

## **Geoquímica dos Pegmatitos de Mogovolas-Nampula.**

*Geochemistry of pegmatite's of Mogovolas-Nampula.*

**Ubaldo G.O. GEMUSSE** - [ugemusse@gmail.com](mailto:ugemusse@gmail.com) (Universidade Pedagógica de Moçambique-Beira, Departamento de Ciências de Terra e Ambiente).

### **Resumo**

O campo pegmatítico estudado fica localizado no distrito de Mogovolas. As rochas desse campo pertencem ao Complexo de Nampula, subdivisão tectónico estratigráfica do Cinturão de Moçambique Belt, que se situa a SE do Cinturão granulítico do Lúrio Belt com direcção WSW-ENE. Os pegmatitos desta região estão instalados numa estrutura de cisalhamento de Mamala, e encaixados em gnaisses leucocráticos e anfibolitos que ocorrem em Iuluti.

Os resultados possibilitaram perceber que as amostras 40-29 são metaluminosas e as amostras NA-01 e G-13 são peraluminosas. E com a microssonda percebeu-se que existe um grau de evolução bastante desenvolvido, mas ainda longe do exemplo da mina do pegmatito de Quintos, ou mesmo do Alto Mirador, ambas no Brasil, comparação com os pegmatitos da área em estudo.

**Palavras-chave:** Pegmatitos, Mogovolas, complexo de Nampula, Granitos alcalinos.

### **Abstrat**

The studied pegmatite field is located in Mogovolas district, the rocks that field belong to the complex Nampula, stratigraphic subdivision Tectonic Belt of Mozambique Belt, which lies to the SE of the granulite Belt Lúrio with WSW-ENE direction. The pegmatites of this region are installed in Mamala shear structure, and embedded in leucocratic gneisses and amphibolites that occur in Iuluti.

It was possible to realize that 40-29 samples are metaluminous and samples NA-01 and G-13 are peraluminous. And with the microprobe was realized that there is a degree of evolution quite developed, but still far from the example of the Quintos pegmatite of mine, or even the Upper Mirador, both in Brazil, compared to the pegmatites of the study area.

**Keywords:** Pegmatites, Mogovolas, complex Nampula, alkali granites

## **Introdução**

Os afloramentos dos pegmatitos localizados na província de Nampula têm sido pouco considerados, talvez nem citados em bibliografias científicas relacionadas com a geologia económica de Moçambique, comparada com os trabalhos científicos publicados da província da Zambézia, região de Alto Ligonha, reconhecida internacionalmente como seleiro de gemas.

O distrito de Mogovolas é afectado por uma maior actividade de garimpo e contrabando de minerais, que inviabilizam de um certo modo o processo de registo das quantidades de recursos minerais que são anualmente explorados nesta região.

Na área de estudo ocorrem três corpos pegmatíticos: Maraca, Mavuco e Nanhumane. Sendo importantes economicamente principalmente pela ocorrência de turmalinas, associados a depósitos coluvião e eluvião, em dois níveis de cascalho, sendo o primeiro com 2-3 m de profundidade, com seixos arredondados, com média inferior a 40 mm, enquanto o segundo nível, que está a 6 m de profundidade, apresenta seixos maiores não classificados e pouco arredondados.

Tendo como objectivos reconhecimento, com base na geologia da região, e caracterização *in situ* dos tipos de rochas intrusivas seleccionadas, e amostragem representativa de cada uma delas; petrografia, e geoquímica das amostras colhidas.

## **Enquadramento Geográfico e Geológico da área de estudo**

A área de estudo é uma porção de Moçambique Setentrional, onde abrange toda a área compreendida entre o rio Rovuma, ao Norte, e bacia do rio Zambeze ao Sul, sensivelmente nas imediações do paralelo de 18° Sul, incluindo a parte oriental da província de Tete. De uma maneira geral esta região apresenta características comuns às de toda África Oriental nomeadamente as que se referem às variedades das formas superficiais e à origem das paisagens (Muchangos, 1999).

