



Dois eventos de magmatismo máfico mesozóico na fronteira Brasil-Guiana, escudo das Guianas: ênfase à região do rifte Tacutu-North Savannas

N.J. Reis¹, P. Szatmari², J.R. Wanderley Filho³, D. York⁴, N.M. Evensen⁴ & P.E. Smith⁴

1 Serviço Geológico do Brasil – SGB – Manaus, reis@ma.cprm.gov.br

2 PETROBRAS – CENPES, szatmari@petrobras.com.br

3 PETROBRAS – Manaus, jwand@petrobras.com.br

4 University of Toronto, Dept. of Physics, Toronto, Canada, evensen@physics.utoronto.ca

Abstract Two events of Mesozoic mafic igneous activity in the Guiana Shield at the Brazil-Guyana border, focus on the Tacutu – North Savannas rift - Dolerite dykes and basalt flows of the Guiana Shield have been the object of numerous geochronological studies in Venezuela, Brazil, Guyana, Surinam and French Guiana. A large volume of K-Ar analyses of samples during the 60's and 70's was essential to distinguish the Mesozoic and Proterozoic igneous events. Most of the ages obtained are Mesozoic, although a small number ranges from Ordovician through Permo-Triassic. Integrating the results of Ar-Ar analyses of Mesozoic dykes in the Guiana Shield and Roraima with those of Central Atlantic Magmatic Province, it was demonstrated that the peak of igneous activity was at 200 Ma in the Late Triassic. The study, however, considered only the dykes, without extending to the age of the basalt flows in the Tacutu – North Savanna Rift. In order to consolidate the age relationship between these two igneous events in that part of Roraima, an andesite sample from the rift was dated by Ar-Ar analysis (stepwise heating by laser). The resulting showed two plateaus, respectively of 149.5 Ma (lower temperature) and 153.5 Ma (high temperature), both younger than the dykes. Historically, both dykes and flows were included under the term “Apoteri”. We propose here to restrict this designation to the flows and use the term “Taiano Dolerite” to designate the dyke swarm.

Keywords: Tacutu, Mesozoic, Roraima, Guiana Shield, Ar-Ar geochronology.

INTRODUÇÃO - As rochas do escudo das Guianas têm servido de palco às múltiplas correlações geológicas com o substrato do Oeste Africano (McConnell *et al.* 1966, Hurley *et al.* 1967, McConnell & Williams 1970, May 1971, Ledru & Milési 2001, dentre outros), cujos estudos encontram-se em bases da tectônica modeladora de ambos continentes sul-americano e africano (pré-rompimento do supercontinente Pangea), da distribuição de importantes províncias minerais, da amplitude cronométrica de seus eventos orogênicos e evolução de bacias e da instalação de enxames de diques máficos mesozóicos como parâmetros paleomagnéticos à deriva continental.

Os modelos propostos e que envolvem a estruturação e evolução dos escudos das Guianas e Oeste Africano têm sugerido lineamentos permanentes e ativos sobre o manto, refletidos como padrões de deslocamento sobre a crosta continental (por exemplo, McConnell 1969), servindo de condutos às manifestações máficas do Mesozóico, em grande parte representadas por intrusões discordantes do tipo dique, associadas à ruptura da porção sul do Atlântico Norte (Berrangé & Dearnley 1975, dentre outros).

No Escudo das Guianas, os diques máficos mesozóicos extrapolam os limites das bacias

paleozóicas do Amazonas e Solimões e têm merecido atenção ao entendimento do quadro de evolução do Cráton Amazônico.

Os diques e derrames correlatos têm servido de fonte a numerosos estudos geocronológicos na Venezuela, Brasil, Guiana, Suriname e Guiana Francesa, cuja intensificação de determinações isotópicas K-Ar (rocha total, plagioclásio, piroxênio) ao longo das décadas de 60 e 70, revelou-se de importância na distinção entre aqueles mesozóicos e proterozóicos (Priem *et al.* 1968). A maior parte desses valores estabelecidos ao Fanerozóico posicionaram-se no Mesozóico, conquanto alguns poucos valores apresentaram dispersão no Ordoviciano e Permo-Triássico.

