

ASSINATURA MANTÉLICA DE ISÓTOPOS DE CARBONO E OXIGÊNIO EM CRISTAIS DE CALCITA DE ROCHAS FOID-SIENÍTICAS DA PROVÍNCIA ALCALINA DO SUL DO ESTADO DA BAHIA

MARIA DE LOURDES DA SILVA ROSA^{1,2}, HERBET CONCEIÇÃO², CANDIDO AUGUSTO VELOSO MOURA³, MOACIR JOSÉ BUENANO MACAMBIRA³, MOACYR MOURA MARINHO^{2,4}, RITA CUNHA MENEZES LEAL², MÔNICA PRISGSHEIM DA CUNHA², DÉBORA CORREIA RIOS²

Abstract *MANTELIC SIGNATURE OF CARBON AND OXYGEN ISOTOPES OF CALCITE CRYSTALS FROM FOID-SIENITIC ROCKS OF THE ALKALINE PROVINCE OF SOUTHERN BAHIA, BRAZIL* The South Bahia Alkaline Province (SBAP), with Neoproterozoic age (739 - 676 Ma), is a magmatic association formed by four batholiths and several stocks, predominantly composed by foid-syenitic rocks. In these rocks calcite crystals can occur disseminated, form aggregates, fill micro-fractures and as centimetric dykes. C and O isotopic data of calcite range between $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ -4,84 ‰ and -7,35 ‰, $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ 6,47 ‰ and 7,17 ‰, which are similar values to those observed in carbonates crystallized from primary igneous carbonatitic magmas, with $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ data close to those reported for the mantle. These data permit to infer that the evolution of these alkaline intrusions took place in a closed system, preserving the C and O mantle signature even in late-magmatic minerals, such as calcite.

Keywords: Magmatic calcite, C and O isotopes, South Bahia Alkaline Province

Resumo A Província Alcalina do Sul do Estado da Bahia, de idade neoproterozóica (739 - 676 Ma), é formada por uma associação de quatro batólitos alcalinos e vários *stocks*, predominantemente compostos por rochas foid-sieníticas. Nestas rochas têm-se cristais de calcita que podem ocorrer disseminados, em aglomerados, ocupar micro-fraturas ou ainda dispõem-se sob a forma de veios centimétricos. Análises isotópicas (C e O) deste mineral mostram valores de $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ de -4,84 ‰ a -7,35 ‰ e $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ de 6,47 ‰ a 7,17 ‰, que são similares aos de carbonatos cristalizados em magmas carbonatíticos primários, com conteúdos de $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ compatíveis com aqueles reportados para o manto. Estes dados permitem inferir que a evolução destes corpos processou-se em sistemas relativamente fechados, que preservam assinatura mantélica para o C e O mesmo em minerais como a calcita, que foi cristalizada em uma fase tardia.

Palavras-chave: Calcita magmática, isótopos de C e O, Província Alcalina do Sul do Estado da Bahia

INTRODUÇÃO Carbonatos ígneos têm gênese complexa e os dados experimentais indicam que magmas carbonatíticos podem ser gerados por fusão mantélica, imiscibilidade de líquidos ou cristalização fracionada (Bell 1998, Bell *et al.* 1998 e referências neles citadas).

A associação íntima entre rochas silicáticas (p.ex. nefelina-sienito, piroxenito, lamprófiros, fonólito, melilito) e cálcio-carbonatitos é uma feição comum, sendo o volume de carbonatito nestes corpos normalmente inferior a 10%; os carbonatitos não associados a rochas silicáticas são invariavelmente ricos em dolomita (Bell *et al.* 1998). Estudos de isótopos radiogênicos (Sr, Nd, Pb) em complexos alcalinos com carbonatito revelaram a multiplicidade de processos possíveis para explicar sua gênese (Bell 1998, Srivastava 2005). Todavia, as assinaturas isotópicas comuns entre rochas silicáticas e carbonatíticas em alguns complexos têm sido interpretadas como resultante de cristalização fracionada. Por outro lado, a presença de cristais de carbonato em rochas de complexos alcalinos nefelina-sieníticos miasquíticos, sem evidências de rochas carbonatíticas associadas é usual, tendo sido genericamente descrita como produto de cristalização tardia de fase fluída e, provavelmente por isso, seu significado petrogenético tem sido pouco investigado.

Na Província Alcalina do Sul do Estado da Bahia (PASEBA), de idade neoproterozóica, predominam nefelina-sienitos miasquíticos. Nestes é freqüente a presença de cristais de carbonato intersticiais, em agregados ou veios. A discussão sobre o significado genético do carbonato em rochas *foid*-sieníticas da PASEBA é investigada neste artigo, por meio de dados petrográficos e de isótopos de C e O.

