

**GEOCROLOGIA Rb/Sr E K/Ar DO ENXAME DE DIQUES MÁFICOS DE
UAUÁ, BAHIA (BRASIL)**

L.R. Bastos Leal¹, W. Teixeira², E.M. Piccirillo³, A.B. Menezes Leal¹, V.A.V. Girardi²

1. Curso de Pós-Graduação, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP

2. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP

3. Istituto de Mineralogia e Petrologia, Università di Trieste, Trieste, Itália

ABSTRACT

This research deals with Rb/Sr and K/Ar geochronology of the Uauá mafic dike swarm (São Francisco Craton, northern Bahia state, Brazil). Two groups of dikes are defined in the swarm on the basis of existence of metamorphic overprint on them. The oldest group (amphibolites) yields K/Ar apparent ages (amphiboles) in the range 2.14-1.93 Ga. It is believed to be emplaced in the Archean on the basis of geological and geochronological inferences with the Archean Uauá metamorphic complex which includes it as deformed relicts. The second, youngest group of dikes (the majority of the swarm) is igneous in character, but includes sheared mafic dikes mostly located near the edge of the Uauá swarm.

The unmetamorphosed dikes emplaced between 2.38 and 1.98 Ga ago (Rb/Sr internal isochrons). These dikes are confined to a relatively restricted sigmoidal area which was locally affected by the late stages (shear zones) of the tectonomagmatic events (amphibolite facies) of the Transamazonian cycle (2.2-1.8 Ga).

In general, Sr-isotope data indicate that the unmetamorphosed Uauá dikes are mainly related to time-integrated depleted mantle sources, and subordinately to slightly enriched peridotite materials. Some of these dikes show Sr-isotope data (high Sr-initial ratios, up to 0.707) which are compatible with low-pressure ^{87}Sr crustal contamination.

Amphibole and plagioclase K/Ar ages show that the unmetamorphosed dikes and those associated to shear zones range from 2.01 to 1.25 Ga. The youngest results (plagioclases) are interpreted to be influenced by argon losses. An age of about 2.0 Ga (yielded on amphiboles from the sheared dikes) is believed to represent that of the shear tectonics which locally affected the Uauá dikes.

Tectonically the above Rb/Sr radiometric data are interpreted as corresponding to two separated magmatic episodes (2.38 and 1.98 Ga) which are tentatively associated with the early- and a late-stage evolution of Mobile Belts which took place in the Lower Proterozoic times, in the northern part of the São Francisco Craton.

RESUMO

São apresentados dados geocronológicos Rb/Sr e K/Ar do enxame de diques máficos de Uauá, Bahia, bem como as possíveis implicações tectônicas. Dois conjuntos de diques são distinguidos com base na existência ou não de metamorfismo e em feições mineralógicas, a saber: diques anfíbolíticos e ígneos. Exemplares metamórficos (anfíbolitos) do primeiro grupo revelaram idades K/Ar em anfíbolio de até 2,14 Ga demonstrando seu envolvimento nos processos tectono-metamórficos do ciclo Transamazônico (2,2-1,8 Ga).

Os diques não metamórficos (a maioria do enxame) são intrusivos nas rochas arqueanas (3,1-2,7 Ga) do Complexo Metamórfico Uauá, tendo se colocado na crosta há aproximadamente 2,38 Ga e 1,98 Ga atrás. Trata-se de idades obtidas através de isócronas internas Rb/Sr em diques que preservam seus aspectos mineralógicos e texturais originais e, como tal, não exibem efeitos da superimposição do evento Transamazônico.

Os dados isotópicos de Sr sugerem que a geração mais antiga deste segundo grupo (2,38 Ga) evoluiu a partir de uma fonte mantélica empobrecida na razão Rb/Sr, comparativamente com aqueles mais jovens (1,98 Ga), cuja derivação vinculou-se a uma fonte mantélica mais enriquecida na razão Rb/Sr. Estes últimos são largamente predominantes no enxame. A assinatura isotópica de Sr (razões iniciais de até 0,707) sugere que parte destes diques mais jovens foi contaminada (seletivamente) por ^{87}Sr radiogênico de materiais crustais antigos, durante o processo de sua colocação na crosta continental.

Dados adicionais K/Ar (anfíbolio) obtidos em diques cisalhados (geração mais jovem do segundo grupo) sugerem que a evolução de zonas de cisalhamento, que limitam o enxame de diques de Uauá, ocorreu há aproximadamente 2,0 Ga atrás.

A análise dos dados Rb/Sr obtidos em diques portando feições mineralógicas ígneas preservadas, permite interpretá-los, em termos tectônicos, como representativos de dois episódios magmáticos distintos (2,38 Ga e 1,98 Ga), associados às etapas precoce e tardia da evolução de Cinturões Móveis do Proterozóico Inferior, individualizados na parte norte do Craton do São Francisco.

INTRODUÇÃO

Nos últimos dez anos, o estudo dos enxames de diques máficos tornou-se um dos temas mais abordados (e.g. geocronologia, geoquímica, paleomagnetismo), face à sua importância para o entendimento da geodinâmica global (e.g. Halls, 1982; Windley, 1984; Halls & Fahrig, 1987). Particularmente no interior das massas continentais, a origem destes enxames tem sido atribuída a esforços tradicionais associados ao desenvolvimento de processos tectonomagmáticos maiores, tais como: o rifteamento inicial ou incipiente da crosta continental, a interação de placas tectônicas ou a pontos quentes no manto subcontinental (e.g. Halls & Fahrig, 1987; Fahrig, 1987; Heaman & Tarney, 1989).

No Craton do São Francisco diversos enxames de diques e sills máficos de idade pré-cambriana acham-se identificados, sendo os mais importantes aqueles situados na região de Uauá, Vale do Rio Curaçá, Aroeira, Salvador, Ilhéus-Olivença, Lavras e Pará de Minas (e.g. Oliveira & Montes, 1984; Sial et al., 1987). Diversos destes enxames têm sido estudados integralmente por um grupo de trabalho brasileiro e italiano interessado no tema dos "Diques Máficos" o que tem propiciado um gradativo conhecimento de seu significado tectônico frente à evolução crustal de segmentos continentais pré-cambrianos.

Neste trabalho acham-se discutidos os principais dados geocronológicos Rb/Sr e K/Ar do enxame de diques máficos de Uauá que fundamentaram a dissertação de Mestrado de um dos autores (Bastos Leal, 1992). No caso da metodologia Rb/Sr aplicada a estes diques é também apresentado o procedimento para fins de obtenção de isócronas internas Rb/Sr nestas rochas, como forma de propor uma alternativa de estudo para a cronologia dos diques máficos pré-cambrianos em geral.

CONFIGURAÇÃO GEOLÓGICA REGIONAL

O esboço geológico simplificado da porção nordeste do Craton do São Francisco é apresentado na Figura 1. Este setor é representado por unidades lito-estratigráficas, cuja evolução tectonomagmática desenvolveu-se entre o período Arqueano até o Proterozóico Superior.

As unidades cratônicas arqueanas es-

tão representadas pelo Complexo Metamórfico Uauá e pela seqüência supracrustal (vulcano-sedimentar) do Grupo Capim. As unidades do Proterozóico Inferior são: o Cinturão Senhor do Bonfim situado a oeste de Uauá, o Complexo Caraíba, o Sienito de Itiúba (≈ 2.1 Ga) e o enxame de diques máficos de Uauá (Teixeira & Figueiredo, 1991; Bastos Leal, 1992; Figueiredo & Barbosa, 1993). O Cinturão Móvel Senhor do Bonfim (migmatitos, paragneisses e quartzitos subordinados) possui caráter en-sialítico predominante e tem seu limite oeste em contato com as rochas de alto grau metamórfico do Complexo Caraíba.

Tanto o Cinturão Móvel como o Complexo Caraíba apresentam idades compatíveis com a evolução transamazônica (2.2-1.8 Ga) que se constitui no principal evento tectonomagmático responsável pela individualização dos cinturões móveis do Proterozóico Inferior, na parte setentrional do Craton do São Francisco (Teixeira & Figueiredo, 1991). Representantes do Proterozóico Superior também acham-se delimitados na Figura 1: trata-se dos diques máficos do Vale do rio Curaçá, com idade Rb/Sr entre 650-700 Ma (Bastos Leal & Teixeira, em preparação), e o Sistema de Dobramentos Sergipano, este último com desenvolvimento tectonomagmático brasileiro, característico do setor marginal nordeste da entidade cratônica.

