

Petrografia do *Stock* Nefelina Sienítico Serra da Gruta, Província Alcalina do Sul do Estado da Bahia

Petrography of Serra da Gruta Nepheline Syenite Stock, Southern Bahia Alkaline
Province

M. L. S. Rosa¹; J. A. Oliveira²; H. Conceição¹; D. C. Rios³; A. C. S. Pimenta¹;
J. J. A. Santos¹

¹Núcleo de Geologia, Universidade Federal de Sergipe, 49100-00, São Cristóvão-Se, Brasil

²Companhia Baiana de Pesquisa Mineral - CBPM, 41745-002, Salvador-Ba, Brasil

³Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, 40 201-340, Salvador-Ba, Brasil

lrosa@ufs.br

(Recebido em 10 de outubro de 2012; aceito em 22 de novembro de 2012)

O *Stock* Nefelina Sienítico Serra da Gruta tem área de 4 km², é intrusivo em granulitos arqueano-paleoproterozóicos, e localiza-se na parte sudeste da Província Alcalina do Sul da Bahia. Esse *stock* tem forma arredondada e a presença de contatos bruscos asseguram a sua colocação epizonal. Ele é constituído por vários tipos de sienitos (nefelina sienito, cancrinita nefelina sienito, cancrinita nefelina sodalita sienito, nefelina biotita sienito e álcali-feldspato sienito), que exibem contatos gradacionais e complexos entre si, sugerindo uma evolução por cristalização fracionada. As relações texturais e a evolução da mineralogia evidenciam que o controle do fracionamento nesse magma foi feito pelo fracionamento do feldspato alcalino e minerais máficos precoces. A presença da cancrinita, carbonato e sodalita nessas rochas é interpretada à luz das texturas presentes e dados experimentais disponíveis na literatura, como sendo indicativa da interação de fluidos com frações molares importantes de CO₂ e cloreto com cristais de nefelina e feldspato alcalino.

Palavras-chave: Petrografia; Nefelina Sienito; Bahia

The Serra da Gruta Nepheline-Syenite Stock is located in the southeast part of the South Bahia Alkaline Province. It has an area of 4km² and intrudes Precambrian Granulites. The stock's rounded shape combined with abrupt geological contacts suggest an epizonal emplacement. Serra da Gruta Syenite consists of rocks with a varied mineralogy (nepheline-syenites, cancrinite-nepheline-syenites, cancrinite-nepheline-sodalite-syenites, nepheline-biotite-syenites, and alkali feldspar-syenites). The complex gradational contacts between these syenites suggest that fractional crystallization was involved in the Serra da Gruta Stock evolution. The textural relationships and mineralogical evolution show that magma fractionation was controlled by mafic minerals and alkali-feldspar crystallization. In this context, the co-existence of cancrinite, carbonate and sodalite is interpreted, in face of the identified textures and experimental data reported in the literature, as indicative of the presence of fluids rich in CO₂ and chlorine that interacts with nepheline and alkali-feldspars.

Keywords: Petrography; Nepheline-Syenite; Bahia

1. INTRODUÇÃO

O Cráton do São Francisco hospeda rochas alcalinas intrusivas desde o período Arqueano até o Neoproterozoico, em uma grande diversidade de ambientes geológicos, colisional, intraplaca continental e transicional^{1,2}. Entretanto, até o momento, apenas na região sul do Estado da Bahia encontram-se rochas alcalinas com feldspatóides, particularmente com a presença de sodalita sienitos de cor azul. As rochas alcalinas neoproterozoicas do sul da Bahia foram inicialmente identificadas no final da década de setenta³ e, posteriormente, reunidas sob a terminologia de Província Alcalina do Sul do Estado da Bahia - PASEBA⁴ (Fig. 1A). Essa província corresponde a uma faixa de cerca de 185 km de extensão, tendo em média 35 km de largura (Fig. 1B). A PASEBA ocorre orientada segundo a direção NE-SW, desde as proximidades do

litoral atlântico, a NE, até a divisa com o Estado de Minas Gerais, a SW (Fig. 1B). Nesta região ocorrem diversos corpos ígneos, sob a forma de batólitos, *stocks* e diques.

