IDADE U-Pb DA MINERALIZAÇÃO DE SODALITA-SIENITO (AZUL-BAHIA) NO *STOCK* LITCHFIELDÍTICO ITAJU DO COLÔNIA, SUL DO ESTADO DA BAHIA

MARIA DE LOURDES DA SILVA ROSA[1,2], HERBET CONCEIÇÃO[2], RITA CUNHA MENEZES LEAL[2], MOACIR JOSÉ BUENANO MACAMBIRA[3], MARCO ANTONIO GALARZA[3], ELMA COSTA OLIVEIRA[3], MOACYR MOURA MARINHO[2,4], MÔNICA PRISGSHEIM DA CUNHA[2] & DÉBORA CORREIA RIOS[2]

Abstract The Litchfieldite Stock of Itaju do Colônia is one of the intrusions from the Alkaline Province of the South Bahia State, which host the blue coloured sodalite-syenite ore. The U-Pb isotopic results for titanite from the sodalite-syenites of this complex yeld an age of 732 ± 8 Ma, which is interpreted as the crystallization age for the blue-sodalite-ore.

Keywords: U-Pb age, titanite, blue sodalite-syenite, Itaju do Colônia.

Resumo O *Stock* Litchfieldítico Itaju do Colônia constitui uma das intrusões da Província Alcalina do Sul do Estado da Bahia que hospeda mineralização de sodalita-sienito de cor azul mais importante desta província. Os resultados isotópicos U-Pb em titanita obtidos em sodalita-litchfieldítico deste *stock* forneceram uma idade de 732 ± 8 Ma que é interpretada como a idade da cristalização da mineralização em sodalita azul.

Palavras-Chave: Idade U-Pb, titanita, sodalita-sienito azul, Itaju do Colônia.

INTRODUÇÃO Ocorrências econômicas de sodalita-sienito de cor azul no Brasil se limitam as presentes nos maciços da Província Alcalina do Sul do Estado da Bahia (PASEBA, Fig. 1). Neste contexto, a primeira mina instalada para explotação desta rocha ornamental na década de setenta foi no *Stock* Litchfieldítico Itaju do Colônia (litchfieldito = nefelina-sienito onde a albita é o feldspato alcalino predominante) e suas atividades continuam até hoje. Diferente dos demais sítios mineralizados da PASEBA, todos os sienitos deste *stock* são minérios. Comercialmente os sienitos de cor azul são nomeados de Bule-Bahia, Azul-Bahia ou Granito-Azul-Bahia. O valor médio de 1m^3 de sienito azul na mina é U$D 500 e quando beneficiado, sob a forma de placas polidas com 3 cm de espessura, este mesmo volume pode ter seu valor multiplicado por até oito vezes.

Os estudos petrológicos realizados no Batólito Nefelina-Sienítico Itarantim (Oliveira 2003) e no Complexo Alcalino Floresta Azul (Cunha 2003), onde existem explotações de Azul-Bahia, identificaram que a geração de sodalita-sienito de cor azul pode se desenvolver por dois processos distintos: (i) cristalização magmática tardia essencialmente restrita a diques nefelina-sienitos (Batólito Itarantim); e (ii) processo metassomático, onde a mineralização se desenvolve em zonas localizadas por ação de onde fluídos alcalinos miasquíticos ricos em cloreto que interagem com nefelina-sienitos, cristalizando sodalita inicialmente às custas da nefelina e, em estágios mais avançados do metassomatismo, a albita (Complexo Alcalino Floresta Azul). Rosa *et al.* (2004) ao realizar determinações geocronológicas em sienitos de cor azul e nos sienitos encaixantes destes corpos constataram que idade de cristalização dos dois sienitos é contemporânea. Estes dados levaram Rosa *et al.* (2004) proporem que a formação do sodalita-sienito de cor azul se processe na etapa final de cristalização destes magmas alcalinos anorogênicos.

A titanita é um mineral acessório bastante comum em rochas ígneas, e devido às quantidades de urânio na sua estrutura, é um mineral apropriado para datação U-Pb. A alta temperatura de fechamento deste sistema isotópico (> 700 °C), similar a do zircão, permite a obtenção das idades de eventos ígneos (Frost *et al.* 2000).