O COMPLEXO METAMÓRFICO UAUÁ

O Complexo Metamórfico Uauá (CMU) é constituído por ortogneisses tonalíticos e granodioríticos, gnaisses quartzofeldspáticos, migmatitos, anfibolitos e meta-ultramáficas (e.g. Andritzky, 1968, 1969; Gava et al., 1983; Winge, 1984; Jardim de Sá et al., 1984; Bastos Leal, 1992). Segundo Jardim de Sá et al. (1984), as unidades do CMU apresentam arranjo tectonometamórfico policíclico, com cinco fases superpostas de deformação e metamorfismo, reconhecidas notadamente nas assembleias supracrustais do Grupo Capim. Representantes em especial desta evolução policíclica, são as extensas zonas de cisalhamento, desenvolvidas na fase F_4 (Jardim de Sá et al., 1984), e que truncam tanto a foliação dos ortogneisses, como os diques máficos de Uauá. Estas zonas, de direção N-NW e N-S configuram também os limites ocidentais do CMU (Fig. 1).

Datações isocronicas Rb/Sr em rocha

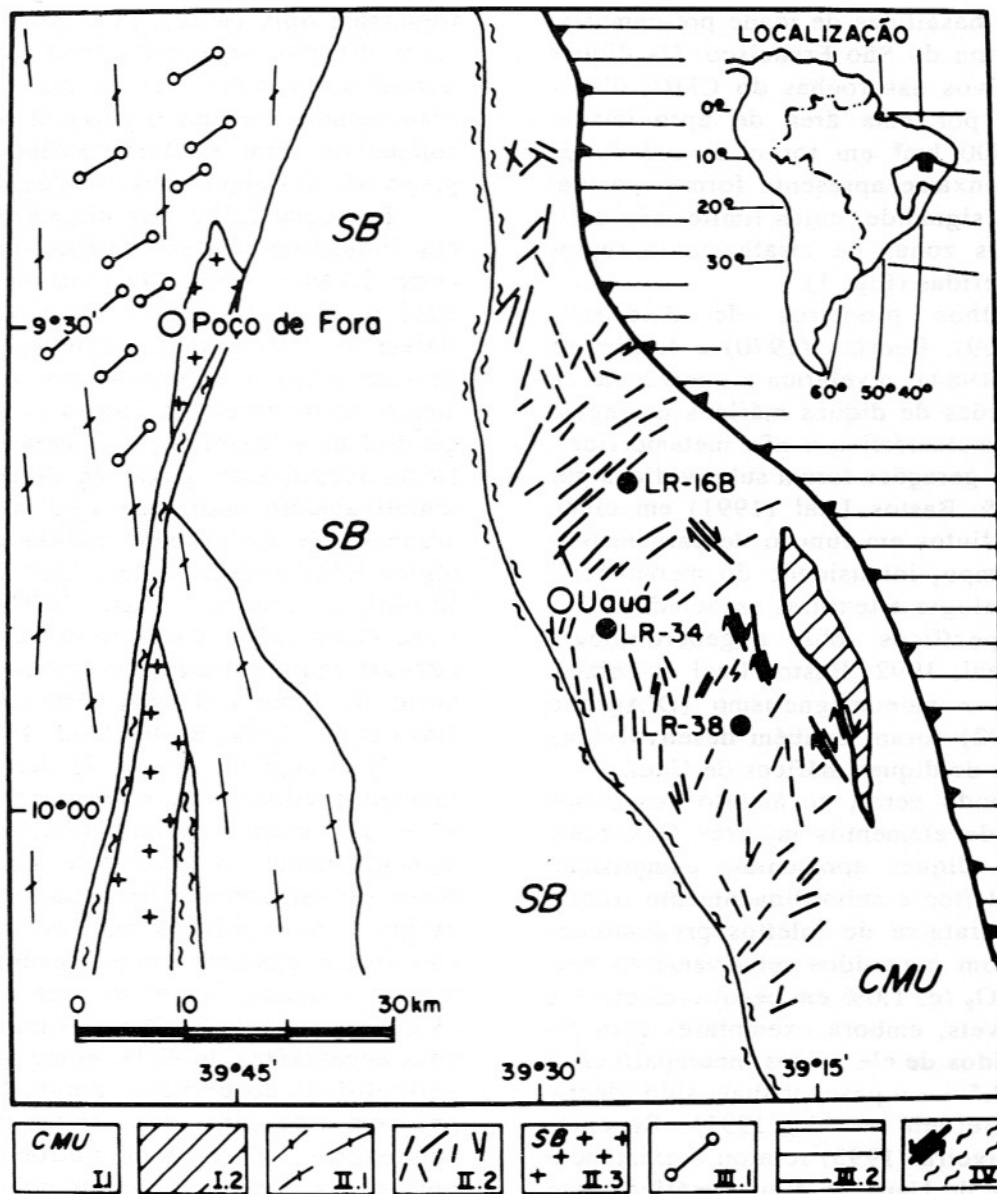


Figura 1 - Mapa geológico da região de Uauá. I- Arqueano: I.1- Complexo Metamórfico Uauá (CMU); I.2- Seqüência Supracrustal (Grupo Capim). II- Proterozóico Inferior: II.1- Complexo Caraíba; II.2- Enxame de diques máficos de Uauá; II.3(+)- Sienito de Itiúba; II.3(SB)- Cinturão Gnáissico Senhor do Bonfim. III- Proterozóico Superior: III.1- Enxame de diques máficos do Vale do Rio Curaçá; III.2- Sistema de dobramento Sergipano, delimitado em sua frente ocidental por falhamento de empurrão. IV- Zonas de cisalhamento. A localização das amostras está representada pelos círculos cheios. Adaptado de Souza (1984); Seixas et al. (1985); Arcanjo & Dalton de Souza (1985).

total, em gnaisses do CMU (e.g. Mascarenhas & Sá, 1982; Mascarenhas & Garcia, 1989; Bastos Leal, 1992), apresentaram idades variando entre 2,7-3,1 Ga, que corresponderiam ao principal período da evolução tectonometamórfica. As razões iniciais $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ obtidas nos diagramas isocrônicos, com valores entre 0,701 e 0,704, são compatíveis com materiais de curta vivência crustal.

Análises K/Ar e $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ em anfibólios e biotitas (Bastos Leal, 1992) em or-

tognaisses do CMU, forneceram idades aparentes entre 1,8-2,2 Ga, atestando assim o resfriamento de um episódio tectonometamórfico regional, superimposto durante o Proterozóico Inferior, na região objeto de estudo.

O ENXAME DE DIQUES MÁFICOS DE UAUÁ

O enxame de diques máficos de Uauá corresponde a uma das mais expressivas

atividades basálticas de idade pré-cambriana do Craton do São Francisco. Os diques são intrusivos nas rochas do CMU, distribuindo-se por uma área de aproximadamente 2.500 km² em torno da cidade de Uauá. O enxame apresenta forma espacial lenticular, sigmoidal, cujos limites são definidos pelas zonas de cisalhamento regionais já referidas (Fig. 1).

Trabalhos pioneiros de Andritzky (1968, 1969), Beurlen (1970) e Jardim de Sá et al. (1984), revelaram a ocorrência de duas gerações de diques máficos na região de Uauá (metamórfica e não metamórfica). Estas duas gerações foram subdivididas por Menezes & Bastos Leal (1991) em cinco grupos distintos em função de características de campo, intensidade do metamorfismo, mineralogia e texturas associadas. Trabalhos específicos sobre a geocronologia (Bastos Leal, 1992; Bastos Leal & Teixeira, 1992) e paleomagnetismo (D'Agrella Filho, 1992) foram também desenvolvidos no enxame de diques máficos de Uauá.

De modo geral, no âmbito dos dados químicos de elementos maiores (Menezes, 1992), os diques apresentam composição básica (toleíticos e subordinadamente transicionais). Trata-se de toleíticos predominantemente com conteúdos relativamente baixos em TiO₂ (c. 1,0% em peso) e elementos incompatíveis, embora exemplares com altos conteúdos de elementos incompatíveis e TiO₂ (c. 2,5% em peso) tenham sido identificados (Bellieni et al., 1991). Recentemente, Oliveira (1993) relatou a existência no enxame de Uauá de diques máficos com composição variando de norítica a piroxenítica, embora menos abundantes que os diques toleíticos. As relações de campo indicam que os noritos e piroxenitos são contemporâneos aos toleíticos, pois interceptam e são interceptados por estes.