PROVÍNCIA ALCALINA DO SUL DO ESTADO DA BAHIA Na região sul do Estado da Bahia existe um alinhamento de corpos alcalinos (batólitos, *stocks* e diques) que foi reunido por Silva Filho *et al.* (1974) sob a terminologia de Província Alcalina do Sul do Estado da Bahia (PASEBA, Fig. 1). Este magmatismo é Neoproterozóico (Cordani 1972) e as idades U-Pb e Pb-Pb obtidas por Rosa *et al.* (2002, 2003, 2004, 2005a, b, c) em rochas *foid*-sieníticas permitiram inferir que a colocação do plutonismo alcalino na PASEBA é restrita a 60 Ma, compreendida entre 739 e 676 Ma.

Os corpos alcalinos são intrusivos em metamorfitos arqueano-paleoproterozóicos e as suas colocações são condicionadas pelo sistema de falhas Itabuna - Itaju do Colônia, com orientação NE-SW. Os contatos com as encaixantes são intrusivos, materializa-

1 - Pesquisadora do PRODOC – CAPES – UFBA (lourdes@cpgg.ufba.br)

2 - Laboratório de Petrologia Aplicada à Pesquisa Mineral, Centro de Pesquisa em Geofísica e Geologia – Curso de Pós-Graduação em Geologia – IGEO – UFBA. Rua Caetano Moura, 123, Federação, CEP: 40201-340, Salvador-BA (herbet@ufba.br, mpcunha@ufba.br, menezesrita@hotmail.com)

3 - Laboratório de Geologia Isotópica (Pará-Iso) – Universidade Federal do Pará. Caixa Postal 1611, CEP: 66075-900, Belém-PA (candido@ufpa.br, moamac@ufpa.br)

4 - Companhia Baiana de Pesquisa Mineral – CBPM, 4ª Avenida, 460, Centro Administrativo da Bahia, CEP: 41750-300, Salvador-BA (cbpmdt@cbpm.com.br)

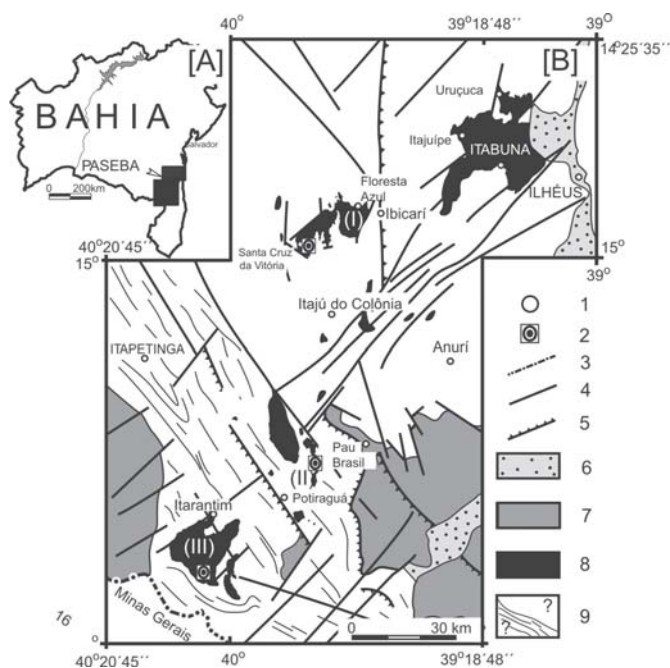


Figura 1 - Contorno geográfico do Estado da Bahia, com a localização da área de abrangência da Província Alcalina do Sul do Estado da Bahia – PASEBA [A]. Mapa geológico simplificado da PASEBA segundo Rosa et al. (2003) [B]. Cidade (1), localização das amostras analisadas para isótopos de C e O (2), limite interestadual (3), falha e fratura (4), falha de acavalcamento (5), sedimentos recentes (6), metassedimentos neoproterozóicos (7), maciços alcalinos (8), rochas arqueano-paleoproterozóicas [9, a= granulíticas e b= gnáissico-migmatíticas]. Complexo Alcalino Floresta Azul (I), Stock Nefelina-Sienítico Rio Pardo (II), Batólito Nefelina-Sienítico Itarantim (III).

dos pela presença de apófises e, localmente, observam-se xenólitos de metamorfitos e fenitos. Na PASEBA os produtos finais da evolução destes magmas fonolíticos materializam-se por rochas nefelina-sieníticas, com granulação grossa a pegmatítica, sodalita-sieníticas e sodalíticas que se limitam a regiões localizadas nos corpos ou sob a forma de diques. A geração das rochas ricas em sodalita tem sido na PASEBA interpretada como produto de autometassomatismo, provocado por fase fluída rica em cloreto e CO_2 (Menezes 2005; Cunha 2003) ou cristalização direta de magmas fonolíticos muito evoluídos (Rosa et al. 2003).

