

Origem, significado petrogenético e idade dos ortognaisses Terra Nova: registro de magmatismo alcalino transtensional neoproterozoico no domínio da zona transversal da província Borborema

Haroldo Monteiro Lima¹
Valderez Pinto Ferreira¹
Edilton José dos Santos²
Márcio Martins Pimentel³
Lauro César Montefalco
de Lira Santos⁴

¹Universidade Federal de Pernambuco
Departamento de Geologia
Centro de Tecnologia e Geociências, UFPE
C.P. 7852, Recife, PE-50670-000, BR
haroldogeologo@gmail.com / valderez@ufpe.br

²Serviço Geológico do Brasil
Superintendência Regional de Recife
CPRM-SUREG/RE
Recife, PE, BR
edilton.santos@cprm.gov.br

³Instituto de Geociências
Universidade de Brasília - UnB
Campus Universitário Darcy Ribeiro
Brasília, DF, BR
marcio@unb.br

⁴Universidade Federal de Campina Grande
Unidade Acadêmica de Geologia e Mineração,
UFGG
Campina Grande, PB, BR.
lauromontefalco@gmail.com

Resumo

Ortognaisses sieníticos de Terra Nova ocorrem encaixados na Faixa Feira Nova do Complexo Vertentes, no extremo leste do terreno Rio Capibaribe da Província Borborema, Nordeste do Brasil. Os ortognaisses ocorrem como intrusões tabulares dobradas por tectônica transcorrente relacionada à atividade da zona de cisalhamento brasileira de Glória de Goitá, que separa o embasamento paleoproterozoico da faixa Feira Nova. Composicionalmente as rochas variam de álcali-feldspato sienito a álcali-feldspato granito exibindo bandas máficas de aegirina-augita e magnetita que se alternam com bandas ricas em ortoclásio e rara albita. Quimicamente são rochas peralcalinas a ligeiramente peraluminosas, com razões FeO/MgO e Ga/Al e concentrações Zr, Nb, Ce e Y típicas de granitóides anorogênicos derivados de manto litosférico. Altas razões Rb/Sr (até 100), por outro lado, sugerem fonte na crosta. Os padrões de elementos terras raras (ETR) normalizados em relação ao condrito mostram enriquecimento de ETR leves em relação aos ETR pesados e forte anomalia negativa de Eu sugerindo fracionamento de feldspato, compatível com as variações interelementares Rb, Sr e Ba, e Rb/Sr vs. Sr/Ba. Diagramas discriminantes de ambiente tectônicos são sugestivos de ambiente pós-colisional a intra-placa. Datação U-Pb em zircão revelou a idade de cristalização dos ortognaisses sieníticos de $617 \pm 8,8$ Ma, sugerindo a existência de um evento transtensional ediacarano no Domínio Transversal da Província Borborema.

Palavras-chave: sienito alcalino, granitos tipo A, regime transtensional

Abstract

The Terra Nova syenitic orthogneiss is intrusive into the Feira Nova fold belt of the Vertentes Complex, eastern Rio Capibaribe Terrane of the Borborema Province, northeastern Brazil. The orthogneisses occurs as tabular intrusions that have been folded by transcurent tectonics related to the Glória do Goitá shear zone, which limits the paleoproterozoic basement and the Feira Nova fold belt. The rock is banded alkali-feldspar syenite to alkali-feldspar granite, in which mafic bands are composed of aegirine-augite and magnetite, while the felsic ones are composed of orthoclase and minor albite. The rock is chemically peralkalic to slightly peraluminous, showing high FeO/MgO and Ga/Al ratios that together with concentrations of Zr, Nb, Ce and Y suggest it is lithospheric mantle-derived A1-type anorogenic granitoids. Chondrite-normalized rare earth element (REE) patterns show enrichment of light REE compared with the heavy REE suggests LREE enrichment in relation to HREE with pronounced negative Eu anomaly, suggestive of feldspar fractionation. This is also compatible by interelemental variations of Rb, Sr and Ba, as well as Rb/Sr vs. Sr/Ba. Tectonic setting discriminating diagrams indicate that the syenites have been emplaced in a post-collisional to within-plate tectonic setting. Isotopic data U-Pb zircon dating an indicated crystallization age the syenogranitic orthogneiss of around 617 ± 8.8 Ma, suggesting an transtensional ediacaran event in the Transversal Zone Domain of the Borborema Province.

Key words: Alkalic syenite; A-type granites; Transtensional regime.

1. INTRODUÇÃO E CONTEXTO GEOLÓGICO

A Província Borborema (PB) situa-se na região Nordeste do Brasil, sendo definida como um mosaico de faixas, maciços e lineamentos estruturados durante a orogênese Brasileira no final do Neoproterozóico (Almeida *et al.* 1977, Van Schmus *et al.* 1995;1998). Segundo Almeida *et al.* (1977) esta província limita-se ao sul pelo Cráton do São Francisco, ao oeste pela Bacia do Parnaíba, a norte e a leste pelas bacias sedimentares costeiras. A PB (Figura 1) é dividida em cinco domínios tectônicos, que são do norte para o sul: Médio Coreáú, Ceará Central, Rio Grande do Norte, Domínio da Zona Transversal e Domínio Meridional (Brito Neves *et al.* 2000; Santos *et al.* 2000).

O Domínio da Zona Transversal ocorre na porção central da província, sendo interpretado por alguns autores como resultado da colagem de terrenos que foram amalgamados durante os eventos orogênicos Cariris Velhos (ca. 1,0 a 0,95 Ga) e Brasileiro (ca. 650 a 520 Ma) (Santos & Medeiros, 1999; Medeiros 2004; Santos *et al.* 2010, 2015). Entretanto, a natureza do evento orogênico Cariris Velhos e eventos de colagem de terrenos tem sido constantemente contestado por diversos autores, tais como Guimarães *et al.* (2012) e Neves *et al.* (2015), sendo ainda tema de intenso debate pela comunidade científica. O Domínio da Zona Transversal seria composto de quatro terrenos tectonoestratigráficos: Piancó-Alto Brígida, Alto Pajeú, Alto Moxotó e Rio Capibaribe segundo Santos & Medeiros (1999) e Santos *et al.* (2010, 2015).

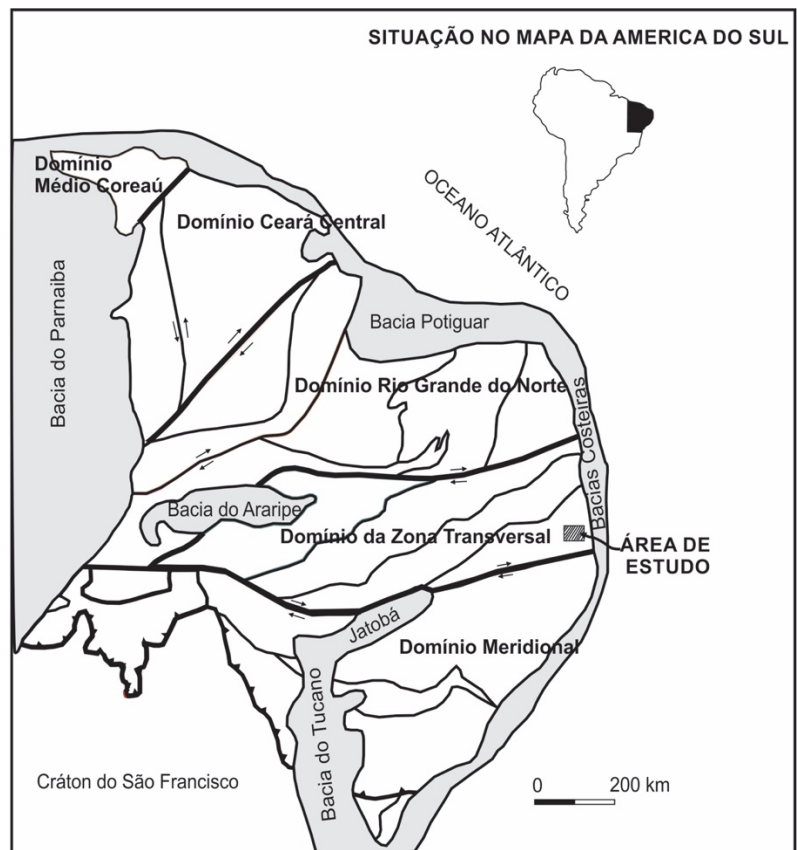
O Terreno Rio Capibaribe é limitado pela zona de cisalhamento Congo-Cruzeiro do Nordeste (ao norte e noroeste) e pela zona de cisalhamento Pernambuco ao sul, sendo caracterizado regionalmente por um embasamento gnáissico-migmatítico Paleoproterozóico e uma série de faixas de rochas supracrustais neoproterozoicas (Barbosa, 1990; Rocha, 1990; Santos *et al.* 2000; Brito Neves *et al.* 2013). Diversas manifestações plutônicas intrudem essas sequências