Geologicamente a área de estudo é dominada por gnaisses Meso proterozóicos de médio a alto grau de metamorfismo pertencentes ao Complexo de Nampula, retrabalhados

durante a orogenia Pan-Africana e instruídos por granitóides e pegmatitos gerados na última fase do Pan-Africano (Paleozóico inferior). Estas rochas fazem parte do Complexo de Nampula que é uma subdivisão tectonoestratigráfica do Cinturão Orogénico de Moçambique (Mozambique Belt) que se situa a Sudeste do Cinturão Granulítico do Lúrio (Lúrio Belt) com direcção WSW – ENE. (CGS, 2006).

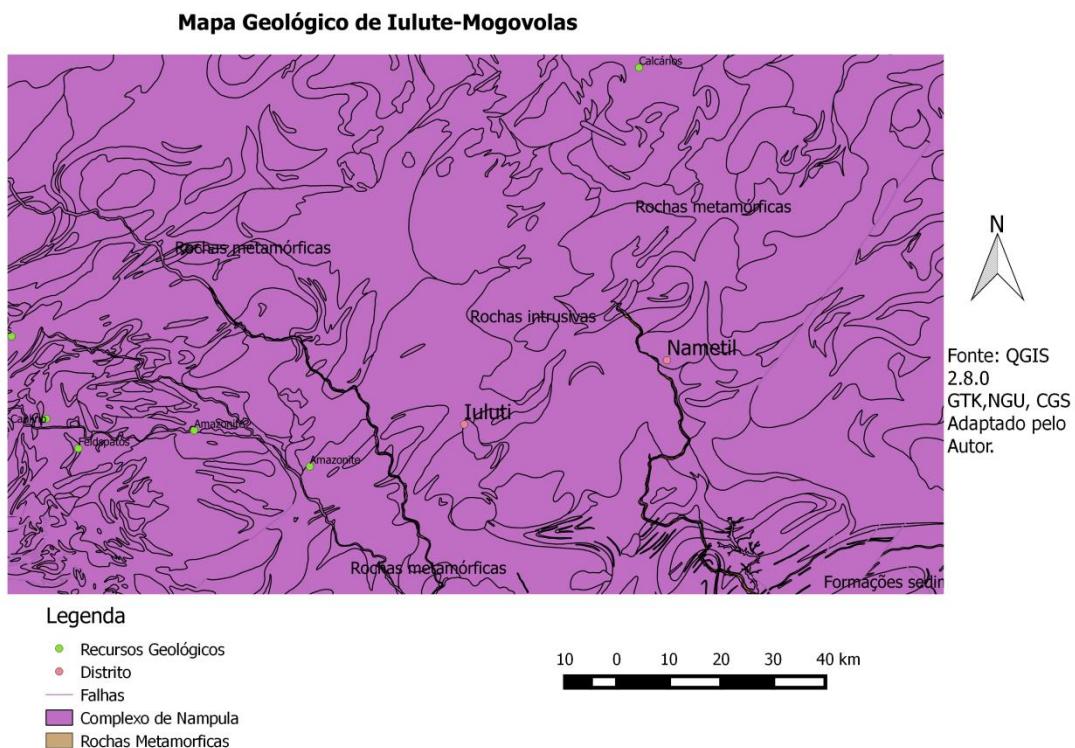


Figura 1: Adaptado pelo autor. De acordo com a natureza das rochas, ocorrem em terrenos do pré-câmbrico, proterozóico, pertencentes à Província tectónica de Moçambique, com uma base geológica de rochas ígneas do tipo gabros, piroxenitos, e sienitos, e sobrepostas com séries metamórficas abrangidas pelo complexo granito gnaissico, seguidas de uma série metassedimentar, sofrendo processos exógenos. De acordo com a CGS, a região de Iuluti pertence à era meso proterozóica, com idades entre  $1058 \pm 9$  Ma a  $1042 \pm 9$  Ma com dados obtidos por U-Pb SHRIMP (Microssonda).

