e titanita em ambos os complexos. Já a tendência peraluminosa é identificada nas variações granodioríticas (biotita gnaisses) que não possuem hornblenda, ou as possuem como mineral acessório, e refletem a cristalização de granada e muscovita, ocasionalmente presentes nas variações mais ácidas.

No caso da SME, além de muscovita e granada, a presença de sillimanita em sua composição eleva seu grau de saturação em alumínio. Isso indica uma fonte magmática aluminosa, provavelmente a partir da fusão de uma crosta continental dando origem a um granito do tipo-S.

Quando representados nos diagramas de Harker (Figura 25), os dados mostram uma tendência geral de diferenciação para CRN e CSP – positivo para Na₂O e K₂O e negativo para os demais elementos. A comparação entre esses diagramas com os da Figura 7 demonstra que os dados dos CRN e CSP são consistentes com o fracionamento de magmas em zonas de subdução como discutido no item 3.2.1.

Embora o número de amostras analisadas seja pequeno, os *trends* gerados pelo CSP são compatíveis aos *trends* da série calcialcalina de médio-K de arcos intraoceânicos mostrado na Figura 7 a-h. As amostras com teor de SiO₂ maior que 70% estão relacionadas a migmatização e, por isso, não são consideradas cogenéticas ao CSP. A escassez dos membros mais ácidos (Figura 25) sugere que sua evolução magmática do arco SP seria restrita a membros menos diferenciados (dioritos e tonalito).

Figura 25 - Diagramas de variação Harker para ortogneisses e granitoides do Domínios Itálva e para ortogneisses do Costeiro.