2. FEIÇÕES DE CAMPO E PETROGRAFIA

Os ortognaisses Terra Nova são intrusivos na porção metavulcanossedimentar central do Complexo Vertentes (Gomes, 2000), denominada de faixa Feira Nova por Lima (2011). Através do mapeamento detalhado e análise estrutural identificou-se que esses corpos ocorrem como intrusões tabulares, dobradas e arqueadas devido ao efeito de tectônica transcorrente Brasileira, impressa por todo o Terreno Rio Capibaribe (Figura 2). Os afloramentos são escassos e

supracrustais, cujo significado petrológico e geotectônico são pouco conhecidos. O exemplo melhor conhecido desse magmatismo corresponde ao Complexo Anortosítico de Passira de idade estateriana (Accioly, 2000). De acordo com esta autora, este complexo e granitóides adjacentes registram um importante evento anorogênico na região. Outro exemplo de intrusão de idade similar corresponde ao augen gnaisse da Serra de Taquaritinga, descrita como uma manifestação de magmatismo intra-placa, cuja idade é de 1,52 Ga (Sá *et al.* 1997). Na região de Feira Nova (PE), destaca-se a Faixa homônima, que é caracterizada pela ocorrência de rochas metassedimentares e metavulcanossedimentares, encaixantes de rochas metaplutônicas pouco conhecidas (Lima, 2011). A Faixa Feira Nova é ladeada por dois blocos paleoproterozoicos, denominados de Carpina e São Lourenço, os quais são formados por ortognaisses migmatizados riacianos-orosirianos, plútons graníticos, enxame de diques máficos e o complexo gabro-anortosítico de Passira (Barbosa, 1990; Lima, 2011). De caráter intrusivo na Faixa Feira Nova, ocorrem diversos ortognaisses, com destaque para o Terra Nova (Figura 2), cujas características geológicas e petrográficas preliminares foram expostas por Barbosa & Rocha (1990). De acordo com esses autores, essas rochas seriam caracterizadas pela presença de piroxênio e anfibólio alcalinos, sugestivos de magmatismo alcalino. A raridade deste tipo de magmatismo no Domínio da Zona Transversal e a carência de estudos de detalhe nessas rochas, são os principais fatores motivadores para o desenvolvimento do presente trabalho (Neves *et al.*, 2015) O objetivo do presente trabalho é apresentar dados de petrografia, química mineral e litogeoquímica referentes à petrogênese e significado tectônico dos ortognaisses alcalino Terra Nova, além de idade U-Pb em zircão desta suíte, buscando contribuir para a evolução do conhecimento do Terreno Rio Capibaribe.

apresentam rochas deformadas com bandamentos regulares milimétricos a centimétricos, cujas bandas máficas chegam a 2 cm de largura em alguns locais. Os ortognaisses apresentam granulação média a grossa, com foliação bem desenvolvida, (Figuras 3A e B) de baixo ângulo (Figuras 3C e D) mergulhando para SE com direção geral NE-SW, e lineação de estiramento mineral de alta obliquidade conferida pela orientação dos minerais máficos.



LEGENDA

- | | |
|-----------------------------------|-------------------------------------|
| ■ COBERTURA FANERUZÓICA | ↔ ZONA DE CISLHAMENTO CONTRACIONAL |
| □ TERRENOS DA PROVÍNCIA BORBOREMA | ↔ ZONA DE CISLHAMENTO TRANSCORRENTE |
| | — LIMITE DE TERRENO |

Figura 1: Esboço da Província Borborema (modificada de Santos *et al.* 2000) subdividida em domínios tectonoestratigráficos com a localização da área de estudo no âmbito do domínio da Zona Transversal.



LEGENDA

- | | |
|---|---|
| ■ Cobertura Fanerozóica | ■ Complexo gnáissico-migmatítico |
| ■ Ortognaisses sieníticos a álcali-feldspato graníticos (Ortognaisses Terra Nova) | ▲▲ Zona de cisalhamento contracional de Paudalho |
| ■ Muscovita-biotita ortognaisse leucocrático (Ortognaisse Açudinho) | ↔ Zona de cisalhamento transcorrente sinistral de Glória do Goitá |
| ■ Complexo Metavulcanossedimentar (Complexo Vertentes) | — Falha fotointerpretada |
| ■ Complexo Metanortosítico (Complexo de Passira) | ↔ Traço do plano axial com indicação de caimento do eixo |
| | ≡ Traço de superfície S fotointerpretada |
| | ● Povoado |

Figura 2: Mapa da área de estudo e as principais unidades enfatizando os ortognaisses de Terra Nova, no terreno Rio Capibaribe, província Borborema.

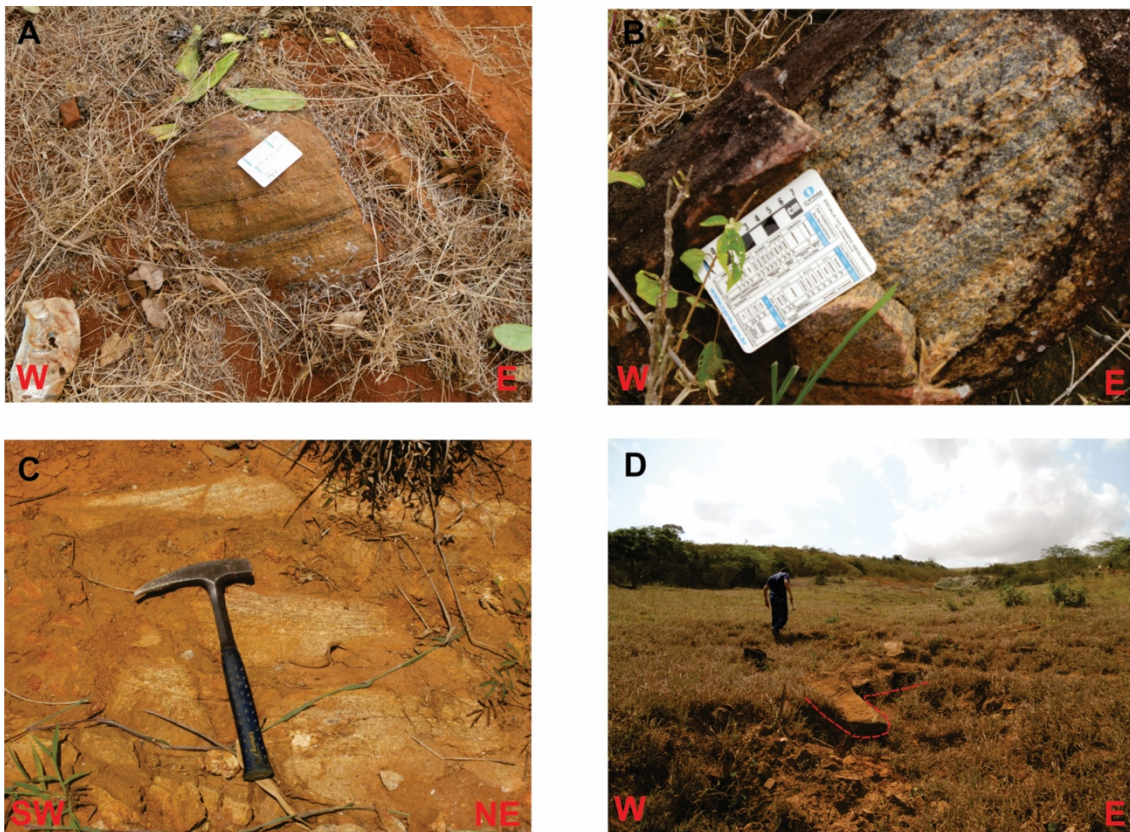


Figura 3: (A) Ortognaisse sienítico a álcali-feldspato granítico de Terra Nova de coloração creme, granulação variando de média a grossa, exibindo minerais máficos orientados. (B): bloco menos alterado do ortognaisse sienítico de Terra Nova exibindo bandamento regular; a banda de coloração cinza é conferida por minerais máficos e opacos. A banda de coloração creme é formada predominantemente por feldspato potássico. (C e D) Bancos de ortognaisses sieníticos de Terra Nova (tracejado vermelho) exibindo foliação de baixo ângulo.

Os ortognaisses apresentam, petrograficamente, textura granoblástica e correspondem à metassienitos a meta-álcali-feldspato granitos. Os minerais presentes são: feldspato alcalino (50-70%), piroxênio alcalino (8%), plagioclásio (2~7%), anfibólio alcalino (2%), apatita (2%), minerais opacos (3%), zircão (2%) e quartzo (3-25%) (Figura 4, Figura 6A). Os feldspatos potássicos ocorrem como cristais deformados de microclina, de 0,2 a 3,0 mm, com formas predominantemente anédricas, exibindo, em algumas partes, baixo grau de sericitização e presença de intercrescimentos micropertíticos. Os cristais de plagioclásio apresentam formas subédricas à anédricas exibindo extinção ondulante e eventualmente geminação deformada. Além disso, os cristais de feldspato ocorrem bastante fraturados, algumas vezes cominuidos, com preenchimento das fraturas por material de alteração como hematita e limonita resultantes da alteração de piroxênios. O piroxênio pertence à série da aegirina-augita, e ocorre como cristais prismáticos a irregulares com cerca de 2 mm em média, orientados preferencialmente de acordo com a foliação. A forma de ocorrência dos

piroxênios alcalinos associados aos anfibólios, nos interstícios de feldspatos, indica provavelmente a sua segregação em bandas. O piroxênio pode ocorrer totalmente ou parcialmente alterado, com bordas ou clivagens corroídas pela dissolução com o líquido silicático. Os cristais de anfibólios foram microscopicamente genericamente como anfibólio alcalino, e ocorrem associados ou intercrescidos com aegirina-augita. Os cristais de apatita são subédricos e apresentam-se dispersos, e em geral, inclusos na microclina. Os minerais opacos possuem formas irregulares, ocorrem associados aos piroxênios e anfibólios alcalinos ou em agregados em torno de 1 mm e podem ser ilmenita ou titano-magnetita. Quartzo apresenta-se predominantemente anédrico, preenchendo os interstícios de microclina, localmente ocorre em faixas que podem ser de infiltração com intensa extinção ondulante, localmente cominuidos ou apresentando recristalização dinâmica juntamente com os cristais de feldspato, sugerindo intenso processo deformacional. Os cristais de zircão, em geral, mostram-se bem formados e inclusos na microclina, fase mineral mais abundante dos ortognaisses sieníticos.