## Metodologia

Para o desenvolvimento do trabalho, foram usados métodos de gabinete, de campo, e laboratoriais, e por fim a interpretação de dados também em gabinete. O trabalho de gabinete iniciado por recolha de dados bibliográficos, sobretudo expressos em relatórios inéditos e trabalhos de cartografia regional, geologia da região, e cartografia digital, com base no software Quantum Gis 2,8.0.

O trabalho de campo envolveu o reconhecimento geológico com base nos documentos referidos, alguns levantamentos locais e amostragem de rochas e minerais. No que concerne ao método laboratorial, foi usado o microscópio de luz de transmissão em todas as amostras, e luz polarizada para observar a amostra total, e a difracção e fluorescência de raios X em três amostras (NA-01, 4029, e G-13). A microssonda para analisar o tipo de granadas na amostra (40-30). Dados de fluorescência em software Petrograph da Universidade de Perugia Itália, e no software GCDkit. No final foi analisado e discutido os dados novamente no gabinete, para se chegar às conclusões que se encontram no final do trabalho.

## **Discussão dos dados**

Os resultados mostram que a amostra 40-29 enquadra-se na fácies picríticas toleíticas, (Fig.2), preservando as características ígneas, o que nos permite usá-la com segurança nos diagramas dedicados às rochas ígneas de natureza básica, vulcânica, ficando esta nos basaltos (rocha intrusiva máfica rica em Ca), enquanto as amostras NA-01 e G-13, na fácie de granitos alcalinos. O diagrama de TAS, nas amostras G-13 e NA-01 apresentam-se nos granitos, enquanto a 4029 na fácie subalcalina toleítica.

Em termos de proporções molares (Na-Al-K), as duas amostras graníticas são rochas peraluminosas e a básica é metaluminosa.

De acordo com as proporções molares de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (saturação aluminosa) as três amostras foram enquadradas em: 40-29- Metaluminosa: mol.  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (8,319) mol.  $< \text{Na}_2\text{O}$  (0,873) + $\text{K}_2\text{O}$  (0.132) + $\text{CaO}$  (10.984). Na razão  $\text{A/CNK} < 1$  (Metaluminosa). (Figura 26) NA-01- Peraluminosa: mol.  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (14,524)> mol.  $\text{Na}_2\text{O}$  (1.816)+ $\text{K}_2\text{O}$  (7.644) + $\text{CaO}$  (0.063). Na razão  $\text{A/CNK} > 1$ . (Peraluminosa). G-13- Peraluminosa: mol.  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (16.840)> mol.  $\text{Na}_2\text{O}$  (2.135)+ $\text{K}_2\text{O}$  (8.648) + $\text{CaO}$  (0.091). Na razão  $\text{A/CNK} > 1$ . (Peraluminosa), existe  $\text{Al}_2\text{O}_3$  para formar os feldspatos e ainda sobra, contêm frequentemente minerais ricos em  $\text{Al}_2\text{O}_3$  como a moscovite [ $\text{KAl}_3\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ ], corindo [ $\text{Al}_2\text{O}_3$ ], topázio [ $\text{Al}_2\text{SiO}_4(\text{OH},\text{F})_2$ ], ou um dos polimorfos de [ $\text{Al}_2\text{SiO}_5$ ], (distena, andaluzite, sillimanite), apresentam corindo normativo. (Fig.3).