Devido a importância econômica, o *Stock* Litchfieldítico Itaju do Colônia teve sua idade investigada pelos métodos geocronológicos K-Ar, Ar-Ar e Rb-Sr (Mascarenhas & Garcia 1987, e referências citadas). Os dados obtidos mostram grande intervalo de valores (732 – 462 Ma), o que dificulta a determinação precisa da idade destas rochas e da mineralização associada. A identificação de concentrações de titanita em sodalita-litchfieldíticos (Fig. 2) deste *stock* torna possível obter-se uma idade U-Pb para este corpo. Os objetivos deste trabalho são apresentar a idade U-Pb obtida em titanita e discutir seu significado à luz dos dados atuais sobre a Província Alcalina do Sul do Estado da Bahia.

LOCALIZAÇÃO O *Stock* Litchfieldítico Itaju do Colônia, localiza-se na Fazenda Hiassu, no município homônimo, a cerca de 20 km

1 - Pesquisadora do CNPq – DTI – IGEO – 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, mpc@cpgg.ufba.br e debora@cpgg@ufba.br)
3 - Laboratório de Geologia Isotópica (Pará-Iso) – Universidade Federal do Pará. Caixa Postal 1611, CEP: 66075-900, Belém-PA (moamac@ufpa.br, antogt@ufpa.br, eco@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)

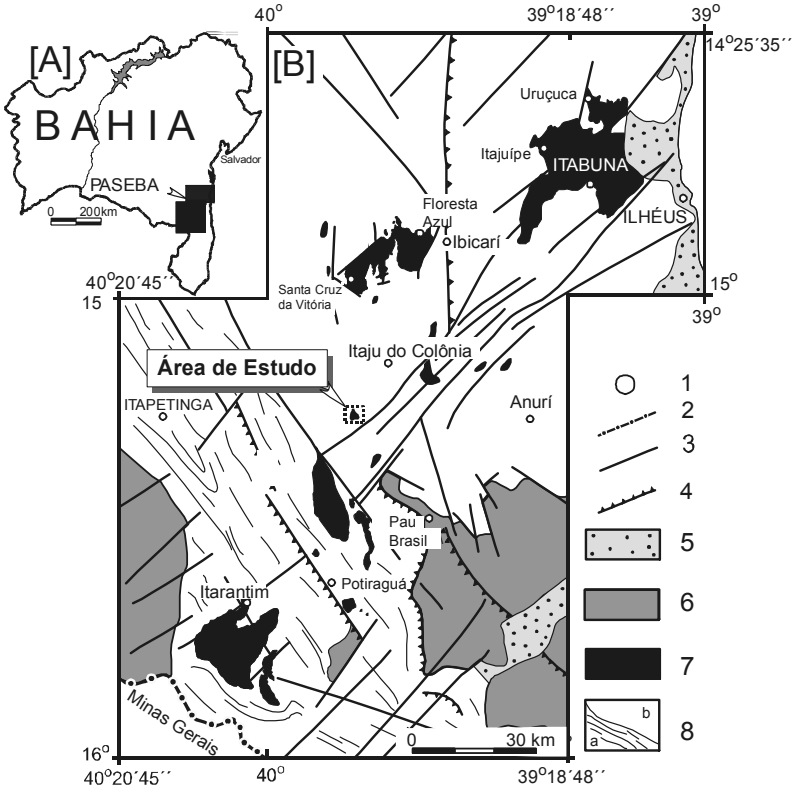

Figura 1 - Localização da Província Alcalina do Sul do Estado da Bahia - PASEBA [A]. Mapa geológico simplificado da PASEBA, após Rosa et al. (2004) com a localização do Stock Litchfieldítico Itaju do Colônia. Cidade [1], limite interestadual [2], fratura/falha [3], falha de cavalgamento [4], sedimentos recentes [5], Grupo Rio Pardo [6], rochas alcalinas da PASEBA [7], rochas gnáissico-migmatíticas [8a], rochas granulíticas [8b].

na direção sudoeste da sede deste (Fig. 1).

