7 ESTUDO ISOTÓPICO

7.1 Procedimento analítico

Neste trabalho foram realizadas análises isotópicas das razões Sm-Nd (diluição isotópica) e Sr-Sr (razões naturais) de 10 amostras de rocha da unidade Bingen. As análises foram realizadas no LAGIR – Laboratório de Geocronologia e Isótopos Radiogênicos, da FGEL-UERJ, através do método (ID-TIMS, isotope dilution – thermal ionization mass spectrometry) no periodo de Maio a Junho de 2011. Maiores informações sobre o método analítico empregado podem ser encontradas no Apêndice D – Método Analítico Isotópico.

Os dados das análises isotópicas encontram-se na seção a seguir, tabelas 15 e 16, e a partir deles foram gerados os diagramas encontrados na seção de caracterização. Para fins comparativos, foram também incorporados neste trabalho dados isotópicos relativos ao Complexo Rio Negro, leucogranitos e Batólito Serra dos Órgãos compilados da tese de doutorado de Tupinambá (1999) e de Tupinambá et al. (2011).

7.2 Caracterização Isotópica

7.2.1 Dados Isotópicos Sm-Nd

Conforme pode ser observado na tabela 6.1, um total de 10 amostras de rocha total provenientes da Unidade Bingen tiveram analizadas suas razões isotópicas 143Nd / 144Nd e 147Sm / 144Nd. Para estas amotras foi observado um range relativamente pequeno para as razões 143Nd-144Nd, com valores variando entre 0.5112 a 0.5119, enquanto as razões 147Sm-144Nd demonstram variação relativamente maior com range de analises entre 0.09 a 0.12, incluindo um valor anômalo de 0.9 para amostra BG-72 decorrente de erros analíticos (tabela 15).

E importante ressaltar que a amostra BG-22, a qual apresenta características mais radiogênicas dentre as análises e parâmetro épsilon de -26.3, de valor notadamente mais negativo que a moda (de -13.9 a -17.6), apresenta erros analíticos absolutos notavelmente mais altos que os demais, chegando a 2 ordens de grandeza acima dos erros das análises restantes. A partir das razões isotópicas medidas, foram recalculadas as razões para as idades mais novas de cristalização do Arco Rio Negro (c.a 600 M.a., Tupinambá, 1999). Estas razões apresentam distribuição entre 0.5115 (amostra BG-08b) a 0.5108 (amostra BG-22), com uma moda de sete valores em 0.5113 e um valor anômalo de 0.5083, referente à já citada amostra BG-72.

AMOSTRA	¹⁴³ Nd/ ¹⁴⁴ Nd(m)	Std. Err.	¹⁴⁷ Sm/ ¹⁴⁴ Nd(m)	Nd(0)	¹⁴³ Nd/ ¹⁴⁴ Nd(i)	T(DM)
BG-08B	0.511925	0.000011	0.099605	-13.9	0.511534	1.53
BG-10	0.511778	0.000020	0.114342	-16.8	0.511328	1.99
BG-15	0.511773	0.000007	0.112069	-16.9	0.511332	1.95
BG-16B	0.511772	0.000012	0.108655	-16.9	0.511345	1.89
BG-17A	0.511736	0.000005	0.105313	-17.6	0.511322	1.88
BG-22	0.511290	0.000241	0.115732	-26.3	0.510835	2.78
BG-25A	0.511823	0.000004	0.124613	-15.9	0.511333	2.14
BG-34A	0.511758	0.000007	0.116399	-17.2	0.511300	2.06
BG-61	0.511745	0.000007	0.105340	-17.4	0.511330	1.87
BG-72	0.511924	0.000007	0.915313	-13.9	0.508326	-0.25

Tabela 15 - Resultados das análises de razões isotópicas de Sm-Nd.

Nota: Erros analíticos absolutos em 2 sigma Fonte: O autor, 2011.

A distribuição das Idades modelo (TDM) apresenta moda principal entre 1.8 e 2.2 Ga., a exceção das amostras BG-08b e BG-22, as quais apresentam respectivamente uma idade mesoproterozóica (ca. 1.53 Ga) e outra arqueana (ca. 2.78 Ga); fig. 43.



Figura 43 – Histograma de distribuição de idades modelo Tdm dos ortognaisses do Complexo Rio Negro (cinza) e a Unidade Bingen (vermelho).

Na figura 44, as linhas de evolução isotópica no Nd para as amostras analisadas são exibidas em comparação com os padrões típicos de rochas provenientes do complexo de embasamento Paleoproterozóico e/ou Arqueano, representado pelas rochas do embasamento do Cráton do São Francisco, de rochas de magmatismo francamente intraoceânico, representadas pelo Arco Magmático de Goiás (Pimentel e Fuck, 1992), e finalmente às rochas do Complexo Rio Negro que correspondem a um termo isotopicamente intermediário.