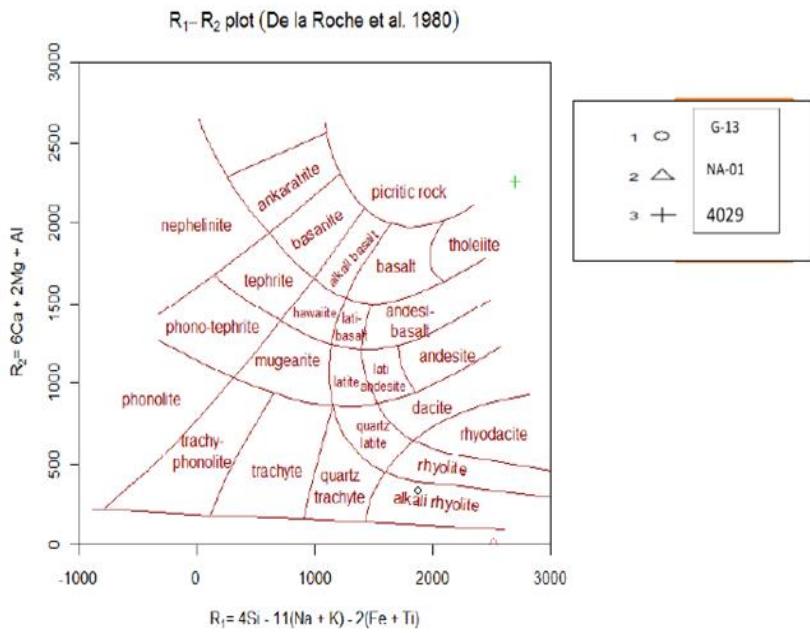


Figura 2: Diagrama multaciônico R1 - R2, de classificação química de rochas vulcânicas, de De La Roche et al. (1980);

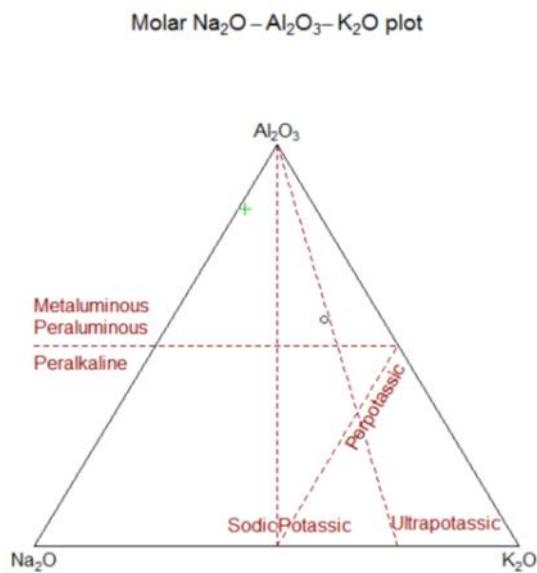


Figura 3: Diagrama de proporção molar (Na-K-Al), amostra 4029 (Metaluminosa), G-13 e N-01 (Peraluminosa).

TAS (Cox et al. 1979)

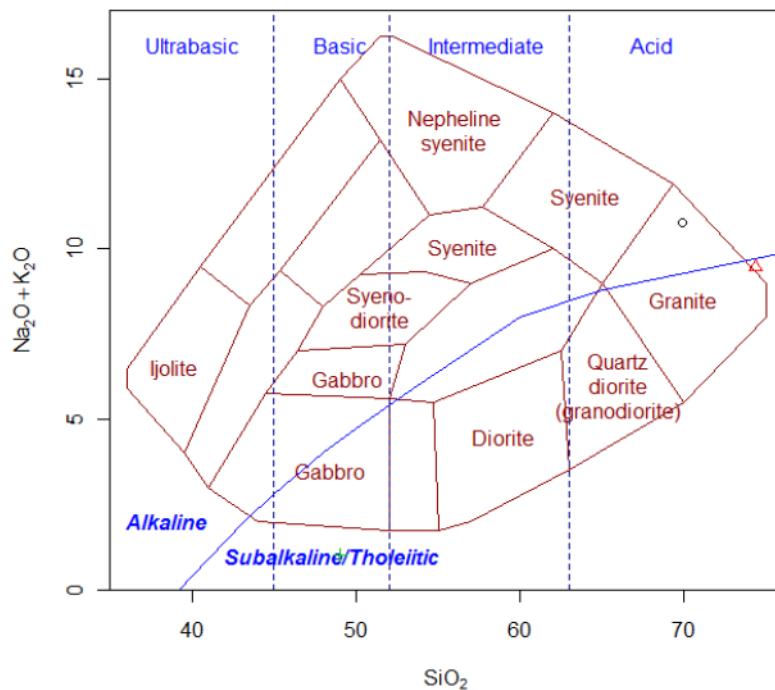


Figura 4: Diagrama TAS (1979) (total de álcalis versus  $\text{SiO}_2$ ), para a classificação das rochas plutónicas.

