

# GEOCRONOLOGIA K-Ar DO ENXAME DE DIQUES BÁSICOS DA PARTE MERIDIONAL DO CRATON DO SÃO FRANCISCO E IMPLICAÇÕES NO CONTEXTO GEOTECTÔNICO

Teixeira, W. — IG/USP

Kawashita, K. — IG/USP

Pecchio, M. — Bolsista da FAPESP—IG/USP

Tame, N. R. — Bolsista da FAPESP—IG/USP

## ABSTRACT

The southern region of the São Francisco Craton is made up of gneissic-granitoid terranes (mainly of amphibolite facies) associated with supracrustals, which can be separated into two crustal provinces, the oldest formed during the Archean (3-2-2.6 Ga.), and the youngest in the Early Proterozoic (2.4-2.0 Ga.).

Mafic dyke swarms inject the basement complexes in the area west of Belo Horizonte city, but not the Late Proterozoic Bambuí sedimentary cover. These dykes show NNW, NW, WNW, NNE and ENE trends and are of anorogenic character.

Most dykes are tholeiitic in composition. Metamorphic recrystallization at greenschist to amphibolite facies as well as minor hydrothermal and/or deuteric transformations are characteristic in the majority of these dykes.

About sixty K/Ar determinations have been performed on plagioclases, amphiboles and whole rocks. They are interpreted combining the use of K/Ar diagrams and histogram, and according to the crustal evolution proposed for the craton. The available radiometric data suggest that the main period of mafic intrusions took place in the Early Proterozoic as supported by the apparent ages on amphiboles. However, the beginning of the Middle Proterozoic (1.7-1.5 Ga.) probably corresponds to a period of tensional tectonics as well. On the other hand, most ages obtained on plagioclases and whole rocks, can be associated with Late Proterozoic processes of argon gain or loss.

The results are tectonically associated with crustal rifting of the continental mass. This two radiometric groupings are characteristic for the evolution of the Early Proterozoic crustal province, and of the Middle Proterozoic intracratonic Espinhaço System respectively. The youngest Late Proterozoic apparent ages are associated with the reflections of the contemporaneous evolution of the Brazilian marginal mobile belt which is also suggested by the partial resetting of the K/Ar mica ages of basement rocks within the eastern part of the São Francisco Craton.

## INTRODUÇÃO

Desde 1986 está em andamento no Centro de Pesquisas Geocronológicas (CPGeo) do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo um programa geocronológico para o magmatismo precambriano básico anorogênico da parte sul do Craton do São Francisco. O programa está associado a um projeto mais amplo, atualmente em desenvolvimento, que pretende integrar dados geoquímicos, paleomagnéticos e petrológicos, e que conta com expressiva participação de pesquisadores nacionais e estrangeiros. Nesta primeira etapa são apresentados os resultados radiométricos K-Ar obtidos nos diques máficos da região a oeste de Belo Horizonte, MG.

De modo genérico, a definição do padrão geocronológico K-Ar desse vulcanismo fissural possibilita uma discussão inicial acerca das principais épocas evolutivas da área investigada, as quais são aqui associadas à própria evolução tectônica sofrida pelo segmento crustal. Em adição, o estudo contribui para o estabelecimento do quadro geodinâmico do

Craton do São Francisco, com base na definição temporal dos esforços ocorridos em seu interior durante o Proterozóico. Etapas complementares do projeto envolverão estudos isotópicos de Sr, Pb e Nd visando caracterizar a origem do magmatismo, os possíveis processos de contaminação crustal e as implicações tectônicas decorrentes.

## GEOLOGIA REGIONAL

A área objeto do presente trabalho integra a posição meridional do Craton do São Francisco (Fig.1) onde se expõem os terrenos granito-gnáissico-migmatíticos associados às supracrustais do Supergrupo Rio das Velhas. As informações geocronológicas disponíveis (por exemplo, Teixeira, et al., 1987) demonstram que este domínio sofreu uma evolução policíclica envolvendo a geração de crosta há cerca de 2.8 b.a. atrás, e retrabalhamentos durante o Proterozóico Inferior (2.4-2.0 b.a.), a maneira de toda a parte meridional do craton.