ASPECTOS GEOLÓGICOS, PETROGRÁFICOS E GEOQUÍMICOS Este *stock*, com 1 km^2, ocorre como uma pequena elevação abaulada e constitui uma intrusão elipsoidal, cujo eixo maior (1,4 km) tem orientação NS. Ele é intrusivo em rochas granulíticas arqueano-paleoproterozóicas pertencentes ao Cinturão Itabuna. Seus contatos com os metamorfitos encaixantes são bruscos, freqüentemente marcados pela presença diques ou bolsões pegmatíticos sieníticos.

Atualmente a existência de várias frentes de lavra para a explotação do minério Azul-Bahia permite melhor avaliar a distribuição espacial dos tipos de rochas no *stock*. Ele é essencialmente constituído por rochas *foid*-sieníticas com aspecto pintado, azul-branco-verde-preto, sendo as cores dominantes azul, fornecida pela sodalita, e branco dado pela albita e feldspato alcalino (Fig. 2A). As tonalidades esverdeada e preta resultam das concentrações de aegirina e nefelina, e biotita, respectivamente (Fig. 2B). Na sua parte sudeste existe uma camada de sodalitito de cor azul intensa, orientada segundo o eixo maior do corpo, com espessura irregular, podendo atingir até 6 m.

As rochas litchfieldíticas apresentam estrutura isotrópica, podendo, localmente, exibir figuras de cisalhamento. Concentrações escuras com formas geralmente arredondadas com dominância de minerais máficos (biotita, aegirina, anfibólio, sulfeto e carbonato) ocorrem com freqüência nestas rochas. A titanita é um acessório comum e forma muitas vezes aglomerados de cor marrom com até 3 cm de diâmetro (Fig. 2A, B). Camadas de aegirina (< 2 cm de espessura) ocorrem descontínua e esporadicamente nas rochas sieníticas, sugerindo a percolação de fluidos tardios por fraturas. Bolsões pegmatíticos são frequentes. Alguns deles contêm grandes cristais de albita (até 20 cm) e a nefelina pode atingir 1 m de comprimento.

Os estudos desenvolvidos por Fujimori (1978) identificaram a presença de vários tipos de litchfielditos que exibem contatos complexos e gradativos entre si. Eles se distinguem em microscopia pela dominância do máfico (aegerina-litchfieldito, anfibólio-litchfieldito), do feldspatóide (sodalita-litchfieldito, nefelina-lichfieldito, cancrinita-litchfieldito). Nos sodalita-litchfielditos com granulação fanerítica média a albita ocorre como cristais euédricos ou subédricos, com prismas dispostos em padrão angular ou triangular e a sodalita, titanita, microclina, aegirina e carbonato preenchem os interstícios. As relações texturais indicam que a sodalita cristaliza-se diretamente do magma após a nefelina, sendo seguida pela formação da microclina, titanita, aegirina e carbonato. Cristais de magnetita, sulfeto ocorrem de forma esporádica. Cancrinita e paragonita são minerais comuns de alteração.

Os dados químicos apresentados por Fujimori (1978) revelam a natureza miasquítica para as rochas deste *stock* e se marcam por: $55<\%SiO_2<60$; $0,01<\%TiO_2<0,09$; $18<\%Al_2O_3<23$; $3<\%FeO^*<7$; $0,4<\%CaO<1,4$; $0,1<\%MgO<0,7$; $7<\%Na_2O<11$, $4,4<\%K_2O<54$; $\%P_2O_5< 0,1$, $0,2<CO_2<1,2$; $0,2<\%Cl< 1,3$; $0,02<SO_3<0,7$; tendo na