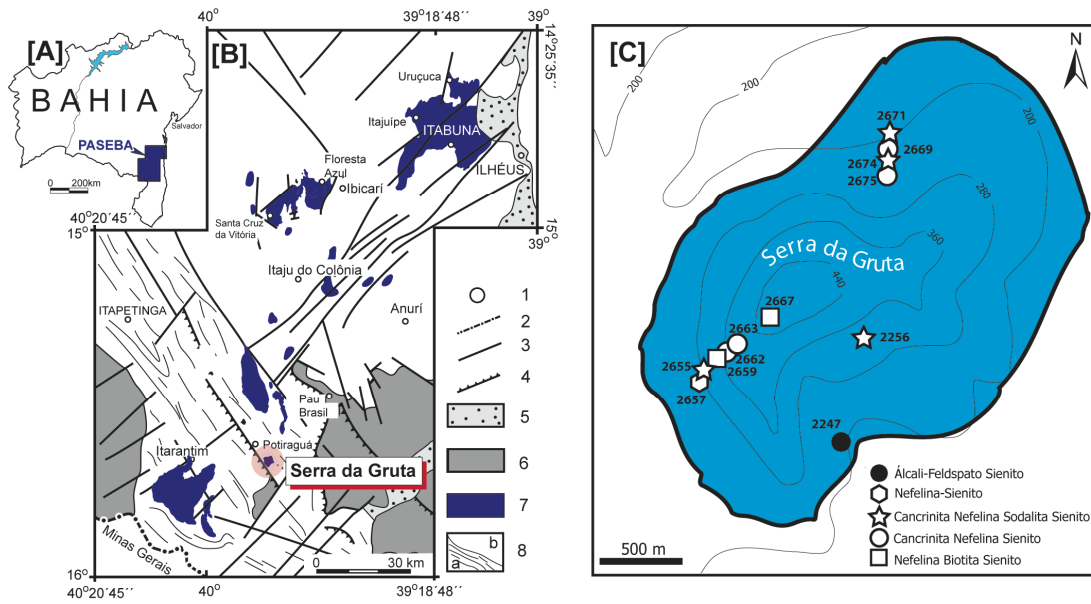


Figura 1: Mapa da Bahia com a localização da Província Alcalina do Sul do Estado da Bahia PASEBA [A]. Mapa geológico simplificado da PASEBA [B]. Mapa de amostragem do Stock Nefelina Sienítico Serra da Gruta [C]. Vista do Stock Nefelina Sienítico Serra da Gruta, fotografia tirada de NW para SE [D]. Cidades [1], limite interestadual [2], falhas e fraturas [3], falhas de cavalgamento [4], sedimentos recentes [5], metassedimentos neoproterozoicos [6], rochas alcalinas brasileiras da PASEBA [7], rochas arqueano-paleoproterozoicas [8, a= granito-gnáissico-migmatíticas e b= granulíticas]. A área em estudo é limitada pelo polígono no interior do mapa corresponde àquela estudada neste trabalho.

O Stock Nefelina Sienítico Serra da Gruta (SSG) é um dos diversos corpos intrusivos presentes na PASEBA (Fig. 1B). Ele foi identificado no início dos anos setenta⁵, localiza-se a sudeste da cidade de Potiraguá e apresenta forma elipsoide com área de 4 km² (Figs. 1C e 1D). A caracterização dos aspectos geológicos e petrográficos desta intrusão constituem-se o objeto deste trabalho.