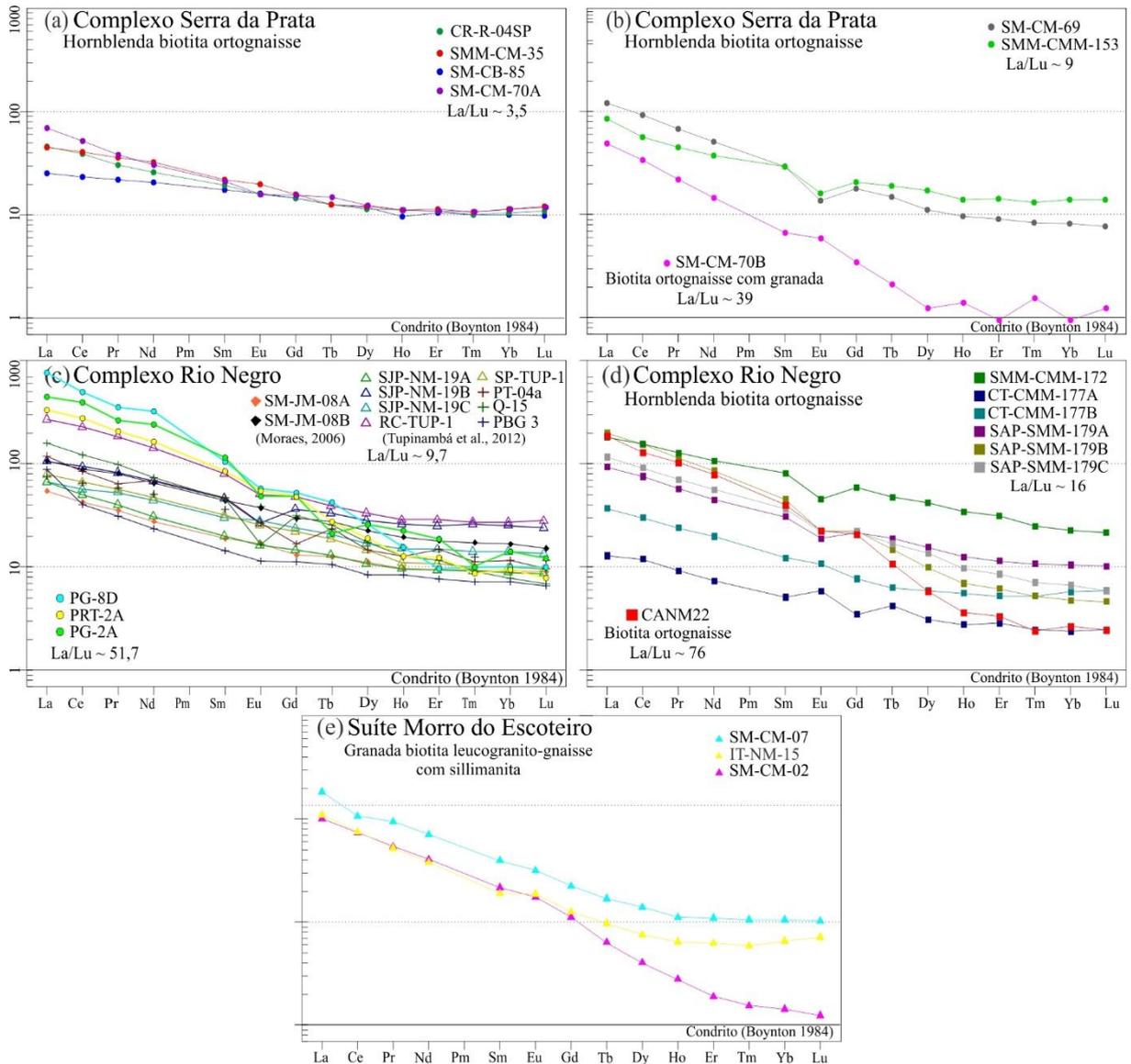


Fonte: A autora, 2018.

Embora os dados do CRN se distribuam de maneira dispersa ao longo dos *trends*, estes se mostram contínuos e de maior amplitude composicional em relação ao CSP. Essas características assemelham o CRN a série calcialcalina de arcos continentais mostrado na Figura 7 i-q e o diferencia do CSP.

Os diagramas de ETR normalizado para condrito (BOYNTON, 1984) indicam um enriquecimento de elementos leves em relação aos pesados para todos os ortogneisses e granitoides analisados (Figura 26).

Figura 26 - Diagramas de distribuição de ETR para ortogneisses e granitoides do Domínios Itálva e para ortogneisses do Costeiro.



Legenda: Diagramas de ETR para Complexo Rio Negro (a), Domínio Costeiro, Complexo Serra da Prata (b), Domínio Itálva e granitoides da Suíte Morro do Escoteiro (c).

Nota: Normalizado para condrito (BOYNTON, 1984).

Fonte: A autora, 2018.

Comparando os valores médios da razão La/Lu para os complexos SP e RN (Figura 26 a-d), o CSP mostra valores 2,5 vezes menor que os valores correspondentes para o CRN menos ácido. Essa diferença reflete o menor grau de fracionamento para o CSP em relação ao CRN.

A distribuição de ETR para o CSP é compatível com a abundância desses elementos em basaltos calcialcalinos de arco intraoceânico, como ilustrado na Figura 8 b. Porém, diferenciam-se quanto a presença de anomalias negativas de Eu, observadas apenas nos

membros mais diferenciados do CSP (Figura 26 b) que inclui aqueles associados a migmatização.

Essa configuração reforça a ideia de que as amostras mais ácidas não sejam produto da continuidade do processo de cristalização fracionada, mas sim de migmatização ocorrida posteriormente. Desse modo, a evolução do arco intraoceânico estaria restrita aos membros menos diferenciados do CSP, como já mencionado.

Quanto ao CRN, os ortognaisses de mais alto-K se mostram mais diferenciados e sua abundância de ETR mostra-se compatível com a distribuição desses elementos para séries calcálicas de alto-K, tanto de arco intraoceânico quanto de arco continental (Figura 8 a, d), o que reforça seu caráter transicional.