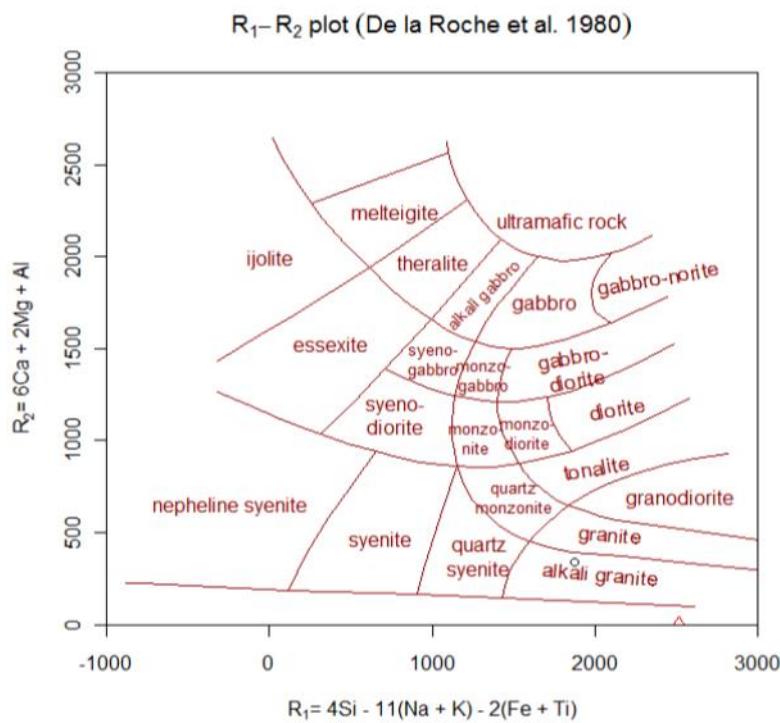


Figura 5: Diagrama de classificação química de rochas plutónicas, de De La Roche et al. (1980).

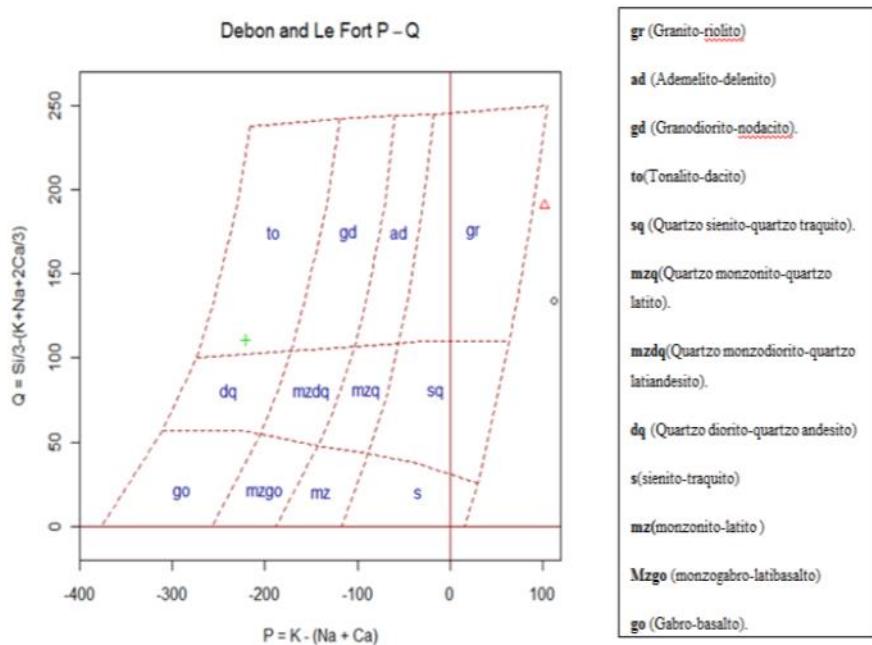


Figura 6: Classificação química dos granitóides, de acordo com Debon & Lefort (1983).