À exceção das já referidas amostras BG-08b e BG-22, as demais amostras da Unidade Bingen apresentam idades modelo paleoproterozóicas (entre 1.8 e 2.2 Ga) as quais superpõem-se claramente às idades modelo mais antigas do Complexo Rio Negro obtidas por Tupinambá (1999), para rochas das séries de alto e médio K2O. As razões altamente radiogênicas verificadas, com idades chegando próximas as do Craton de São Francisco, indicam um componente isotópico de longa residência crustal.

Estima-se que este componente seja decorrente de contaminação crustal por parte de uma massa de rochas mais antiga, de idade paleoproterozóica ou arqueana. Uma contaminação nestes modelos seria possivelmente responsável pela tendência, verificada na química, destas rochas em se deslocarem na direção de campos mais potássicos (sincolisionais).

Dentre as amostras que apresentam idades modelo anômalas em relação as demais, observamos que a amostra BG-08b, de idade mesoproterozóica (ca. 1.53 Ga), também se encaixa muito bem no espectro de idades TDM do Complexo Rio Negro, porém já se localizando mais próxima às idades do Arco Mara Rosa, demonstrando assim um componente isotópico mais próximo do intra-oceânico, ou seja de menor residencia crustal/ contaminação. Endossando esta interpretação, observamos que a amostra em questão apresenta composições mais primitivas, próximas as do Complexo Rio Negro, sendo classificada quimica e petrograficamente como um granodiorito e um tonalito (tabletes tingidos), respectivamente.

Esta e as demais idades obtidas podem ser comparadas as obtidas para o Arco Rio Negro, na fig. 43, onde são apresentadas sobre o histograma de idades do Complexo Rio Negro publicado por Tupinamba et al. (2011).

A amostra BG-22, por sua vez apresenta idade arqueana (2.78 Ga), bastante superior às maiores registradas para o Arco Rio Negro (2.5 Ga). As razoes altamente radiogênicas registradas para esta amostra e sua idade anomalamente maior pode se dever a uma contaminação crustal ainda maior do que a registrada para as demais amostras. Ressalta-se ainda que esta razão, levado-se em conta o maior erro analítico referente a ela, pode ainda apresentar valor condizente com os do Arco Rio Negro.





Conforme pode ser observado na tabela 16, um total de 10 amostras de rocha total provenientes da Unidade Bingen tiveram analisadas suas razões isotópicas 87Sr/86Sr. Estas amostras pertencem todas ao grupo de alto-K₂O.

As razões isotópicas 87Sr/86Sr iniciais, quando calculadas para as idades de cristalização mais novas do Arco Rio Negro (c.a 600 M.a., Tupinambá, 1999), encontram-se distribuídas em 2 intervalos: o primeiro, mais radiogênico, representa a maioria das amostras e exibe valores em torno de 0.712-0.715; o segundo grupo, menos radiogênico, compreende apenas as amostras BG-08b e BG-15, e exibe valores mais intermediários em torno de 0.709-0.707.

AMOSTRA	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr(m)	Std. Err.	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr(i)			
BG-08B	0.717319	0.000003	0.71732			
BG-10	0.721534	0.000005	0.72153			
BG-15	0.726594	0.000004	0.72659			
BG-16B	0.724397	0.000008	0.72440			
BG-17A	0.725779	0.000014	0.72578			
BG-22	0 726406	0.000009	0 72641			
BG-22 BG-254	0 724370	0.000002	0.72437			
BG-34A	0.728151	0.000004	0.72815			
BG-61	0.734659	0.000004	0.73466			
BG-72	0.725786	0.000010	0.72579			

Tabela 16 - Resultados das análises de razões isotópicas de 87Sr-86Sr.

Nota: Erros analíticos absolutos em 2 sigma Fonte: O autor, 2011.

Ainda, a partir dos teores de Rb e Sr obtidos nas analises quimicas, foram calculadas as razões isotópicas de 87Rb / 86Sr, a partir das quais foi realizada a tentativa de traçado de uma isócrona de referência a partir de 6 das amostras estudadas, conforme pode ser observado na fig. 45 (a seguir).

A errócrona resultante desta tentativa (fig. 45), apesar da regressão ruim e do MSWD é altíssimo (2088), apresenta uma razão inicial 87Sr/86Sr de 0.7126, condizente com as calculadas individualmente para as amostras. Uma estimativa grosseira de idade também é apresentada pela mesma (689 \pm 72 Ma).