O RIFTE TACUTU-NORTH SAVANNAS O rifte Tacutu-North Savannas localiza-se na porção central do Escudo das Guianas (Fig. 1), estendendo-se com direção NE-SW por cerca de 300 km e apresentando 30 a 50 km de largura. Corresponde a uma área aproximada de 11.200 km² em ambos territórios brasileiro e guianense. Encontra-se preenchido por 6.000 de metros de basaltos e rochas sedimentares, reunidos por Snelling & Berrangé (1970) e Berrangé (1973) no Grupo Rewa.

A bacia revela conformação de um meio-gráben (Eiras & Kinoshita 1988) e registra evolução em fases de rifte ativo, rifte passivo e pós-rifte (Santos 1986). A fase de rifte ativo tem início com o magmatismo basáltico e sedimentação. A fase de rifte passivo registra um quadro tectono-sedimentar e a fase pós-rifte corresponde ao período de aquiescência tectônica.

O limite sul do rifte é formado pelas montanhas Kanuku, Guiana, e Três Serrinhas, Roraima, enquanto que o limite norte revela sistemas de falhas ENE recobertos pelas formações neógenas Boa Vista e Areias Brancas (Reis *et al.* 2001) a sul do *front* da serra Marari-Memória, em Roraima, e face sul das montanhas Makarapan, Guiana.

Embora o rifte não se estenda além da confluência dos rios Essequibo e Rupununi, um sistema de falhas prolonga-se através da fronteira Guiana-Suriname e articula-se com falhas NE das montanhas Bakhuis no Suriname (McConnell 1969). A extensão e subsidência mesozóicas ao longo do eixo da bacia Berbice, têm sido consideradas por McConnell (1969) como uma evidência de um braço abortado do mecanismo de junção tríplice.

Algumas evidências de deslocamento sinistral e rotação ao longo da extensão do eixo NE-SW no Amazonas e Cadeia Andina foram discutidas por Szatmari (1983) em termos da Faixa de Dobramento Juruá. A bacia extensional Tacutu-North Savannas responde pela reativação do Domínio Guiana Central

(Costa *et al.* 1991, Reis & Fraga 2000, Reis *et al.* 2003), cuja extensão no terreno engloba áreas de Roraima, Guiana e Suriname.

A unidade basáltica confinada ao rifte repousa descontinuamente sobre o embasamento metamórfico da suíte Rio Urubu (Fraga *et al.* 1999) no Brasil e indiferenciado Complexo Kanuku (Berrangé 1977) na Guiana, mantendo porém, relações concordantes com as rochas sedimentares sobrejacentes. O rifte encontra-se em grande parte recoberto por uma sedimentação pleistocênica relacionada às contíguas formações Boa Vista (Roraima) e North Savannas (Guiana).

Rochas cataclásticas (prévios milonitos K'Mudku) na proximidade dos limites da bacia, foram inferidas ao evento distensivo mesozóico. O modelo consignado para o sistema Tacutu - North Savannas foi amplamente controlado pela geometria das zonas de cisalhamento com caráter de cavalgamento e de rampas laterais do Domínio Guiana Central (Costa *et al.* 1991).

O QUADRO MAGMÁTICO MESOZÓICO - A terminologia “Formação Apoteri” foi empregada por Ramgrab *et al.* (1972) em Roraima em concordância a *Apoteri Andesitic Formation* estabelecida na Guiana para andesitos do rifte North Savannas (Barron 1966), cabendo a Montalvão *et al.* (1975) a inclusão de diques de diabásio na unidade.