No presente trabalho os diques de Uauá acham-se organizados fundamentalmente em dois grupos, com base na existência ou não de metamorfismo, embora o grupo ígneo inclua representantes com alguma transformação (de baixa intensidade) na mineralogia e texturas primárias, os quais localizam-se nas proximidades das zonas de cisalhamentos já referidas:

1) Um primeiro grupo de diques é representado pelos que foram submetidos a metamorfismo. Estes corpos, embora guardando feições intrusivas, apresentam foliação penetrativa bem desenvolvida, em alguns casos, dobrada. Geralmente, não ul-

trapassam dois metros de espessura e possuem direção aproximadamente N-S. Tais diques apresentam, via de regra, texturas granoblastoblasticas e paragênese mineral compatível com a fácies anfibolito. Este grupo não foi objeto dos estudos Rb/Sr.

Datações K/Ar nos diques anfibolíticos indicaram idades mínimas (anfibolitos) entre 2.144 e 1.930 Ma (amostras LR-02, 6037 e 7024, Tabela 2). Estes valores refletem o resfriamento regional do ciclo Transamazônico e demonstram o envolvimento deste grupo de diques neste evento geodinâmico (deformação e metamorfismo). Desta forma, este grupo de diques é aqui tentativamente associado com a evolução arqueana do CMU, cujo padrão geocronológico K/Ar é semelhante ao dos diques anfibolíticos (Bastos Leal, 1992). Idades K/Ar desta ordem têm sido detectadas também em amplos setores do embasamento no norte do Craton do São Francisco (e.g., Gava et al., 1983; Bastos Leal, 1992).

2) O segundo grupo de diques é claramente predominante no enxame (cerca de 85% dos corpos amostrados), ocorrendo principalmente em sua porção mais central. Estes diques apresentam características de campo e petrográficas indicativas de que não foram afetados pelos episódios metamórficos ligados ao ciclo Transamazônico os quais acham-se registrados tanto nas rochas encaixantes do CMU como nos diques anfibolíticos do primeiro grupo. Os diques possuem espessuras que variam de poucos centímetros a dezenas de metros (predomínio de 2 a 3 metros), orientando-se preferencialmente segundo NE-SW e, menos comumente, nas direções N-S e NW-SE.

Não obstante, o efeito desta tectônica transamazônica pode ser observado nos diques afetados pelos cisalhamentos nas zonas marginais ao enxame. Estes diques (de direção NE-SW) são pouco expressivos no enxame, possuindo texturas (e.g. blastofítica e blasto subofítica) indicativas de recristalização parcial por alteração hidrotermal ou metamorfismo de baixo grau (e.g., transformação parcial de piroxênios para hornblenda e saussuritização de plagioclásios).

GEOCRONOLOGIA

MÉTODOS ANALÍTICOS

Estudos isotópicos ⁴⁰Ar/³⁹Ar, Rb/Sr, U/Pb e Sm/Nd (e.g. Patchett et al., 1978;

De Paolo, 1981; D'Agrella Filho et al., 1990; Heaman, 1991) têm sido realizados em enxames de diques máficos nos diversos continentes na busca de idades radiométricas mais precisas, como forma de melhor entender a evolução das fontes mantélicas no tempo geológico e monitorar os processos de deformação durante a evolução crustal, entre outras aplicações.

Particularmente em relação ao sistema radiométrico Rb/Sr, o seu emprego em rochas básicas tem revelado certa complexidade analítica e interpretativa. Por exemplo, há dificuldade no traçado de diagramas isocrônicos em rocha total, face às homogeneidades dos conteúdos de Rb e Sr, mesmo quando são analisados isotopicamente vários diques de um mesmo enxame. Por outro lado, as baixas concentrações de Rb destas rochas favorecem a contaminação crustal por ^{87}Sr radiogênico proveniente das rochas encaixantes. Esta contaminação causa uma modificação das concentrações de Rb e Sr originais dos diques, podendo alterar, portanto, idades originais e razões isotópicas iniciais $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (e.g. Myers et al., 1984; Mohr, 1987; Hanes, 1987; Menzies, 1990).

Tem sido também reportado que o metamorfismo, a imposição de processos deutéricos e a heterogeneidade mantélica atuam como complicadores ou mesmo inviabilizam a obtenção de isócronas Rb/Sr em rochas básicas (e.g. Zindler et al., 1981; Hanes, 1987; Bastos Leal, 1992). Não obstante, isócronas internas Rb/Sr em concentrados minerais (mais a rocha total) numa mesma amostra têm produzido resultados potencialmente interessantes para a cronologia destes enxames de diques (e.g. Patchett et al., 1978; Armstrong et al., 1982; Armstrong et al., 1985).

Na presente pesquisa, adaptações realizadas no procedimento experimental da geocronologia Rb/Sr, descrita nos trabalhos referidos acima, permitiram definir isócronas internas para duas gerações de diques máficos do enxame de Uauá (2,38 e 1,98 Ga; ver adiante: geocronologia Rb/Sr). Para a obtenção das isócronas, as amostras foram cuidadosamente selecionadas com base no estudo petrográfico, sendo analisados apenas exemplares que preservaram suas texturas e mineralogias originais, portanto excluindo-se dos estudos Rb/Sr os diques afetados pelo evento Transamazônico.

Para obtenção dos concentrados mine-

rais, amostras com cerca de 2-3 kg de peso, preferencialmente as porções dos diques com granulção média a grossa, foram coletadas a fim de permitir a melhor individualização dos minerais no procedimento de separação dos concentrados analisados isotopicamente. Após seleção petrográfica das amostras mais preservadas, procedeu-se a moagem das mesmas, seguida de peneiramento e redução para a fração granulométrica 80-100 mesh. Este peneiramento teve por objetivo assegurar a melhor liberação dos diferentes minerais constituintes da rocha.

Para a separação dos concentrados minerais, inicialmente contou-se com auxílio de imã de mão, através do qual foi recolhido o concentrado magnético (CM). Os demais concentrados foram obtidos com auxílio do separador eletro-magnético Frantz, a partir de variações sucessivas nos valores de amperagem. O primeiro concentrado (CM1 - concentrado máfico-1) apresenta, em geral, uma concentração entre 75-90% de minerais máficos (e.g. piroxênios), enquanto que o último concentrado, obtido na fração menos magnética (concentrado félsico - CF), apresenta predominância de minerais félsicos (e.g. plagioclásio, apatita, etc.). Os diferentes concentrados félsicos (CF 1,2, vide Tabela 1) foram obtidos pela separação eletromagnética através da variação gradativa da amperagem, com vistas a serem produzidas variações nas razões Rb/Sr entre os concentrados minerais.

Durante a moagem de cada amostra, foi também quarteada uma alíquota da rocha total. A análise Rb/Sr deste material teve por objetivo compor um ponto analítico adicional na isócrona interna (dos concentrados minerais), para cada dique selecionado.

Os teores de Rb e Sr para os estudos geocronológicos foram determinados pelo método de diluição isotópica, tendo-se uma precisão de 1,5% no cálculo das razões Rb/Sr. As razões $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ foram obtidas em espectrômetro de massa VG-354. A reprodutibilidade dos resultados foi controlada através de determinações do padrão internacional NBS-987, cujo valor médio obtido (no período das análises) foi de $0,71026 \pm 0,00003$, tendo-se uma precisão de 0,00010 para as razões $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$. Nos cálculos das razões isotópicas e idades foram adotadas as constantes recomendadas por Steiger & Jäger (1977). Nos cálculos isocrônicos foi utilizado o programa de Williamson (1968).