No diagrama 144Nd/143Nd x 87Sr/86Sr (Mantle Array, fig. 46, Wilson, 1991), que faz uma correlação entre as as razões 144Nd/143Nd e 87Sr/86Sr, podese observar que as amostras da Unidade Bingen mostram grande semelhança isotópica com as amostras da serie de alto-K do Complexo do Rio Negro. A amostra 22 contudo, apresenta uma razão 144Nd/143Nd mais baixa que as demais, separando-se das demais amostras neste diagrama fig 46.



Figura 46 – Diagrama Mantle Array para as amostras do Complexo Rio Negro, Leucogranitos, Batolito Serra dos Órgãos e Unidade Bingen

Fonte: O autor, 2011.

7.3 Discussões da Análise Isotópica

As idades modelo obtidas para a Unidade Bingen apresentam moda principal entre 1.8 e 2.2 Ga. (paleoproterozóicas) superpõem-se claramente às idades modelo mais antigas do Complexo Rio Negro obtidas por Tupinambá (1999) e mostram-se condizentes com as rochas de ambas as series de alto e médio K. Estas razões, altamente radiogênicas, apresentam idades chegando próximas as do Cráton de São Francisco, indicando assim um componente isotópico de longa residência crustal, possivelmente decorrente de contaminação crustal por parte de uma massa de rochas mais antiga, de idade paleoproterozóica ou arqueana. Uma contaminação nestes modelos seria possivelmente responsável pela tendência, verificada na química, destas rochas em se enriquecerem em K₂O, deslocando-se assim na direção dos campos sin-colisionais.

No diagrama Mantle Array (fig. 46) (Wilson, 1991), que faz uma correlação entre as razões 144Nd/143Nd e 87Sr/86Sr, também pode-se observar que as amostras da Unidade Bingen mostram grande semelhança isotópica com as amostras do Complexo do Rio Negro, sobretudo com a série de alto-K, mais evoluída. A isócrona de referencia gerada, apesar do erro analítico muito elevado e da razão inferida de 87Rb/86Sr, apresenta idade de cristalização estimada em 689 \pm 55 Ma., bastante condizente com a descrita para o Arco do Rio Negro (de idade principal de cristalização estimada em c.a. 630 M.a.), e resulta em uma razão inicial 87Sr/86Sr de 0.7126, condizente com as calculadas individualmente para as amostras.

As amostras BG-08b e BG-22 apresentaram componentes isotópicos anômalos, destacando-se por serem, respectivamente, pouco e muito radiogênicas ante as demais. Estas anomalias também podem ser associadas a diferentes níveis de residência crustal, respectivamente associados a menores e maiores contaminações por parte destas amostras.

Por fim, analisando-se os dados isotópicos obtidos neste trabalho para Unidade Bingen, em comparação com os dados presentes na literatura, para o Complexo Rio Negro, observamos boa correlação entre os componentes isotópicos de ambas as unidades.

8 CORRELAÇÕES E COMPARAÇÕES DA UNIDADE BINGEN E ÁREA DE ESTUDO COM O COMPLEXO RIO NEGRO

Neste trabalho foi realizada, a partir dos dados das análises petrográfica, estrutural, litogeoquímica e isotópica Sr-Sr e Sm-Nd, a caracterização da Unidade Bingen. Na tentativa de melhor compreender o contexto no qual se encaixa a unidade Bingen, os para ela obtidos dados foram então comparados aos obtidos por Dias (2008) na área de Santo Aleixo e, mais amplamente, ao Complexo Rio Negro, definido por Tupinambá (1999) na área de Nova Friburgo, Batólito Serra dos Órgãos e demais granitos pós-tectônicos do estado do Rio de Janeiro. O estudo comparativo entre estas unidades revela, de forma sumarizada que:

- a) Na área de estudos, entre xerém e Petrópolis, em termos de composição petrográfica, os gnaisses da unidade Bingen, bem como os da Unidade Santo Aleixo, representam series expandidas, apresentado composições tonalíticas a sienograníticas, enquanto o Complexo Rio Negro é representado por séries mais restritas.
- b) A estruturação da área entre Xerém e Petrópolis, dada durante a deformação Brasiliana, mostra-se condizente com o observado para o resto da Faixa Ribeira, Apresentando estruturação predominantemente NW-SE, dada pelo strike de foliações, eixos de dobras e lineações.
- c) A foliação principal mergulha com ângulos médios para NW, notando-se um fraco desenvolvimento de lineações de baixa obliqüidade. Esta foliação é posterior à cristalização das rochas, uma vez que superpõem-se aos contatos formando altos ângulos, demonstrando assim um caráter pré-colisional, para estas rochas, onde a cristalização das rochas do Arco Magmático do Rio Negro precede a deformação colisional ocorrida no Brasiliano.
- d) A geoquimica da Unidade Santo Aleixo é bastante similar ao do Complexo Rio Negro, ambos apresentando uma série de médio potássio de rochas tonalíticas, throndjemiticas a granodioriticas (TTG), metaluminosas a biotita e hornblenda, ao passo que o quimismo da Unidade Bingen apresenta composições um pouco mais diferenciadas, trantando-se de uma série de alto potássio de rochas de composições granodioriticas a graníticas, metaluminosas a biotita. Este fato se deve a uma tendência antagônica