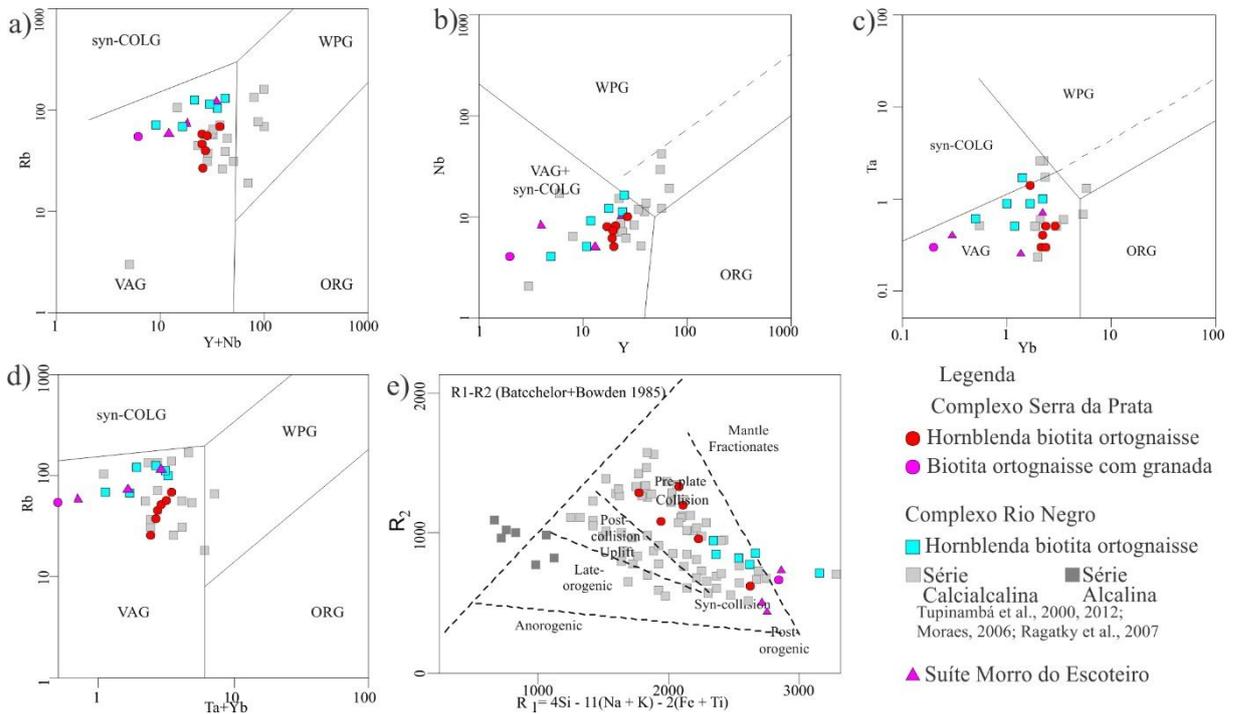
A maior frequência de anomalias de Eu tanto positivas quanto negativas é observada para o CRN (Figura 26 c, d). Essa variação é devida ao fracionamento do feldspato ao longo da evolução do arco, fato refletido na presença inconstante de fenocristais observados apenas no CRN.

A distribuição de ETR tanto para ortognaisses e granitoides com tendência peraluminosa dos CSP e CRN quanto para os leucogranitos gnaisses da SME sugere um protólito homogêneo (Figura 26b, d, f). A maior depleção de ETR pesados indica a maior importância da granada na rocha fonte e ratifica o caráter tipo-S para a SME.

Os diagramas de discriminação tectônica para granitos, R1 vs. R2 (BATCHELOR & BOWDEN, 1985) e Pearce *et al.* (1984) – Figura 27 a-e – sugerem um ambiente pré- a sin-colisional, com subdução, atividade de arco e colisão de placa para os ortognaisses dos complexos SP e RN e para os leucogranitos da SME.

Os membros básicos a intermediários de ambos os complexos seriam coincidentes com um estágio de subdução mais inicial (pré-colisional). Com o fracionamento, o CRN teria evoluído de modo que seus membros mais diferenciados caminham para o estágio próximo ao sin-colisional juntamente com as variações ácidas (tardias) do CSP e leucogranitos peraluminosos.

Figura 27 - Diagramas tectônico para ortognaisses, rochas granitoides dos Domínios Italva e Costeiro.



Legenda: a-d) Diagrama tectônico de discriminação de granitos (PERACE *et al.*, 1984) e (e) diagrama tectônico R1 vs. R2 (BATCHELOR & BOWDEN, 1985).