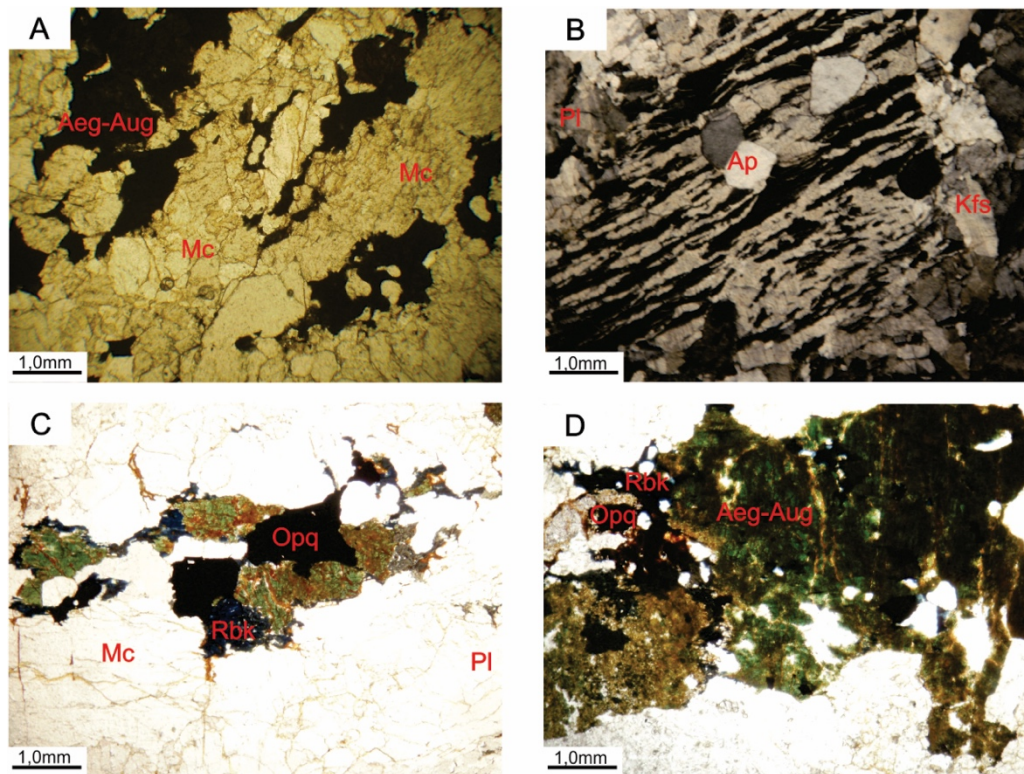


Figura 4: Fotomicrografias dos ortognaisses sieníticos a álcali-feldspato graníticos de Terra Nova. **(A)** textura granoblástica e foliação denunciada pela orientação dos cristais de aegirina-augita (Aeg-Aug) numa matriz feldspática (Mc-microclina), (nicóis paralelos com objetiva de 5X). **(B)** Microclina com textura micropertítica com inclusão de apatita (Ap). (nicóis cruzados com objetiva de 5X). **(C)** Cristais de aegirina-augita alterado para óxido/hidróxido de ferro e associado com riebeckita (Rbk) e minerais opacos (Opq) numa matriz feldspática, (nicóis paralelos com objetiva de 5X). **(D)** Detalhe do processo de alteração da aegirina-augita (Aeg-Aug) para riebeckita (Rbk) e associada com minerais opacos (Opq), (nicóis paralelos com objetiva de 5X). **Abreviação:** **Aeg-Aug**-aegirina-augita, **Mc**-microclina, **Ap**-apatita, **Pl**-plagioclásio, **Kfs**-feldspato potássico e **Opq**-minerais opacos.

3. QUÍMICA MINERAL

Quatro amostras representativas foram analisadas quimicamente através da técnica de microsonda eletrônica. Os minerais escolhidos para serem analisados foram feldspatos e piroxênio alcalino, as fases mais abundantes. As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Microsonda Eletrônica do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. As

composições químicas dos minerais foram obtidas com a microsonda eletrônica. JeolTM modelo JXA-8600S e sistema de automação Voyager 3.6.1 da NoranTM. As condições analíticas empregadas foram 15KeV, 20nA e 1-5µm para a voltagem de aceleração, corrente e diâmetro do feixe eletrônico, respectivamente.

3.1 Feldspato

Foram analisados quatorze pontos nos feldspatos livres de processo de alteração, dos quais nove foram realizados em feldspatos potássicos e cinco em plagioclásios. Nessas análises foram incluídos bordas e núcleos dos cristais (Tabela 1). Os dados obtidos foram recalculados nas formulas estruturais na base de 32 átomos de oxigênios e representados em diagramas com o auxílio das planilhas Microsoft Excel 2010 e do programa MinPet 2.02 (Richard,1995). Os teores de ortoclásio analisados variam em média de

94% a 96% e plagioclásio sódico (albita) de 89% a 91%. Os dados quando projetados no diagrama Ab:Na:Or proposto por Deer *et al.* (1963) indicam basicamente a predominância de dois tipos de composição de feldspatos; um que cai no campo da albita, e outro no campo do ortoclásio, (Figura 5A). Os dados demonstraram composições químicas relativamente homogêneas dos feldspatos potássicos e plagioclásio albítico, sem significativas variações de composições do núcleo para a borda.

3.2 Piroxênios

Foram analisados quatro pontos no total (dois no centro e dois na borda) de grãos de

clinopiroxênio alcalino. Os resultados indicam que não há variação composicional significativa,

caracterizando sua homogeneidade química (Tabela 2). Os dados revelaram teores de FeO em torno de 27%, SiO₂ em torno de 52%, Na₂O e CaO com valores médios elevados em torno de 7% e valores baixo de Al₂O₃ e K₂O, implicando no seu consumo no começo da cristalização para a formação de feldspatos alcalinos. A fórmula padrão dos piroxênios, M₂M₁T₂O₆, segue regras rígidas e definidas para a alocação dos cátions. Seguindo esta regra para a classificação dos

piroxênios, os dados foram recalculados com formula estrutural baseada em seis átomos de oxigênios e quatro cátions, segundo a classificação de Morimoto *et al* (1988). De acordo com os diagramas de classificação, os piroxênios presentes nos ortognaisses são cálcico-sódicos e correspondem à solução sólida da aegirina-augita (Ca,Na)(R²⁺,Fe³⁺)Si₂O₆, legitimando os dados petrográficos, (Figura 5B).

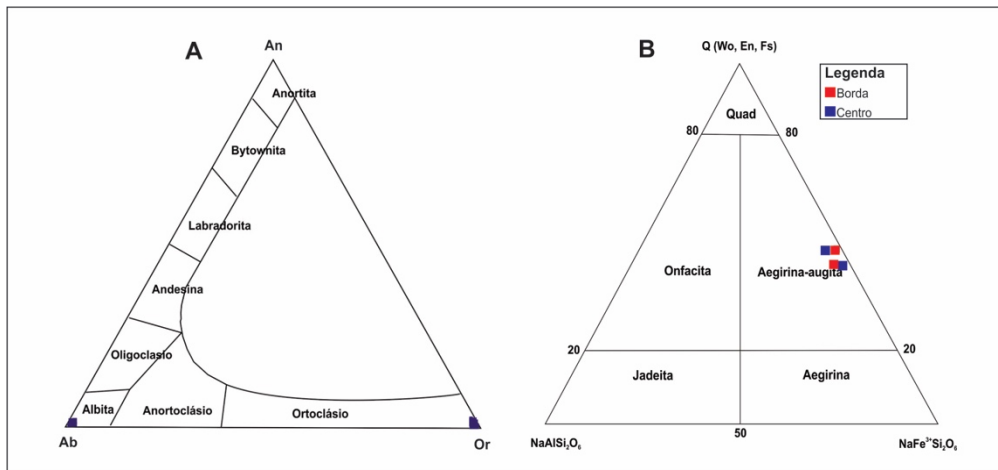


Figura 5: (A): Diagrama Ab:Na:Or para classificação dos feldspatos proposto por Deer *et al.* (1963). (B) Diagrama de classificação dos piroxênios Ca-Mg-Fe e Na, por Morimoto (1988). O quadrilátero corresponde aos piroxênios de Ca-Mg-Fe. Os piroxênios estudados são caracterizados como pertencentes à série da aegirina-augita.

4. LITOGEOQUÍMICA E CLASSIFICAÇÃO TECTÔNICA

As análises químicas para elementos maiores, traços e terras raras foram realizadas no laboratório de Fluorescência de raios-X, NEGLABISE do departamento de Geologia da Universidade Federal de Pernambuco e complementadas no SGS GEOSOL laboratório Ltda com os métodos de ICP-OES e ICP-MS aplicados aos elementos que não foram detectados na fluorescência de raios-X. Os resultados das análises podem ser observados na Tabela 3. Os minerais normativos foram calculados através da planilha Excel de autoria de Hollocher (2005) e estão representados na Tabela 4.