interessante entre o Complexo Rio Negro e a Unidade Bingen, com o primeiro tendendo empobrecer em K2O enquanto enriquece em Na2O, ao passo que ao ultimo a tendência inversa é observada.

- e) Ambas as Unidades (Bingen e Santo Aleixo) possuem afiliação magmática e ambientação geotectônica semelhantes às do Complexo Rio Negro, apresentando um ambiente convergente pré-colisional do tipo arco vulcânico, de magmatismo sub-alcalino, de tendencia cálcio-alcalina, metaluminoso a biotita e hornblenda. É notada contudo na Unidade Bingen uma tendência em suas amostras se deslocarem na direção de campos mais potássicos, aproximando-se nos diagramas geotectônicos dos campos sin-colisionais.
- f) Nota-se nas amostras da Unidade Bingen uma tendência de enriquecimento em TiO2 e P2O5 e alguns elementos menores com relação ao Complexo Rio Negro, com a primeira mostrando-se nestes diagramas mais similares aos granitos-pós tectônicos e batólito da Serra dos Órgãos.
- g) Ao compararmos ambas as razões medidas, 144Nd/143Nd e 87Sr/86Sr, pode-se observar que as amostras da Unidade Bingen mostram grande semelhança isotópica com as amostras da serie de alto-K do Complexo do Rio Negro.
- h) Visto que o componente isotópico é um indicador petrogenetico bastante confiável, uma vez que as razões isotópicas de uma rocha tendem a se manter inalteradas mesmo quando esta é submetida a eventos que alteram a composição química, como fusão parcial e/ou assimilação, apesar de mostratem químicamente mais evoluídas, as rochas da Unidade Bingen apresentam componente isotópico similar as rochas série de alto-K do Complexo Rio Negro demonstrando assim ser cogeneticamente relacionadas a estas.
- i) A Unidade Bingen, contudo mostra-se levemente mais radiogênica em relação ao Complexo Rio Negro, com idades TDM chegando próximas ás do Cráton do São Francisco, indicando assim um componente isotópico de longa residência crustal, possivelmente decorrente de contaminação crustal.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se então, que as rochas ortognaissicas das Unidades Bingen e Santo Aleixo representam respectivamente os termos mais e menos evoluídos de uma serie magmáticamigmática e que podem ser incluídas, sustentando-se em dados químicos, petrográficos, estruturais e isotópicos, no Complexo Rio Negro. Salienta-se ainda que estes podem possuir fontes magmáticas e processos evolutivos diferentes, visto que o complexo possui grande extensão areal e, dessa maneira, sua formação incluiu a subducção de diversas rochas diferentes, resultando em variados tipos magmáticos com evoluções semelhantes porém fontes distintas.

Interpreta-se ainda que no contexto do Arco Rio Negro, as rochas da Unidade Bingen corresponderiam aos produtos finais gerados pelo mesmo durante o final da etapa de subducção e inicio da etapa colisional Brasiliana. Estas rochas teriam sofrido assim, durante seu emplacement na crosta, contaminação por parte da placa superior. Contaminação esta que seria responsável por sua química de assinatura tendendo ao sincolisional, e também pelo seu componente isotópico levemente mais radiogenico em relação ao observado para o Complexo Rio Negro.

Por fim, indica-se ainda, para um melhor entendimento das unidades Bingen e Santo Aleixo, e suas relações com o Complexo Rio Negro, a realização de estudos geocronológicos visando o estabelecimento das idades de cristalização dessas unidades para correlação com a evolução conhecida do arco magmático.

REFERÊNCIAS

ALLÉGRE, C. 2008. Isotope Geology. Cambridge University Press, 512p. ALMEIDA J.C.H., TUPINAMBÁ M, HEILBRON M., TROUW R. 1998. Geometric and kinematic analysis at the Central Tectonic Boundary of the Ribeira belt, Southeastern Brazil, In: SBG, Congr. Bras. Geol., 39, Anais, p. 32.

BARBOSA, M.L.A. & GROSSI SAD, H.J. 1985. Batólito granítico da Serra dos Órgãos, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. In: SBGM, 1985.p.49-61.