Os enxames de diques máficos ocorrem especialmente de Belo Horizonte para oeste, seccionando tanto a infraestrutura como as seqüências supracrustais. Até o momento, não foram identificados diques precambrianos cortando os sedimentos do Grupo Bambuí (Fig.1) o que lhes confere uma importância em termos de controle cronoestratigráfico para a evolução dessa cobertura plataformar (Pereira et al., 1984). Enxames de rochas máficas ocorrem também mais ao sul da área investigada (imediatações de Lavras, Bom Sucesso, São Tiago) próximo à extremidade meridional do Craton do São Francisco (Cavalcante et al., 1979; Parenti Couto et al., 1983; Machado Filho et al., 1984).

A atividade ígnea da área em estudo é caracterizada por possantes diques que estão associados a sistemas cruzados de fraturamento da massa continental, com direções principais NNW, NW, WNW, NNE e ENE (Fig. 2). Possuem expressão retilínea no relevo, permitindo fácil individualização nas imagens de radar e fotos aéreas. Alcançam, via de regra, extensões da ordem de dezenas de quilômetros e atingindo espessuras de até várias dezenas de metros. Em geral seus contatos com as encaixantes são de difícil observação, sendo frequente uma quase total alteração intempérica que gera blocos arredondados "in situ" e um subsequente regolito de cor avermelhada, mas sendo mantida ainda a expressão morfológica do dique.

Petrograficamente, correspondem a variedades de composição básica (basaltos, diabásios, gabros), eventualmente exibindo texturas porfíriticas (plagioclásios centimétricos). O exame das lâminas delgadas permite distinguir dois conjuntos caracterizados pela presença ou não de intercrescimentos de quartzo e K-feldspato. Alterações hidrotermais e/ou deutéricas (com intensidade variável) são observadas em todas as amostras, sendo caracterizadas por sericitização, argilização, albitização, epidotização e carbonatação dos plagioclásios. Além disso, ocorrem processos de retrometamorfismo (baixo grau), representados pela uralitização dos piroxênios. De maneira geral, os diques apresentam-se metamorfisados em grau variado, preservando eventualmente as texturas ígneas primárias, mas atingindo, muitas vezes, o facies anfibolito. Nesses casos texturas granoblásticas ou poiquiloblásticas são típicas. No aspecto geográfico há certa tendência de as variedades mais metamorfisadas ocorrerem no leste da área investigada.

Em termos geoquímicos, dois conjuntos de diques podem ser distinguidos, definidos com base nas diferenças de teores em Ba e Sr, bem como pelos seus teores em Y e Zr, abundância em terras raras leves e pelo fracionamento das terras raras (Oliveira, com escr.). Adicionalmente, os conjuntos são distinguidos pelos teores de potássio, um grupo exibindo teores muito elevados (de até 5,2%) e outro com teores inferiores a 0,65%.

## GEOCRONOLOGIA

Um conjunto de 57 datações geocronológicas K-Ar foi efetuado no CPGeo para esta etapa do projeto, tratando-se de análises em minerais (plagioclásio, anfibólio, concentrados máficos) e em rocha total. A Tabela 1 apresenta os dados analíticos completos das análises efetuadas com erros calculados de acordo com Cox e Dalrymple (1967) e constantes segundo Steiger e Jaeger (1977). A localização geográfica da amo-

tragem está representada na Fig. 2.

As datações aparentes K-Ar são discutidas através de diagramas  $Ar^4^0/Ar^{36} \times K^4^0/Ar^{36}$  construídos a partir de séries de 3 concentrados minerais para afloramentos selecionados. Com o apoio de histogramas geocronológicos é feita uma interpretação comparativa com o quadro evolutivo do Craton do São Francisco, previamente reconhecido com basenões isotópicos de Sr e Pb, o que permite também esboçar a história térmica regional.

A Fig. 3 apresenta a distribuição no tempo dos resultados K-Ar obtidos nos vários concentrados minerais. De maneira geral, os processos de difusão de argônio entre anfibólitos e plagioclásios acham-se bem caracterizados (setas A, B, C, D, E), os primeiros fornecendo sistematicamente idades mais antigas, aqui interpretadas como mínimas para a rocha datada. Com efeito, as concentrações de idades obtidas para os anfibólitos situam-se no tempo nos períodos 2.1-1.8 b.a. e 1.7-1.5 b.a., todavia não permitindo, no momento, definir um eventual controle geográfico/temporal para os magmatismos. Por outro lado, neste histograma é possível caracterizar a ocorrência de um caso de excesso de argônio em plagioclásio (PM-09, Tabela 1 e legenda Fig.3) através da obtenção de idade mais jovem no anfibólito que exibe idade aparente de 660m.a.. Este mineral revela teor de potássio elevado (1,28%) distinguindo-se daqueles anfibólitos com idades aparentes mais antigas. Isto sugere que a rocha foi atingida por processos de transformação que levaram a um rejuvenescimento de argônio.