A composição mineralógica normativa dos ortognaisses Terra Nova revelou presença significativa de quartzo normativo (Q) entre 10 e 43%, classificando essas rochas como supersaturadas em sílica. Os feldspatos alcalinos são representados por ortoclásio normativo (Or) de 29%, e albita normativa (Ab) de 35% que, juntamente com a acmita normativa (Ac) média de 3,7%, confirma o caráter peralcalino do ortognaisse conforme indica os dados petrográficos. Os teores de ferro na forma de hematita normativa (Hm), chegando à média de 7,2% e titanita normativa (Tn), média de 0,4% em

algumas amostras são elevados. Este fato pode ser explicado por processos relacionados de intemperismo químico ou à presença de minerais opacos como magnetita e hematita.

Os ortognaisses apresentam composição sienítica a granítica quando plotados no diagrama TAS (Álcalis Total vs Sílica), segundo Cox *et al.* (1979), com as subdivisões das séries de rochas alcalinas e subalcalinas de Miyashiro (1978) aplicados as rochas plutônicas (Wilson, 1989). No diagrama R1-R2, proposto por De La Roche *et al.* (1980), os dados projetam-se entre os campos de sienito a granitos alcalinos (Figura 6B). O diagrama normativo de O'Connor (1965) e modificado por Barker (1979) para rochas plutônicas indicam composição exclusivamente granítica (Figura 6C). A classificação quanto à saturação em alumina usando o índice de Shand, segundo as proporções molares de Al/(Na+K) vs. Al/(Ca+Na+K), os ortognaisses estudados são classificados como peralcalinos à levemente peraluminosos (Figura 6D). Segundo o diagrama de Frost *et al.* (2001), as rochas apresentam forte tendência alcalina com predominância de granitos do tipo A (Figura 8B).

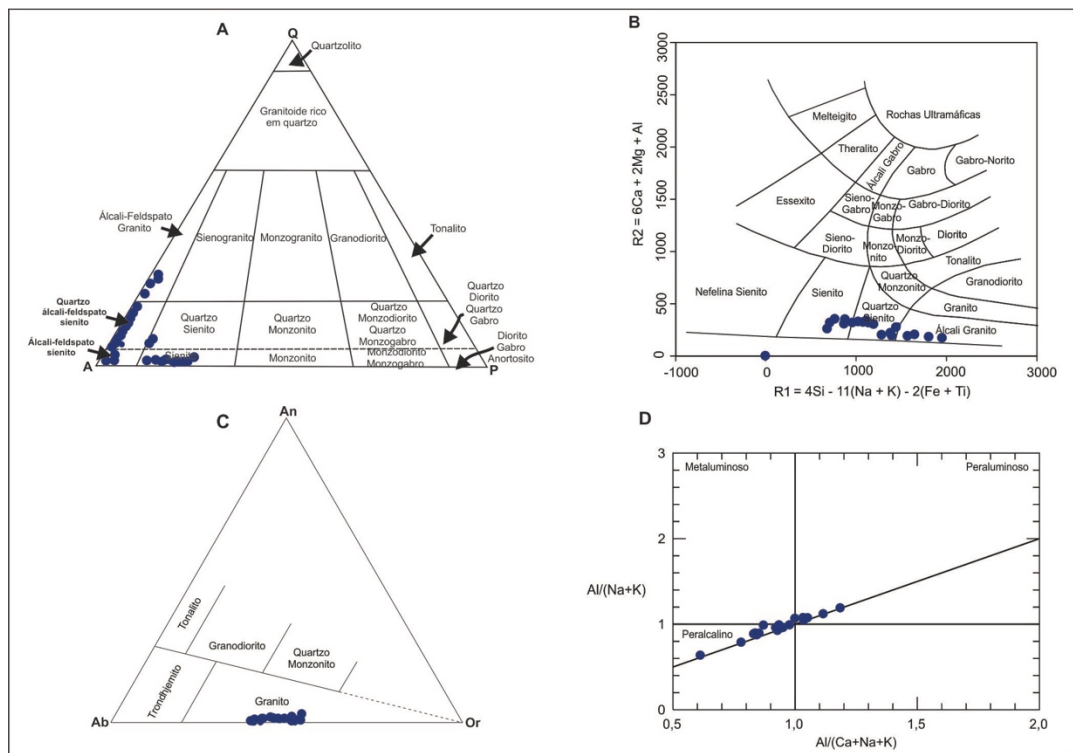


Figura 6: (A) Diagrama QAP modal de Streckeisen (1976). (B) Diagrama R1-R2 segundo De La Roche *et al.* (1980) para proporções catiônicas, onde $R1 = 4Si - 11(Na+K) - 2(Fe+Ti)$ e $R2 = 6Ca + 2Mg + Al$. Os ortognaisses de Terra Nova variam entre os domínios do sienito e álcali granito. (C) Diagrama normativo Ab:An: Or, segundo segundo O'Connor (1965) com campos propostos por Barker (1979). (D) Índice de Shand, baseado na aluminosidade, para o ortognaisse sienítico a álcali-feldspato granítico de Terra Nova. Diagrama de proporção molar segundo Maniar & Piccoli, (1989).

As rochas são ácidas, com teores de SiO₂ entre 62% e 75%, apresentam valores relativamente elevados de Na₂O (4,6%) e K₂O (5%) e altas razões de Fe₂O_{3(T)} / (Fe₂O_{3(T)} + MgO) e K₂O/N₂O. No diagrama de elementos incompatíveis normalizados em relação ao manto primordial (valores de Wood, 1979) mostrado na figura 7A, observa-se enriquecimento de elementos litófilos de íons grandes, característico de ambiente intraplaca, com valores de La em torno de 100ppm, picos de Rb, Th, K, depressões de P na

ordem de 1 ppm, e $1 < Ti < 10ppm$. No diagrama de elementos terras raras normalizados em relação ao condrito (Figura 7B) é possível observar enriquecimento dos elementos terras raras leves em relação aos elementos terras raras pesados com $(La/Yb)_N$, em média de 15,5 sugerindo fracionamento durante diferenciação magmática. Observa-se anomalia negativa de európio ($Eu/Eu^* = 0,46$), sugerindo que plagioclásio ficou retido na fonte.

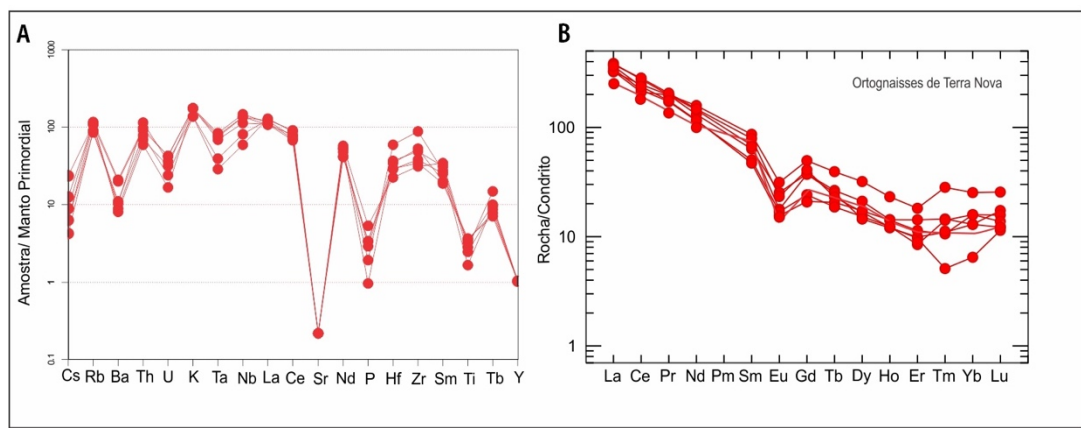


Figura 7: (A). Diagrama multielementar para os ortognaisses sieníticos de Terra Nova. Os valores foram normalizados para o manto primitivo (valores de Wood, 1979). (B) Diagrama de variação dos elementos terras raras normalizados para o condrito (valores de Sun & McDonough, 1989).

De acordo com o diagrama Rb vs. (Y+Nb) (Pearce 1984), as rochas estudadas correspondem a granitos posicionados em ambiente intra-placa (Figura 8A). No diagrama proposto por Whalen *et al.* (1987) aplicados a granitoides, todas as amostras analisadas caem exclusivamente no campo de granitos anorogênicos (Figura 8C). Segundo Eby (1992) granitoides do tipo-A podem ser divididos em dois grupos químicos com base na abundância de elementos traços, e em especial a razão Y/Nb. O grupo A₁ tem razões Y/Nb < 1,2, representa diferenciados de fontes como aquelas de

basaltos de ilhas oceânicas, mas posicionados em ambiente intra-placa ou rifte continental. O grupo A₂, tem Y/Nb > 1,2 representa diferenciados de magmas derivados de crosta continental ou crosta *underplated* que passou por um ciclo de colisão continente-continente, ou magmatismo de arco de ilha. As amostras plotadas nos diagramas de classificação proposto por Eby (1992) Y:Nb:Ce e Y:Nb: 3*Ga, caem todas no campo de granitos tipo A₁ revelando que sua fonte é derivadas do manto (Figura 8D).