Fonte: A autora, 2018.

6.2 Anfíbolitos

Dados publicados para anfíbolitos deste domínio indicam predominância de rochas toleíticas com assinatura N-MORB (*Normal Mid-Oceanic Ridge Basalts*) a BABB (*Back-Arc Basin Basalts*) e mais raramente assinatura de basaltos IAT (*island-arc tholeiites*) sugerindo um ambiente tectônico de bacia *back-arc* (RAGATKY *et al.*, 2007; TUPINAMBÁ & HEILBRON, 2002; e SAD & DUTRA, 1988).

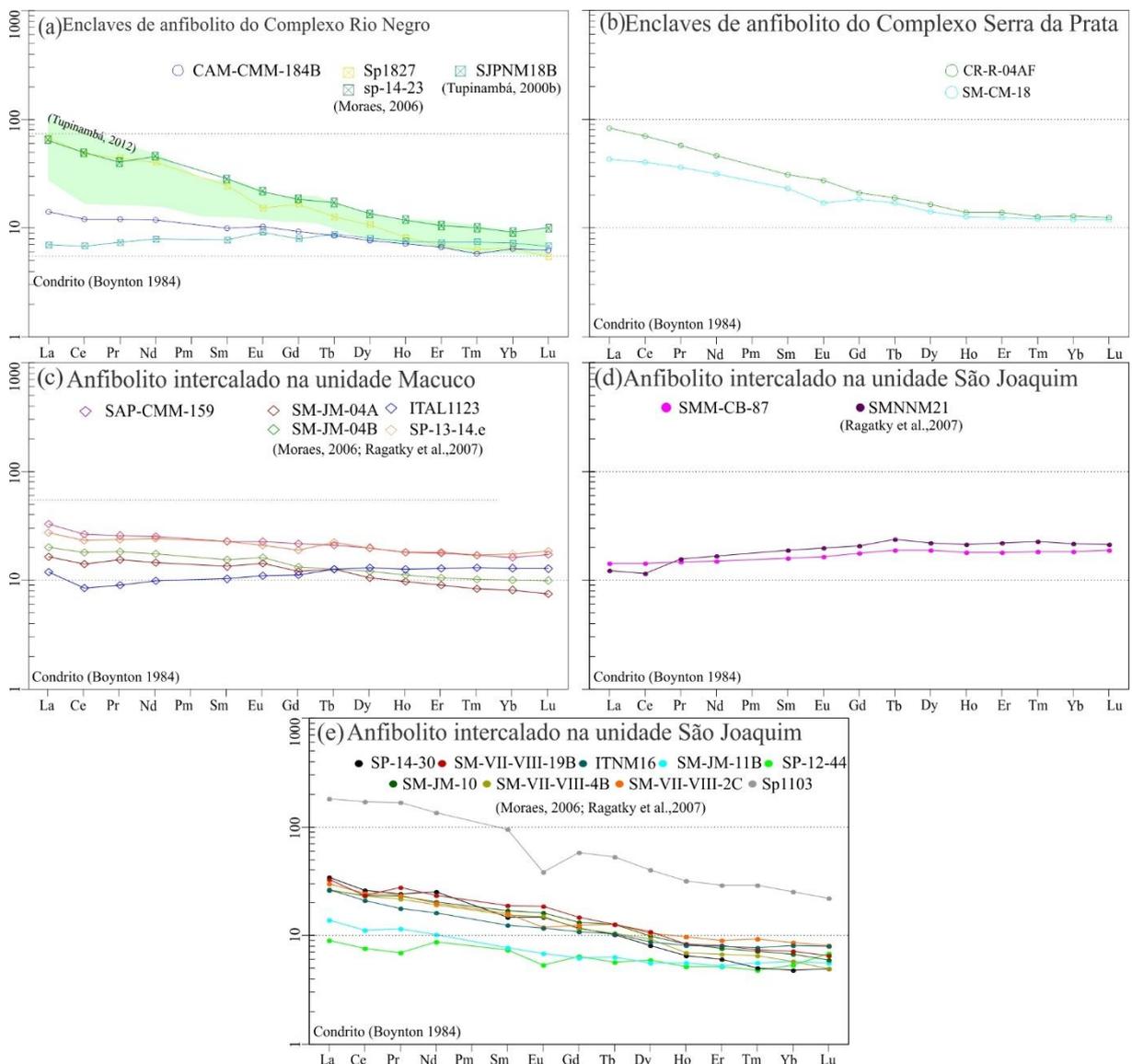
Os dados de análise geoquímica de anfíbolitos, coletados na área de estudo e compilados da bibliografia, são apresentados nos diagramas da Figura 24 a-d e na Tabela 6 (APÊNDICE C). Pertencem à série subalcalina com assinatura predominantemente toleítica e intervalo composicional entre diorito a variedades ultramáficas.