Os dados químicos de rochas da PASEBA revelam a presença de duas tendências evolucionais alcalinas distintas: sub-saturada e saturada em SiO_2 (Fig. 2A). As rochas alcalinas sub-saturadas são as dominantes nesta província, exibem natureza miasquítica, e com a diferenciação existe a diminuição de SiO_2 (de 65% para 35%), que é acompanhada pelo enriquecimento em Na_2O (de 4% a 18%), Al_2O_3 (16% a 30%), CO_2 (até 3%), Cl (130 ppm a >5.000 ppm), Zr (400ppm a >5.000 ppm), Hf (até 141 ppm), Ta (até 169 ppm) e U (até 74 ppm). As rochas alcalinas super-saturadas em SiO_2 evoluem de dioritos a granitos alcalinos com riebequita, tendo conteúdos menores de elementos-traço, quando comparadas aos termos sub-saturados. O carbonato normativo é usualmente presente nestas rochas, chegando a atingir até 7% em peso nos tipos sub-saturados (Cunha 2003, Rosa et al. 2005, Menezes 2005).

O conteúdo de elementos-traço das rochas da PASEBA situa este magmatismo no domínio anorogênico (Fig. 2B). As rochas menos evoluídas desta província (dioritos, monzonitos e sienitos máficos) desenham, em diagramas multielementares normalizados pelo manto primitivo, curvas compatíveis com fonte OIB (Fig. 2C).

Dados isotópicos de Sr e Nd posicionam as rochas da PASEBA no campo do manto empobrecido e não evidenciam importante contaminação de crosta continental (Rosa et al. 2005b). As idades modelos T_{DM} disponíveis se situam entre 1,0-1,2 Ga (Rosa et al. 2005b), coincidindo com a colocação de magmatismo fissural toleítico na região norte da PASEBA (René et al. 1990) e que traduzem importante episódio distensivo nesta região do Cráton do São Francisco, que antecede à formação do rifte Rio Pardo (Pedreira 1999) e ao magmatismo anorogênico neoproterozóico desta província alcalina.

FORMAS DE OCORRÊNCIA DA CALCITA Os cristais de calcita estão presentes em amostras de todos os maciços da PASEBA. Estes cristais podem ocorrer disseminados ou reunidos em aglomerados, ocupar micro-fraturas ou ainda disporem-se sob a forma de veios centimétricos. Eles são mais abundantes em rochas com maior volume modal de nefelina ou sodalita, sendo frequentes nos sítios mineralizados em sienitos com sodalita azul.

A calcita das rochas foid-sieníticas ocorre sob a forma disseminada apresentam tamanhos variando de 0,05 até 3 mm. Eles são anédricos e ocupam os interstícios. Com frequência estes cristais substituem minerais precoces (feldspato alcalino perítico ou antiperítico e a nefelina). As relações texturais observadas indicam que eles cristalizam-se antes e após a formação da cancrinita, que se forma, por sua vez, pela desestabilização da nefelina. Estas feições são interpretadas (Oliveira 2003, Menezes 2005, Rosa et al. 2005b) como resultado do enriquecimento em CO_2 em estágios finais da cristalização dos magmas fonolíticos, responsáveis pela formação dos nefelina-sienitos. A calcita mostra-se nos corpos estudados intimamente associados a cristais de biotita.

Os agregados de cristais de calcita são encontrados, mais raramente, em rochas foid-sieníticas (Fig. 3). Eles ocorrem normalmente com forma arredondada, com diâmetro geralmente inferior a 5 mm, e distribuem-se dispersos aleatoriamente nas rochas. Nestes casos não se tem evidências que estes minerais cristalizem-se a partir da substituição de minerais pré-existent, podendo indicar a presença de líquidos carbonatáticos, sugerindo que a sua formação seja controlada por processo de imiscibilidade. De qualquer forma, em rochas com aglomerados de carbonato têm-se cristais de calcita intersticiais, revelando igualmente a cristalização tardia deste mineral.

Os veios de calcita se limitam a ocorrer com mais frequência nos sítios mineralizados em sodalita azul e raramente têm comprimento superior a 40 cm e espessura de 10 cm. Eles apresentam-se em cores branca e amarelada. Os contatos com as rochas foid-sieníticas são bruscos (Fig. 3), traduzindo, provavelmente, período onde o sistema magmático era capaz de ter comportamento rígido (> 50% de cristais), permitindo a cristalização de magma intersticial ou fase fluída rica em CO_2 em fraturas.

CORPOS ESTUDADOS Neste estudo foram selecionadas 10 amostras de rochas foid-sieníticas que continham cristais de calcita em três corpos da PASEBA, a saber: Stock Nefelina-Sienítico Rio Pardo (3 amostras), Complexo Alcalino Floresta Azul (3 amostras) e Batólito Nefelina-Sienítico Itarantim (4 amostras). A localização destas amostras é apresentada na figura 1.

Complexo Alcalino Floresta Azul Situa-se na região na norte da PASEBA (Fig. 1), sendo um corpo constituído por duas intrusões distintas separadas por falha. Uma tem natureza granítica, situada a leste, onde é abundante a presença de enclaves dioríticos (idade Pb-Pb_{Zircão} 696 ± 11 Ma, Rosa et al. 2003) e, a outra, é sienítica (idade Pb-Pb_{Zircão} de 688 ± 11 Ma, Corrêa-Gomes & Oliveira 2002) e situa-se na parte oeste do complexo. Na porção central da intrusão sienítica tem-se regiões onde ocorrem nefelina-sienitos, sodalita-sienitos de cor azul com granulação grossa. As três rochas estu-

dadas foram coletadas em mina em atividade e cuja idade da mineralização em sodalita é de 696 ± 3 Ma (Pb-Pb_{Zircão}, Rosa et al. 2005c). Os cristais de calcita nestas rochas ocorrem de forma intersticial, mais abundante, tendo se identificado a presença de aglomerados com formas elipsoidais. Usualmente o carbonato encontra-se associado a grandes cristais de biotita (até 8 cm) que participam de bolsões pegmatíticos com sodalita.