Tabela 1 – Dados analíticos Rb/Sr dos concentrados minerais e rocha total em diques máficos do enxame de Uauá.

| Nº Lab | Nº Campo | Material | Rb (ppm)* | Sr (ppm) | $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ | $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ | Idade (Ma) | $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0$ | Ref. |
|--------|----------|------------------|-----------|----------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------|-------------------------------------|------|
| 11016 | LR-34 | CM (Magnético) | 2,7 | 39,4* | 0,199 \pm 33 | 0,70766 \pm 15 | 2.384 \pm 114 | ---- | 1 |
| 11017 | LR-34 | CF1 (Félsico-1) | 3,1 | 114,9* | 0,077 \pm 13 | 0,70355 \pm 8 | 2.384 \pm 114 | ---- | 1 |
| 11018 | LR-34 | CF2 (Félsico-2) | 5,9 | 232,7* | 0,073 \pm 12 | 0,70322 \pm 12 | 2.384 \pm 114 | ---- | 1 |
| 11019 | LR-34 | RT (Rocha Total) | 3,8 | 107,0* | 0,102 \pm 19 | 0,70433 \pm 9 | 2.384 \pm 114 | 0,70081 (**) | 1 |
| 5793 | EG-41B | RT (Rocha Total) | 10,1 | 122,0 | 0,240 \pm 3 | 0,70885 \pm 11 | 2.033 \pm 64 | 0,70194 (***) | 2 |
| 7192 | EG-41B1 | RT (Rocha Total) | 6,5 | 113,0 | 0,167 \pm 13 | 0,70662 \pm 13 | 2.033 \pm 64 | 0,70181 (***) | 2 |
| 5795 | EG-41C | RT (Rocha Total) | 0,3 | 119,0 | 0,202 \pm 3 | 0,70779 \pm 18 | 2.033 \pm 64 | 0,70197 (***) | 2 |
| 7193 | EG-41D | RT (Rocha Total) | 6,7 | 113,0 | 0,171 \pm 1 | 0,70746 \pm 12 | 2.033 \pm 64 | 0,70233 (***) | 2 |
| 7196 | EG-41E | RT (Rocha Total) | 3,2 | 103,0 | 0,090 \pm 1 | 0,70469 \pm 14 | 2.033 \pm 64 | 0,70210 (***) | 2 |
| 11280 | LR-38A | CM (Magnético) | 4,3 | 48,3* | 0,257 \pm 43 | 0,70909 \pm 6 | 1.983 \pm 31 | ---- | 1 |
| 11201 | LR-38B | CM1 (Máfico-1) | 4,6 | 44,0* | 0,303 \pm 54 | 0,71102 \pm 11 | 1.982 \pm 31 | ---- | 1 |
| 11202 | LR-38C | CM2 (Máfico-2) | 4,4 | 27,4* | 0,468 \pm 8 | 0,71516 \pm 19 | 1.983 \pm 31 | ---- | 1 |
| 11203 | LR-38E | CF2 (Félsico-2) | 1,3 | 222,8* | 0,017 \pm 3 | 0,70243 \pm 8 | 1.983 \pm 31 | ---- | 1 |
| 11204 | LR-38F | RT (Rocha Total) | 3,5 | 112,8* | 0,089 \pm 15 | 0,70454 \pm 6 | 1.983 \pm 31 | 0,70198 (***) | 1 |
| ---- | 6020 | RT (Rocha Total) | 6,0 | 111,0 | 0,156 \pm 4 | 0,70883 \pm 4 | | 0,70434 (***) | 3 |
| ---- | 6022 | RT (Rocha Total) | 6,0 | 117,0 | 0,148 \pm 3 | 0,70780 \pm 4 | | 0,70354 (***) | 3 |
| ---- | 6029 | RT (Rocha Total) | 3,0 | 105,0 | 0,003 \pm 3 | 0,70317 \pm 4 | | 0,70078 (***) | 3 |
| 11008 | LR-16B | CM (Magnético) | 25,7 | 51,9* | 1,439 \pm 6 | 0,75239 \pm 24 | 2.133 \pm 24 | ---- | 1 |
| 11009 | LR-16B | CM1 (Máfico-1) | 43,3 | 33,4* | 3,788 \pm 7 | 0,81771 \pm 24 | 2.133 \pm 24 | ---- | 1 |
| 11010 | LR-16B | CF1 (Félsico-1) | 6,5 | 216,9* | 0,007 \pm 7 | 0,70961 \pm 24 | 2.133 \pm 24 | ---- | 1 |
| 11011 | LR-16B | RT (Rocha Total) | 18,0 | 108,2* | 0,504 \pm 7 | 0,72290 \pm 24 | 2.133 \pm 24 | 0,70846 (***) | 1 |
| 11015 | LR-16A | RT (Rocha Total) | 5,9 | 92,1* | 0,186 \pm 3 | 0,70783 \pm 58 | 2.033 \pm 64 | 0,70247 (***) | 1 |

* - análises por diluição isotópica; ** - razão calculada para $t = 2,38$ Ga; *** - razão calculada para $t = 2,0$ Ga. 1. Bastos Leal (1982); 2. Mascarenhas & Garcia (1989); 3. Petrini & Piccirillo (inéditos).

Tabela 2 – Dados analíticos K/Ar dos diques máficos do enxame de Uauá.

| Nº Lab. | Nº Campo | Material | Granulometria (mesh) | % K | Ar ⁴⁰ (x 10 ⁻⁶) ccSTP/g | % Ar ⁴⁰ Atm | Idade (Ma) | Ref. |
|---------|----------|--------------|----------------------|------|--|------------------------|------------|------|
| 6804 | LR-02 | Anfibólio | 100-150 | 0.36 | 54.82 | 7.04 | 2.085 ± 46 | 1 |
| 6805 | 6037 | Anfibólio | 60-100 | 0.57 | 89.98 | 7.36 | 2.144 ± 18 | 1 |
| 6806 | 7024 | Anfibólio | 60-100 | 0.26 | 34.83 | 21.84 | 1.933 ± 27 | 1 |
| 6867 | LR-34 | Plagioclásio | 80-100 | 0.21 | 15.12 | 5.27 | 1.255 ± 19 | 1 |
| 6930 | LR-33 | Plagioclásio | 80-100 | 0.18 | 16.90 | 19.00 | 1.560 ± 19 | 1 |
| 6801 | LR-14 | Anfibólio | 100-150 | 0.57 | 78.94 | 7.02 | 1.975 ± 2 | 1 |
| 6802 | LR-15 | Anfibólio | 60-100 | 0.33 | 36.03 | 10.46 | 1.707 ± 4 | 1 |
| 6803 | 6009 | Anfibólio | 60-100 | 0.38 | 54.45 | 6.86 | 2.003 ± 86 | 1 |
| 4876 | EC/AG 03 | Rocha Total | 35-60 | 0.19 | 27.64 | 12.49 | 2.014 ± 77 | 2 |

1. Deste trabalho; 2. Gava et al. (1983).

Para a metodologia K/Ar foram utilizados concentrados puros de anfibólio (preferivelmente) e/ou plagioclásio. As extrações de argônio foram executadas em sistema de linha convencional (“outline”) com a adição de uma quantidade definida de spike ³⁸Ar. As razões isotópicas foram medidas em espectrômetro de massa MS-1 (tipo Reynolds). Os conteúdos de potássio foram medidos em fotômetro de chama, a partir de duas alíquotas do concentrado mineral utilizado (anfibólio e/ou plagioclásio). Estima-se um erro de 2 a 3% para as datações K/Ar.

O programa experimental Rb/Sr e K/Ar foi totalmente realizado nos laboratórios do Centro de Pesquisas Geocronológicas do IGc-USP.

RESULTADOS Rb/Sr

Os estudos isotópicos Rb/Sr foram efetuados exclusivamente nos diques do enxame pertencentes ao segundo grupo. Os resultados analíticos (Bastos Leal, 1992) podem ser observados na Tabela 1.

Uma compilação das composições isotópicas de Sr (em rocha total) disponíveis para diferentes corpos não metamórficos do enxame de Uauá (Mascarenhas & Garcia, 1986; Bastos Leal, 1992), leva à obtenção de uma idade de referência para o enxame de Uauá de 2.033 ± 64 Ma, com RI = 0,7020 ± 0,0001 (Fig. 2). Observa-se, neste caso, que o valor do MSWD (4,3) é maior que o nível de corte utilizado no cál-

culo isocrônico, não definindo como tal uma isócrona, de acordo com as proposições de Kawashita et al. (1990). Este valor do MSWD estaria vinculado basicamente ao desajuste relativo de parte dos pontos analíticos em relação ao alinhamento, a eventuais diferenças nas composições isotópicas iniciais dos corpos datados, como também à variação restrita das razões ⁸⁷Rb/⁸⁶Sr, conforme observado no diagrama da Figura 2.