Seguindo a tendência toleítica para as rochas básicas, percebe-se que as amostras associadas ao grupo Italva (unidades Macuco e São Joaquim-USJ) tem maiores teores de FeO e MgO e menores de álcalis (Figuras 24 b).

Dentre estas, os anfibolitos intercalados aos mármore (USJ) são ainda mais enriquecidos nestes elementos em relação aos intercalados aos paragneisses da unidade Macuco. Já as rochas básicas associadas aos CSP e CRN mostram-se relativamente mais ricas em álcalis e com menores teores de FeO e MgO se inclinando a tendência calcialcalina (Figura 24 b).

De acordo com o diagrama de ETR (Figura 28), os anfibolitos inclusos nos complexos SP e RN apresentam uma maior concentração de ETR leves indicando um maior fracionamento em relação aos anfibolitos associados as unidades Macuco e São Joaquim. Essa distribuição corrobora com os elementos maiores e reforça sua afinidade com basaltos toleíticos de arco intraoceânico (IAT) como mostrado no item 3.2.2, Figura 8 c.

Figura 28 - Diagramas de distribuição de ETR para anfibolito dos Domínios Itálva e Costeiro.



Nota: Normalizado para condrito (BOYNTON, 1984).

Fonte: A autora, 2018.

Os anfibolitos associados à unidade Macuco mostram, em sua maioria, uma distribuição mais horizontalizada para ETR enquanto que os associados a unidade São Joaquim são pouco inclinados e com tendência de enriquecimento de ETR leves (Figura 28 c-f). Ambas as unidades apresentam um enriquecimento esporádico de ETR pesados em relação aos leves (Figura 28 c,d).