2. CONTEXTO GEOLÓGICO

A área de estudo faz parte do Cráton do São Francisco, localizando-se próxima ao limite tectônico com a Faixa Móvel Araçuaí do Neoproterozoico. Nesta região reconhece-se a presença de embasamento arqueano-paleoproterozoico, magmatismo básico mesoproterozoico, magmatismo alcalino e sedimentação neoproterozóica (Fig. 1B). O embasamento arqueano-paleoproterozoico é constituído por metamorfitos de médio a alto grau. As rochas do Mesoproterozoico correspondem a diques básicos, cujas idades⁶ estão entre 1,078 até 1,012 Ga. No Neoproterozoico instalaram-se nesta região vários corpos sieníticos e sedimentação continental representada pelo Grupo Rio Pardo.

O SSG é intrusivo em granulitos gnáissicos, truncando as estruturas regionais NS. Os contatos são bruscos e normalmente de difícil visualização em campo, por estarem encobertos por colúvio, todavia são bem demarcados em fotografias aéreas e imagens de satélite.

Os sienitos do SSG apresentam importante variação de granulação (grossa a fina) e do tipo de feldspatoide dominante (cancrinita, nefelina ou sodalita). Estão presentes ainda no SSG diques fonolíticos, de cor cinza, com foliação de fluxo magmático bem desenvolvida. Embora tenha-se identificado a presença de vários tipos de sienitos, eles não apresentavam dimensões areais passíveis de serem representadas em mapa na escala do trabalho.

3. PETROGRAFIA

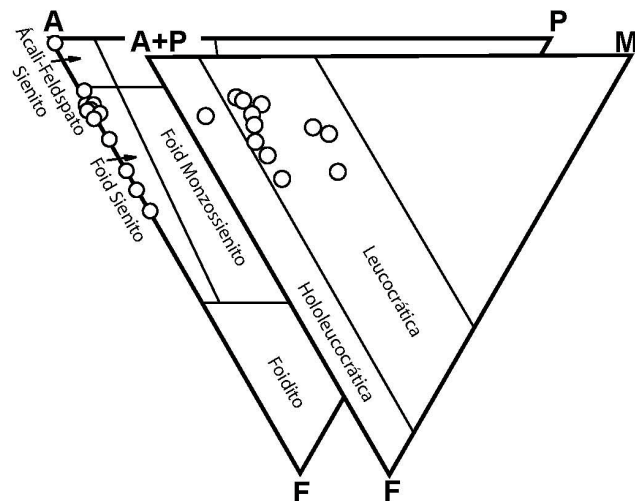
A análise petrográfica foi realizada em doze amostras de sienitos. Estabeleceu-se a MODA destas rochas (Tab. 1), objetivando nomeá-las e classificá-las segundo os diagramas A-P-F e A+P-M-F (Fig. 2), seguindo-se as recomendações da IUGS⁷.

No SSG cinco grupos de sienitos foram identificados: nefelina sienito, cancrinita nefelina sienito, cancrinita nefelina sodalita sienito, nefelina biotita sienito e álcali-feldspato sienito.

Álcali-Feldspato Sienitos: Estas rochas foram identificadas na parte sul do *stock*, no sopé da Serra da Gruta, na cota de 200 m (Fig. 1C). Elas apresentam cor esbranquiçada, granulação grossa e exibem manchas escuras que correspondem a agregados de cristais de biotita. Microclina pertítica e albita são os feldspatos alcalinos presentes. A microclina é subédrica a anédrica e a exsolução de albita exibe forma de *rods*. Normalmente esses cristais ocorrem geminados segundo as leis Carlsbad e Albita-Periclina, sendo que essa última limita-se à s bordas do cristal evidenciando sua formação posterior. Inclusões de cristais de rutilo, com forma acicular, zircão, subédrico, e minerais opacos, euédricos, são observados nos feldspatos. Os cristais de biotita marrom são euédricos e subédricos, formam agregados com minerais opacos e usualmente mostram-se alinhados pelo fluxo magmático. A titanita ocorre associada à biotita. Os minerais acessórios são apatita, opacos, zircão e rutilo. A ordem de cristalização obtida a partir das relações texturais entre os minerais indicam a cristalização precoce dos minerais acessórios (zircão, rutilo, apatita, minerais opacos), seguida pela cristalização da biotita e feldspatos alcalinos. A titanita é o último mineral a se cristalizar nessa rocha e a sua formação envolve reação entre o magma e os minerais opacos.