BARD, J.P., 1986. Microtextures of Igneous and Metamorphic Rocks. Springer; Netherlands; 264 pp.

BATCHELOR, R.A. & BOWDEN, P. 1985. Petrogenetic interpretation of granitoid rock series using multicationic parameters, Chemical Geology, vol.48, pp.43-55.

BERTOTTI, A. L. 2005. Metodologia Samário/Neodímio: Uma abordagem analítica simplificada e alguns exemplos aplicativos. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil.

BOYTON, W.R. 1984. Boynton W.R. 1984. Cosmochemistry of the rare earth elements meteorite studies. In P. Henderson (ed) Rare Earth Element Geochemistry. pp.63-114. Elsevier, Amstredan.5.

CAMPOS NETO, M. C. & FIGUEIREDO, A. M. H. 1995. The Rio Doce Orogeny, Southeastern Brazil. J.S.Am Earth Sci. 8 (2), 143-162.

CAMPOS NETO, M. da C. 2000. Orogenic systems from Southwestern Gondwana: an approach to Brasiliano - Pan African Cycle and orogenic collage in Southeastern Brazil. In: Cordani, U.G. (ed.) Tectonic evolution of South America. Rio de Janeiro, p.335-365.

CHAVES, E. A. P. 2009. Caracterização geológica, petrográfica, e geoquímica do Granito São Pedro em Lumiar, região Serrana do estado do Rio de Janeiro. Monografia de Graduação em Geologia, IG-UFRG, 45p. Rio de Janeiro.

DE LA ROCHE, H., LETERRIER, J., GRANDCLAUDE, P. & MARCHAL, M. (1980). A classification of volcanic and plutonic rocks using R1R2-diagram and major element analyses – its relashionships with current nomenclatures. Chemical Geology, 29 (3/4): pp.183-210.

DIAS, D. A. 2008. Caracteristicas de campo e petrografia da Unidade Santo Aleixo em sua localidade tipo, Dissertação de Mestrado, Faculdade de Geologia, Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Brasil.

DICKIN, A. P. 2005. Radiogenic isotope Geology. Cambridge University Press, 492p.

DRM (Departamento de Recursos Minerais-RJ) 1977a. Mapa geológico do estado do Rio de Janeiro, baseado em imagens MSS do satélite Landsat - 1. Texto explicativo, Niterói, 41 p. Convênio DRM/INPE

DRM, 1995. Integração das Folhas Geológicas 1:50.000 do Estado do Rio de Janeiro na escala 1:400.000, DRM, Niterói, mapa.

FALCÃO, T.C.;ROCHA E SILVA, V.G.M; VALERIANO, C.M. 2008. Evolução da Tectônica Rúptil na Escarpa da Serra do Mar na Área entre Xerém e Petrópolis. 17^a SEMIC. UERJ

FALCÃO, T.C. 2008. Evolução da tectônica rúptil na Serra do Mar entre Xerém e Petrópolis. Monografia de Graduação em Geologia, UERJ, 90p. Rio de Janeiro

FERNANDES, G. A., 2001 Geologia do terreno Oriental da Faixa Ribeira na Baía da Ilha Grande, Litoral Sul-Fluminense, RJ. Dissertação de Mestrado, UERJ, Rio de Janeiro

FONSECA, M.J.G. 1998. Mapa Geológico do Estado do Rio de Janeiro, Escala 1:400000, texto explicativo. Rio de Janeiro, DNPM/MME, 141p

GOOGLE. 2008. Google Earth, version 4.0 (beta): free satellite's image software. Disponível em: http://earth.google.com/intl/pt/. Acessado em 02/06/2008 e 14/12/2008.

GUIMARÃES, M. T. 1999. Geologia, Petrografia e Geoquimica do Complexo. Granítico Mangaratiba - Conceição de Jacareí, RJ. – UFF, Dissertação de Mestrado, 155p. HEILBRON M., TUPINAMBÁ M., ALMEIDA J.C.H., VALERIANO C.M., VALLADARES C.S., DUARTE B.P. 1998. New constraints on the tectonic organization and structural styles related to the Brasíliano collage of the central segment of the Ribeira belt, SE Brazil. In: SBG, International Conference on Basement Tectonics, 14, Ouro Preto, Extended Abstracts, 15-17.

HEILBRON M. 1993. Evolução tectono-metamórfica da seção Bom Jardim de Minas (MG) - Barra do Piraí (RJ). Setor Central da Faixa Ribeira. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 268 pp.

HEILBRON, M. & MACHADO, N. 2003. Timing of Terrane Accretion in the Neoproterozoic-Eopaleozoic RIbeira Orogen (SE Brazil). Precambrian Res. 125 (1-2): 87-112.