O conjunto de datações em anfibólito refere-se, em sua maioria, aos diques que sofreram recristalização metamórfica e, como tal, as idades refletem o resfriamento dos respectivos sistemas. A única exceção é a amostra PM-09 (já comentada), na qual processos de retrometamorfismo e de saussuritização foram intensivos. Assim, com base na distribuição e frequência dessas idades no tempo geológico, pode-se propor a imposição metamórfica na área investigada, preferencialmente durante o Proterozóico Inferior e Médio.

A maior parte dos plagioclásios estudados apresenta teores de potássio anormalmente elevados (Tabela 1 e Fig. 3) o que está associado às transformações secundárias (sericitização, intercrescimentos de quartzo + feldspato potássico) observadas nos estudos micropetrográficos. Nesse contexto, é interessante ressaltar que esses plagioclásios apresentaram sistematicamente as idades K-Ar mais jovens, concentradas no período do Proterozóico Superior (Fig.3), com exceção apenas de 2 resultados ligeiramente mais antigos (1.13 e 1.31 b.a.). Também nesses casos a distribuição das rochas intrusivas com alto potássio parece não possuir qualquer condicionamento geográfico (Fig. 2) em relação àquelas com teores baixos de potássio. Ainda na Fig. 3, observando-se a distribuição temporal dos plagioclásios, cujos teores em potássio são inferiores a 0,65%, podem ser feitos os seguintes comentários: em sua maioria, representam idades mínimas para rochas que tiveram superimposição metamórfica no período entre 1,3 e 1,0b.a., e em dois casos, pelo menos, refletem processos de difusão de argônio (indicados pelas setas A e C). Entretanto, no caso do olivina diabásio 1119/468 (tabela I), o plagioclásio bem preservado e a textura tipicamente ígnea sugerem que a idade obtida (1615m.a.; Fig.3) possa se aproximar da época de colocação do corpo.

A elaboração complementar de gráficos  $Ar^4^0/Ar^{36} \times K^4^0/Ar^{36}$ , permite adicionar várias considerações no tocante a história térmica do magmatismo. Nesse tipo de diagrama isocrônico os concentrados minerais com diferentes teores de potássio podem produzir alinhamentos que demonstram: a) razões iniciais  $Ar^4^0/Ar^{36}$  similares entre as amostras e, b) um sistema K-Ar preservado isotopicamente. Interpretações utilizando gráficos K-Ar acham-se reportadas em Harper (1970), Hayatsu e Carmichael (1970), Hayatsu (1972), Shafiqullah e Damon (1974), Faure (1986), Mitchell e Ineson (1988), entre outros.

A principal vantagem desses gráficos está na possibilidade de quantificar os ganhos de argônio ocorridos desde a consolidação magmática, bem como de definir a idade desses processos. Nos casos em que os alinhamentos definem interceptos positivos superiores à própria razão atmosférica  $Ar^4^0/Ar^{36}$  (295,5), as idades representam as respectivas épocas de incorporação de argônio nos minerais analisados, em decorrência da difusão de argônio radiogênico por superimposição metamór-



fica região e/ou vinculado aos processos de transformação secundária. Tais idades aparentes são sistematicamente mais velhas que a idade isocronica.

Nos casos em que os alinhamentos definem interceptos inferiores à razão atmosférica (o que é inviável teoricamente) ficam caracterizados processos diferenciais de difusão de argônio entre as várias fases minerais de rocha, devido à superimposição metamórfica e/ou às transformações secundárias. Em tais situações, o emprego do diagrama de Harper (1970) pode ser interessante, em vista da possibilidade de definir a quantidade de Argônio radiogênico incorporada ou perdida pelo conjunto de análises.