Adicionalmente, tal desequilíbrio isotópico poderia estar também vinculado a fenômenos diferenciais de contaminação crustal para cada dique (conforme sugerido pela alta razão inicial “média” do diagrama) ou, pelo menos, pode ser aparente em razão das imprecisões na quantificação das razões isotópicas decorrentes dos conteú-

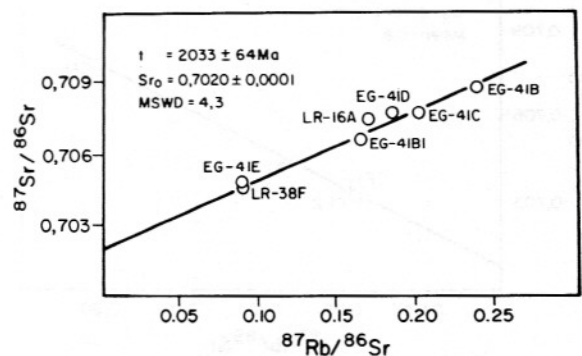


Figura 2 – Diagrama isocrônico Rb/Sr de referência em rocha total para os diques máficos de Uauá. RT = rocha total. Dados de Mascarenhas & Garcia (1986) e deste trabalho.

dos de Rb e Sr das amostras em rocha total (e.g., LR-38F e LR-16A; Tabela 1) do conjunto. Desta forma, a idade e razão inicial obtidas a partir deste diagrama de referência são aqui interpretadas apenas como indicativas (e não representativas) desta geração de diques.

Conforme mencionado inicialmente, duas gerações de diques foram identificadas no segundo grupo (não metamórfico) do enxame de Uauá, com base nas idades radiométricas Rb/Sr (ca. 2,38 e 1,98 Ga; ver discussão a seguir). Os representantes da geração mais antiga deste grupo foram identificados com base nas isócronas internas Rb/Sr e estudos petrográficos - amostras LR-34 e LR-33 (Bastos Leal, 1992; Menezes, 1992). A amostra LR-34, selecionada para o estudo geocronológico Rb/Sr, apresenta aspectos mineralógicos e texturais reliquias preservados, mostrando-se, entretanto, levemente recristalizada. Em termos petrográficos, a augita ocorre em concentrações policristalinas (típicas deste grupo) com hiperstênio subpoligonizado, com bordas e fraturas alteradas para clorita e anfibólio. A textura é blasto-subofítica, mostrando plagioclásios ripiformes (Menezes, 1992).

A isócrona obtida para o dique LR-34 revelou idade de 2.384 ± 114 Ma e razão inicial $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (RI) igual a $0,7008 \pm 0,0002$ (Fig. 3). A boa colinearidade exibida pelos pontos analíticos, aliada ao baixo MSWD (0,8) são compatíveis com os critérios de definição de uma isócrona (e.g., Kawashita et al., 1990) o que confere

validade geológica ao valor radiométrico encontrado. O erro relativamente elevado desta isócrona, por outro lado, é decorrente especificamente da pequena variação entre as razões $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ dos pontos analíticos (concentrados e rocha total), uma vez que estes foram analisados por diluição isotópica em duplicata para melhor confiança analítica. O baixo valor da RI sugere uma fonte mantélica relativamente empobrecida na razão Rb/Sr. Com base na mineralogia ígnea apresentada pelo dique LR-34, a idade corresponde, aproximadamente, à época de intrusão deste dique.

Duas amostras (LR-16B e LR-38) representantes da geração mais jovem do conjunto ígneo do enxame de Uauá foram selecionadas para obtenção de isócronas internas Rb/Sr, conforme o procedimento metodológico anteriormente exposto.

De acordo com Menezes (1992), trata-se de amostras com texturas predominantemente subofíticas a ofíticas. A associação mineralógica fundamental é constituída por plagioclásio, piroxênios (levemente recristalizados), rara pigeonita e hiperstênio, magnetita e hornblenda, este último gerado possivelmente pela transformação tardia do piroxênio. Como acessórios tem-se apatita, quartzo, clorita e biotita (esta interdigitada com anfibólio). Em termos químicos, este conjunto de diques, embora mostrando grande similaridade com o padrão dos elementos incompatíveis dos exemplares do primeiro grupo, apresenta-se relativamente mais enriquecido em Ba, Rb e K.

No caso da amostra LR-16B, obteve-se uma idade de 2.133 ± 24 Ma e RI = $0,7070 \pm 0,0001$ (Fig. 4). O alto valor do

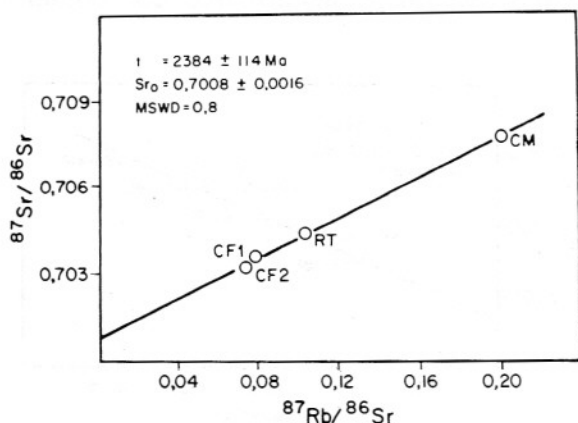


Figura 3 - Diagrama isocrônico Rb/Sr para os diques máficos de Uauá (amostra LR-34). RT = rocha total; CM = concentrado magnético; CF1 = concentrado félsico-1 (0,45A); CF2 = concentrado félsico-2 (0,90A).

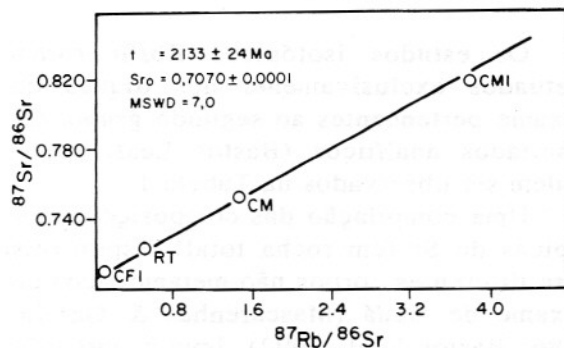


Figura 4 - Diagrama isocrônico Rb/Sr para os diques máficos de Uauá (amostra LR-16B). RT = rocha total; CM = concentrado magnético; CM1 = concentrado félsico-1 (0,40A); CF1 = concentrado félsico-1 (0,80A).

MSWD (7,0) deste diagrama está fortemente influenciado pelos erros analíticos na determinação da razão isotópica $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ do concentrado máfico-1 (CM1), cujo teor de Rb é anormalmente elevado (Rb = 43.3 ppm; Tabela 1) o que é indicativo da atuação de fenômenos metassomáticos. Assim, optou-se por um procedimento alternativo no tratamento dos dados isotópicos do dique LR-16B através da utilização apenas das análises referentes aos concentrados magnético, félsico-1 e rocha total (Fig. 5). Desse modo, obtém-se uma reta com bom ajuste entre seus pontos analíticos e com parâmetros estatísticos compatíveis com a definição de isócronas (MSWD = 0,2). Sua idade de 2.205 ± 38 Ma (RI = $0,7068 \pm 0,0001$) é aqui admitida como mais representativa do dique LR-16B.

Os altos valores das RIs, obtidas nos dois diagramas (Figs. 4 e 5), parecem realmente representar a assinatura do sistema isotópico do dique LR-16B (em torno de 0,707), uma vez que o ponto analítico do concentrado félsico-1 (CF1) situa-se muito próximo da origem em ambos os diagramas, o que dá boa precisão aos valores isotópicos iniciais obtidos. Acreditamos que este valor relativamente alto da RI seja decorrente de fenômenos de contaminação crustal seletiva (possivelmente, durante a intrusão do dique), uma vez que os concentrados CM, CM1 e mesmo a RT apresentam teores muito elevados de Rb comparativamente aos outros diques datados (Tabela 1). Digno de nota também é que ambos os diagramas (Figs. 4 e 5) apresentam razões $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ de dez a vinte vezes mais elevadas que as do dique LR-34 (Fig. 3) e mesmo do diagrama conjunto de diques da Figura 2.