Tabela 1: Análise modal das rochas sienítica estudadas. Álcali-feldspato sienito [AFS], Cancrinita Sodalita Sienito [CSNS], Nefelina Sienito [NS], Nefelina Biotita Sienito [NBS], Cancrinita Nefelina Sienito [CNS], feldspato [Feld.].

	2247	2657	2667	2659	2675	2662	2663	2669	2256	2674	2655	2671
	AFS	NS	NBS	NBS	CNS	CNS	CNS	CNS	CSNS	CSNS	CSNS	CSNS
Feld. Alcalino	70,5	45,4	64,2	49,4	69,8	63,3	60,6	14,0	70,6	62,0	59,8	49,0
Microclina	-	13,8	3,0	12,1	-	9,6	3,3	8,6	9,2	-	5,0	-
Albita	7,0	3,8	-	2,9	-	-	11,2	43,2	-	-	-	0,9
Nefelina	-	24,0	10,3	7,9	8,5	11,4	5,1	10,7	10,2	3,6	14,4	8,9
Sodalita	-	-	-	-	-	-	-	-	3,3	22,1	5,0	13,5
Cancrinita	-	1,0	1,9	2,1	11,8	3,9	5,4	2,7	2,7	5,6	3,8	9,3
Biotita	11,0	8,1	17,1	19,3	6,3	5,0	5,6	2,7	1,6	4,0	8,5	6,0
Mica Branca	-	-	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	7,1
Aegirina	-	-	-	-	-	-	-	4,7	-	-	-	-
Ribequita	-	-	-	-	-	-	-	9,0	-	-	-	-
Opacos	1,3	2,0	1,4	0,6	1,4	4,3	4,8	1,6	2,4	1,3	2,0	0,7
Zeolita	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,1
Carbonatos	-	-	-	3,4	-	-	-	-	-	1,4	1,5	0,3
Apatita	1,9	-	-	1,3	0,6	-	1,3	-	-	-	-	-
Titanita	6,0	1,9	1,1	1,0	1,3	2,5	2,7	1,1	-	-	-	0,2
Zircão	1,3	-	0,7	-	0,3	-	-	1,7	-	-	-	-
Rutilo	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



Nefelina Sienito



Cancrinita Nefelina Sodalita Sienito

Figura 2: Diagramas modais APF e (A+P)FM aplicados às rochas em estudo. Álcali-feldspato [A], plagioclásio [P], feldspatoide [F], máfico [M]. Fotografias das rochas nefelina sienítica e cancrinita nefelina sodalita sienítica.

Nefelina Sienitos: localizam-se na borda sudoeste do *stock* (Fig. 1C). Essas rochas exibem cor cinza esverdeada (Fig. 2), onde o verde corresponde aos cristais de nefelina. Apresentam estrutura isotrópica e granulação média a grossa. Os feldspatos alcalinos (microclina pertítica e albita), exibem formas subédrica e anédrica e o volume de microclina supera o de albita. A exsolução presente na microclina tem formas de flamulas e *rods*. Nos cristais de feldspatos com maior eudralismo constata-se a presença de inclusões euédricas de minerais opacos e apatita, preferencialmente localizadas em seu centro. A nefelina é anédrica e posiciona-se nos interstícios entre os prismas de feldspato alcalino, com os quais mantém contatos irregulares. A cancrinita anédrica desenvolve-se pela desestabilização da nefelina. A biotita, marrom, é subédrica e mostra contatos irregulares com os cristais de feldspatos, nefelina, titanita e minerais opacos, titanita. Os minerais opacos e a titanita apresentam-se frequentemente associados aos cristais de biotita. Para esse conjunto de sienitos considera-se que a cristalização iniciou-se com a formação dos cristais de apatita, biotita, minerais opacos, seguida pela cristalização do ortoclásio, albita e nefelina. A titanita e cancrinita formaram-se tardiamente por ação de fluidos sobre cristais de minerais opacos e nefelina respectivamente.