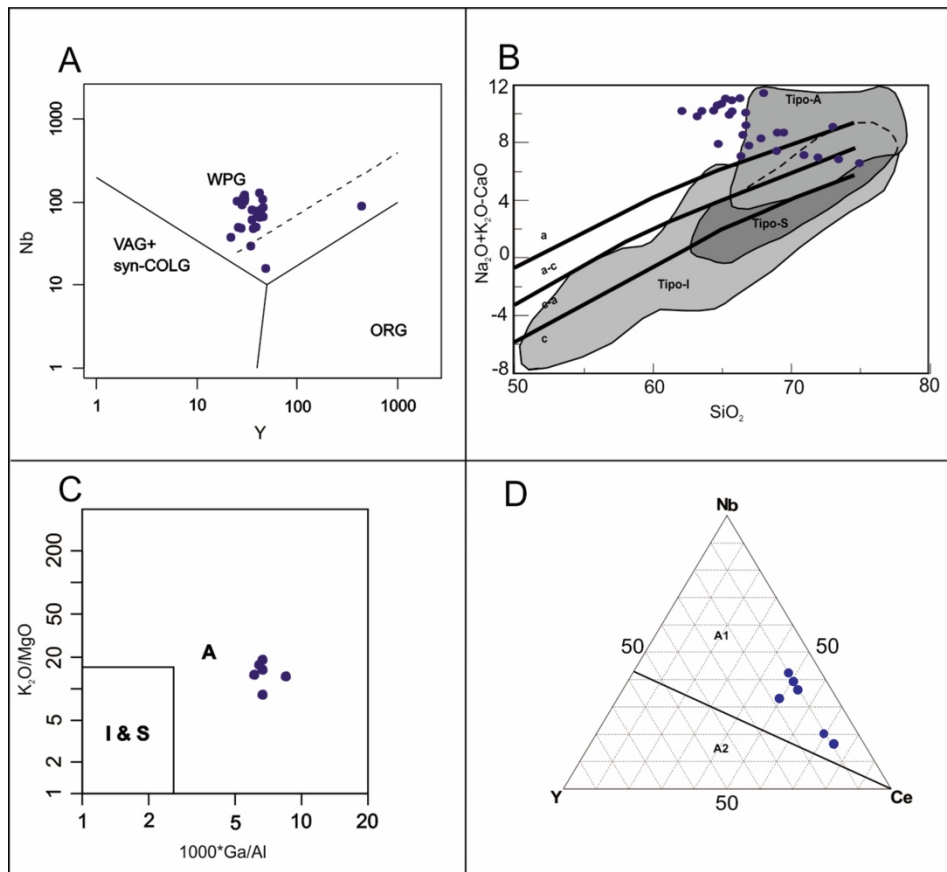


Figura 8: (A) Diagrama discriminante de ambiente tectônico Nb vs. Y para o ortognaisse sienítico a álcali granítico de Terra Nova, com campos segundo Pearce *et al.* (1984). WPG-granitos intraplaca, VAG- granitos de arco vulcânico, ORG - granitos orogênicos, Syn-COLG- granitos sin-colisionais. (B) Diagrama (Na₂O+K₂O-CaO) vs. SiO₂ (Frost *et al.*, 2001), mostrando os campos de variação composicional das séries magmáticas alcalina (a), álcali-cálcica (a-c), cálcio-alcalina (c-a) e cálcica (c). Os campos de variação composicional para granitos Tipo I, S e A são dos granitoides do cinturão dobrado Lachlan, Austrália, compilados por Frost *et al.* (op cit.). (C) Diagrama discriminante de granitos tipo I (I), granitos tipo S (S) e anorogênicos (A) de acordo com Whalen *et al.* (1987). (D) Diagrama triangular Y:Nb:Ce, segundo Eby (1992), utilizados para discriminar entre os granitos do tipo A: A₁ (derivado de fonte derivada do manto) e A₂ (fonte crustal). Nesse diagrama, a linha corresponde à taxa Y/Nb = 1,2.

Tabela 1: Análise química de feldspato alcalino dos ortognaisses de Terra Nova, com fórmula calculada na base para 32 oxigênios. C-centro; B-borda; KF-K-feldspato e Pl-plagioclásio.

Elemento	C-KF	C-Pl	C-KF	B-Pl	B-Pl	B-KF	B-KF	B-KF	B-KF	C-Pl	C-KF	C-KF	C-Pl	B-KF	B-KF	B-KF	C-Pl	C-KF	C-KF	C-Pl	CK-F	
SiO ₂	62,59	69,47	63,71	68,96	68,93	62,68	62,59	63,61	69,78	69,78	63,9	63,9	67,14	63,36								
Al ₂ O ₃	18,3	20,16	18,35	20,06	20,27	18,3	18,14	18,1	20,32	20,32	18,38	18,13	19	18,34								
FeO	0,38	0,6	0,35	0,68	0,45	0,42	0,47	0,35	0,57	0,57	0,4	0,4	0,33	0,55								
CaO	0	0,02	0	0	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
Na ₂ O	0,33	10,44	0,45	10,68	10,45	0,3	0,27	0,45	10,54	10,54	0,38	0,48	5,24	0,25								
K ₂ O	16,61	0,07	16,73	0,03	0,11	16,93	16,84	16,73	0,08	0,08	16,7	16,58	8,4	16,99								
ΣÓxidos	98,21	100,76	99,59	100,41	100,24	98,63	98,31	99,24	101,29	101,29	99,64	99,76	100,14	100,49								
Si	2,967	3,000	2,976	2,993	2,992	2,964	2,969	2,983	2,998	2,998	2,976	2,992	2,979	2,982								
Al	1,022	1,026	1,01	1,026	1,037	1,02	1,014	1	1,029	1,011	1,011	0,995	1,003	1,001								
Fe ²⁺	0,015	0,22	0,014	0,025	0,026	0,017	0,019	0,014	0,02	0,016	0,016	0,013	0,013	0,021								
Ca	0	0,001	0	0	0,001	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
Na	0,03	0,874	0,041	0,899	0,879	0,028	0,025	0,041	0,878	0,878	0,037	0,034	0,455	0,22								
K	1,004	0,004	0,997	0,002	0,006	1,021	1,019	1,001	0,004	0,004	0,994	0,984	0,48	1,004								
Ab	0	0,09	0	0	0,14	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
An	3,01	88,71	4,04	90,88	89,15	2,72	2,46	4,06	89,04	89,04	3,68	3,41	45,88	02,23								
Or	95,12	0,39	94,42	0,17	0,62	95,11	96,61	94,61	0,44	0,44	94,84	95,63	48,40	96,55								

Tabela 2: Análise química de aegirina-augita do ortognaisse de Terra Nova. Fórmula calculada na base de 6 átomos de oxigênios.

Elemento	Centro	Borda	Centro	Borda
SiO ₂	51,25	52,15	51,4	51,53
TiO ₂	0,34	0,17	0,3	0,21
Al ₂ O ₃	0,69	0,71	0,51	0,65
FeO	27,14	26,86	26,55	26,55
MnO	1,61	1,73	1,62	1,71
MgO	1,08	1,31	1,31	1,45
CaO	7,99	8,31	8,38	8,76
Na ₂ O	7,23	6,79	7,27	6,96
Fórmula Estrutural na base de 6 átomos de oxigênios				
M1				
Si	2,038	2,039	2,064	2,038
Al	0,032	0,033	0,024	0,03
Fe ³⁺	0,428	0,348	0,439	0,415
Ti	0,01	0,005	0,009	0,006
Mg	0,064	0,077	0,077	0,085
Fe ²⁺	0,466	0,536	0,442	0,463
M2				
Fe ²⁺	0,471	0,379	0,473	0,447
Mn	0,054	0,058	0,046	0,057
Ca	0,34	0,352	0,356	0,371
Na	0,558	0,52	0,559	0,534
Quad	21,66	22,16	22,53	23,09
	82,79	81,588	81,33	80,53
Na-Ca, Na	43,61	49,74	43,39	45,29
	71,33	67,58	72,38	70,60

5. GEOCRONOLOGIA U-Pb

Uma amostra representativa do ortognaisse sienogranítico foi selecionada para datação U-Pb por LA-ICP-MS. O resultado da análise está mostrado na Tabela 5. Esta amostra foi britada e bateada para concentração de minerais pesados. Os concentrados foram peneirados e secados em estufa, e então passou pelos procedimentos padrões para separar zircão: separação magnética em separador isodinâmico de Frantz, separação gravimétrica usando bromofórmio, e limpeza final usando ácido fluorídrico e terminando com ácido sulfúrico. Após essas etapas iniciais, os grãos de zircão foram colocados em resinas (*mounts*) para análise no espectrômetro do Laboratório de Geocronologia da

Universidade Federal do Rio Grande do Sul. As análises seguiram procedimentos internos do laboratório. A população de grãos de zircão analisada apresenta razão Th/U > 0.1. Os grãos formam um alinhamento num diagrama concórdia ²⁰⁷Pb/²³⁵Pb vs. ²⁰⁶Pb/²³⁸Pb com intercepto em 617 ± 8,8 Ma (MSWD = 2,2), que é interpretado como a idade de cristalização dessa rocha (Figura 9). Adicionalmente, dois grãos de zircão apresentaram idades próximas a 900 Ma, sendo interpretada como herança de uma crosta pretérita, possivelmente relacionado ao ciclo orogênico Cariris Velhos que foi recentemente descrito no Terreno Rio Capibaribe (Accioly 2000; Santos *et al.* 2010).