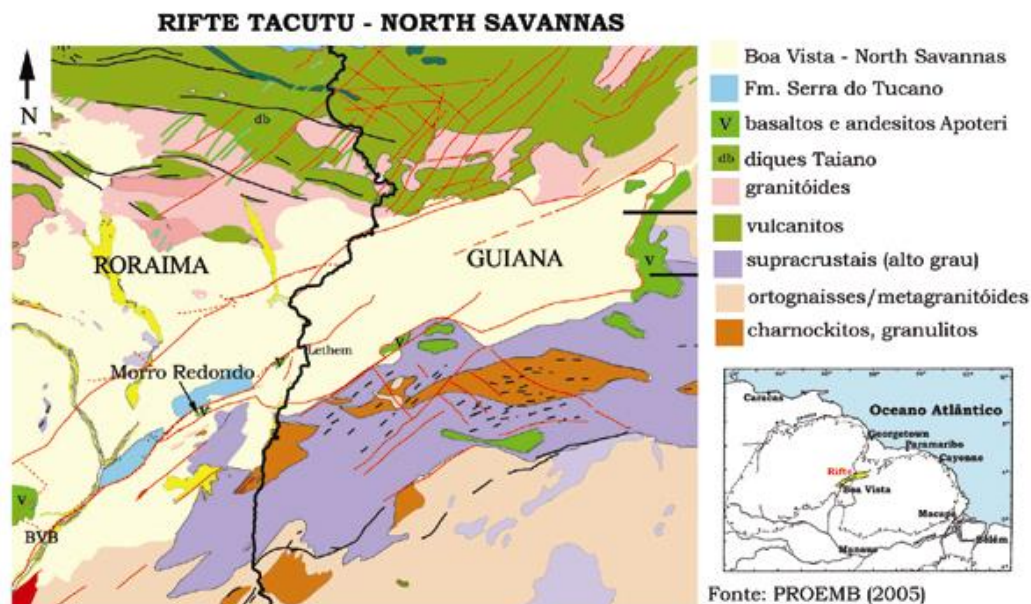


Figura 1. Área de localização do rifte Tacutu – North Savannas



Outras hierarquias estratigráficas como “suíte básica” e “complexo vulcânico” foram empregadas respectivamente por Melo *et al.* (1978) e Reis & Araújo (1999) para reunir diques e derrames. Berrangé & Dearnley (1975) relataram para o magmatismo gerador dos diques mesozóicos no escudo uma resposta a movimentos distensivos superimpostos à crosta continental por meio de movimentos do manto superior, anterior e durante o mecanismo de desmembramento do piso oceânico do Atlântico Norte (May 1971).

Essa fase foi acompanhada por um evento de maior amplitude e profundidade, denominado de *Takutu Episode* (Singh 1972), resultando em subsidência por falha do rifte Tacutu-North Savannas e extrusão de basaltos e sedimentação. As rochas sedimentares estão reunidas em cinco principais formações, cujos 100 metros superiores encontram-se com registro palinológico do Jurássico Superior ao Cretáceo Inferior (Van der Hammen & Burger 1966).

Seções sísmicas ao longo do rifte apontam para uma distribuição uniforme e uma espessura em torno de 1.500 metros para o vulcanismo Apoteri, conferindo, desse modo, seu estabelecimento à fase inicial de rifte ativo (Santos 1986). No poço Lethem 1 da Guiana, Crawford *et al.* (1984) descreveram intercalações de rochas sedimentares com camadas basálticas de topo.

No Domínio Surumu, no setor oriental de Roraima (Fraga & Reis 2002) os enxames de diques seccionam com direção NE as vulcânicas Surumu e granitos das suítes Pedra Pintada e Saracura em arranjo estrutural regional francamente E-W. Na região da serra Orocaima, os diques têm direção E-W enquanto que o dique Taiano, alguns quilômetros à oeste de Boa Vista constitui a área-tipo.

PROCEDÊNCIA E ANÁLISE – A amostra de andesito analisada (sigla NR-210D), é proveniente do morro Redondo, na porção brasileira do rifte Tacutu-North Savannas (Fig. 1, coordenadas 3° 11' 39.4" N e 60° 09' 46.8" W). Nos primeiros 40 metros do morro, a partir de sua base, aflora rocha andesítica, afanítica, acinzentada, com vesículas esverdeadas e preenchimento por sílica. A atitude do estrato é N60W/30NE e superfícies de falhas aparecem em N15-30E, sub-verticais (210A-B). Nos 80 metros superiores (210C-E), o andesito torna-se mais quartzoso, sendo comuns vesículas com preenchimento de quartzo hialino e epidoto.

A rocha foi submetida à análise geocronológica pela Universidade de Toronto, Canadá, utilizando-se medição dos isótopos de argônio em rocha total por aquecimento *step-heating*. Na Fig. 2 a idade integrada é de 149,5±0,3 Ma, com os *steps* dividindo-se em dois

platôs. Nos *steps* 3 a 6, cerca da metade (48%) do ^{39}Ar foi consumido à temperaturas mais baixas, proveniente de material pobre na razão Ca/K e forneceu uma idade de 144,7±0,3 Ma. O restante do ^{39}Ar (50,9%) revela um platô um pouco mais irregular e forneceu uma idade de 153±0,9 Ma, proveniente do material mais rico na razão Ca/K. As duas idades podem representar fases de vulcanismo consecutivo. Nas Figs. 3 e 4 as razões Cl/K e Ca/K foram acrescidas de modo a auxiliar na interpretação.