HEILBRON M., MOHRIAK W., VALERIANO C.M., MILANI E., ALMEIDA J.C.H. & TUPINAMBÁ M. 2000. From collision to extension: the roots of the southeastern continental margin of Brazil. In: Talwani and Mohriak (Editors) Atlantic Rifts and Continental Margins, 354 p. America Geophysical Union, Geophysical Monograph Series, V 115:1-34

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, V., Bartorelli, A., Carneiro, C.D.R., e Brito-Neves, B.B., eds, Livro Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida: São Paulo, Editora Beca, primeira edição, 647p.

HEMBOLD, P.; VALENÇA, J. G. & LEONARDOS JR., D. H. 1965. Mapa geológico do estado da Guanabara. DNPM, Rio de Janeiro.

HELMBOLD, R. 1975. Erster prakambrischer Nephelinsyenit in Sudamerika: ein Biotit Litchfieldit bei Rio de Janeiro, Brasilien. Geologica et Paleontologica, Marburg, 9: 3-30.

IRVINE, T.N. & BARAGER, W.R.A. 1971. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks, Canadian Journal of Earth Sciences, vol.8, pp.523-548.

JUNHO, M.C.B. 1982. Geologia, petrografia e geoquímica preliminar do granito de Teresópolis, RJ. Rio de Janeiro, 90 p. Tese (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

JUNHO, M. C. B. 1991. Contribuição à petrologia dos maciços graníticos da Pedra Branca, Frades e Nova Friburgo, Rio de Janeiro. Tese de doutorado. Instituto de Geociências, UFRJ, 198 p.

JUNHO, M. C. B. 1992. Granitóides brasilianos na região central do estado do Rio de Janeiro. In: congresso brasileiro de Geologia, 37, São Paulo, Bol. Resumos Expandidos... São Paulo, SBG., p.398-400.

JUNHO M. C. B. 1993. Granitóides Brasilianos da Região Central do Rio de Janeiro: Geoquímica Preliminar. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 65(2): 162-179.

KOSINOWSKI, M.H.F. 1982. MSONRM, a FORTRAN program for the improved version of mesonorm calculation, Computers & Geosciences, vol.8, no.1, pp.111-20.

LE MAITRE R.W. (ed.), 1989. A Classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms, Blackwell, Oxford, 193 pp.

LE MAITRE, R.W. 2002. Igneous rocks: a classification and glossary of terms. (Reccommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks). 2 ed. Cambridge University Press, Cambridge, 236p.

LUDKA, I. P., MENDES, J. C., PENHA, H. M., BELMONTE, S. & ALMEIDA, T. (2006) – Considerações geoquímicas e idade U-Pb do Granito Parati, sul do estado do Rio de Janeiro. In XLIII Congresso Brasileiro de Geologia, Aracaju. Anais, v.1 p.253.

MACHADO FILHO, L. & GOMES, B. S. (1972). Zonas Migmatogenicas da Serra dos Órgãos, An. Acad . Bras. Cienc.,44 (2), p p 259/2 6 2. MACHADO FILHO, L.; RIBEIRO, M.; GONZALES, S.R.; SCHENINI, C.A.; SANTOS NETO, A.; PALMEIRA, R.C.; PIRES, J.L.; TEIXEIRA, W.; CASTRO, H.E.F. 1983. Geologia das folhas Rio de Janeiro (SF 23/24) escala 1:1.000.000, mapa e texto explicativo. RADAM Brasil- MME, Rio de Janeiro, 780p. MANIAR P. D. & PICCOLI, P. M. 1989. Tectonic discrimination of granitoids, Geological Society of America Bulletin, vol.101, pp.635-643.

MATOS G.M.M., FERRARI P.G., CAVALCANTE J.C. 1980. Projeto Faixa Calcária Cordeiro-Cantagalo. Relatório Final, texto e mapas geológicos, Belo Horizonte, CPRM, 620 pp.

MENDES, J. C., JUNHO, M. B., GHIZI, A. 2002. – Geology and geochemistry of granitic and dioritic rocks of the São Josë do Ribeirao intrusive massif, mountain region of Rio de Janeiro State, Brazil. Revista Universidade Rural, Série Ciências Exatas e da Terra, v.21 n.2, 2002, p.0-11.

MOHRIAK, W. U. Recursos Energéticos Associados à Reativação Tectônica Mesozóico-Canozóica da América do Sul. In: Virgino Mantesso-Neto; Andrea Bartorelli; Celso Dal Ré Carneiro; Benjamin Bley de Brito Neves. (Org.). Geologia do Continente Sul Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. 1ª ed. São Paulo: Beca Produções Culturais Ltda., 2004, v. I, p. 293-319.