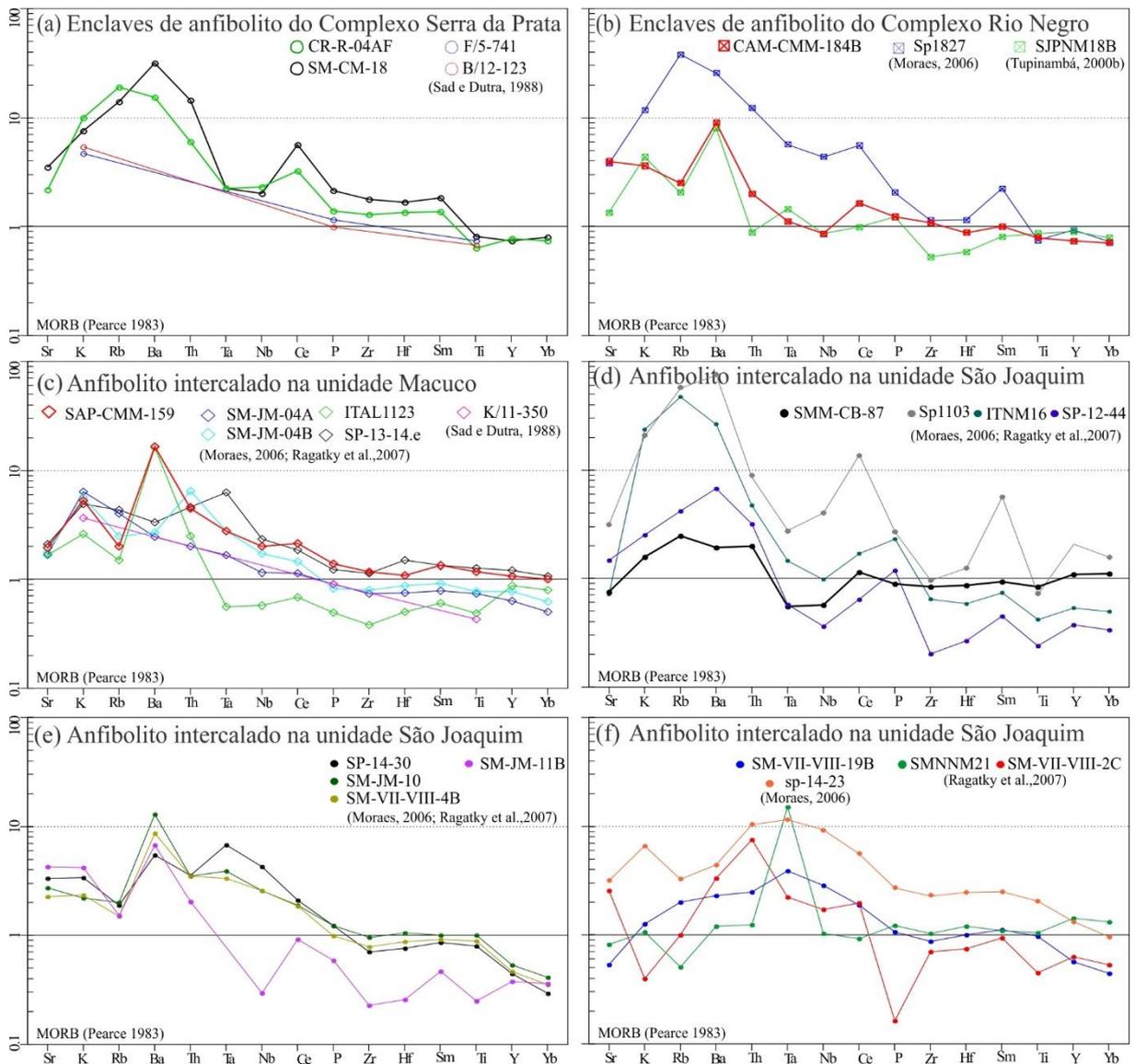
Essa configuração sugere um menor fracionamento e uma possível afinidade com BABB e MORB (menor) para unidade Macuco quando comparado com a Figura 8. Já a configuração da unidade São Joaquim sugere afinidade com MORB com uma provável evolução para membros relativamente mais fracionados próximos ao IAT (Figura 28 d, e).

Quando normalizado pelo MORB (PEARCE, 1982) os anfibolitos se mostram, em sua maioria, empobrecidos em HFSE com relativo enriquecimento de LILE (Figura 29). Os anfibolitos associados aos complexos SP e RN (Figura 29 a, b) são fortemente enriquecidos em LILE com anomalias positivas de Ba, Ce e Sm e negativas em Nb e Ta, típicas de basaltos IAT.

Os anfibolitos associados às unidades Macuco e São Joaquim (Figura 29 c-f) tem variado enriquecimento de LILE e anomalia indicativa de diversos ambientes. Essa variedade pode estar relacionada ao ambiente de bacia *back-arc* como descrito no item 3.2.2 e ilustrado na Figura 9.

Como a geoquímica de BABB é mais complexa, pode apresentar características tanto de ambiente intraplaca (anomalia positiva Nd, Ta, Ba e negativas de Th - Figura 29 e, f) quanto de IAT (anomalias positivas de Ba, Ce, P e Sm e negativas de Nb e Ta - Figura 29 d) indicando participação nesses ambientes dos paragnaisses.