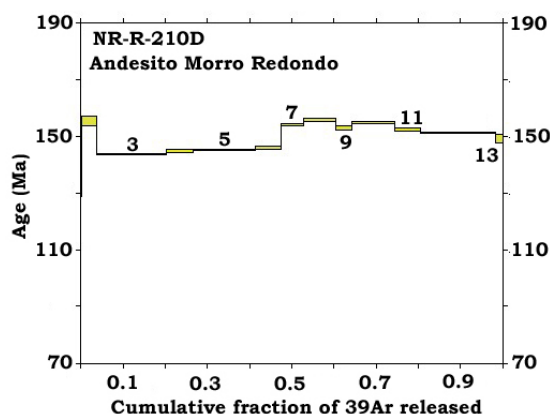


Figura 2. Idades Ar-Ar dos platôs em 144.7 e 153 Ma.

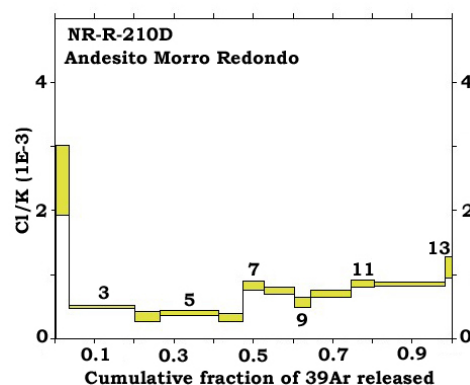


Figura 3. Razão Cl/K

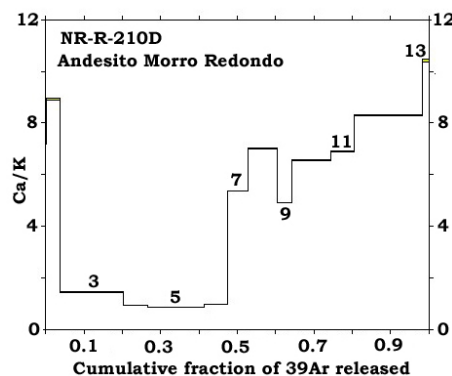


Figura 4. Razão Ca/K



ESTABELECIMENTO MAGMÁTICO

APOTERI E TAIANO De acordo com Reis & Araújo (1999), os diques mesozóicos da porção oriental de Roraima são tholeiíticos e revelam comportamento químico de magmatismo continental (sílica 48-56%, $TiO_2 > 1\%$, MgO 2-8%, Al_2O_3 12-17% e álcalis 2-6%). O andesito NR-210D tem mineralogia em plagioclásio e augita, além de vesículas preenchidas por carbonato, clorita, zeólitas e minerais opacos. Sua química revela caráter cálcio-alcalino e relação $Al_2O_3/Fe_2O_3 + FeO$ inferior a 2, compatível com rochas vulcânicas anorogênicas (Middlemost 1985). Ainda, elevado conteúdo em FeO^* e TiO_2 e $CaO + MgO$ (entre 12 e 20%) semelhante aos derrames continentais e basaltos modernos. O Nb, Zr e Y são comparáveis aos basaltos intraplaca e do tipo N-MORB. O comportamento dos ETR normalizados ao condrito (Sun 1982) evidencia empobrecimento dos ETR totais e discreta anomalia negativa de Eu.

Por muito tempo os diques máficos mantiveram correspondência com o Permo-Triássico e cujos valores determinados pelo método K/Ar vieram revelar característica perda em argônio como fator de rejuvenescimento isotópico. Idades mais antigas e ordovicianas (450-480 Ma) foram obtidas para diques da Guiana (Snelling & McConnell 1969), Venezuela (Bellizzia 1972) e entorno da bacia Tacutu (Amaral *et al.* 1970, Mandetta 1970).