NILMER, E. 1979. Climatologia do Brasil. Rio de Janeiro. IBGE, 422p. nº4.

O'CONNOR, J. T. 1965. A classification for quartz-rich igneous rocks based on feldspar ratios. In: US Geological Survey Professional Paper B525. USGS, 79–84.

PEARCE, J.A.; HARRIS N.B.W.; TINDLE, A.G. 1984. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks, Journal of Petrology, vol.25, pp.956-983.

PENHA, H. M.; FERREIRA, A. L.; RIBEIRO, A.; AMADOR, E.S.; PENTAGNA, F.; JUNIOR, N.C.B.; BERNEER, T.L. – 1979 – Projeto Carta Geológica do Rio de Janeiro, Folha Petrópolis, Relatório final e mapa, DRM, Niterói.

PENHA, H. M., FERRARI, A. L., RIBEIRO, A., AMADOR, E.S., PENTAGNA, F. V. P. JUNHO, M. C. B E BRENNER, T. L. 1980. A Geologia da Folha Petrópolis. Anais do XXXI Congresso Brasileiro de Geologia, Camboriú, v. 5: 2965-2974.

PINTO, C.P. (Coord.), 1980. – Projeto Carta Geológica do Rio de Janeiro, Folhas Anta, Duas Barras, Teresópolis e Nova Friburgo, Relatório final e mapa, DRM, Niterói.

PIRES F.R.M. ; VALENÇA, J., RIBEIRO, A, 1982. Multistage generation of granite in Rio de Janeiro, Brazil, Anais da Academia Brasileira de Ciências, 54 (3) 563-574.

PIRES, F.R.M. & HEILBRON, M. 1989. Estruturação e estratigrafia dos gnaisses do Rio de Janeiro, RJ. In: I Simpósio de Geologia do Sudeste, Rio de Janeiro, 1989. Boletim de Resumos..., Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Geologia - Núcleos RJ/SP, p. 149-150, 1989.

PIRES, F.R.M.; HEILBRON, M. E SILVA. P.C.F. 1986. Polimetamorfismo em gnaisses do Rio de Janeiro. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 34, Goiania, Anais, v. 3: 1451-1462.

PIRES, F. R. M. ; VALENÇA, J. ; HEILBRON, M. . Geologia da Cidade do Rio de Janeiro. In: Neide Carvalho Monteiro; Tania Maria Ferreira Targino.. (Org.). Atlas Escolar da Cidade do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Secretaria Municipal de Educação, 2000, v. , p. 20-20.

PORTO JR, R. 2004. Petrogenese das Rochas do Complexo Granitico da Pedra Branca, Rio de Janeiro, Tese de Douturado. IG-UFRJ. 250p.

PROJETO RADAMBRASIL 1983. Folhas SF23/24 Rio de Janeiro/Vitória. Rio de Janeiro, Levantamento de Recursos Naturais, vol.32, 775p.

PUGET, A.J.P. & PENHA, H.M. 1980. Granitos da região de Ipiranga, RJ. Considerações geoquímicas e petrológicas. In: SBG, CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31, Balneário de Camboriú. Anais, 4: 2215-2230.

REIS, A. P. & MANSUR, K.L. 1995. Sinopse Geológica do Estado do Rio de Janeiro – Mapa Geológico 1:400.000. DRM-RJ, 104 pág.

ROCHA_E_SILVA, V. G. M; FALCÃO; VALERIANO, C.M. 2008. Evolução Estrutural do Complexo Rio Negro na Área entre Xerém e Petrópolis. 17ª SEMIC. UERJ

ROCHA_E_SILVA, V. G. M., 2009, A Unidade Bingen e Suas Relações com o Complexo Rio Negro, na área Compreendida entre Xerém e Petrópolis, RJ Monografia de Graduação em Geologia, UERJ, 104p. Rio de Janeiro.

ROLLINSON, H.R., 1993, Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation, Longman, UK. 352 pp. [Co-published by J. Wiley & Sons. Inc. in the USA]. IBSN 0 582 0 6701 4. Reprinted 1994, 1995, 1996, 1998. Printed in Chinese 2000.

ROSIER, G. F., 1957 – A geologia da Serra do Mar, entre os picos de Maria Comprida e do Desengano (Estado do Rio de Janeiro). DGM – DNPM/MME, Boletim 166, 58p.

SCHAFFER, W.B.; PROCHNOW, M. 2002. A Mata Atlântica e Você. Brasília, APREMAVI. 155p.

STRECKEISEN, A 1976. To each plutonic rock its proper name, Earth-Science Reviews, vol.12, pp.1-33.