O padrão de distribuição dos elementos incompatíveis das amostras colhidas em Mogovolas, estão representadas no diagrama multi-elementar (diagrama spider), obtido no software Petrograph, Estando representadas as concentrações dos elementos incompatíveis, incluindo REE (Nd, Ce, La), (Fig.7) normalizados em relação ao manto primitivo obtido por Cond-Sun & Mc Donald (1989) e McDonough et al. (1992).

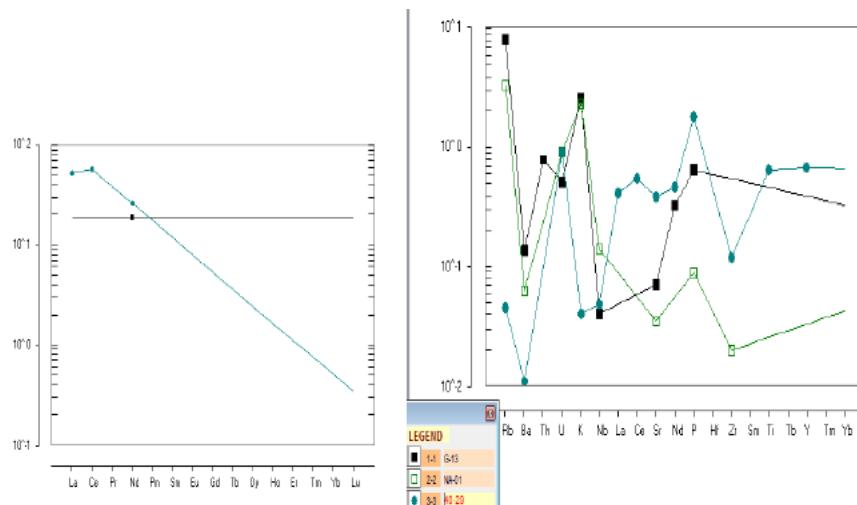


Figura 7: Diagrama de REE elaborado por Cond-Sun & Mc Donald (1989) e diagrama de Taylor & Mc Lennan (1981) diagrama multi-elementos de elementos incompatíveis para os granitóides, e das rochas básicas (anfibolitos). Elementos normalizados em relação ao manto primitivo.

A amostra do granitóide (G-13) mostra um enriquecimento de terras raras leves (ETRL) em relação às terras raras pesadas (ETRP), mostrando um equilíbrio em Nd. Enquanto o

outro NA-01, mostra um empobrecimento total em REE, sendo os anfíbolitos, as rochas básicas, apresentando elementos traços em Nd, Ce, e La, com teores mais elevados em relação aos granítóides. Os granítóides têm anomalias moderadas em Ba, K, Sr e positivas em Rb, enquanto as básicas têm anomalias negativas em Ba, Rb, Nb e suaves em K, Zr, La, Nd e Y e positiva em Sr.

As granadas que constituem a lineação da amostra 40-30 são da série Almandina.

Apresentam, tal como se verifica na (Fig.8), um grau de evolução bastante desenvolvido, mas ainda longe do exemplo da mina do pegmatito de Quintos, ou mesmo do Alto Mirador, ambas no Brasil, comparação com os pegmatitos (4030) da empresa Quintos Mineração em Moçambique.