Nefelina Biotita Sienitos: Este grupo de sienito, que tem cor cinza e granulação grossa, foi encontrado próximo ao topo da Serra da Gruta (Fig. 1C). Os feldspatos alcalinos presentes são microclina pertítica e albita antipertítica. A microclina pertítica tem forma anédrica com granulometria variada. Dois conjuntos de cristais foram identificados. Os cristais maiores mostram-se alinhados pelo fluxo magmático e apresentam exsoluções. E, os cristais menores de microclina limitam-se aos interstícios dos prismas dos cristais maiores, exibem contatos irregulares com cristais de cancrinita e não apresentam exsoluções. A microclina inclui cristais de zircão e biotita euédricos localizados preferencialmente em sua periferia. A albita é subédrica, está predominantemente geminada segundo as leis Albita e Periclina, e os seus contatos são curvos com os cristais de nefelina, biotita e microclina. A biotita marrom é abundante neste tipo de sienito e os seus cristais mostram-se bem alinhados segundo o fluxo magmático. Ela ocorre associada aos minerais opacos e à titanita. Os minerais acessórios são zircão, titanita, opacos, apatita e carbonato. A titanita encontra-se frequentemente associada aos minerais opacos e nos bordos da biotita. O zircão é subédrico e os minerais opacos são anédricos e ocorrem em agregados com cristais de biotita e titanita. A apatita é subédrica a anédrica; o carbonato é anédrico. A ordem de cristalização estabelecida para esses sienitos inicia-se com a apatita, seguida da cristalização dos feldspato alcalinos, sendo que o início da formação do ortoclásio precede ao da albita. Os minerais opacos cristalizam-se seguidos da biotita. A nefelina forma-se concomitante com a biotita. Em seguida tem-se a cristalização de titanita, carbonato e cancrinita. Remobilizações de carbonato e cancrinita são evidentes com o preenchimento de fraturas em minerais.

Cancrinita Nefelina Sienitos: Estas rochas ocorrem nas partes sudoeste e nordeste do *stock* em estudo, situando-se entre as cotas de nível de 240 m a 400 m. Elas exibem cor cinza com um leve tom esverdeado. Esses sienitos apresentam granulação grossa e mostram-se cortados por diques de biotita fonólito. Nestas rochas os feldspatoides mais importantes são nefelina e cancrinita. A nefelina exibe forma subédrica e anédrica. Ela tende a ocupar os interstícios entre os cristais de feldspatos alcalinos. A cancrinita ocorre essencialmente nos bordos da nefelina, com a qual faz contatos complexos indicando que ela se forma às custas da nefelina por ação de fluidos ricos em CO₂. Os feldspatos alcalinos presentes são ortoclásio pertítico/microclina pertítica e albita. Os cristais de feldspatos alcalinos pertíticos ocorrem geminados segundo as leis Carlsbad e Albita-Carlsbad e a geometria da exsolução é do tipo *rods*. Em alguns dos cristais de ortoclásio pertítico observa-se a presença de coroa de microclina sem exsolução, sugerindo a presença de dois períodos distintos para a sua cristalização. Neles são presentes inclusões de carbonato, e titanita euédrica e apatita anédrica. Os cristais de albita podem estar orientados pelo fluxo magmático nas rochas com granulação fina. Eles ocorrem comumente sob a forma subédrica, são geminados segundo Lei Albita e apresentam contatos retos com demais minerais. Em alguns deles identificou-se a presença de zonação composicional. Nesses sienitos

tem-se aegirina, riebeckita e biotita. A aegirina exibe forma subédrica com frequência, enquanto que a riebeckita tem forma euédrica. Eles ocorrem associados a cristais de biotita marrom. Os acessórios mais comuns são apatita, minerais opacos, zircão, titanita e carbonato. Nesses sienitos se observa que o zircão, minerais opacos e apatita ocorrem como minerais acessórios e cristalizam-se precocemente. Em seguida cristalizam-se os feldspatos alcalinos e, posteriormente, tem-se a cristalização da biotita, nefelina, riebeckita e aegirina. A cancrinita e calcita cristalizam-se tardiamente por ação de fluidos ricos em CO₂.