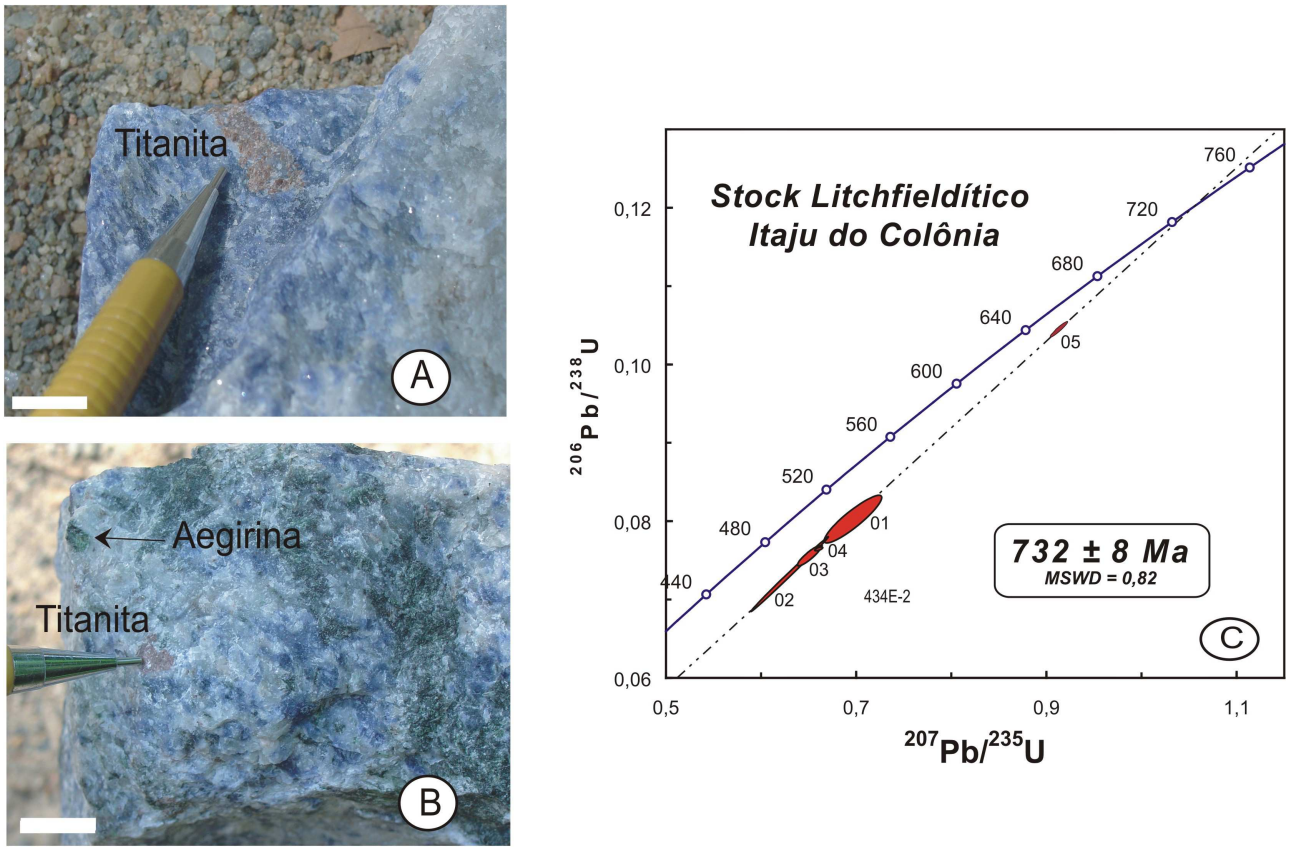

Figura 2 – [A, B]Aglomerados de titanita da amostra 2634 do Stock Litchfieldítico Itaju do Colônia. A escala, em branco, corresponde a 1 cm de comprimento. [C] Diagrama concórdia do Stock Litchfieldítico Itaju do Colônia.

norma coríndon, calcita, $NaCO_3$, $NaSO_4$ inferiores a 2%.

MÉTODOS ANALÍTICOS A amostra 2634 (coordenadas UTM 416067 - 83040018) que corresponde a um sodalita-litchfieldito azul, com granulação média a grossa e que continha agregados de cristais de titanita com até 2 cm e cristais dispersos aleatoriamente foi selecionada para este estudo. Esta amostra foi quebrada e triturada para concentração dos fragmentos de cristais de titanita e, em seguida, eles foram separados com lupa binocular, objetivando selecionar os melhores grãos para a análise isotópica. Os fragmentos selecionados de cristais de titanita, tinham coloração marrom a castanho claro, eram transparentes e não apresentavam fraturas ou inclusões.