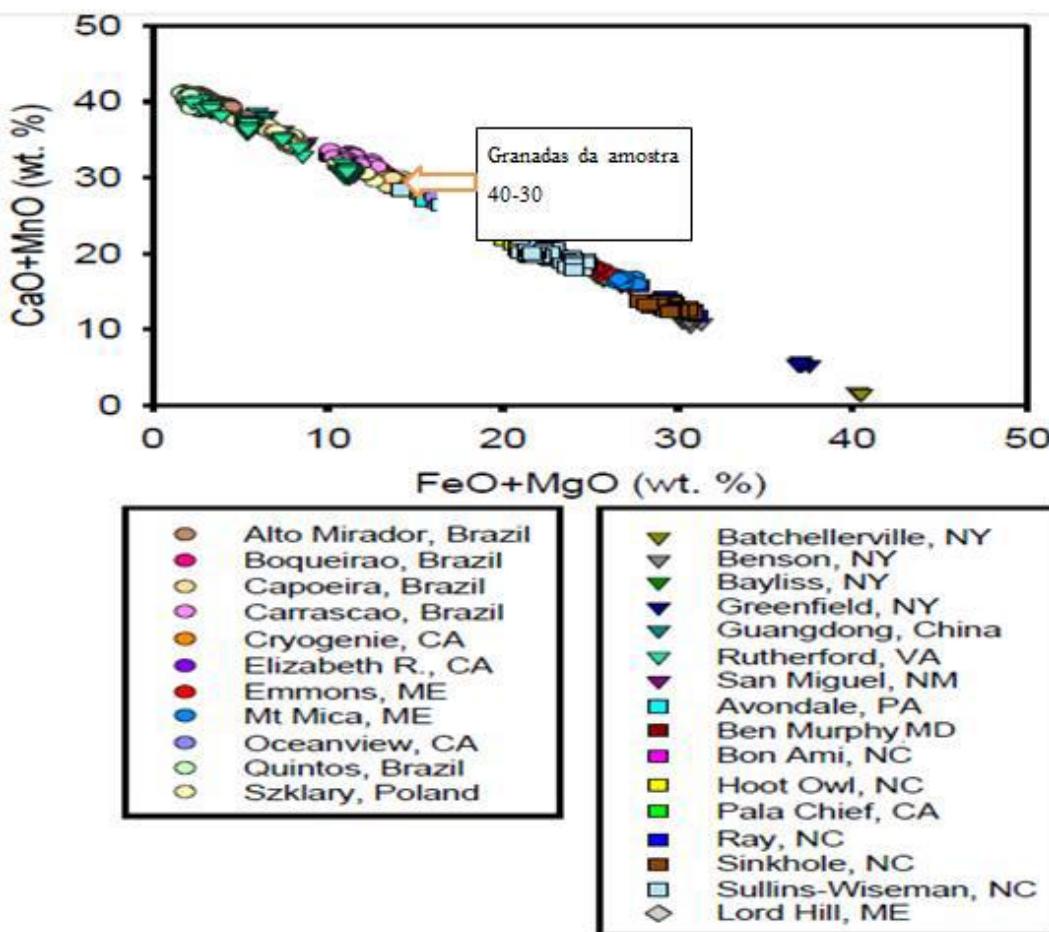


Figura 8. Localização das análises de microssonda electrónica efectuadas às granadas da amostra 40-30, mostrando um grau de evolução grande, mas ainda longe do de Pegmatito de Quintos (adaptado de Moretz et al., 2013).

No que diz respeito ainda às granadas, as inclusões de minerais no seu interior são na sua maioria hematite de cor avermelhada conforme resultados da microssonda electrónica.

## Resultado do cálculo da norma C.I.P.W. para as amostras do G-13, NA-01 e 4029.

	4029(Norma)		G-13 (Norma)		NA-01 (Norma)	
	Peso %	Vol. %	Peso %	Vol. %	Peso %	Vol. %
Quartzo	6.70	8.15	24.95	24.81	34.83	34.79
Plagioclase	25.88	30.69	18.38	18.49	15.35	15.50
Ortóclase	0.77	0.97	52.12	53.65	45.09	46.62
Corundo	-	-	4.07	2.69	3.30	2.19
Diópsido	28.79	28.12	-	-	-	-
Hiperstena	25.27	24.03	0.04	0.02	0.10	0.08
Magnetite	11.51	7.14	0.12	0.06	-	-
Rutilo	-	-	-	-	0.65	0.41
Ilmenite	0.76	0.52	-	-	0.47	0.26
Hematite	-	-	-	-	0.15	0.08
Apatite	0.21	0.21	-	-	0.05	0.04
Pirite	-	-	0.08	0.04	-	-
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.14	0.17	0.02	0.02	0.04	0.04
Total	100.03	100.00	100.3	99.99	100.03	100.01