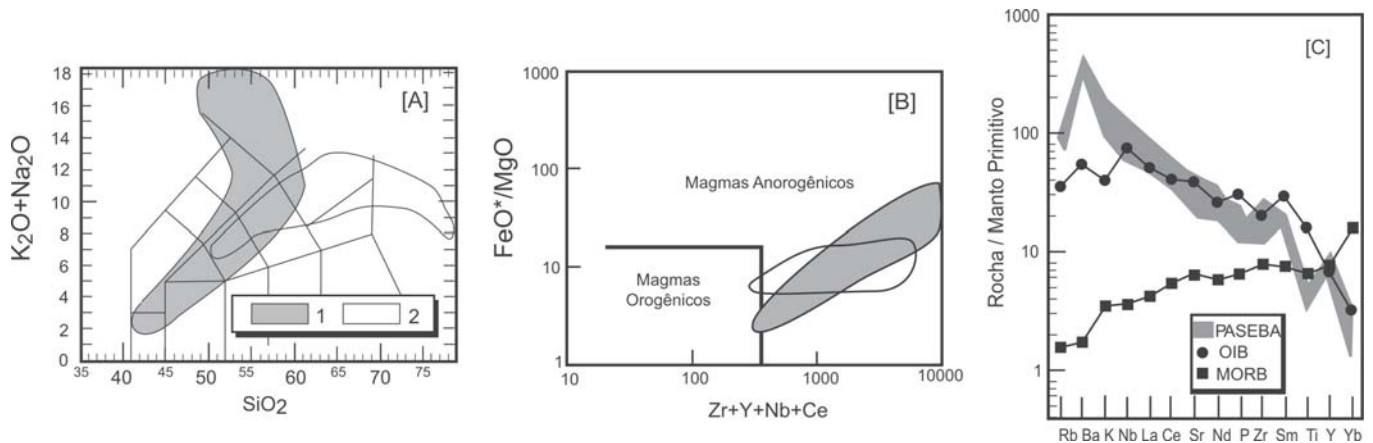


Figura 2 - [A] Diagrama TAS com as tendências evolucionais sub-saturada [1] e saturada [2] em SiO₂ das rochas da Província Alcalina do Sul do Estado da Bahia. [B] Diagrama FeO*/MgO versus Zr+Y+Nb+Ce (Wharlen et al. 1987) com os campos de magmas de sistemas orogênico e anorogênico. [C] Diagrama multielementar normalizado ao Manto Primitivo (McDonough et al. 1991) aplicado às rochas menos diferenciadas (sienitos máficos, monzonitos e dioritos) da PASEBA [área cinza] e as curvas apresentadas para o MORB e OIB correspondem a valores médios (Rollinson 1993). Na confecção destas figuras foram utilizados os dados químicos de rocha disponíveis na literatura sobre esta província: Lima et al. (1981), Arcanjo (1997), Martins & Santos (1997), Marques et al. (2001), Oliveira (2003), Cunha (2003), Rosa et al. (2002, 2003, 2004, 2005a), Peixoto (2005), Menezes (2005).