TEIXEIRA, A. G. P. 2010. Estudos geoquímicos comparativos de granitos tardi apóscolisionais do segmento central do Orógeno Ribeira no estado do Rio de Janeiro. Monografia de Graduação em Geologia, IG-UFRG, 49p. Rio de Janeiro.

TUPINAMBÁ M., HEILBRON M., OLIVEIRA A., PEREIRA A.J., CUNHA E.R.S.P., FERNANDES G.A., FERREIRA J., CASTILHO G., TEIXEIRA W. 1996. Complexo Rio Negro - uma unidade estratigráfica relevante no entendimento da evolução da Faixa Ribeira. In: SBG, Congr. Bras. Geol., 39, Anais, vol. 6, p. 104-106.

TUPINAMBÁ M., TEIXEIRA W., HEILBRON M., BASEI M. 1998. The Pan-African/Brasiliano arc-related magmatism at the Costeiro Domain of the Ribeira Belt, southeastern Brazil: new geochronological and lithogeochemical data. In: UFOP, International Conference on Basement Tectonics Association, 14, Ouro Preto, 1998. Abstracts..., Ouro Preto, p. 12-14.

TUPINAMBÀ M. 1999. Evolução tectônica e magmática da Faixa Ribeira na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro. São Paulo, IGc-USP, Tese Dout., 221 p.

TUPINAMBÁ, M; HEILBRON, M.; TEIXEIRA, W. 2003. O Batólito da Serra dos Órgãos, Estado do Rio de Janeiro, Brasil - Considerações acerca da origem de sua foliação e sobre a forma estratóide de corpos plutônicos na crosta média. In: IX Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos e III International Symposium on Tectonics, 2003, Búzios, RJ. Extended Abstracts of IX Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos e III International Symposium on Tectonics, 2003. v. 1. p. 235-237.

TUPINAMBÁ M.; TEIXEIRA W., HEILBRON M. 2000. Neoproterozoic western Gondwana assembly and subduction-related plutonism: the role of the Rio Negro Complex in the Ribeira Belt, southeastern Brazil. Revista Brasileira de Geociências, 30(1): 7-11.

TUPINAMBÁ, M., HEILBRON M. 2002. Reconstituição da fase pré-colisional neoproterozóica da Faixa Ribeira: O arco magmático e as bacias de ante-arco e retro-arco do Terreno Oriental. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 41, João Pessoa, 2002. Anais..., João Pessoa, p. 345.

TUPINAMBÁ, M.; HEILBRON, M.; VALERIANO, C. M.; PORTO JR, R.; DIOS, F. B.; MACHADO, N.; EIRADO, L. G.; ALMEIDA, J. C. 2011. Juvenile contribution of the Neoproterozoic Rio Negro Magmatic Arc: Implications for Western Gondwana Amalgamation.

UNRUG R. 1997. Rodinia to Gondwana: the geodynamic map of Gondwana supercontinent assembly. GSA Today 7(1):1-6.

VALERIANO, C.M.; HEILBRON, M.; TUPINAMBÁ, M.; SEIBEL, R., 2010. Sm-Nd isotope characteristics of the Neoproterozoic orthogneisses of the Serrada Bolivia Complex, Rio de Janeiro State, Brazil: tectonic implications for the pre-collisional evolution of the central Ribeira belt. In VII SSAGI South American Symposium on Isotope Geology. Brasília, 25th-28th July 2010.

VALLADARES, C. S. ; MACHADO, N. ; HEILBRON, M. ; GAUTHIER, G. 2004. Ages of detrital zircon from siliciclastic successions south of the São Francisco Craton, Brazil: implications for the evolution of Proterozoic basin.. Gondwana Research, Japão, v. 7, n. 4, p. 913-921, 2004.

WILSON, M., 1991. Igneous petrogenesis. A global tectonic approach. Harper Collins Academic (Ed.), Londres. 466p.

YARDLEY, B. W. D, 1989. An introduction to metamorphic petrology / Bruce W.D. Yardley. Harlow, Essex, England : Longman Scientific & Technical ; New York : Wiley, 1989.

YARDLEY, B. W. D. 1990, Atlas of metamorphic rocks and their textures / B.W.D. Yardley, W.S. MacKenzie, and C. Guilford. Harlow, England : Longman Scientific & Technical ; New York : Wiley, 1990.

ZIMBRES E. 1987. Prospecção com Bateia no Maciço Alcalino de Canaã e Adjacências, Município de Duque de Caxias, RJ. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 67p.

ZORITA, M.E. & PENHA, H.M. 1980. Geoquímica das rochas graníticas da região de Suruí, Magé, RJ. In: SBG, CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31, Balneário de Camboriú. Anais, 4: 2391-2399.