Adicionalmente, o raciocínio acima é apoiado pelos estudos petrográficos e geoquímicos, apresentados por Menezes & Bastos Leal (1991), Menezes (1992) e Menezes Leal et al. (em preparação) para o dique LR-16B, em que é elevada uma composição química mais diferenciada com a presença de biotita magmática e concentrações relativamente elevadas de K, Si, Rb e Ba, em comparação com outras amostras estudadas do grupo de diques não metamórficos de Uauá.

É interessante acrescentar que outro dique (LR-16A) adjacente ao afloramento LR-16B também analisado pelo método Rb/Sr isocrônico, forneceu uma isócrona (MSWD = 7,0) com idade de 2.068 ± 58

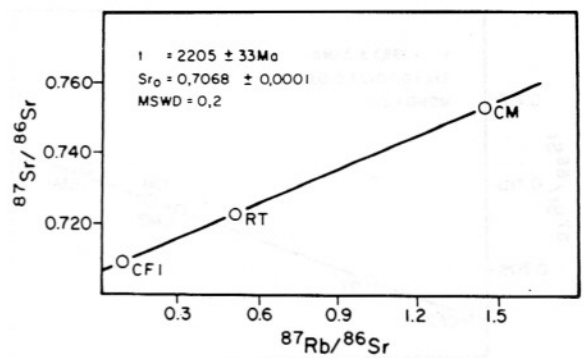


Figura 5 - Diagrama isocrônico Rb/Sr para os diques máficos de Uauá (amostra LR-16B). RT = rocha total; CM = concentrado magnético; CF1 = concentrado félsico-1 (0,80A).

Ma e RI = $0,7031 \pm 0,0003$ (Bastos Leal, 1992). Com base nas razões $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ relativamente altas obtidas neste dique (razões de até cerca de 1, embora sendo inferiores comparativamente às razões $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ das amostras do afloramento LR-16B) e ainda na constatação de razões iniciais distintas para este dois afloramentos praticamente contíguos, é sugerido que os efeitos da contaminação crustal foram variáveis de amostra para amostra, sendo relativamente menos intenso no caso do dique LR-16A.

Finalmente, o outro dique analisado deste grupo é representado pela amostra LR-38. Produziu-se uma isócrona interna (MSWD = 2,6) a partir de quatro concentrados minerais (CM, CM1, CM2 e CF2) e da rocha total. Trata-se de um diagrama confiável, conforme observado pela boa distribuição e colinearidade dos pontos (Fig. 6). Esta isócrona apresenta idade de 1.983 ± 31 Ma e RI = $0,70197 \pm 0,00007$. Face à qualidade deste diagrama, a idade obtida é considerada como a mais representativa do sistema isotópico original dos diques deste grupo. O excelente controle da razão inicial desta isócrona permite considerá-la como a mais característica para a fonte mantélica desta geração mais jovem do enxame de Uauá. Esta proposta é alicerçada também pelas características deste sistema isotópico, com razões $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ inferiores a 0,30 (Fig. 6) - cerca de cinco a dez vezes inferior ao do dique LR-16B, este último aqui considerado como contaminado isotopicamente (vide Fig. 5). Por outro lado, o sistema isotópico do dique LR-38 é levemente mais enriquecido na razão Rb/Sr relativamente a do dique LR-34 o que é coerente com a sua assinatura geo-

RESULTADOS K/Ar

Um total de seis determinações K/Ar foi efetuado nos diques do segundo grupo incluindo-se os diques afetados pelas zonas de cisalhamento locais e regionais (Tabela 2).

Dos diques pertencentes à geração mais antiga do segundo conjunto (amostras LR-34 e LR-33) foram analisados dois plagioclásios, obtendo-se idades K/Ar aparentes de 1.560 ± 19 Ma e 1.255 ± 54 Ma. As idades relativamente muito jovens obtidas (em comparação com as demais idades da Tabela 2), podem ser atribuídas a perdas parciais de argônio radiogênico dos plagioclásios a baixas temperaturas, face à retentividade isotópica desfavorável deste mineral. Deste modo estas idades são aqui consideradas como desprovidas de significado geológico. Adicionalmente um outro dique não metamórfico (amostra EC/AG 03; Tabela 2) datado em plagioclásio indicou idade mínima de 2.014 ± 77 Ma (Gava et al., 1983). Embora não estejam disponíveis informações petrográficas desta amostra acreditamos que ela pertença a esta geração mais antiga do segundo grupo dada a coerência de sua idade com o padrão geocronológico K/Ar de outros diques (ver abaixo). Como tal a idade acima é tentativa-

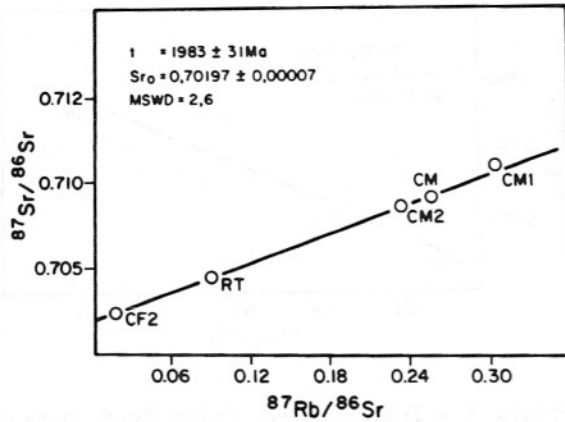


Figura 6 - Diagrama isocrônico Rb/Sr para os diques máficos de Uauá (amostra LR-38). RT = rocha total; CM = concentrado magnético; CM1 = concentrado félsico-1 (0,45A); CM2 = concentrado máfico-2 (0,50A); CF2 = concentrado félsico-2 (0,90A).

química (Menezes, 1992).

Em síntese, com base no exposto acima para as características isotópicas dos diques LR-16B, LR-16A e LR-38, a razão inicial de cerca de 0,7019 deste último, poderia representar, teoricamente, o sistema isotópico do magma parental mais preservado aos processos de contaminação crustal dos diques do conjunto mais jovem do enxame de Uauá.

Em termos isotópicos integrados, as razões iniciais dos diques não metamórficos do enxame de Uauá, recalculadas para a idade de 2,0 Ga (aqui assumida como representativa da intrusão desta geração de diques máficos), revelam uma considerável variação (aproximadamente entre 0,701-0,708) (Tabela 1). Este comportamento sugere que esses diques formaram-se a partir de uma fonte mantélica heterogênea ou que sofreram adições diferenciais e seletivas de ^{87}Sr radiogênico durante sua colocação na crosta continental. Na Figura 7, as razões iniciais recalculadas, comparadas com o campo de variação isotópica de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ das rochas arqueanas do CMU, sugerem que tal contaminação possa relacionar-se com estas encaixantes. Em adição, os dados químicos disponíveis para os diques investigados (Menezes Leal et al., em preparação), também apoiam a hipótese de que uma contaminação crustal diferenciada do magma original destes diques teria atuado durante a sua colocação.

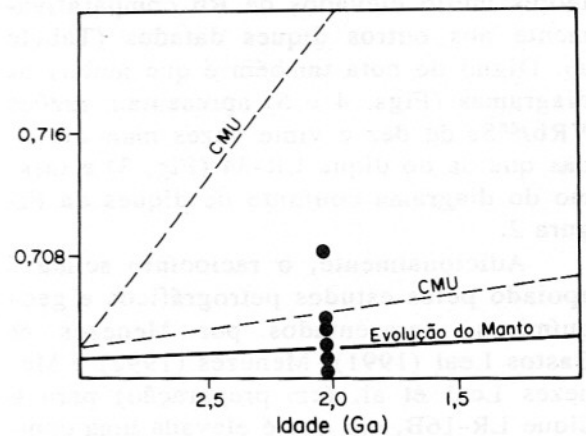


Figura 7 - Diagrama de evolução do Sr, mostrando as razões iniciais dos diques máficos de Uauá, calculados segundo $T = 2,0$ Ga. Também representados, o campo de evolução de Complexo Metamórfico de Uauá - CMU (domínio traçado, conforme Leal, 1992) e a curva de evolução do Sr de regiões do manto empobrecidas em Rb, não afetadas por contaminação significativa de estrôncio crustal (valor atual de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ estimado em $0,704 \pm 0,002$; Faure, 1986).

mente associada a um rejuvenescimento pelo ciclo Transamazônico.