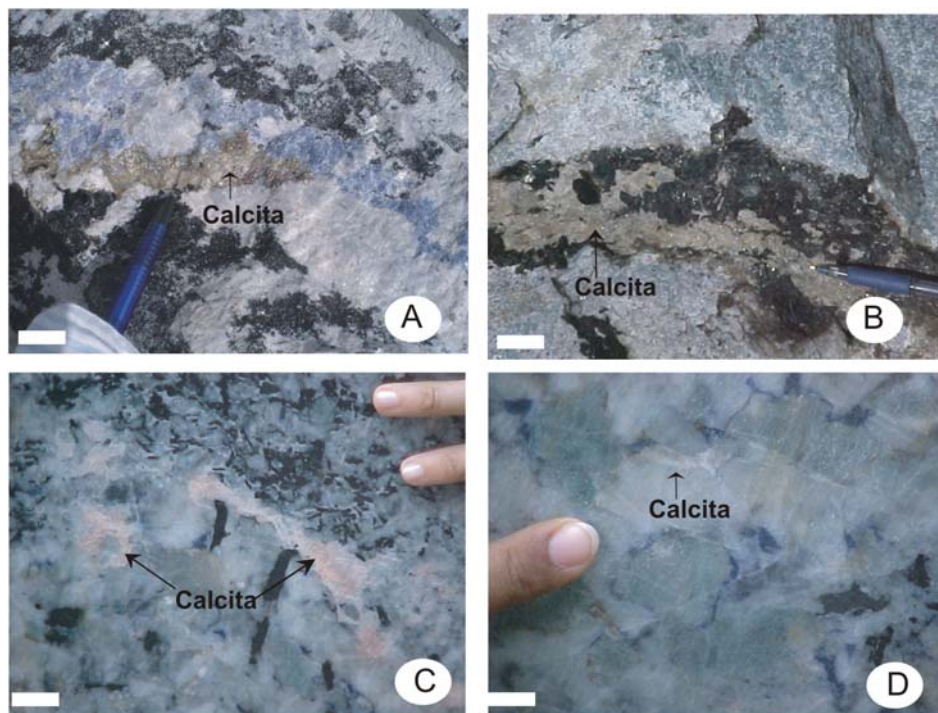


Figura 3 - Fotografias de veios de calcita. Maciço Nefelina-Sienítico Itarantim (A), Stock Nefelina-Sienítico Rio Pardo (B), Complexo Alcalino Floresta Azul (C, D). A escala, em branco, corresponde a 1 cm de comprimento.

Stock Nefelina-Sienítico Rio Pardo Localizado na parte sul da PASEBA (Fig. 1), este corpo tem idade Rb-Sr, 734 ± 26 Ma (Rb-Sr em rocha total), sendo constituído essencialmente por rochas nefelina-sieníticas, tendo em sua região central várias ocorrências de sodalita-sienitos de cor azul (Menezes 2005). Nestas rochas o carbonato ocorre tanto sob a forma disseminada quanto em veio. As três amostras estudadas deste *stock* foram coletadas em veios de calcita (Fig. 3), com cor castanha e amarelada, encaixados em sodalita-sienito e nefelina-sienito com sodalita que ocorrem em uma mina abandonada de sienito de cor azul, localizada em sua porção sul. Neste afloramento encontram-se frequentemente veios de biotita que exibem relações complexas com os veios de carbonato.

Batólito Nefelina-Sienítico Itarantim De idade Rb-Sr em rocha total de 727 ± 49 Ma (Rosa *et al.* 2004), o batólito situa-se no extremo sul da PASEBA (Fig. 1), sendo constituído essencialmente por rochas nefelina-sieníticas que se distribuem em dois conjuntos principais (aegirina-augita nefelina sienitos, a norte, e biotita-nefelina sienitos, a sul) e cujos contatos são gradacionais (Oliveira 2003). As amostras foram coletadas em dique de nefelina-sienito mineralizado em sodalita azul, que contém cristais centimétricos de zircão, alguns com qualidade de gema, e encontra-se encaixado em rochas biotita-nefelina-sieníticas. A idade da mineralização em sodalita é de 720 ± 9 Ma (Pb-Pb^{Zircão} Rosa *et al.* 2004). A calcita ocorre nestas rochas como cristais (0,2-2 mm) disseminados, ou sob a forma de finos veios milimétricos de cor branca. Como nos outros corpos estudados, o carbonato mostra-se frequentemente associado a cristais de biotita.

ANÁLISES QUÍMICAS DE CARBONATO Cristais de carbonato que ocorrem em rochas dos corpos estudados foram analisados por microsonda eletrônica no Laboratório de Microsonda Eletrônica da Universidade de São Paulo por EDS e WDS. Nas análises quantitativas realizadas em amostras dos corpos estudados foram dosados os seguintes elementos Ca, Mg, Fe, revelando que o carbonato é calcítico ($95 < \text{CaCO}_3 < 98$), contendo até 1% da molécula de dolomita e até 4% da molécula de ankerita.

ISÓTOPOS DE CARBONO E OXIGÊNICO Método Os cristais de carbonato foram obtidos em rochas foid-sieníticas por separação manual após trituração da amostra (50-80 #) até a ob-

Tabela 1 - Composições isotópicas de concentrados de cristais de calcitas da Província Alcalina do Sul da Bahia (BNSI = Batólito Nefelina Sienítico Itarantim, SRP = Stock Nefelina-Sienítico Rio Pardo, CAFA = Complexo Alcalino Floresta Azul). Cálculo do $\delta^{18}O_{SMOW}$ ($1,03086 * \delta^{18}O_{PDB} + 30,86$).

Amostra	Intrusão	$\delta^{13}C_{PDB}$ ‰	$\delta^{18}O_{SMOW}$ ‰
139-2A	BNSI	-6,55	6,98
139-2B	BNSI	-6,83	6,48
139-2C	BNSI	-6,37	6,69
139-2D	BNSI	-6,51	6,76
48-1-1	SRP	-5,42	6,96
48-1-2	SRP	-5,23	6,47
48-1-3	SRP	-4,84	6,69
435-CA	CAFA	-7,35	6,60
435-CB	CAFA	-7,24	6,57
436	CAFA	-6,18	7,17

tenção de aproximadamente 10 g. Os concentrados de cristais foram examinados em lupa binocular e aqueles que apresentavam fragmentos de cristais de sodalita, nefelina ou biotita, dentre outros, foram triturados de forma a se obter maior grau de pureza.