No entanto, Hargraves (1978) demonstrou que os diques a sul da Guiana e com idades K-Ar paleozóicas apresentavam paleopolos relacionados ao Mesozóico, sugerindo que os valores mais antigos evidenciariam excesso em argônio e similar comprometimento isotópico. Marzoli *et al.* (1999) ao integrarem os resultados Ar-Ar provenientes de diques mesozóicos do Escudo das Guianas àqueles da CAMP (Central Atlantic Magmatic Province) obtiveram ápice para o magmatismo em 200 Ma (Rhaetiano).

Fizeram parte desse grande acervo, amostras de diabásio da porção oriental de Roraima, não contemplando, contudo, amostras de basaltos/andesitos do interior do rifte Tacutu-North Savannas, uma bacia cuja evolução ocorreu em tempos do Mesozóico e cuja instalação relaciona-se à reativação do Domínio Guiana Central - DGC, uma extensa faixa de rochas de alto grau metamórfico com direção NE-SW que atravessa Roraima, Guiana e Suriname (Costa *et al.* 1991, Reis & Fraga 2000, Reis *et al.* 2003).

No entanto, um informe verbal (Ernesto H.) sobre a existência de um valor Ar-Ar em 135 Ma

proveniente de um basalto da serra Nova Olinda, na proximidade de Boa Vista, possibilitou Reis *et al.* (2005) a postularem para os derrames um posicionamento estratigráfico mais jovem do que aquele conhecido para os diques.

De modo a consolidar a relação temporal entre ambos magmatismos naquela porção de Roraima, procedeu-se, neste estudo, à análise pelo método Ar/Ar (*step-heating*) de um andesito do morro Redondo, no interior do rifte, tendo sido obtido dois platôs em torno de $149,5 \pm 0,3$ Ma e $153 \pm 0,9$ Ma que descortinam uma diferença em torno de 50 Ma entre os magmatismos máficos geradores dos diques de diabásio e dos derrames basálticos e andesíticos.

Historicamente ambos os produtos magmáticos vinham sendo reunidos sobre a designação “Apoteri” de Barron (1966), sendo mantido neste estudo para representar apenas os derrames do Tithoniano-Kimmeridgiano no interior do rifte e propondo-se a designação de “Diabásio Taiano” para reunir o enxame de diques do Rhaetiano que afloram com direções NE-SW a E-W na porção oriental de Roraima e cujo principal dique estende-se na região Mucajaí – Taiano por 122 km. Desse modo, confirma-se uma idade neo-cretácea para o início da sedimentação do rifte por meio da deposição dos folhelhos e siltitos da Formação Manari (Crawford *et al.* 1984).

CONSIDERAÇÕES O magmatismo intrusivo Taiano ocorrente fora do domínio do rifte Tacutu-North Savannas antecedeu o derrame Apoteri em um período de tempo de aproximadamente 50 Ma e pode registrar uma primeira fase de manifestação magmática pré-rifte. O rifte sucessor foi amplamente controlado pela geometria das zonas de cisalhamento com caráter de cavalgamento e de rampas laterais do DGC (Reis *et al.* 2000) e cujo acervo estrutural conduz à atuação de um evento deformacional compressivo heterogêneo (Costa *et al.* 1991, Fraga 1999).

O magmatismo basáltico e sedimentação integram a fase de rifte ativo sendo acompanhados por uma fase pós-rifte e de quiescência tectônica (Santos 1986). Alguns corpos alcalinos foram estabelecidos em torno de 100 Ma no interior do DGC. As idades palinológicas obtidas por Van der Hammen & Burger (1966) para os 100 metros superiores de sedimentação do rifte apontam para o intervalo Jurássico Superior a Cretáceo Inferior e cujo resultado geocronológico Ar-Ar obtido para o derrame Apoteri revela concordância. .