Cancrinita Nefelina Sodalita Sienitos: Estas rochas ocorrem em diversas regiões da Serra da Gruta. Apresentam granulação grossa, exibem tonalidade azulada (Fig. 2), existindo variedades com a cor azul mais proeminente, devido à concentrações mais importante da sodalita. Nesses sienitos são presentes nefelina, sodalita e cancrinita. A nefelina e a sodalita dominam e a cancrinita ocorre de forma subordinada. Os agregados de sodalita apresentam tamanhos variados, exibindo contatos irregulares, podendo ocorrer igualmente em micro-fraturas. Associadas à sodalita têm-se calcita e natrolita com granulação muito fina. A nefelina ocorre predominantemente anédrica e ocasionalmente subédrica. A cancrinita substitui a nefelina. Os feldspatos alcalinos são microclina pertítica ou albita antipertítica. Eles são subédricos e apresentam-se geminados segundo as leis Albita-Periclina, Carlsbad e Albita-Carlsbad, respectivamente. Os cristais com geminação Carlsbad exibem maior eudralismo que aqueles com as geminações Albita-Periclina e Albita-Carlsbad. Esses últimos apresentam-se com duas formas: a primeira, coroando cristais de feldspatos pertítico; e a outra, em forma anédrica, ocorrendo nos interstícios. A albita exibe forma subédrica e contatos irregulares com a microclina. Por vezes, são observadas inclusões de titanita euédrica nos feldspatos. A biotita marrom é subédrica. Ela mostra-se intimamente associada aos minerais opacos e comumente alterada para mica branca. A calcita é anédrica e ocupa os interstícios e fraturas em cristais de feldspato alcalino, nefelina e sodalita. Os cristais de natrolita, que ocorrem em poucas lâminas exibem forma anédrica, posicionam-se nos interstícios dos cristais de sodalita, feldspatos e, por vezes, em micro-fraturas nesses cristais. Os minerais acessórios são titanita e opacos que ocorrem com formas subédrica e euédrica. Os dados obtidos para esse tipo de sienito permitiram identificar a seguinte ordem de cristalização: inicialmente formam-se os minerais opacos, seguidos pela cristalização de albita ou microclina pertítica e biotita seguida da nefelina. A titanita forma-se posteriormente por reação de fluido com os minerais opacos; cristalizam-se contemporaneamente o carbonato e a sodalita, e ocorre concomitante a transformação de nefelina em cancrinita. A natrolita se cristaliza tardiamente.

4. DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

Cartografou-se o *Stock* Sienítico Serra da Gruta, identificando-se o seu caráter intrusivo em terrenos de médio a alto grau. A forma arredondada e os contatos bruscos com as encaixantes metamórficas são indicativos de que esse *stock* tenha tido colocação epizonal.

Os trabalhos realizados permitiram identificar no *stock* a presença de vários tipos de sienitos (nefelina sienito, cancrinita nefelina sienito, cancrinita nefelina sodalita sienito, nefelina biotita sienito e álcali-feldspato sienito). Os contatos entre os tipos de sienitos mostraram-se complexos e as suas feições sugerem passagem gradativa de um tipo a outro. Estes aspectos são sugestivos de rochas que cristalizam-se em sistema magmático que evolui por cristalização fracionada.

O tipo de sienito mais primitivo entre os estudados, devido à pobreza em feldspatoídes e de minerais máficos alcalinos, é o álcali-feldspato sienito. O seu posicionamento na periferia do *stock* indica a sua formação precoce. Nesses sienitos o feldspatoíde é ausente ou com volume inferior a 3%. A cristalização inicial nessas rochas se processa com a formação da apatita, zircão e dos minerais opacos. É consenso na literatura⁸ que o volume de feldspatoídes em rochas de um plúton é indicador do maior grau de diferenciação magmática. O fracionamento importante de feldspato alcalino [(Na. K)AlSi₃O₈], mineral saturado em sílica, pode explicar o aumento no volume de feldspatoídes nas rochas mais evoluídas (Fig. 3).