No presente projeto foram analisadas algumas séries de 3 amostras por afloramento (plagioclásio, rocha total, anfibólito e/ou máficos), catalogadas na Tabela 1 (nºs de campo 6301, 6327, 6315, WT-MP-03, WT-MP-05 e WT-MP-15 B), com os dois primeiros afloramentos produzindo os diagramas isocronicos de melhor qualidade.

Nos afloramentos 6327 (leste de Pará de Minas) e 6301 (norte de Vianópolis), Fig.4, ficam caracterizadas incorporações de argônio há cerca de  $720 \pm 18$  m.a. e  $615 \pm 24$  m.a. atrás, conforme demonstram as razões positivas  $Ar^{40}/Ar^{36}$  de 4214 e 2130 respectivamente, e que são maiores que a razão atmosférica de 295,5. Isto significa que as 3 frações minerais analisadas para cada conjunto tiveram influência de argônio radiogênico em decorrência de processos de transformação secundária ou de degaseificação de argônio das rochas encaixantes ou de ambos.

Para o dique 6315, por outro lado, a despeito de um bom alinhamento entre os pontos analíticos define-se uma razão  $Ar^{40}/Ar^{36}$  inferior ao valor atmosférico (intercepto negativo!) o que revela o caráter forçado da "isocrona". O emprego do diagrama de Harper para esse conjunto (Fig. 5) é uma opção correta pois as fases minerais demonstram ter sofrido uma mínima difusão de argônio que é de modo diferencial em função dos teores de potássio de cada concentrado mineral. No presente caso, vale observar que tanto o plagioclásio como a rocha total exibem teores anormalmente elevados de K (Tabela 1) vinculados aos processos de saussuritização, e que teriam ocorrido há cerca de 870 m.a., conforme sugerido pelo diagrama.

Os casos restantes analisados produziram alinhamentos isotópicos imperfeitos, provavelmente em decorrência de perdas por difusão heterogênea de argônio entre os concentrados minerais, durante ou após a ascensão magmática. Todavia, há possibilidade de os minerais possuírem razões originais de  $Ar^{40}/Ar^{36}$  distintas entre si e, como tal, produzirem um espectro isotópico anômalo. A despeito desse patente desalinhamento entre os pontos analíticos, no caso do metagabro WTMP-05 um processo de incorporação de argônio é sugerido pela razão  $Ar^{40}/Ar^{36}$  positiva, superior à razão atmosférica, em caso de ser construído um diagrama isocronico. Neste afloramento, os materiais analisados que apresentam os teores mais elevados de potássio (plagioclásio e rocha total) são os que conteriam excesso de argônio, provavelmente incorporado durante o metamorfismo. Já para o anfibólito WT-MP-15 a utilização do diagrama de Harper revela que a difusão de argônio relaciona-se ao Proterozóico Superior. Em caso de se empregar o diagrama  $Ar^{40}/Ar^{36} \times K^{40}/Ar^{36}$  definir-se-ia novamente um intercepto negativo para a razão  $Ar^{40}/Ar^{36}$ .

Finalmente, para o metagabro WT-MP-03 a difusão de argônio é demonstrada pelas idades progressivamente mais jovens entre o anfibólito, plagioclásio e rocha total (nessa ordem). Neste afloramento e também nos dois casos anteriores os anfibólitos datados devem ser considerados como as idades mais confiáveis para os eventos metamórficos superimpostos, em função da boa retentividade para o argônio desse mineral.

Adicionalmente, pares de amostras (plagioclásio e rocha total) de sete diques da área investigada foram selecionados para a geocronologia, numa tentativa de estabelecer um comportamento isotópico regional para os diques.

De modo geral, as idades aparentes obtidas para cada par sugerem, em sua maioria (amostras WT-MP-02, 07, 11, 20, Tabela 1), que processos de incorporação de argônio ocorreram, com as rochas totais revelando idades mais velhas que os respectivos plagioclásios. Apenas em dois casos (PM-03 e WT-MP-13) os plagioclásios indicaram valores radiométricos maiores que as respectivas rochas totais. Tais plagioclásios, em -

tretanto, revelaram teores de potássio anormalmente elevados (Tabela 1), o que pode estar associado a existência de processos de transformação secundária e/ou metamórfica que favoreceriam uma incorporação de argônio estranho. Portanto, também nesses casos, as idades isoladamente devem ser tomadas com cautela.