Os diques do segundo conjunto que se situam condicionados às zonas de cisalhamento foram datados pelo método K/Ar em concentrados de anfibólitos, sendo que as idades aparentes situaram-se no tempo entre 2.003-1.707 Ma (amostras LR-15, LR-14 e 6009, Tabela 2). Este período de tempo pode ser, portanto, tentativamente relacionado ao desenvolvimento dessas zonas de cisalhamento (Fig. 1). Todavia, especificamente no caso do dique LR-15 considera-se que a sua idade mais jovem (1.707 Ma) seja decorrente de possível rejuvenescimento parcial de argônio. Esta interpretação é devida a fato de que o concentrado analisado não atingiu uma alta pureza em vista da coexistência de agregados de quartzo-hornblenda, com eventuais núcleos de piroxênio. Como tal, este resultado radiométrico não guardaria registro efetivo da época do cisalhamento regional.

CONCLUSÕES E INFERÊNCIAS DE ORDEM TECTÔNICA

A pesquisa realizada demonstra que a metodologia Rb/Sr em diques máficos proterozóicos pode ser aplicável na estimativa de sua cronologia, através da obtenção de isócronas internas em concentrados minerais e rocha total. Este método constitui-se assim numa alternativa potencial para definição da idade do magmatismo fissural pré-cambriano em geral, embora tais estudos devam ser acompanhados de dados geoquímicos e petrográficos específicos. De todo modo, esta alternativa faz-se particularmente importante no caso do Brasil, tendo em vista o grande número de enxames de diques que ocorrem nos escudos pré-cambrianos e a disponibilidade laboratorial existente no Centro de Pesquisas Geocronológicas do IGC-USP.

Fundamentalmente, o enxame de Uauá é constituído por diques anfibolíticos (possivelmente arqueanos) e diques proterozóicos (objeto do presente trabalho). As informações geológicas, geocronológicas e geoquímicas para o enxame de diques máficos não metamórficos de Uauá indicam que o mesmo originou-se de uma fonte mantélica sub-continental (e.g., Bellieni et al., 1991), correspondendo a uma atividade magmática intraplaca continental (Bastos Leal, 1992; Menezes, 1992).

Com base nas características isotópi-

cas dos diques não metamórficos do enxame de Uauá, dois conjuntos foram estabelecidos, a saber:

Os diques mais antigos (2,38 Ga) apresentam as características isotópicas mais empobrecidas na razão Rb/Sr. Estes diques, portanto, precederam o desenvolvimento do ciclo Transamazônico. Exemplos cisalhados considerados como pertencentes a este conjunto de idade mínima proterozóica Inferior, datados pelo método K/Ar (idades entre 2.003 ± 86 e 1.975 ± 2 Ma) através de minerais neoformados (anfíbólitos), registram a evolução superimposta deste ciclo.

Em que pese a existência de apenas um diagrama Rb/Sr isocrônico com essa idade, sua qualidade analítica é inequívoca o que confere significado geológico ao resultado. Além disso, esta interpretação é apoiada pela existência de isócronas Rb/Sr arqueanas no CMU o qual foi rejuvenescido pelo ciclo Transamazônico, conforme demonstram as idades K/Ar. Este fato vem demonstrar a retentividade do sistema Rb/Sr em diferentes rochas (embasamento e diques) frente aos processos deste Ciclo.

Em decorrência do exposto, a origem tectônica deste conjunto de diques estaria associada com a evolução precoce dos cinturões transamazônicos que se desenvolveram em amplos setores no norte do Craton do São Francisco (e.g. Teixeira & Figueiredo, 1991).

Em termos genéticos é sugerido que este conjunto de diques, aparentemente, derivou-se de uma fonte mantélica levemente empobrecida na razão Rb/Sr, conforme sugerem os dados isotópicos (Bastos Leal, 1992). Dados geoquímicos para este conjunto parecem apoiar o caráter relativamente mais primitivo deste conjunto em relação ao segundo grupo (Menezes, 1992).

Os demais diques proterozóicos do enxame, estudados através de isócronas internas Rb/Sr, apresentam idades variáveis entre 2,20 e 1,98 Ga. Os dados isotópicos de Sr e o caráter químico deste diques mais jovens sugerem que estes corpos foram diferentemente contaminados por ^{87}Sr radiogênico proveniente de materiais crustais durante a sua intrusão. Com base em critérios isotópicos (razão Rb/Sr mais empobrecida e menor RI entre os diagramas obtidos) considera-se mais representativa a idade de 1,98 Ga para a intrusão desta geração de diques (do segundo grupo) de Uauá.

A gênese destes diques estaria temporalmente associada à estabilização tectônica dos terrenos de alto grau metamórfico do Complexo Carafba e Cinturão Gnáissico Senhor do Bomfim, situados em área adjacente ao CMU. Esta hipótese é alicerçada pelo padrão geocronológico destes dois segmentos crustais que exibem uma evolução tectonomagmática ligada ao ciclo Transamazônico (entre 2,2 e 1,8 Ga), conforme já apontado. Este contexto tectônico é compatível com a idade dos diques mais jovens de Uauá e com as suas características não metamórficas, embora este conjunto tenha sido afetado pelos episódios de cisalhamento (e.g. deformação rúptil e dúctil) nas porções ocidental e oriental do enxame, estes também associados ao evento geodinâmico Transamazônico.

Finalmente, conforme sugerido adicio-

nalmente pelos dados K/Ar (anfíbólios), obtidos especialmente em exemplares de diques cisalhados deste segundo conjunto, as zonas de cisalhamento evoluíram no final do ciclo Transamazônico, entre aproximadamente 2.003 e 1.975 Ma atrás.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao corpo técnico do IGC-USP pelo apoio durante os estudos de laboratório, à FAPESP e ao CNPq pelo suporte financeiro, e à Secretaria de Minas e Energia da Bahia e à Carafba Metais pelo apoio durante os trabalhos de campo. Agradecimentos são também devidos ao MURST e CRN (Itália) pela produção de dados complementares a este trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRITZKY, G. (1968) Tectônica e origem do embasamento cristalino da área de Bendengó - Caratacá - Curundundum. 32º Congr. Bras. Geol., Belo Horizonte, MG, Anais, Breves Comunicações, p. 88-89.
- ANDRITZKY, G. (1969) Mapeamento geológico da região de Caratacá. Relatório nº 2. Missão Geológica Alemã no Brasil, Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste, SUDENE, 18p.
- ARCANJO, J.B.A. & DALTON DE SOUZA, J. (1985) Projeto Mapas Metalogenéticos e de Previsão de Recursos Minerais - Folha SC 24-Y-B. Textos e mapas, Brasília, MME/DNPM/CPRM.
- ARMSTRONG, R.L.; EISBACHER, G.H.; EVANS, P.D. (1982) Age and stratigraphic tectonic significance of Proterozoic diabase sheets, Mackenzie Mountains, northwestern Canada. *Can. J. Earth Sci.*, 19: 316-323.
- ARMSTRONG, R.L.; MONGER, J.W.H.; IRVING, E. (1985) Age of magnetization of the Axelgold Gabbro, north-central British Columbia. *Can. J. Earth Sci.*, 22: 1217-1222.
- BASTOS LEAL, L.R. (1992) Geocronologia Rb/Sr e K/Ar, evolução isotópica e implicações tectônicas dos enxames de diques máficos de Uauá e Valé do Rio Curuçá, Bahia. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 120p.
- BASTOS LEAL, L.R. & TEIXEIRA, W. (1992) Geocronologia Rb/Sr e K/Ar do enxame de diques máficos de Uauá, Bahia. 37º Congr. Bras. Geol., São Paulo, SP, Bol. resumos expandidos, 1: 496.
- BASTOS LEAL, L.R. & TEIXEIRA, W. (em preparação) Geocronologia e aspectos tectônicos do enxame de diques máficos do vale do rio Curuçá, Bahia.
- BELLIENI, G.; PETRINI, R.; PICCIRILLO, E.M.; BRITO, C.M.; TEIXEIRA, W.; COMIN-CHIARAMONTI, P.; MELFI, A.J.; DE MIN, A.; BASTOS LEAL, L.R. (1991) Early and Late Proterozoic dyke swarms from São Francisco Craton (Brazil): petrology, geochemistry and Sr/Nd isotopes. *Int. Symp. Mafic Dykes, Extended Abstracts*, p. 60-61, São Paulo.
- BEURLEN, H. (1970) Estudos petrográficos no embasamento cristalino da Fazenda Rodeador - Uauá, Bahia. *Série Especial*, 12. Divisão de Geologia/Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste, SUDENE, 32p.
- D'AGRELLA FILHO, M.S. (1992) Paleomagnetismo de enxame de diques máficos proterozóicos e rochas do embasamento do Craton do São Francisco. Tese de doutoramento, Instituto Astronômico e Geofísico, Universidade de São Paulo, 201p.
- D'AGRELLA FILHO, M.S.; PACCA, I.G.; TEIXEIRA, W.; ONSTOTT, T.C.; RENNE, P.R. (1990) Paleomagnetism of middle proterozoic (1.01 to 1.08 Ga) mafic dikes in south-eastern Bahia State-São Francisco Craton, Brazil. *Earth Plan. Sci. Lett.*, 101: 332-348.
- DE PAOLO, D.J. (1981) Trace element and isotopic effects of combined wallrock assimilation and fractional crystallization.