Tabela 3: Análise química dos elementos maiores (peso%), traços (ppm) e terras raras (ppm) de ortognaisses de Terra Nova. (*) valores abaixo do limite de detecção.

	Tn1	Tn2	Tn3	Tn4	Tn5	Tn6	Tn7	Tn8	Tn9	Tn10	Tn11	Tn12	Tn13	Tn1	Tn15	Tn16	Tn17	Tn18	Tn19	Tn20
SiO ₂	64,7	74,9	63,5	65,2	64,4	63,2	66,3	64,9	68,9	66,7	66,7	73,0	67,8	62,1	65,7	71,9	69	65,7	69,4	65,7
TiO ₂	0,7	0,4	1,0	0,8	0,8	0,7	0,7	1,0	0,5	0,7	0,5	0,7	0,8	0,9	0,9	0,9	0,4	0,7	0,8	0,6
Al ₂ O ₃	14,5	8,7	14,9	13,9	15,6	14,7	14,4	14,1	9,2	14,4	13,1	10	11,5	14	14,5	9,2	10,2	14,9	11,8	11,1
Fe ₂ O ₃ T	6,6	10,3	10,4	7,4	7,6	8,0	6,8	9,4	9,8	6,7	6,8	8,0	7,3	8,5	8,6	8,4	10,8	7,5	7,1	11,5
MnO	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
MgO	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,5	0,4	0,4	0,3	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5
CaO	0,4	0,1	0,2	0,3	0,1	0,3	0,5	0,1	0,4	0,5	1,0	0,1	0,3	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,3	0,4
Na ₂ O	5,7	2,7	4,7	6,3	4,9	4,7	6,4	5,5	3,4	5,4	3,9	4,8	4,2	4,7	5,6	2,7	4,0	5	4,5	5,3
K ₂ O	5,2	4,0	5,7	5,1	5,4	5,5	5,2	5,4	4,4	5,2	6,3	4,4	4,4	5,6	5,5	4,5	4,8	5,4	4,5	4,8
P ₂ O ₅	0	0	0	0,1	0	0	0,1	0,1	0,1	0	0,2	0	0	0,1	0,1	0	0	0	0,1	0,1
PF	1,41	0,52	1,78	1,84	1,81	2,6	1,17	1,37	1,95	1,05	1,29	0,48	1,44	2,31	1,42	0,35	0,86	1,07	1,05	1,4
Total	99,7	102,	102,6	101,5	101,1	100,2	102,2	102,4	99,2	101,1	100,9	102,1	98,3	98,9	103,2	98,65	100,7	101,0	100,2	101,6
Ba				78	67			160		61		83								
Sr				<10*	<10*			<10*		<10*		<10*								
Y				<10*	<10*			<10*		22		<10*								
Zn				276	82			140		153		81								
Zr				965	421			580		345		536								
Co				2	2			3		1		2								
Cs				0,1	0,4			0,2		0,2		0,1								
Cu				<5*	15			7		6		14								
Ga				39	51			45		48		35								
Hf				221	10			12		8		13								
Mo				4	4			2		<2*		3								
Nb				37	83			92		70		51								
La				91	76			82		78		89								
Ce				168	151			135		129		173								
Pr				18	19			16		19		1								
Nd				67	61			54		74		69								
Sm				10	19			8		13		12								
Eu				1	1			1		2		1								
Gd				8	8			5		10		8								
Tb				1	0,99			0,7		1,5		0,9								
Dy				4	5			4		8		4								
Ho				1	0,8			0,7		1,3		0,7								
Er				2	2,4			1		3		1,6								
Tm				0,3	0,4			0,4		0,7		0,1								
Yb				2	2			3		4		1,0								
Lu				0,4	0,3			0,4		0,7		0,3								

Tabela 4: Composição normativa dos ortognaisses de Terra Nova (TN). Q=quartz; C= Coríndon; Or=Ortoclássio; Ab=Albita; An=Anortita; Ac=Acmita; Dj=Diopsídio; Hy=Hiperstênio Il= Ilmenita; Hm= Hematita; Tn=Titanita; Ru= Rutílio; Ap=Apatita.

Amostra	Q	C	Or	Ab	An	Ac	Di	Hy	Il	Hm	Tn	Ru	Ap	Total
TN1	11,28	0	30,67	45,58	0	2,63	0	0,82	0,45	5,64	1,11	0,01	0,09	98,28
TN2	43,61	0	23,64	22,38	0	0,27	0	0,75	0,36	10,16	0,19	0,16	0,05	101,5
TN3	13,85	0,79	33,74	39,35	0,7	0	0	0,75	0,49	10,4	0	0,69	0,07	100,8
TN4	10,57	0	29,84	43,43	0	8,93	0	0,90	0,49	4,31	0,96	0,13	0,12	99,68
TN5	14,91	1,69	32,09	41,04	0	0	0	0,80	0,41	7,59	0	0,60	0,09	99,22
TN6	13,95	0,55	32,50	39,52	1,3	0	0	0,72	0,47	7,96	0	0,44	0,07	97,52
TN7	10,52	0	30,43	45,14	0	7,57	0,21	1,1	0,49	4,20	1,06	0	0,17	100,8
TN8	12,80	0	31,68	42,89	0	2,84	0	0,97	0,45	8,42	0,14	0,69	0,14	101,2
TN9	32,62	0	29,00	22,82	0	5,24	0,8	0,63	0,43	8,50	0,67	0	0	100,7
TN10	14,54	0	30,73	45,12	0	0,51	0,64	0,45	0,43	6,52	1,17	0	0	100,1
TN11	18,53	0	37,23	32,30	0	0,61	2,1	0,27	0,43	6,59	0,67	0	0,47	99,2
TN12	30,52	0	26,00	26,94	0	12,0	0	1,25	0,43	3,84	0,35	0,33	0	101,7

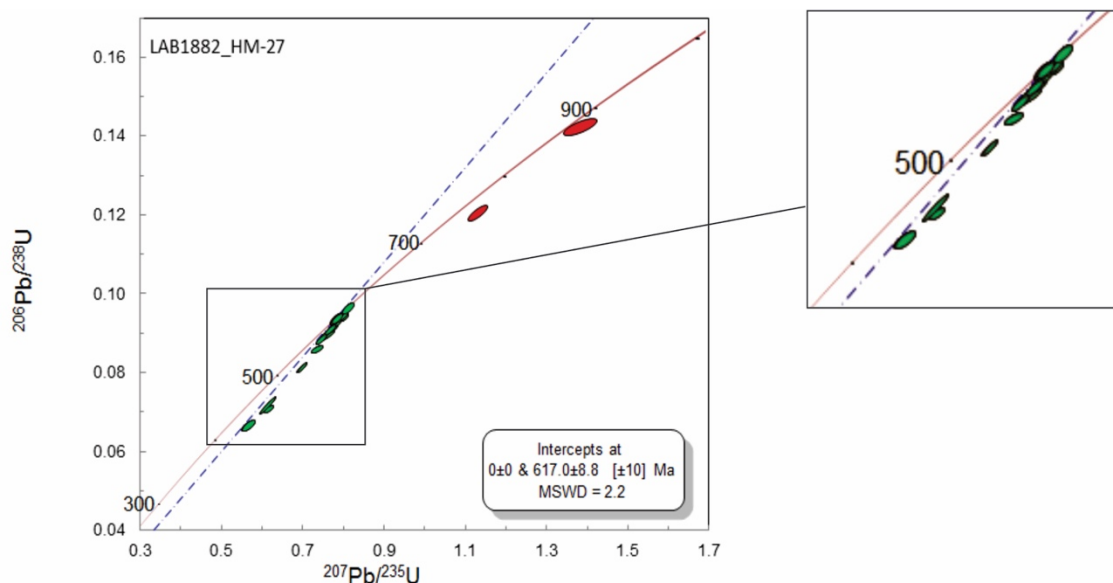


Figura 09: Diagrama concórdia U-Pb em zircão do ortognaisse sienogranítico de Terra Nova, com destaque à direita para o intercepto superior.