Numa tentativa de interpretação desse conjunto de pares de idades através de diagramas  $Ar^{40}/Ar^{36} \times K^{40}/Ar^{36}$  e Harper são sugeridas tendências isotópicas que combinam a existência de perdas ou incorporações de argônio, numa clara analogia com os padrões interpretados nos diagramas das Figuras 4 e 5. Digno de nota também é a concentração de idades aparentes no período do Proterozóico Superior, conforme já comentado anteriormente na Fig. 3 para um agrupamento de idades entre 1000 e 500m.a.. Em termos regionais, vale finalmente ressaltar que as idades desses conjuntos situam-se aleatoriamente pela área investigada (Fig. 2) o que ratifica um caráter regional para os processos de transformação que atuaram sobre o enxame de diques.

#### SIGNIFICAÇÃO TECTÔNICA DO MAGMATISMO

A despeito da inexistência para o vulcanismo fissural, até o momento, de estudos isotópicos através de metodologias de maior potencial interpretativo (por ex. Sm-Nd, U-Pb em zircões ou baddeleita,  $Ar^{40}/Ar^{39}$  em minerais do contato com a encaixante) o conjunto de resultados K-Ar revela-se coerente com as interpretações decorrentes do quadro geocronológico para a parte meridional do Craton do São Francisco (p.ex. Teixeira et al., 1987). Dentro desse contexto tectônico é possível associar o conjunto de idades K-Ar com as principais épocas de fraturamento do Proterozóico, trazendo subsídios para o entendimento do quadro geodinâmico continental.

De modo genérico pode-se admitir que épocas distintas de atuação metamórfica ocorreram na área investigada, com base nos resultados K-Ar obtidos em anfibólios (Fig. 3) e que se distribuem no tempo em dois conjuntos (2.1-1.85 e 1.7-1.5 b.a.). Num quadro comparativo com a evolução crustal do segmento cratônico (Fig. 6) sugere-se que tais processos estariam associados no tempo particularmente às etapas do ciclo Transamazônico, com base na maior frequência de resultados radiométricos. O período é aqui considerado também como o responsável pela própria geração de determinados enxames de diques da área em pauta.

Em termos geodinâmicos estes processos da ruptura da crosta, estariam associados à própria evolução sofrida pelo segmento cratônico em seu setor oriental no roterozóico Inferior, conforme demonstra o quadro geocronológico disponível para o embasamento (por ex., Teixeira, 1985, Teixeira et al., 1986, 1987). É interessante aqui apontar a distribuição do magmatismo segundo sistemas cruzados NE-SW e NW-SE que diferem na estruturação regional dessa província geocronológica, onde os diques existentes acham-se deformados pela orogenia transamazônica. Esse quadro tectônico do enxame de diques guarda similaridades com os sistemas de rifts que envolvem um ramo pouco desenvolvido ("failed arm") tendo sido recentemente descritos no escudo Canadense por Fahrig (1987) para o período entre 2.4-1.85 b.a.. Dentro desse contexto a existência de vulcanismo oceânico e continental, conforme sugerem os dados geoquímicos em andamento (Oliveira, com. escr.) seria consequência do maior ou menor desenvolvimento dos rifts.

Cabe notar, por outro lado, que a predominância de um caráter ensialítico para a evolução dessa província geocronológica, conforme sugerem as evidências isotópicas de Sr e Pb, não impede necessariamente que eventuais aberturas oceânicas tenham ocorrido em seu domínio no Proterozóico Inferior, e que progressivamente foram obliteradas por movimentos de placa subsequentes que culminaram com uma tectônica tangencial brasileira.

A maioria dos resultados radiométricos obtidos em plagioclásio do Proterozóico Médio podem ser relacionados a processos de difusão de argônio, com exceção de uma única idade, cujo plagioclásio foi menos atingido pelas transformações hidrotermais e/ou deutéricas. Como tal poderia representar a época mínima para a colocação do dique. Já dois anfibólios de origem metamórfica desse agrupamento (amostras 1173/931A e WT-MP-15B, Tabela 1), revelaram idades aparentes mais velhas (1.7-1.5 b.a., Fig. 3) o que sugere a existência de eventos metamórficos pós-