- Earth Plan. Sci. Lett., **53**: 189-202.
- FAHRIG, W.F. (1987) The tectonic setting of continental mafic dyke swarms: failed arm and early passive margin. In: Mafic dyke swarms. Geological Association of Canada, Special Paper, **34**: 331-348.
- FIGUEIREDO, M.C.H. & BARBOSA, J.S.F. (1993) Terrenos metamórficos de alto grau do Craton do São Francisco. In: Dominguez, J.M.L. & Misi, A. (Eds.) II Simp. Craton do São Francisco, Salvador, Bahia, p. 63-84.
- GAVA, A.; NASCIMENTO, D.A.; VIDGAL, J.L.B.; GHIGNONE, J.I.; OLIVEIRA, E.P.; SANTIAGO FILHO, A.L.; TEIXEIRA, W. (1983) Geologia. Projeto RadamBrasil, Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM), Folha SC.24 Aracajú/Recife, **30**: 27-376.
- HALLS, H.C. (1982) The importance and potential of mafic dikes swarms in studies of geodynamics processes. Geosci. Can., **9**: 145-154.
- HALLS, H.C. & FAHRIG, W.F. (eds.) (1987) Mafic Dike Swarms. Geol. Ass. Can., Spec. Paper 34, 503p.
- HANES, J.A. (1987) Dating of precambrian mafic dikes swarms by the Rb/Sr, K/Ar and Sm-Nd methods. In: Mafic Dike Swarms, Geol. Ass. Canada, Special Paper, **34**: 137-147.
- HEAMAN, L. (1991) U-Pb dating of giant radiating dike swarms: potential for global correlation of mafic magmatic events. Int. Symp. Mafic Dikes, Extended Abstracts, p. 07-09, São Paulo.
- HEAMAN, L. & TARNEY, J. (1989) U-Pb baddeleyite ages the Scorie dike swarms, Scotland: evidence for two distinct intrusion events. Nature, **340**: 705-708.
- JARDIM DE SÁ, E.F.; SOUZA, Z.S.; FONSECA, V.P.; LEGRAND, J.M. (1984) Relações entre "greenstone belts" e terrenos de alto grau: o caso da faixa Rio Capim, NE da Bahia. 33º Congr. Bras. Geol., Rio de Janeiro, RJ, Anais, p. 2615-2629.
- KAWASHITA, K.; SONOKI, I.; SATO, K.; SONOKI, H.M. (1990) Regressões lineares em geocronologia: isócronas, errócronas e pseudoisócronas. Bol. IG/USP, Série Científica, **21**: 53-72.
- MASCARENHAS, J.F. & GARCIA, T.W. (1989) Mapa geocronológico do Estado da Bahia. Texto Explicativo, SME/SGM, 189p.
- MASCARENHAS, J.F. & SÁ, J.H.S. (1982) Geological and metallogenic patterns in the Archean and Early Proterozoic of Bahia State, Eastern Brazil. Rev. Bras. Geoc., (12): 193-214.
- MENEZES, A.B. (1992) O enxame de diques máficos de Uauá-Bahia: caracterização petrológica e geoquímica. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 139p.
- MENEZES, A.B. & BASTOS LEAL, L.R. (1991) Metamorphic variation in the mafic dike swarms of Uauá, Bahia, Brazil. Int. Symp. Mafic Dikes, São Paulo, SP, Extended Abstracts, p. 165.
- MENEZES LEAL, A.B.; GIRARDI, V.A.V.; BASTOS LEAL, L.R.; TEIXEIRA, W.; PICCIRILLO, E.M.; BELLINI, G. (em preparação) Petrologia e geoquímica do enxame de diques máficos de Uauá, Bahia, Brasil. Geochim. Brasil.
- MENEZES, M.A. (ed.) (1990) Continental Mantle. Clarendon Press, Oxford, 184p.
- MOHR, P.A. (1987) Crustal contamination in mafic sheets: a summary. In: Mafic Dike Swarms, Geol. Ass. Canada, Spec. Paper, **34**: 75-80.
- MYERS, J.D.; KRISHNA SINHA, A.; MARSH, B.D. (1984) Assimilation of crustal material by basaltic magma: strontium isotopic and trace element data from the Edgcombe Volcanic Field, SE Alaska. J. Petrology, **25**: 1-26.
- OLIVEIRA, E.P. (1993) Diques toleíticos, noríticos e piroxeníticos no enxame de Uauá, Bahia: evidências de heterogeneidade no manto Proterozóico Inferior do Craton do São Francisco. 4º Congr. Bras. Geoq., Brasília, DF, Resumos Expandidos, p. 5-7.
- OLIVEIRA, E.P. & MONTES, M.L. (1984) Os enxames de diques máficos do Brasil. 33º Congr. Bras. Geol., Rio de Janeiro, RJ, p. 4137-4154.
- PATCHETT, P.J.; BYLUND, G.; UPTON, B.G.J. (1978) Paleomagnetism and the Grenville orogeny: new Rb/Sr ages from dolerites in Canada and Groenland. Earth Plan. Sci. Lett., **40**: 349-364.
- SEIXAS, S.R.M.; AZEVEDO, R.R.; SAMPAIO, A.R.; OLIVEIRA, V.E.; TEIXEIRA, L.R.; DIAS GOMES, R.A.A.; GOMES, P.J.P. (1985) Projeto Mapas Metalogenéticos e de Previsão de Recursos Minerais. Folha SC.24-V-D. Textos e mapas, Brasília, MME/DNPM/CPRM.
- SIAL, A.N.; OLIVEIRA, E.P.; CHOUDHURI, A. (1987) Mafic dike swarms of Brazil. In: Mafic Dike Swarms, Geol. Ass. Canada, Spec. Paper 34, p. 467-483.
- SOUZA, Z.S. (1984) Mapeamento geológico do greenstone belt do Rio Capim, Bahia - área de Riacho de Pedras. Relatório de Graduação, UFRN, inédito, 303p.
- STEIGER, R.H. & JÄGER, E. (1977) Subcommittee on geochronology: convention on the use of decay constants in geochronology and cosmochronology. A.A.P.G. Studies in Geology, **8**: 67-71.
- TEIXEIRA, W. & FIGUEIREDO, M.C.H. (1991) An outline of Early Proterozoic crustal evolution in the São Francisco Craton, Brazil: a review. Prec. Research, **53**: 1-22.

WILLIAMSON, J.H. (1968) Least-squares fitting of a straight line. *Can. J. Physics*, **46**: 1845-1847.

WINDLEY, B.F. (1984) *The evolving continents*. John Wiley and Sons, 2 ed., 391p.

WINGE, M. (1984) A seqüência vulcano-sedimentar do Grupo Capim-Bahia. *Geologia e*

Recursos Minerais do Estado da Bahia, Série Textos Básicos, **5**: 43-103.

ZINDLER, A.; HART, S.R.; BROOKS, C. (1981) The Shabogamo intrusive suite, Labrador: Sr and Nd isotopic evidence for contaminated mafic magmas in the Proterozoic. *Earth Plan. Sci. Lett.*, (54): 217-235.