As composições isotópicas de carbono e oxigênio foram determinadas no Laboratório de Geologia Isotópica da Universidade Federal do Pará (Pará-Iso) utilizando um espectrômetro de massa Finnigan MAT 252 acoplado a um sistema KIEL-III de extração *on line* de CO₂ em carbonatos. Cerca de 200 µg (microgramas) de amostra foram utilizadas para a extração de CO₂ que foi obtido pela reação da amostra com ácido ortofosfórico na temperatura de 70°C. As composições isotópicas de C e O são reportadas na forma tradicional de $\delta^{13}C$ e $\delta^{18}O$ padronizadas em relação ao PDB e SMOW, respectivamente (Tabela 1). O padrão NBS-19 (carbonato) lido durante as análises das amostras forneceu valor médio de $\delta^{13}C_{PDB} = 1,95$ ‰ ($\pm 0,06$) e de $\delta^{18}O_{PDB} = -2,13$ ‰ ($\pm 0,13$), o que atesta a qualidade analítica dos resultados.

Resultados Os cristais de calcita dos corpos alcalinos investigados (Complexo Alcalino Floresta Azul, *Stock Nefelina-Sienítico Rio Pardo* e Batólito Nefelina-Sienítico Itarantim) exibem assinaturas de $\delta^{13}C_{PDB}$ e $\delta^{18}O_{SMOW}$ (Tabela 1) relativamente homogêneas e similares a de carbonatos cristalizados em magmas carbonatíticos primários, com conteúdos de $\delta^{13}C_{PDB}$ compatíveis com aqueles reportados para o manto (Fig. 4).

A pouca variação dos valores de $\delta^{18}O_{SMOW}$ (6,47 ‰ a 7,17 ‰) sugere que a composição isotópica do oxigênio nas rochas estudadas não foi afetada por transformações de alta ou baixa temperaturas, que tenderiam a aumentar ou diminuir, respectivamente, os valores de $\delta^{18}O_{SMOW}$. Os valores de $\delta^{13}C_{PDB}$ mostram maior va-

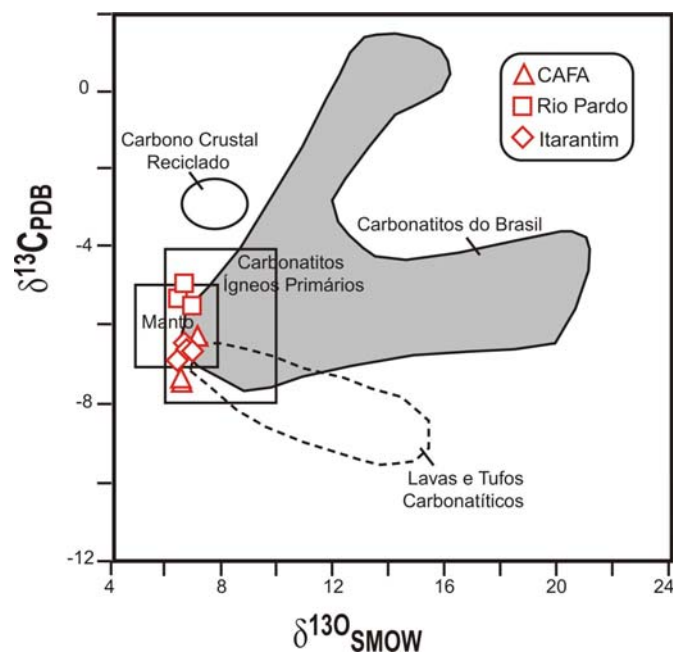


Figura 4 - Composição dos isótopos estáveis de concentrados de cristais de calcita da PASEB, plotados no diagrama $\delta^{18}O_{SMOW}$ versus $\delta^{13}C_{PDB}$. Campos do manto e carbonatitos primários são de Hoefs (1987), Nelson *et al.* (1988) e Deines (1989). Demais campos referências em Schultz *et al.* (2004).

riação (-4,84 ‰ a -7,35 ‰), estando os cristais de calcita do veio no Stock Nefelina-Sienítico Rio Pardo ($\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ de -4,84 ‰ a -5,42 ‰) mais enriquecidos em ^{13}C , este aumento pode refletir o fracionamento isotópico do carbono nos fluidos magmáticos tardios, responsáveis pela geração dos veios.

DISCUSSÕES E CONCLUSÕES Os cristais de calcita analisados têm distribuição areal importante na PASEBA, tendo sido coletados em corpos que distam entre si até 90 km (Itarantim – Floresta Azul) e que cobrem aproximadamente 80 % da área desta província alcalina (Fig. 1). Ante a isto, admite-se que as amostras estudadas possam ser utilizadas para investigar as condições genéticas envolvidas na formação dos cristais de calcita em rochas foïd-sieníticas da província.