transamazônicos na área investigada. Como um todo, o conjunto de idades entre 1.7-1.0 b.a. é também refletido nas idades K-Ar obtidas em micas e feldspatos do embasamento cristalino que é invadido pelos diques (Fig. 7), sendo contemporâneo ao sistema Espinhaço, cuja evolução é admitida como do Proterozóico Médio (Brito Neves et al., 1979). Assim, neste modelo, o desenvolvimento de enxames de diques nesse período influencia a distribuição de temperatura em escala regional, favorecendo o rejuvenescimento isotópico de argônio tanto do embasamento como de determinados diques, conforme é sugerido por alguns plagioclásios da Fig. 3 (setas A, C) com idades aparentes mais jovens do que os anfibólios da rocha, estes com idades de cerca 1.85 e 2.0 b.a.. Por outro lado, o próprio mecanismo de ruptura da cadeia Espinhaço poderia estar condicionado ao quadro geodinâmico do final do Proterozóico Inferior que forçaria mudanças na disposição dos esforços na litosfera, em decorrência do notável espessamento crustal então gerado pela estabilização tectônica da província geocronológica.

No contexto dos dados K-Ar obtidos para os anfibólios podem ser feitas algumas considerações complementares, com base na construção de um diagrama Harper para o conjunto (Fig. 7). Tendo-se em conta as limitações da metodologia radiométrica e a dificuldade de se efetuar uma integração desse tipo para toda a atividade magmática, foi obtida uma idade de  $2097 \pm 65$  m.a. e uma razão inicial praticamente compatível com a origem do diagrama. Em função do bom alinhamento entre os pontos e da razão inicial que sugere a inexistência de perdas significativas de argônio radiogênico o valor radiométrico pode ser tomado como da própria época de colocação dos corpos estudados. Cabe notar que essa idade coaduna-se com as informações geológicas em que os diques são intrusivos em unidades do embasamento datadas em cerca de 2.4 b.a. e sofreram de modo diferencial um metamorfismo há cerca de 2.1-2.0 b.a. atrás (Teixeira et al., 1987).

O agrupamento de diques que apresenta as idades no intervalo 1.0 - 0.5 b.a. (Fig. 6) é tentativamente correlacionado aos reflexos da evolução geodinâmica das faixas móveis marginais ao Craton do São Francisco. Estes reflexos vinculados ao Proterozóico Superior são sentidos no interior da massa cratônica (especialmente no domínio do Quadrilátero Ferrífero), através de um rejuvenescimento isotópico das micas do embasamento (Teixeira, 1986 e Teixeira et al., 1985, 1987) como também pela imposição de deformações ducteis e progressivas (Belo de Oliveira, 1986; Oliveira e Vieira, 1987; Belo de Oliveira et al., 1987).

A maioria dos diques com valores radiométricos nesse intervalo temporal é referente a plagioclásios com alto conteúdo de potássio (.. Fig. 3) e como tal representariam idades mínimas para os fenômenos de transformação que atuaram após a consolidação dos diques. Tal hipótese é exemplificada pelas setas B, D, E (Fig. 3) entre anfibólios e plagioclásio de mesma amostra, com os anfibólios sempre revelando as idades mais antigas. Nesse raciocínio pode-se aventar a imposição regional desses processos, com consequente rejuvenescimento dos plagioclásios, especialmente durante o Proterozóico Superior.

De maneira integrada, este conjunto de idades caracteriza uma evidente diminuição na intensidade dos fenômenos brasileiros superimpostos sobre a massa continental a medida que envolvem as áreas mais internas do Craton; próximo à margem cratônica ocorrendo tectônica tângencial e completa degaseificação de argônio nas micas (incorrendo em temperaturas de cerca de 300°C) e mais a oeste sendo representado essencialmente por fenômenos de transformações nos diques básicos. A fração intensidade desses processos é demonstrada pela inexistência de qualquer registro de rejuvenescimento isotópico de argônio brasileiro nas micas e feldspatos do embasamento cristalino desse setor o que com prova a diminuição da temperatura em direção a oeste. Dentro dessa linha e no tocante ao Grupo Bambuí, vale também observar a superposição metamórfica ocorrida nos setores orientais da área investigada (Fig. 2) que gerou as ardósias da Fm. Sete Lagoas, ao passo que para oeste a cobertura plataformar apresenta-se horizontalizada e sem qualquer registro de metamorfismo.