O diagrama APF (Fig. 2), onde as rochas se posicionam ao longo do lado AF, indica que a evolução deste magma foi controlada pelo fracionamento de feldspato alcalino *hipersolvus*. O diagrama (A+P)-F-M nessa mesma evolução coloca em evidência fracionamento das fases máficas precoces (biotita, minerais opacos, anfibólio).

Os minerais máficos presentes no SSG são biotita, aegirina, riebeckita, zircão, titanita e minerais opacos. Os minerais opacos e os raros cristais de zircão têm cristalização precoce e, posteriormente, tem-se a cristalização de riebeckita e aegirina. A formação da titanita, ante as texturas encontradas, limita-se à desestabilização dos minerais opacos e da biotita.

A nefelina $[(Na,K)(AlSi)O_4]$ forma-se após pico importante da cristalização do feldspato alcalino. As texturas evidenciam que ela desestabiliza-se gerando a cancrinita $(NaAlSi_2, CaCO_3, H_2O)$. Essa feição tem sido interpretada há muito tempo pelos petrólogos⁹ como resultante da ação de fluídos. Estudos experimentais¹⁰ demonstram que essa reação é controlada pela presença de fluidos enriquecidos em CO_2 . Os cristais anédricos de carbonato intersticiais e associados a cancrinita são feições usualmente reportadas na literatura¹¹ como processo metassomático em corpos sieníticos, encontrando suporte em estudos experimentais¹⁰.

A sodalita $[Na_8(AlSiO_4)_6Cl]$ ocupa os interstícios dos minerais nas rochas estudadas ou em fraturas gerando veios de sodalito azul, evidenciando que a formação da sodalita no SSG se processa nas fases finais de sua cristalização. A ordem de cristalização estabelecida para as rochas do SSG indica que o magma, ao cristalizar volume importante de feldspatos (Fig. 3), enriquece-se em fluidos que podem ter alta fração molar de cloretos.

Os estudos^{12,13} em nefelina sienitos da PASEBA têm revelado que nessas rochas existem duas forma de ocorrência da sodalita. Uma magmática, com cristalização da sodalita direta do magma e outra, a mais abundante nessa província alcalina, que é a formação por reação entre o fluido rico em cloreto e a nefelina ou feldspato alcalino. A presença de sodalita intersticial e em veios indica que nesse stock tem-se os dois tipos de sodalita.

Por fim, a proporção dos constituintes minerais presentes no *Stock* Sienítico de Serra da Gruta são propícias, quando comparadas às descritas na literatura^{14,15}, para serem consideradas com reserva importante de feldspato de matéria prima para indústria de cerâmica e de vidros especiais, configurando a PASEBA como uma das áreas com as maiores reservas brasileira deste material.

5. AGRADECIMENTOS

O desenvolvimento desta pesquisa foi possível graças aos recursos obtidos junto à Companhia Baiana de Pesquisa Mineral (CBPM), à Fundação Apoio à Pesquisa no Estado da Bahia (FAPESB) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

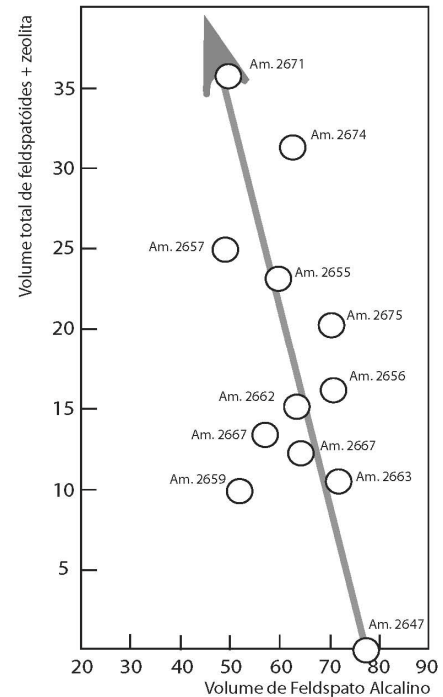


Figura 3: Diagrama correlacionando os dados modais de feldspato alcalino versus total de feldspatóides mais zeólitas.