## Conclusões

A área de estudo localiza-se no posto administrativo de Iuluti constituída por rochas gnaíssicas Mesoproterozóicas de médio a alto grau de metamorfismo, pertencentes ao Complexo de Nampula, retrabalhados durante a orogenia Pan-Africana e intruídos por granitóides e pegmatitos gerados na última fase do Pan-Africano (Paleozóico Inferior).

Os resultados obtidos pela microssonda, caracterizam as amostras em anfíbolas (4029), granitóide-anfibólico, rico em piroxénio (4020), pegmatito rico em albite (4030), granito rico em albite, simples e homogéneo (G-13) e granito (NA-01).

As amostras colhidas em Iuluti correspondem a séries alcalinas, e calco alcalinas, localizadas no complexo de Nampula, perto do cisalhamento de Mamala, caracterizada maioritariamente por granitos gnaissicos e leucogranitos gnaíssicos;

As amostras G-13 e NA-01, possuem um carácter peraluminoso, com Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>>Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O+CaO, enquanto a amostra 40-29 possui um carácter metaluminoso, com Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub><Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O+CaO, sendo totalmente básica.

Os padrões de ETR mostram que as rochas máficas e félsicas são enriquecidas em ETRL em relação ao ETRP, apresentando La, Ce, Nd.

Os diagramas de spider, exibem picos de Rb, Th, U, La, Ce, Sr, Nd, P, Ti, Y, com baixas em Ba, Nb, Zr, tanto na fácies félsicas como nas máficas

## Referencias Bibliográficas

1. Afonso, R. S. (1978) – A Geologia de Moçambique (notícia explicativa da carta geológica 1:2000 000). Imprensa Nacional de Moçambique.
2. CGS (2006) - Notícia Explicativa / Map Explanation. Folhas/sheets Alto Molócuè (1537), Murrupula (1538), Nampula (1539), Mogincual (1540), Errego (1637), Gilé (1638) and Angoche (1639 –40). DNG.33-41-302-303.
3. Cond-Sun, S.S. & Mc Donald, W.F. (1989) -Chemical and isotopic systematic of oceanic.basalts: implications for mantle composition and processes. In: A.D. Saunders, & M.J. Norry (Eds) Magmatism in the ocean basins, Geol. Soc. London Spec. Publ., 42: 315-345.
4. De la Roche, H. et al. (1980). A classification of volcanic and plutonic rocks using R1-R2 diagrams and major element analyses – its relationships with current nomenclature. Chemical Geology, 29, 183-210
5. Debon, F.& Le Fort, P. (1983) - A chemical-mineralogical classification of common plutonic rocks and associations. Trans. R. Soc. Edinburgh Earth Sci., 73,135-149.
6. Deveaud S, Gumiaux C, Gloaguen E, Branquet Y (2013) Spatial statistical analysis applied to rare-element LCT-type pegmatite fields: an original approach to constrain faults–pegmatites–granites relationships. Journal of Geosciences, 58, pp 163–182
7. Macey, P.H. (2007) - Map Explanation Sheets Alto Molócuè (1537), Murrupula (1538), Nampula (1539), Mogincual (1540), Errego (1637), Gilé (1638), and Angoche (1639–40). National Directorate of Geology, Republic of Mozambique.
8. Moretz L., et al. (2013) The Composition Of Garnet As Indicator Of Rare Metal (Li) Mineralization In Granitic Pegmatite's. PEG 2013: The 6th International Symposium on Granitic Pegmatite's. p. 94.
9. Muchangos, A. dos. (1999) - Moçambique, Paisagens e Regiões Naturais. Edição: do Autor. 5-111.
10. Taylor SR, McLennan SM (1981) -The composition and evolution of the continental crust: rare earth element evidence from sedimentary rocks. Philos Trans R Soc Lond A 301:381–399