Como consequência, com base no quadro geocronológico disponível, pode-se propor o Proterozóico Inferior e Médio como os períodos preferenciais (nessa ordem) para a geração dos diques. Já o Proterozóico Superior seria o período característico de desenvolvimento de fenômenos

de transformação dos diques. A geração de diques no Brasileiro é aqui admitida como pouco provável, haja visto o fato de o Grupo Bambuí não se apresentar intrudido pelos corpos básicos, com base nas informações geológicas disponíveis para a região a oeste de Belo Horizonte.

Finalmente, vale reportar que padrões radiométricos semelhantes são também obtidos para os enxames de diques máficos do extremo sul do Craton do São Francisco, onde as idades K-Ar revelam uma distribuição no tempo durante o Proterozóico (Parenti Couto et al., 1983; Teixeira, 1985) e uma história térmica complexa, ali do mesmo modo representada pelas datações em anfibólios e plagioclásios.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores expressam seus agradecimentos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela concessão das bolsas de Iniciação Científica (processos 85/2303-9 e 87/0237-4) para dois dos autores (M. Pecchio e N. R. Tame). Os agradecimentos são extensivos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo auxílio concedido para as etapas de campo (processo 40.5515/86), bem como à equipe do Centro de Pesquisas Geocronológicas pelo apoio analítico à pesquisa. Aos colegas G.A.J. Szato, S.F. Vlack (USP) e M. Bonhomme (Grenoble, França) somos gratos pelas discussões científicas mantidas.

#### BIBLIOGRAFIA

- Belo de Oliveira, O.A. - 1986 - As falhas de Empurrão nas Implicações da Estratigrafia e Metalogenia do Quadrilátero Ferrífero, MG. XXXIV Congr. Bras. Geol. Goiânia-GO, 5:15p.
- Belo de Oliveira, O.A.; Vieira, M.B.H. - 1987 - Aspectos da deformação ductil e progressiva no Quadrilátero Ferrífero. 4º Simpósio de Geol. de Minas Gerais. Anais, Bol.7:237-253.
- Belo de Oliveira, O.A.; Greco, F.M.; Vieira, M.B. - 1987 - A relação da Tectônica Espinhaço Meridional - Quadrilátero Ferrífero, MG. 1º Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos - Resumos, 74-76, Salvador, BA.
- Brito Neves, B.B.; Kawashita, K.; Delhal, J. - 1979 - A evolução geocronológica da Cordilheira Espinhaço, dados novos e integração. Rev. Bras. Geoc., 9 (1):71-85.
- Campos Neto, M. de C. - 1987 - Isótopos de Sr e Evolução Crustal: Faixa Alto Rio Grande e Nappe Socorro e Guaxupé. Instituto de Geociências, 25p. (inédito).
- Cavalcanti, J.C.; Cunha, H.C.S.; Chierigatti, L.A.; Kaefer, L.Q.; Rocha, J.M.; Dritx, E.C.; Coutinho, M.G.N.; Yamamoto, K.; Drumond, J.B.V.; Rosam D.B.; Ramalho, R. - 1979 - Projeto Sapucaí, Estado de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais; relatório final de geologia. DNPM, 299p. Série Geologia, 4. Seção Geologia Básica, 2.
- Cox, A.; Dalrymple, G.B. - 1967 - Statistical analysis of geo-magnetic reversal data and precision of potassium-argon dating. Jour. Geophys. Research, 72 (10):2603-2614.
- Fahrig, W.F. - 1987 - The tectonic settings of continental mafic dyke swarms: failed arm and early passive margin. In: Mafic Dyke Swarms (H.C. Halls and W.F. Fahrig editors), GAC Special Paper 34, p.331-348.
- Faure, G. - 1986 - Principles of Isotope Geology- 2nd. Edition - John Wiley and Sons. 589p.
- Halls, H.C.; Fahrig, W.F. - 1987 - Mafic Dyke Swarms. Geological Association of Canada, Special Paper 34:503p.