Os dados geológicos e texturais mostram que os cristais de calcita presentes nos maciços alcalinos da PASEBA ocorrem como veios ou disseminados, e que a geração deste mineral está relacionada ao estágio magmático tardio da cristalização destes magmas fonolíticos. Neste contexto, os valores de $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ e $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ dos cristais de calcita, dos diferentes corpos estudados, são interpretadas como uma assinatura de fonte comum mantélica. Além disso, a homogeneidade destes valores constitui uma evidência de que estes sistemas isotópicos não foram perturbados ao longo da história evolutiva destes magmas, nem mesmo por processos de alterações pós-magmáticos que comumente afetam as rochas plutônicas.

Os dados de isótopos de C e O obtidos neste trabalho corroboram as hipóteses propostas por Cunha (2003), Oliveira (2003) e Menezes (2005) que, com base em dados geoquímicos, advoga-

ram que as evoluções magmáticas de corpos alcalinos da PASEBA processaram-se em sistema relativamente fechado, sem importante adição de material ou fluidos crustais. Estes autores acreditam que o enriquecimento em CO_2 , testemunhado pela presença da calcita e cancrinita nos corpos da PASEBA, possa ser explicado por processo de cristalização fracionada envolvendo os minerais essenciais que são incapazes de alojar o CO_2 na sua estrutura.

Na PASEBA a geração de sodalita-sienito de cor azul está relacionada a dois processos distintos (Rosa et al. 2005a): cristalização magmática tardia e processos metassomáticos. As relações texturais observadas mostram que a cristalização da sodalita azul ocorre em um estágio magmático tardio concomitante à formação da calcita e cancrinita. Desta forma, é plausível supor que os fluidos responsáveis pela presença da sodalita de cor azul sejam os mesmos que formaram os cristais de calcita.

Agradecimentos Os estudos na Província Alcalina do Sul do Estado da Bahia estão sendo realizados graças aos apoios recebidos do PRONEX-2003 CNPq-FAPESB (BA_CET_009), Edital Universal CNPq-2002/MCT (Proc. 471445/03-7) e da Companhia Baiana de Pesquisa Mineral (Convênio nº 1460 CBPM/UFBA/FAPEX). MLSR agradece à equipe do Pará-Iso pela acolhida durante seu estágio neste laboratório no ano de 2004. As instalações analíticas para a determinação de isótopos estáveis no Pará-Iso foram adquiridas com o apoio do projeto FINEP/CTPETRO 65.00.0243.00. MLSR é bolsista CAPES (Proc. 28001010005P4) e HC PQ-CNPq (Proc. 550483/02-0). Esta é a contribuição de número 187 do Laboratório de Petrologia Aplicada à Pesquisa Mineral da UFBA. Aos revisores da RBG pelas sugestões ao manuscrito.

Referências

- Arcanjo J.B.A. 1997. *Folha Itabuna*. Brasília, MME-SMM-CPRM, Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil, 228 pp.
- Bell K. 1998. Radiogenic isotopic constrains on relationship between carbonatites nad silicate rocks a brief review. *Jour. Petrology*, **39**:1987-1996.
- Bell K., Kjargaard B.A., Simonetti A. 1998. Carbonatites – into the twenty-frist century. *Jour. Petrology*, **39**:1839-1845.
- Cordani U.G. 1972. *Evolução geológica pré-cambriana da faixa costeira do Brasil, entre Salvador e Vitória*. Tese de Livre Docência, IG/USP, 98 p.
- Correia Gomes L.C. & Oliveira E.P. 2002. Dados Sm-Nd, Ar-Ar e Pb-Pb de corpos plutônicos no sudoeste da Bahia, Brasil: implicações para o entendimento da evolução tectônica no limite Orogenia Araçuaí – Cráton do São Francisco. *Rev. Bras. Geoc.*, **32**:185-196.
- Cunha M.P. 2003. *Litogeoquímica dos Sítios Mineralizados em Sodalita Azul do Maciço Rio Pardo e do Complexo Floresta Azul, Bahia*. Dissertação de Mestrado, IG/UFBA, 88 p.
- Deines P. 1989. Stable isotope variations in carbonatites. In: Bell K (ed) *Carbonatites-genesis and evolution*. Unwin-Hyman, London, pp:301-359.
- Halama R., Vennemann T., Siebel W., Markal G. 2005. The Grønneal-Ika Carbonatite-Syenite Complex, South Greenland: Carbonatite Formation by Liquid Immiscibility. *Jour. Petrology*, **46**:191-217.
- Hoefs J. 1987. *Stable isotope geochemistry*. Springer, Berlin Heidelberg New York, 241 pp.
- Lima M.I.C., Fonsêca E.G., Oliveira E.P., Ghignone J.I., Rocha R.M., Carmo U.F., Silva J.M.R., Siga Jr. O. 1981. Geologia. In: Projeto RADAMBRASIL. Programa de Integração Nacional, Folha SD.24-Salvador, **24**:24-192.
- Marques L.S., Conceição H., Min A., Ponte Neto C.F., Ernesto M. 2001. Litogeoquímica e paleomagnetismo dos diques alcalinos neoproterozóicos da Província Alcalina do Sul da Bahia (setores Itabuna – Itajú do Colônia): resultados preliminares. In: SBGq, Cong. Geoq. Países Língua Portuguesa, 6, Actas, 232-236.
- Martins A.A.M. & Santos R.A. 1993. *Ibicaraí, Folha SD.24-Y-B-V, escala 1:100.000*. Programa de Levantamentos Geológicos Básico do Brasil. MME-SMM-DNPM, Brasília, 192 p.
- McDonough W.F., Sun S., Ringwood A.E., Jagutz E., Hofmann A.W. 1991. K, Rb and Cs in the earth and moon and the evolution of the earth's mantle. *Geochim. Cosmo. Acta*, Ross Taylor Symposium volume.
- Menezes R.C.L. 2005. Petrografia e geoquímica do Maciço Nefelina-Sienítico Rio Pardo, município de Potiraguá, Sul da Bahia. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, 117 p.
- Nelson D.R., Chivas A.R., Chappell B.W., McCulloch M.T. 1988. Geochemical and isotopic systematics in carbonatites and implications of the evolution of ocean-island sources. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **52**:1-17.
- Oliveira A.E.L. 2003. *Geologia, Petrografia, Litogeoquímica e idade Rb-Sr do Maciço Sienítico Itarantim, Sul do Estado da Bahia*. Disserta-