6. DISCUSSÃO

Granitóides do tipo A são referidos na literatura como anorogênicos, anidros, e característicos de ambientes extensionais intraplaca (continental e oceânico), além de *rifts* continentais onde recebem a denominação de granitos anorogênicos (Bonin, 2007). Esses granitos podem também ocorrer na fase final de ciclos orogênicos (pós-orogênicos). Além dos termos tectônicos, o conceito de granitóides tipo A também engloba características químicas na sua classificação. Geralmente constituem complexos anelares ou plutões de formas irregulares, podendo conter mineralizações importantes como de elementos terras raras (Dall’Agnol *et al.*, 2005; Bonin 2007). Este tipo de magmatismo apresenta tipicamente características químicas de rochas peralcalinas e proporções altas $Fe_T/(Fe_T+Mg)$ (Frost *et al.*, 2001). Muitos mecanismos têm sido sugeridos para explicar a origem de magmas do tipo A. Entre eles estão (a) fracionamento de magma basáltico alcalino produzindo líquidos graníticos residuais com ou sem contaminação crustal (Loiselle & Wones, 1979); (b) magma alcalino derivado do manto que reage com rochas crustais para produzir sienitos que fracionam a granitos (Barth, 1945), (c) sienitos produzidos no modelo (b) que reagem posteriormente com rochas crustais ricas em quartzo e forma granitos híbridos; (d) imiscibilidade de líquidos ocorrendo em escala pequena em líquido basáltico originando magmas graníticos peralcalinos (ex. Philpotts, 1976; Eby, 1979); (e) fracionamento de um magma progenitor

tipo I produzindo líquido residual tipo A (Collins *et al.*, 1982). Clemens *et al.* (1986) baseados em estudos experimentais em granitos do tipo A da Austrália concluíram que esses magmas são originados por fusão parcial em alta temperatura de rocha fonte do tipo I empobrecida na crosta inferior. Martin (2006) por outro lado, acredita que granitos do tipo A de origem crustal são resultado de reações do tipo fenitização em ambiente extensional. De acordo com Eby (1992) granitos do Tipo A de ambiente anorogênico que apresentam razões $Y/Nb < 1,2$ são derivados do manto e por outro lado, razões $Y/Nb > 1,2$ são típicas de granitos tipo A originados de outros ambientes tectônicos com fontes crustais. Complexos peralcalinos anorogênicos ou intra-placa são o produto de um conjunto de processos e não há modelo petrogenético que explique satisfatoriamente a origem dessas rochas (Eby, 1992).

Os dados de campo, petrográficos e geoquímicos dos ortognaisses Terra Nova revelaram que são intrusões tabulares bandadas concordantes com a faixa Feira Nova do Complexo Vertentes e apresentam em mapa formas dobradas referentes à transcorrência brasileira. Os ortognaisses são constituídos por fases minerais como ortoclásio, albita e piroxênios aegirina-augita que eventualmente alteram para anfibólio alcalino. Correspondem às rochas ácidas, predominantemente peralcalinas, com alto teor de K e Na, variam de composição sienítica a álcali

Tabela 5: Dados de U-Pb de amostra do ortogneisse de Terra Nova (OTN).

Grão de Zircão	Th(ppm)	U(ppm)	Th/U	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	Razão 7/5	Razão 6/8	Rho	Razão 6/4	Razão 7/6	Is(%)	Razão 7/5	Is(%)	Rho
005-Z2	9,92	77,06	0,129	196440	0,774	0,093	0,093	196440,2	0,060	0,542	0,774	0,828	0,707
006-Z3	14,95	242,85	0,062	417762	0,734	0,088	0,088	417761,9	0,061	1,036	0,734	1,228	0,740
015-Z8	17,06	107,30	0,159	215919	0,754	0,091	0,091	215919,1	0,060	0,716	0,754	1,185	0,780
016-Z9	26,94	152,80	0,176	316462	0,789	0,095	0,095	316461,7	0,060	0,359	0,789	0,938	0,915
018-Z11	10,65	201,62	0,053	459077	0,765	0,091	0,091	459076,9	0,061	0,612	0,765	1,058	0,926
022-Z13	1,60	95,97	0,017	204208	0,802	0,096	0,096	204207,6	0,061	0,532	0,802	0,868	0,754
023-Z14	12,22	133,98	0,091	169840	0,614	0,072	0,072	169839,8	0,062	0,723	0,614	1,175	0,770
027-Z16	10,50	112,39	0,093	213216	0,770	0,093	0,093	213215,8	0,060	0,496	0,770	0,774	0,714
030-Z19	12,54	308,04	0,041	354045	0,697	0,083	0,083	354045,3	0,061	0,678	0,697	1,210	0,933
033-Z20	15,24	144,72	0,105	259796	0,766	0,093	0,093	259795,7	0,060	0,475	0,766	0,981	0,860
034-Z21	6,25	106,02	0,059	181508	0,613	0,073	0,073	181507,6	0,061	0,466	0,613	2,058	0,974
035-Z22	5,31	95,93	0,055	218886	0,779	0,095	0,095	218885,6	0,059	0,676	0,779	1,118	0,778
039-Z24	57,38	90,99	0,631	126914	0,565	0,068	0,068	126914,4	0,060	1,183	0,565	1,863	0,765
040-Z25	9,10	80,99	0,112	162405	0,794	0,096	0,096	162405,3	0,060	0,665	0,794	1,142	0,796
041-Z26	5,39	151,06	0,036	993337	0,743	0,090	0,090	993337,2	0,060	0,498	0,743	1,035	0,864
042-Z27	22,17	207,92	0,107	410531	0,801	0,096	0,096	410531,1	0,060	0,580	0,801	0,920	0,894
045-Z28	6,11	133,97	0,046	157058	0,785	0,096	0,096	157057,8	0,060	0,685	0,785	1,147	0,785
047-Z30	24,20	136,97	0,177	147200	0,811	0,098	0,098	147200,0	0,060	0,719	0,811	1,119	0,743

feldspato granítica nos diagramas normativos e catiônicos. Essas rochas apresentam características geoquímicas típicas de granitóides alcalinos gerados em regime tectônico intra-placa, com forte contribuição do manto (baixa razão Y/Nb). Accioly (2000) determinou uma idade modelo Nd T_{DM} de 1,14 G.a e ϵNd de +5. Este é o único dado isotópico disponível sobre o ortognaisse Terra Nova até o presente trabalho, e corrobora com a hipótese de magmatismo juvenil derivado do manto para esse corpo. Uma idade ediacarana (617 Ma) é apresentada neste trabalho como a idade de cristalização dessas rochas.

Rochas graníticas de idades similares dentro do Terreno Rio Capibaribe são normalmente interpretadas como pertencentes à série cálcioalcalina, tendo características geoquímicas e isotópicas compatíveis com ambientes relacionados a arcos magmáticos. Este é o caso dos complexos graníticos de Bom Jardim, Caruaru-Arcoverde e o Complexo granítico de Timbaúba (Brito Neves *et al.*, 2013 e referências ali contidas). Por outro lado, os dados litogeoquímicos no presente trabalho sugerem que os ortognaisses Terra Nova foram alojados em um

7. CONCLUSÕES

Os ortognaisses Terra Nova são intrusivos no Complexo Vertentes (Faixa Feira Nova) do Terreno Rio Capibaribe (Domínio da Zona Transversal da Província Borborema). Variam composicionalmente entre sieníticos a álcali-feldspato graníticos com piroxênios e anfibólios alcalinos. Essas rochas são tipicamente alcalinas e

8. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao auxílio financeiro do CNPQ (Conselho Nacional de desenvolvimento científico e tecnológico) pela bolsa de mestrado do primeiro autor e de produtividade em pesquisa. Ao laboratório NEG-LABISE-UFPE, ao laboratório

9. REFERÊNCIAS

- Accioly, A.C.A. 2000. Geologia, Geoquímica e significado Tectônico do Complexo Metanortosítico de Passira-Província Borborema-Nordeste Brasileiro. Tese Doutorado, Programa de Pós-graduação em Geoquímica e Geotectônica, USP, São Paulo, 168 p.
- Almeida, F.F.M., Hasui, Y., Brito Neves, B.B. 1976. The upper precambrian of South America. *Boletim IG/USP*, 7: 45-80
- Almeida, F.F.M., Hasui, Y., Brito Neves, B.B.; Fuck, H.A. 1977. Províncias Estruturais Brasileiras. In: SBG-Núcleo Nordeste, Simpósio de Geologia do

ambiente extensional Neoproterozoico (~617 Ma). Uma explicação plausível pode ser baseada em uma extensão sin-orogênese, como resultado de retração de arco magmático, a qual é comum em diversos arcos magmáticos continentais modernos (Condie, 1994). Por outro lado, evidências de campo demonstram que existe uma estreita relação destes corpos com as estruturas atuantes na região, tal como a zona de cisalhamento transcorrente de Glória de Goitá. Uma provável explicação pode ser evocada por meio de um modelo transtensional (Fossen *et al.* 1994), o qual teria se desenvolvido nos últimos estágios de deformação dúctil desta estrutura. Neste sentido, transtensão sin-orogênica tem sido referida como um mecanismo de deformação bastante comum nos últimos estágios do desenvolvimento de megaestruturas em diversos cinturões orogênicos acrescionários ao redor do globo, tais como demonstram Howell (1995) e Colpron & Nelson (2011). Adicionalmente, é necessária investigação petrogênica regional em outras suítes com características similares para elucidação do significado deste tipo de evento dentro do Terreno Rio Capibaribe e Província Borborema.

apresentam assinaturas geoquímicas típicas de granitos intraplaca com forte contribuição de material derivado do manto. A idade de cristalização U-Pb em zircão obtida é de $617 \pm 8,8$ Ma sugerem que os ortognaisses Terra Nova foram gerados em um regime transtensional sin-orogênica no Neoproterozoico (Ediacarano).

de Geocronologia e ao laboratório de Microsonda Eletrônica do Instituto de Geociências da USP. Parte deste trabalho foi conduzido com recursos financeiros do projeto FACEPE APQ—1738-1.07/12 concedido a VPF.

- Nordeste, 8, Campina Grande, Atas, Boletim 6, p. 363-391
- Barbosa, A G. 1990. Folha Limoeiro: Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Recife: CPRM/DNPM. 1:100.000 124 p.
- Barker F. 1979. Trondhjemites: definition, environment and hypotheses of origin. In: Barker F. (ed.) *Trondhjemites, dacites and related rocks*. Amsterdam, Elsevier, p. 1-12.
- Barth, T.F.W. 1945. Studies of the Igneous Rock Complex of the Oslo Region. II. Systematic petrography of the plutonic rocks. *Skrifter utgitt av det Norske Videnskaps-Akademi i Oslo*. I.