1. Conceição H, Otero OMF. Magmatismo Granítico e Alcalino no Estado da Bahia. Salvador: SGM; 1996. 133 p.
2. Marinho MM, Rios DC, Conceição H, Rosa MLS. Magmatismo Alcalino Neoarqueano no Cráton do São Francisco, Bahia: pluton Pé de Serra. 44 Congresso Brasileiro de Geologia, 2008 Out 26 – Out 31; Curitiba, SBG; 2008. p. 57.
3. Fujimori S. Rochas Alcalinas do Sul do Estado da Bahia. Rio de Janeiro: DNPM; 1967. 141 p.
4. Silva Filho MA, Moraes Filho O, Gil CAA, Santos, RA. Projeto Sul da Bahia, Folha SD.24-Y-D. Salvador: DNPM/CPRM; 1976. 164 p.
5. Souto, PG. Geologia e Petrografia da Área de Potiraguá-Bahia, Brasil. Tese (doutorado). São Paulo: Universidade de São Paulo, 1972. 65 p.
6. D'agrella Filho MS, Pacca IG, Renne P, Onstott, TC, Teixeira W. Paleomagnetism of middle Proterozoic (1.01 to 1.08 Ga) mafic dykes in southteaster Bahia State – São Francisco Craton, Brazil. *Earth and Planetary Science Letters*. 1990;101:332–348.
7. Le Maître RW, Bateman P, Duxey A, Séllet J, Lameyer J, LE Bassabin PA, Schmid R, Soresen H, Streckeisen A, Wooly RA, Zannettin B. Recommendation of the IUGS, subcomision of the systematic of igneous rocks. 2nd Oxford: Blachwell; 2002. 19 p.
8. McBirney AR. *Igneous Petrology*. San Francisco: Freeman, Coper and Company; 1984. 504 p.
9. Tyrrell, G. W. *The Principles of Petrology: An Introduction to the Science of Rocks*. New York: Science Paperback Chapman & Hal Ltd.; 1978. 169 p.
10. Sirbescu M, Jenkins DM. Experiments on the stability of cancrinite in the system Na₂O-CaO-Al₂O₃-SiO₂-CO₂-H₂O. *American Mineralogist*. 1999;84:1850-1860.
11. Schonenberg J, Marck G. The Magmatic and Fluid Evolution of the Motzfeldt Intrusion in South Greenland: Insights into the Formation of Aegirite and Miaskitic Rocks. *Journal of Petrology*. 2008;49(9):1549-1577.
12. Cunha, MP. Litogeoquímica dos Sítios Mineralizados em Sodalita Szul do Maciço Rio Pardo e Complexo alcalino Floresta Azul, Bahia. Dissertação (mestrado). Salvador: Universidade Federal da Bahia, 2003. 88 p.
13. Rosa MLS, Conceição H, Macambira MJB, Galarza MA, Cunha MP, Menezes RCL, Marinho MM, Cruz Filho BE, Rios DC. Neoproterozoic anarogenic magmatism in the southern Bahia Alkaline Province of NE Brasil. *Lithos*. 2007;97(1-2):88-97.
14. Jimoh MT, Raji IO. Economic prospects of nepheline syenites occurring Around Awo, Southwestern Nigeria. *Journal of Emerging Trends in Engineering and Applied Sciences*. 2011; 2(4):606-609.
15. Mazhari SA, Hajalilou B, Bea F. Evaluation of syenite as feldspar source: Piranshahr Pluton, NW of Iran. *Natural Resources Research*. 2012;21(2):279-283.