Figura 29 - Diagrama de distribuição de elementos incompatíveis para anfibolito dos Domínios Itálva e Costeiro



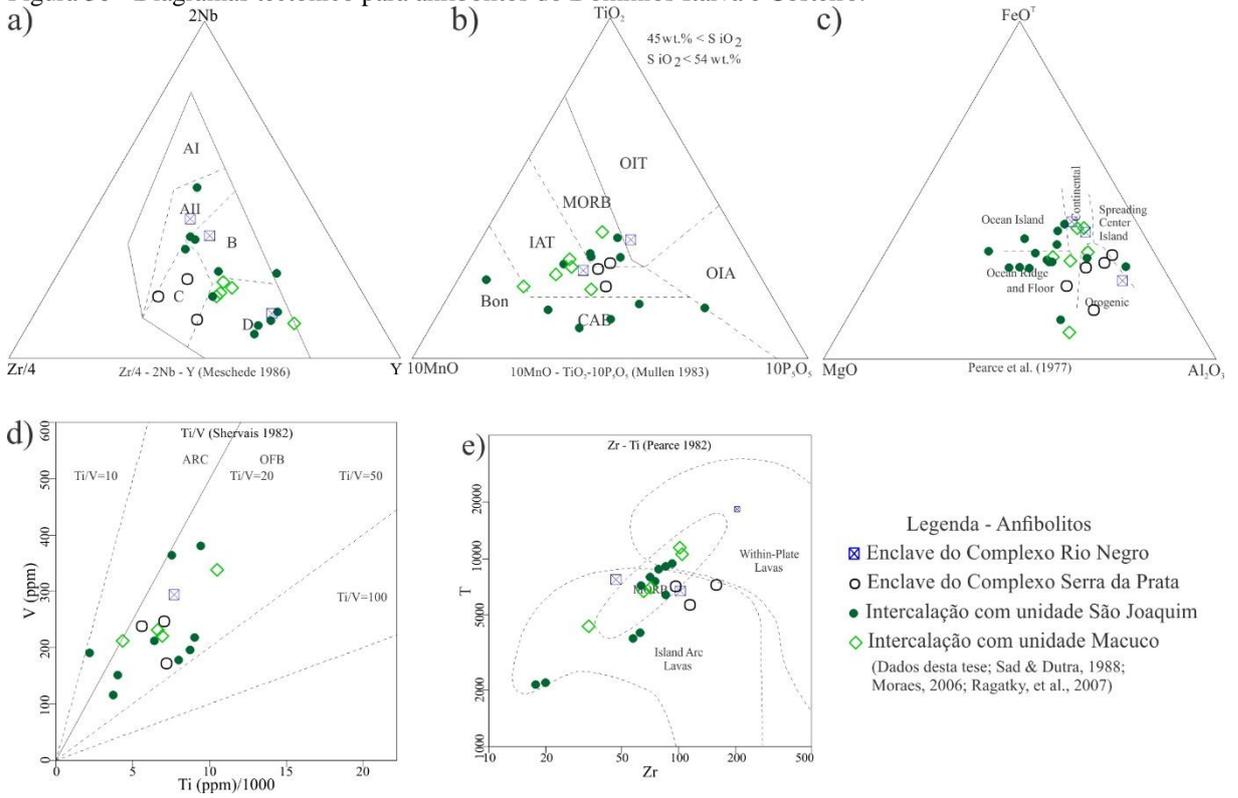
Nota: Normalizado para MORB (PEARCE, 1982).

Fonte: A autora, 2018.

Os diagramas de discriminação tectônica (Figura 30) corroboram com a assinatura MORB e IAT em um ambiente tectônico de arco imaturo (intraoceânico) a bacia *back-arc* para esses anfibolitos, como previamente descrito por Sad & Dutra (1988), Heilbron & Machado (2003), Ragatky *et al.* (2007) e Heilbron *et al.* (2008).

Sabendo da possibilidade da deposição de plataformas cabornáticas em dois momentos distintos, como descrito no item 4.1.1.2, torna-se necessária uma maior investigação da ocorrência desses anfibolitos e dos mármores aos quais estão associados. Caso confirmada a existência de plataformas cabornáticas distintas, os dados litogeoquímicos para os anfibolitos deverão ser reagrupados e reavaliados.

Figura 30 - Diagramas tectônico para anfibolitos do Domínios Itálva e Costeiro.



Fonte: A autora, 2018.