- Harper, C.T. - 1970 - Graphical solutions to the problem of Radiogenic Argon<sup>40</sup> loss from metamorphic minerals. *Eclogae geol.-Helv.* vol. 63/1:119-140.
- Hayatsu, A. - 1972 - On the basic assumptions in K-Ar isochron method comments on the Earth Sciences. *Geophysics*, 3:69-75.
- Hayatsu, A.; Carmichael, C.M. - 1970 - K-Ar Isochron method and initial Argon ratios. *Earth and Planetary Science Letters*, 8:71-76.
- Heilbron, M.; Lopes, M.; Trouw, R.; Padilha, A.V.; Teixeira, W.; Kawashita, K. - no prelo - Geocronologia da área entre São João del Rei, Lavras, Cambuquira, Caxambú e Lima Duarte, MG. - *Anais da Acad. Bras. Ciências*.
- Machado Filho, L.; Ribeiro, M.W.; Gonzalez, S.R.; Schenini, C.A.; Palmeira, R.C.B.; Gatto, C.M.P.P.; Santos Neto, A.; Soya Jr., J. J.; Pires, J.L.; Teixeira, W.; Martins, V.M.F.; Castro, H.E.F.; Herter, A.M.R. - 1984 - Geologia. In: Brasil-DNPM. Projeto RADAMBRASIL. Folhas SF-23 Rio de Janeiro e SF-24 Vitória. *Lev. Rec.Naturais*, 32. p. 1-304.
- Mitchell, J.G.; Ineson, P.R. - 1988 - Models of single-stage concomitant potassium - argon exchange: an interpretation of discordant whole rock K-Ar data from hydrothermally altered igneous rocks of the South Pennine Orefield, U.K. *Earth and Planetary Science Letters*, 88:69-81.
- Oliveira, E.P. - Geochemistry of Proterozoic Mafic Dyke Swarms from the São Francisco Craton, Brasil. (com. escr.) 2p.
- Parenti Couto, J.G.; Teixeira, W. e Cordani, U.G. - 1983 - Consideração sobre as principais épocas de fraturamento do Craton do São Francisco, com base em datações K-Ar de rochas básicas. II Simp. Geol. Minas Gerais, Belo Horizonte, MG. *Anais Bol.* nº 3:38-49.
- Pereira, A.D.C.; Fonseca, E.G.; Braz, E.R.C.; Carmo, U.F.; Ortiz, L. R.C.; Souza Jr., J.J.; Oliveira, F.C.; Freire, F.A.; Marques, N. M.G.; Reis, V.A.; Siga Jr., O. - 1984 - Geologia. In: Brasil-DNPM. Projeto RADAMBRASIL. Folha SE-23, Belo Horizonte, *Lev. Rec. Naturais*, v.37 (no prelo).
- Richer, P.; Lacerda, G.M.; Hagen, D.; Bosum, W.; Paulsen, S.; Souza, A.A.; Bruzo, E.M.; Gomes, N.S.; Mollat, H.; Basthel, F.; Glatte, W.; Zimmermann, K.; Kossmehl, H.; Saam, H. - 1975 - Relatório do reconhecimento geológico geoquímico - Pitangui-Papagaios-Pequi. Convênio Geofísico Brasil-Alemanha, CPRM, 80p.
- Shafiqullah, M.; Damon, P.E. - 1974 - Evaluation of K-Ar isochron methods. *Geochimica Cosmochimica Acta* 38:1341-1358.
- Steiger, R.H.; Jaeger, E. - 1977 - Subcommission 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. - 1985 - A evolução geotectônica da porção meridional do Craton do São Francisco com base em interpretações geocronológicas. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. Tese de Doutorado. 207p. (inédito).
- Teixeira, W. - 1986 - A evolução tectônica da parte meridional do Craton do São Francisco. XII Simpósio de Geologia do Nordeste, Recife, PE. Resumos, 19-20.
- Teixeira, W.; Fonseca, A.C.; Poupeau, G.; Padilha, A.V.; Zapparolli, L.H.; Kawashita, K. e Khoury, M.C. - 1985 - Esboço da evolução geotectônica da parte sul do Craton do São Francisco, uma inter-



pretação com base nos dados Rb-Sr, K-Ar, Pb-Pb e traços de fissão.  
III Simp. Geol. Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Anais, Bol.  
nº 5:28-35.

Teixeira, W.; Cordani, U.G.; Kawashita, K.; Taylor, P.N.; Van Schmus, W.R. - 1987 - Archean and Early Proterozoic Crustal evolution in the southern part of the São Francisco Craton. Inter. Symp. Gran. Assoc. Mineral. Salvador, BA. Extended Abstracts. 37-40.

Williamson, J.H. - 1968 - Least-squares fitting of a straight line. Canadian Journal of Physics, 46:1845-1847.