As determinações U-Pb por diluição isotópica em cristais de titanita foram efetuadas no Laboratório de Geologia Isotópica (Pará-Iso) da Universidade Federal do Pará. Os procedimentos laboratoriais do Pará-Iso para as determinações U-Pb em cristais de titanita, iniciam-se pela limpeza destes com metanol no ultrasom por cinco minutos. Depois, eles são lavados por três vezes com água-milli-Q e adiciona-se algumas gotas de HCl 2,5 N e leva-se a chapa aquecedora por cinco minutos. Após outra lavagem com água-milli-Q realiza-se a pesagem dos grãos e do traçador ($^{205}Pb/^{235}U$ PARÁ) em micro-cápsula de PFA Teflon Savilex®. Para cada fração foram selecionados entre três e seis fragmentos de cristais. Após a pesagem adiciona-se três gotas de HF concentrado tri destilado e coloca-se as micro-cápsulas em uma bomba de Parr (120 ml de volume) e leva-se a estufa (245 °C) por doze horas. Ao retira da estufa e após esfriar, coloca-se para evaporar a solução, em seguida adiciona-se três gotas de HCl 2,5 N e volta-se novamente para estufa a 200 °C por doze horas. Posteriormente é realizada a separação química das amostras, em coluna Savilex® preenchida (20-25 ml) com uma mistura (1:3) das resinas Eichrom® Sr-Spec e TRU-Spec, respectivamente, para a coleta conjunta do U e Pb. As leituras das razões isotópicas e concentrações destes elementos são efetuadas em espectrômetro de massa FINNIGAM MAT 262. O cálculo da idade foi feito utilizando-se o programa Isoplot (Ludwing 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÕES Os cinco conjuntos de fragmentos de cristais de titanita analisados, quando dispostos no diagrama concórdia, forneceram uma idade de 732 ± 8 Ma , MSWD= 0,82 (Fig. 2C, Tab. 1), que é interpretada como a da cristalização dos sodalita-litchfielditos do S*tock* Itaju do Colônia. Estudos realizados em cristais de titanita presentes em rochas sieníticas (Pidgeon *et al.* 1996, Zhang & Schärer 1996) demonstram que o sistema geocronológico U-Pb mostra idades muitos similares às obtidas com zircão, seja pelo método convencional (TIMS) ou utilizando a SHRIMP, podendo desta forma datar a idade de cristalização de um corpo ígneo.

Comparando-se o dado obtido com os de outros sítios mineralizados em sodalita-azul da PASEBA (Fig. 1) (Complexo Alcalino Floresta Azul – 696 ± 3 Ma, *Stock* Nefeila-Sienítico Rio

Pardo – 725 ± 2 Ma, Batólito Nefelina-Sienítico Itarantim – 720 ± 9 Ma) o *Stock* Litchfieldítico Itaju do Colônia representa o sítio mineralizado mais velho da província, e esta idade atesta igualmente que os corpos da parte sul são mais antigos do que os situados nas porções central e norte. Apesar de não existirem dados geocronológicos dos nefelina-litchfieldito que ocorrem em Itaju as relações espaciais entre estas rochas e o sodalita-litchfieldito, como por exemplo, a ocorrência lado a lado destas rochas com contatos difuso entre elas sugerem que a geração da mineralização ocorreu por cristalização magmática, similar ao que existe nos diques de nefelina-sienitos fortemente fracionado no Batólito Nefelina-Sienítico Itarantim.

A idade de Itaju do Colônia situa-se no intervalo estabelecido por Rosa *et al.* (2002) para o magmatismo alcalino anorogênico da PASEBA (739 – 676 Ma). Este magmatismo alcalino sub-saturado em sílica caracteriza a existência de um período distensivo neste setor do Cráton do São Francisco por pelo menos 60 Ma, que precedeu a Colisão Araçuaí (~ 550 Ma), e que coincide com o período final de fragmentação do Rodínia.