Referências

- AMARAL G., RAMGRAB G.E., MANDETTA P., DAMIÃO R.N. 1970. Determinações Geocronológicas e Considerações sobre a Estratigrafia do Pré-Cambriano na Porção Setentrional do Território de Roraima. In: SBG, Congr. Bras. Geol., 24, Brasília, *Anais*, 1
- BARRON C.N. 1966. Notes on the Stratigraphy of Central British Guiana. In: Conf. Geol. Interguianas, 6, Belém, PA. *Anais*: 121-126
- BELLIZZIA C.M. 1972. Paleotectonica del Escudo de Guayana. In: Conf. Geol. Interguianas, 9, Puerto Ordaz, *Memoria*, 6: 251-305
- BERRANGÉ J.P. & DEARNLEY R. 1975. The Apoteri Volcanic Formation: Tholeiitic Flows in the North Savannas Graben of Guyana and Brazil. *Geol. Rundsch.*, 64 (3): 883-899
- BERRANGÉ J.P. 1977. The Geology of Southern Guyana, South America. *Inst. Geol. Sci. Overseas Memoir*, 4, 112 p.
- COSTA J.B.S., PINHEIRO R.V.L., REIS N.J., PESSOA M.R., PINHEIRO S. da S. 1991. O Hemigráben do Tacutu, uma Estrutura Controlada pela Geometria do Cinturão de Cisalhamento Guiana Central. *Geociências*, 10: 119-130
- CRAWFORD F.D., SZELEWSKI C.E., ALVEY G.D. 1984. Geology and Exploration in the Takutu Graben of Guyana. *Oil & Gas Journal*, 5: 122-129
- EIRAS J.F., KINOSHITA E.M., FEIJÓ F.J. 1994. Bacia do Tacutu. *Boletim de Geociências de Petróleo Brasileiro S.A*, Rio de Janeiro, 8 (1):83-89.
- FRAGA L.M.B., ARAÚJO R.V. de, HADDAD R.C. 1999. Suíte Metamórfica Rio Urubu. In: CPRM (ed.), *Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Roraima Central, Folhas NA.20-X-B e NA.20-X-D (integrals), NA.20-X-A, NA.20-X-C, NA.21-V-A e NA.21-V-C (parciais). Escala 1:500.000. Estado de Roraima*. Superintendência Regional de Manaus, Capítulo 3 - 3.5.
- FRAGA L.M. & REIS N.J. 2002. The Calc-Alkaline Volcano-Plutonism in the Northern Roraima State, Guiana Shield: Implications for the Uatumã Event Concept and Geotectonic Significance. In: Simp. Vulc. Amb.Assoc., 2, Belém, PA, *Anais*: 15
- HARGRAVES R.B. 1978. Problems in paleomagnetic synthesis illustrated by results from Permo-Triassic dolerites in Guyana. *Phys. Earth Planet Int.* 16: 277-284
- HURLEY P.M., ALMEIDA F.F.M. de, MELCHER G.C., CORDANI U.G., RAND J.R., KAWASHITA K., VANDOROS P., PINSON JR. W.H., FAIRBAIRN H.W. 1967. Test of Continental Drift by Comparison of Radiometric Ages. *Science* 157: 495-500
- LEDRU P. & MILÉSI J.P. 2001. The Geology and Metallogeny of French Guiana and the Links with West Africa. In: N.J. Reis & M.S.Monteiro (eds.), *Contribuição à Geologia da Amazônia*, v.2, SBG/Núcleo Norte, 450 p.
- MANDETTA P. 1970. *Datações geocronológicas de rochas do Território Federal de Roraima*. Belém, DNPM, 14p., Inédito
- MARZOLI A., RENNE P.R., PICCIRILLO E.M., ERNESTO M., BELLINI G., DE MIN A. 1999. Extensive 200-Million-Year-Old Continental Flood Basalts of the Central Atlantic Magmatic Province. *Science*, 284: 616-618
- MAY P.R. 1971. Pattern of Triassic – Jurassic Diabase Dykes around the North Atlantic in the Context of Predrift Position of the Continents. *Bull. Geol. Soc. Am.*, 82: 1285 – 1291
- MCCONNELL R.B., MASSON S.D., BERRANGÉ J.P. 1966. Geological and Geophysical Evidence for a Rift Valley in the Guiana Shield. *Geol. Mijnbouw*, 48: 189-200
- MCCONNELL R.B. 1969. The Relationship Between Fundamental Fault Zones in Continental Crust and the Axes of Atlantic Spreading. *Bull. Geol. Soc. Am.*, 80: 1775-1782
- MCCONNELL R.B. & WILLIAMS E. 1970. Distribution and Provisional Correlation of the Precambrian of the Guiana Shield. In: Guiana Geol. Conf., 8, Georgetown, Guiana. *Proceedings*: 1-20
- MELO A.F.F. de, SANTOS A.J., CUNHA M.T.P., CAMPOS M.J., D'ANTONA R.J. de G. 1978. *Projeto Molibdênio em Roraima*, Relatório Final. Manaus. DNPM/CPRM, v. I-A e B. il.
- MIDDLEMOST E.A.K. 1985. *Magmas and magmatic rocks*. London, New York: Longman, 258 p. (Reprint Orig. Publ.)
- MONTALVÃO R.M.G. de, MUNIZ M.C., ISSLER R.S., DALL'AGNOL R., LIMA M.I.C., FERNANDES P.E.C.A., SILVA G.G. 1975. Geologia da Folha NA.20-Boa Vista e parte das folhas NA.21 - Tumucumaque, NB.20 - Roraima e NB.21. In: BRASIL, DNPM. Projeto RADAMBRASIL. *Cap. I - Geologia*. Rio de Janeiro. (Levantamento de Recursos Naturais, 8)
- PRIEM H.N.A., BOELRIJK N.A.I.M., HEBEDA E.H., VERSCHURE R.H. 1968. Isotopic age determinations on Surinam rocks, 3. Proterozoic and Permo-Triassic basalt magmatism on the Guiana Shield. *Geol. en Mijnbouw*, 47: 17-20
- REIS N.J. & ARAÚJO, R.V. de 1999. Complexo Vulcânico Apoteri. In: CPRM (ed.), *Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Roraima Central, Folhas NA.20-X-B e NA.20-X-D (integrals), NA.20-X-A, NA.20-X-C, NA.21-V-A e NA.21-V-C (parciais). Escala 1:500.000. Estado de Roraima*. CPRM. Superintendência Regional de Manaus, Capítulo 3 - 3.15
- REIS N.J. & FRAGA L.M.B. 2000. Geologic and tectonic Framework of Roraima State - Guiana Shield. In: Int. Geol. Congr., 31, Rio de Janeiro, *Expanded Abstract*
- REIS N.J., FARIA M.S.G. de, MAIA M.A.M. 2001. O Quadro Cenozóico da Porção Norte-Oriental do Estado de Roraima. In: E.L. KLEIN, M.L. VASQUEZ & L.T. da ROSA-COSTA (eds.) *Contribuição à Geologia da Amazônia*, v.3, SBG/Núcleo Norte, p. 259-272.
- REIS N.J., FRAGA L.M., FARIA M.S.G. de, ALMEIDA M.E. 2003. Geologia do Estado de Roraima, Brasil. In:



- BRGM (ed) *Geology Of France and Surrounding Areas – Special Guiana Shield*. No. 2-3-4, p. 121-134.
- REIS N.J., FARIA M.S.G., ALMEIDA M.E., OLIVEIRA M.A., 2005. Folhas NA.20-Boa Vista e NB.20-Roraima. In: SCHOBENHAUS C., GONÇALVES J.H., SANTOS J.O.S., ABRAM M.B., LEÃO NETO R., MATOS G.M.M., VIDOTTI R.M., RAMOS M.A.B., JESUS J.D.A. de (eds.). *Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, Sistema de Informações Geográficas - SIG*. Programa Geologia do Brasil. CPRM, Brasília. Edição 2004. CD-ROM
- SANTOS A.M.B. dos 1986. *Evolução Geológica da Bacia de Tacutu (Território Federal de Roraima)*. Manaus, Petrobrás/Denoc, Relatório SIEX 131.57000
- SINGH S. 1972. The Tectonic Evolution of that portion of the Guiana Shield represented in Guyana – An Evaluation of the Present Status of Investigations and Correlations across the Guiana Shield. In: Cong. Bras. Geol., 26, Belém, Pará, 22 p. [Unpublished preprint].
- SNELLING N.J. & MCCONNELL R.B. 1969. The geochronology of Guyana. *Geol. Mijn.*, **48**: 201-213
- SUN S.S. 1982. Chemical composition and origin of the Earth's primitive mantle. *Geochem.Cosmochim.Acta*, **46**: 179- 192.
- SZATMARI P. 1984. Tectonismo da faixa de dobramentos do Juruá. In: Simp. Amaz., 2, Manaus, DNPM, *Anais*. p. 117-128
- VAN DER HAMMEN T. & BURGER D.P. 1966. Pollen flora and the Takutu formation (Guyana). *Leidsche Geol. Med., Leiden*, **38**: 173-180.