- Matematisk naturvidenskapelig Klasse, vol. 9. 104 p.
- Bonin B. 2007. A-type granites and related rocks: Evolution of a concept, problems and prospects. *Lithos*, 97:1-29.
- Brito Neves, B.B., Spröesser., W.M. Petronilho, L. A., Souza, S.L. 2013. Contribuição à Geologia e à Geocronologia do Terreno Rio Capibaribe (TRC, Província Borborema) *Geologia USP-Série Científica*, São Paulo, 13(2):97-122.
- Brito Neves, B. B., Santos, E. J., Van Schmus, W. R. 2000. Tectonic history of the Borborema Province. In: CORDANI, U. G. et al. Tectonic evolution of the South America. Rio de Janeiro: 31st International Geological Congress, p151-182.
- Clemens, J.D., Holloway, J.R., White, A.J.R. 1986. Origin of the A-type granite: experimental constrain. *Amer. Mineral.* 71:317-324.
- Collins, W.J., Beams, S.D., White, A.J.R., Chappell, B.W. 1982. Nature and origin of A-type granites with particular reference to southeastern Australia. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 80:189-200.
- Colpron, M. & Nelson, J.L. 2011. Digital Atlas of Terranes for the Northern Cordillera. BC Geofile. 11 pp.
- Condie K.C. (ed.) 1994. *Archaean Crustal Evolution*. Amsterdam, Elsevier, 528p.
- Cox, K.G., Bell, J.D., Pankhurst, R.J. 1979. The interpretation of igneous rocks. London: George, Allen and Unwin. 450p.
- Dall'agnol R., Teixeira N.P., Ramo O.T., Moura C.A.V., Macambira M.J.B., Oliveira D.C. 2005. Petrogenesis of the Paleoproterozoic, rapakivi, A-type granites of the Archean Carajás Metallogenic Province, Brazil. *Lithos*, 80:101-129.
- De la Roche, H., Leterrier, J., Grandclaude, P. 1980. A classification of volcanic and plutonic rocks and associations. *Chem. Geol.*, 29:183-210.
- Deer, W.A., Howie, R.A., Zussman, J. 1963. Rock forming minerals. Londres, Longman, 558p.
- Eby GN. 1992. Chemical subdivision of the A-type granitoids: Petrogenetic and tectonic implications. *Geology*, 20: 641-644.
- Eby, G.N. 1979. Mount Johnson, Quebec: An example of silicate liquid immiscibility? *Geology*, T, 491-494.
- Fossen, H., Tikoff, B., Teyssier, C. 1994. Strain modelling of transpressional and transtensional deformation. *Norsk Geologisk Tidsskrift*, 74:134-145.
- Frost, R.B., Barnes, C.G., Collins, W.J., Arculus, R.J., Ellis, D.J. and Frost, C.D. 2001. A geochemical classification for granitic rocks: *Jour. Petrol.*, 42(1):2033-2048.
- Guimarães, I.P., Schmus, W.R., Brito Neves, B.B., Bretas, S.M.B., Silva Filho, A.F., Armstrong, R. 2012. U Pb zircon ages of orthogneisses and supracrustal rocks of the Cariris Velhos belt: Onset on Neoproterozoic rifting in the Borborema Province, NE Brazil. *Precamb. Res.*, 192:52-77.
- Hollocher, K., 2005. Cálculo da norma CIPW. Acesso ao site: http://minerva.union.edu/hollochk/c_petrology/norms.htm
- Howell, D.G. 1995. Principles of terrane analysis: New applications for global tectonics. New York, Chapman and H1 ou 2 eles? K. 2005. Planilha Excel® livre acesso no site: <http://www.union.edu/public/geodept/courses/petrology/norms.htm>. Acessado em dezembro de 2010.
- Lima, H.M. 2011. Mapeamento geológico e análise tectonoestratigráfica da parte central da faixa Feira Nova, Terreno Rio Capibaribe, Província Borborema. Monografia (Graduação) Curso de Geologia, Departamento de Geologia, UFPE, Recife, 99p.
- Loiselle, M.C., and Wones, D.R. 1979. Characteristics and origin of anorogenic granites. Geological Society of America Abstracts with Programs, 11, 468.
- Maniar, P.D., Piccoli, P.M. 1989. Tectonic discrimination of granitoids. *Geol. Soc. Amer. Bull.* 101:635-643.
- Martin, R. 2006. A-type granites of crustal origin ultimately result from open-system fenitization-type reactions in an extensional environment. *Lithos*, 91 (1-4):125-136.
- Medeiros V.C. 2004. Evolução geodinâmica e condicionamento estrutural dos terrenos Piancó-Alto Brígida e Alto Pajeú, Domínio da Zona Transversal, NE do Brasil. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 200p.
- Miyashiro A. 1978. Nature of alkalic volcanic rocks series. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 66: 91-104.
- Morimoto, N., Fabries, J., Ferguson, A.K., Ginzburg, I.V., Ross, M.; Seifert, F.A.; Zussman, J., Aoki, K., Gottardi, G. 1988. Nomenclatura of pyroxenes. *Mineral. Magaz.*, 52: 535-550.
- Neves, S.P. 2014. Constraints from zircon geochronology on the tectonic evolution of the Borborema Province (NE Brazil): Widespread intracontinental Neoproterozoic reworking of A Paleoproterozoic Accretionary orogen. *Jour. South Amer. Earth Sci.*, 58:150-164.
- Neves, S.P., Bruguier, O., Silva, J.M.R., Mariano, G., Da Silva Filho, A.F., Teixeira, C.M.L. 2015. From extension to shortening: dating the onset of the Brasiliano Orogeny in eastern Borborema Province (NE Brazil). *Jour. South Amer. Earth Sci.* 58:238-256.
- O'Connor J.T. 1965. A classification for quartz rich igneous rock based on feldspar ratios. U.S.G.S. Prof. Pap., 525B:79-84.
- Pearce, J.A., Harris, N.B.W., Tindle, A.G. 1984. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Jour. Petrol.*, 25:956-983.
- Philpotts, A.R. 1976. Silicate liquid immiscibility: Its probable extent and petrogenetic significance. *Amer. Jour. Sci.*, 2761:147-1177.
- Richard, L.R. 1995. Mineralogical and petrological, data processing system for Windows, version 2.02. MINPET Geological Software Logiciel Géologique Minpet, Quebec.

- Rocha, D.E.G.A. 1990. Folha Vitória de Santo Antão: Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Recife: CPRM/DNPM, 112 p. 1.100.000.
- Sá, J.M., Bertrand, J.M., Leterrier, J. 1997. Geocronologia U-Pb e geoquímica de ortognaisses paleo e mesoproterozóicos da região de Taquaritinga-PE. In: SBG Núcleo Nordeste, Simpósio de Geologia Nordeste, 17, Fortaleza. Resumos expandidos, 15:108-112.
- Santos E.J. & Medeiros V.C. 1999. Constraints from granitic plutonism on proterozoic crustal growth of the Transverse Zone, Borborema Province, NE Brazil. *Rev. Bras. Geoc.*, 29:73-84.
- Santos E.J., Brito Neves B.B., Van Schmus W.R., Oliveira R.G. & Medeiros V.C. 2000. An overall view on the displaced terrane arrangement of the Borborema Province, NE Brazil. In: International Geological Congress, 31th, Rio de Janeiro, Brazil, General Symposia, Tectonic Evolution of South American Platform, p. 5-9, 1 cd-rom.
- Santos, E. J., Van Schmus, W. R., Kozuch, M., Brito Neves, B. B. 2010. The Cariris Velhos Tectonic Event in Northeast Brazil. *Jour. South Amer. Earth Sci.*, 29:61-76.
- Santos, L.C.M.L., Fuck, R.A., Santos, E.J., Dantas, E.L., 2015. Análise tectônica de terrenos: Metodologia, aplicação em cinturões orogênicos e exemplos das Províncias Borborema e Tocantins, Brasil. *Geonomos*, 22:51-63.
- Sun, S.S. & Mcdonough, W.F., 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. In Saunders, A.D., and Norry, M.J. (Eds.), *Magmatism in the Ocean Basins. Geol. Soc. Spec. Publ.* London, 42:313-345.
- Van Schmus W.R., Brito Neves B.B., Hackspacher P., Babinski M. 1995. U/Pb and Sm/Nd geochronologic studies of eastern Borborema Province, northeastern Brazil: initial conclusions. *Journal of South American Earth Sciences*, 8:267-288.
- Van Schmus W.R., Brito Neves, B.B. Hackspacher P., Fetter AH., Kozuch M., Dantas EL., Babinski M. 1998. The Borborema Province: a collage of polycyclic domains in northeast Brazil. In: International Conference on Precambrian Craton Tectonics. Ouro Preto, Brazil, Abstracts, 80-83.
- Whalen, J.B., Currie, K.L. & Chappel, B. 1987. A-type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis. *Contr. Mineral Petrol.*, 95:407-419.
- Wilson, M. 1989. *Igneous Petrology*. London, Unwin and Hyman, 466p.
- Wood, D.A. 1979. A variably veined suboceanic upper mantle-genetic significance for mid ocean ridges basalts from geochemical evidence. *Geology*, 7:499-503.