COSIDERAÇÕES FINAIS O sítio mineralizado em sodalita azul, o *stock* Litchfieldítico Itaju do Colônia, economicamente o mais importante do Brasil, cristalizou-se a 732 ± 8 Ma e representa a expressão mais antiga, identificada até o momento, deste magmatismo anorogênico na Província Alcalina do Sul do Estado da Bahia.

Agradecimentos PRONEX-2003 (CNPq-FAPESB). Edital Universal CNPq-2002 (Processo 471445/03-7). Companhia Baiana de Pesquisa Mineral. MLSR agradece à equipe do Pará-Iso pela acolhida durante seu estágio. MLSR é bolsista CNPq-DTI (381651/2004-5) e HC PQ-CNPq (Proc. 550483/02-0). Aos revisores da RBG pelas sugestões ao manuscrito. Contribuição nº 186 do Laboratório de Petrologia Aplicada à Pesquisa Mineral da UFBA.

Tabela 1 - Dados analíticos U-Pb de cristais de titanita do Stock Litchfieldítico Itaju do Colônia.

Titanita (Concentrado)	Peso (g)	U (ppm)	Pb (ppm)	$^{206}Pb/^{204}Pb$ (Corrigido)	$^{208}Pb/^{204}Pb$ (Corrigido)	$^{207}Pb/^{235}U$ (Radiogênico)	$^{206}Pb/^{238}U$ (Radiogênico)	^{207}P (Radi
01	0,001740	788,63	71,17	483,928	78,7182	0,696	0,080	0,0
02	0,002047	749,06	57,25	1439,53	181,11	0,630	0,073	0,0
03	0,000909	416,80	34,13	1668,01	291,847	0,650	0,075	0,0
04	0,001668	422,49	36,05	1174,62	236,748	0,661	0,076	0,0
05	0,000146	333,10	41,50	455,032	106,34	0,912	0,104	0,0

Referências

Cunha M.P. 2003. Litogeoquímica d*os Sítios Mineralizados em Sodalita Azul do Maciço Rio Pardo e do Complexo Floresta Azul, Bahia*. Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Dissertação de Mestrado, 88 p.

Frost B.R., Chamberlain K.R., Scumacher J.C. 2000. Sphene (titanite): phase relations and role as a geochronometer. *Chem. Geol.*, **172**:131-148.

Fujimori S. 1978. *Rochas alcalinas da Fazenda Hiassu, Itaju do Colônia, Bahia*. Publicação Especial da SBG-Núcleo Bahia-Sergipe, **2**:117 p.

Ludwig K.R. 2001. Isoplot/Ex 2.49. Berkley Geocronology Center. 43 p.

Mascarenhas J.F. & Garcia T.W. 1987. *Texto explicativo do mapa geocronológico do Estado da Bahia.* SGM. 186 p.

Oliveira A.E.L. 2003. *Geologia, Petrografia, Litogeoquímica e idade Rb-Sr do Maciço Sienítico Itarantim, Sul do Estado da Bahia*. Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Dissertação de Mestrado, 110 p.

Pidgeon R.T., Bosh D., Bruguier O. 1996. Inherited zircon and titanite U-Pb systems in na Archaean syenite from southwestern Australia: implications fopr U-Pb stability of titanite. *Earth Planetary Sci*., **141**:187-198.

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., Cunha, M.P., Menezes, R.C.L. 2004. Idade Pb-Pb e aspectos petrológicos da mineralização em sodalita azul no Maciço Nefelina-Sienítico Itarantim, Sul do Estado da Bahia. *Rev. Bras. Geoc.,* **34**:347-354.

Zang L-S. & Schärer U. 1996. Inherited Pb components in magamatic titanite and their consequence for the interpretation of U-Pb ages. *Earth Planetary Sci*., **138**:57-65.

Manuscrito NB-62
Recebido em 11 de março de 2005
Revisão dos autores em 15 de julho de 2005
Revisão aceita em 22 de julho de 2005