- ção de Mestrado, IG/UFBA, 110 p.
- Pedreira A.J. 1999. Evolução sedimentar e tectônica da Bacia Metassedimentar do Rio Pardo: uma síntese. *Rev. Bras. Geoc.*, **29**:339-344.
- Peixoto A.A. 2005. *Petrologia do Maciço Sienítico Itabuna*. Tese de Doutorado, IG/UFBA, 145 p.
- René P.R., Onstott T.C., D'Agrella Filho M.S., Pacca I.G., Texeira W. 1990. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating 1.0-1.1 Ga magnetizations from São Francisco and Kalahari cratons: tectonic implications for Pan-African and Babiliano mobile belts. *Earth Planet. Sci. Letters*, **101**:349-366.
- Rollinson H. 1993. *Using geochemical data*. Logman, London, 352 p.
- Rosa M.L.S., Conceição H., Marinho M.M., Macambira M.J.B., Marques L.S. 2002. Geochronology of the South Bahia Alkaline Province (NE Brazil). *Geoch. Cosmoch. Acta*, **66**: A648.
- Rosa M.L.S., Conceição H., Macambira M.J.B., Marinho M.M., Soares, L.S. 2003. Idade (Pb-Pb) e aspectos petrográficos e litogeoquímicos do Complexo Alcalino Floresta Azul, Sul do Estado da Bahia. *Rev. Bras. Geoc.*, **33**:13-20.
- Rosa M.L.S., Conceição H., Macambira M.J.B., Marinho M.M., Cunha M.P. 2004. Idade Pb-Pb e aspectos petrológicos da mineralização em sodalita-sienito azul no Maciço Nefelina-Sienítico Itarantim, sul do Estado da Bahia. *Rev. Bras. Geoc.*, **34**(3):347-354.
- Rosa M.L.S., Conceição H., Macambira M.J.B., Marinho M.M. 2005a. Idade U-Pb da Mineralização de Sodalita-Sienito (Azul-Bahia) no Stock Litchfieldítico Itaju do Colônia, Sul do Estado da Bahia. *Rev. Bras. Geoc.*, **35**(3):433-436.
- Rosa M.L.S., Conceição H., Menezes R.C.L., Macambira M.J.B., Marinho M.M., Menezes R.C.L., Cunha M.P., Rios D.C. 2005b. Magmatismo sienítico neoproterozóico no sul do Estado da Bahia, Maciço Sienítico Serra das Araras: geologia, petrografia, idade e geoquímica. *Rev. Bras. Geoc.*, **35**(1):111-121.
- Rosa M.L.S., Menezes R.C.L., Conceição H., Macambira M.J.B., Galarza M.A., Oliveira E.C., Marinho M.M., Rios D.C. 2005c. Geochronology of a rare alkaline magmatism: the blue sodalite-syenite ore (NE Brazil). *Geoch. Cosmoch. Acta*, **69**:A82.
- Schultz F., Lehmann B., Tawackoli S., Rössling R., Belyatsky B., Dulsi P. 2004. Carbonatite diversity in Central Andes: the Ayopaya alkaline province, Bolívia. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **148**:391-408.
- Srivastava R.K., Heaman L.M., Sinhá A.K., Shihua S. 2005. Emplacement age and isotope geochemistry of Sun Valley alkaline-carbonatite complex, Shilong Plateau, northeastern India: implications for primary carbonate melt and genesis of associated silicate rocks. *Lithos*, **81**:33-54.
- Whalen J.B., Currie K.L., Chappel B.W. 1987. A-type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **95**:407-419.

Manuscrito A-1586

Recebido em 06 de abril de 2005

Revisão dos autores em 01 de dezembro de 2005

Revisão aceita em 20 de dezembro de 2005