

**DETERMINAÇÕES Rb/Sr E K/Ar DAS ROCHAS DAS PEDREIRAS MONGUBA E PENDANGA  
(Municípios de Maracanaú e Guaramiranga-Ceará)**

Joaquim Raul Ferreira Torquato\*  
Koji Kawashita\*\*  
Hidelurdes Sandrilá Pinheiro Barbosa\*\*\*  
Luis Humberto Pedreira\*

\*DEGEO/UFCE/CE  
\*\*IG/USP/SP  
\*\*\*NUTEC

**ABSTRACT**

In this paper we describe the petrography and geochronology of rocks from two quarries near the City of Fortaleza/Ceará. One, the Pedreira Monguba, is formed, basically, by rocks of the granitic to monzogranitic type. Its isochrone age is  $672 \pm 46$  m.y. with an initial ratio of  $0.7036 \pm 0.0005$ . Datings of biotite by the K/Ar method gave values of  $522 \pm 19$  m.y. for the consolidation of the region. For comparison with the other components of the same morphologic unit, the Massif of Maranguape, we designed a reference isochrone with all values available from the literature (for granite, gneisses and migmatites) and obtained a straight line parallel to the first, but with a higher initial ratio of 0.709, demonstrating the strong influence of the Brasiliano Cycle in this region.

The other quarry, Pedreira Pendanga, is composed of gneisses and migmatized gneisses and forms an open chemical system. It was possible, however, to verify that its age is equal or greater than  $2150 \pm 71$  m.y. and that all of its rocks have suffered strong metamorphism during the Brasiliano Cycle as is shown by the K/Ar ages of biotites of  $541 \pm 3$  m.y. A discussion of sampling problems is given and the influence of a granitic intrusion on the chemical opening of the system is evidenced.

**INTRODUÇÃO**

As áreas objeto deste trabalho estão localizadas nos arredores de Fortaleza. A Pedreira Monguba situa-se no Maciço de Maranguapé a cerca de 10Km a seguir ao CEASA, do lado direito da rodovia que liga Fortaleza a Redenção e pertence ao Município de Maracanaú, tendo como coordenadas  $03^{\circ}56'00''$  de latitude sul e  $38^{\circ}37'00''$  de longitude Oeste; a Pedreira Pendanga, atualmente desativada, está no Maciço de Baturité e localiza-se a cerca de 6 km do povoado de Pernambuco (proximidades do Pico Alto) na estrada para Caridade; pertence ao Município de Guaramiranga e tem por coordenadas:  $04^{\circ}11'00''$  de latitude sul e  $39^{\circ}00'00''$  de longitude oeste.

Geologicamente (Figura 1), a Pedreira Monguba está situada num complexo migmatítico-granítico, de evolução completa, possivelmente policíclica. A Pedreira Pendanga localiza-se num complexo gnáissico-migmatítico, com presença de pequenas intrusões de corpos graníticos.

De acordo com os conceitos de BRITO NEVES (1975), ambas as pedreiras se situam nos domínios da Faixa de Dobramentos Jaguaribeana.

As pedreiras foram estudadas sob os pontos de vista petrográfico e geocronológico (Rb/Sr e K/Ar) e, os resultados obtidos enquadram-se perfeitamente dentro dos padrões regionais. Atenção especial foi dada às amostras da Pedreira Pendanga, pelo fato de, durante a coleta do material que foi sujeito ao estudo, não ter sido possível, por causa da forte vegetação que cobria toda a pedreira (desativada desde 1982), detectar a presença de pequenos veios e diques graníticos que a cortam do lado norte, tendo ocasionado assim um diagrama isocrônico de difícil interpretação, o qual, só não nos levou a um erro grave de determinação de idade, pela simples razão de inicialmente nos ter fornecido valores incompatíveis com a geologia cearense.

#### PETROGRAFIA

Como as características gerais são completamente diferentes em ambas as pedreiras, optou-se por apresentar o seu estudo petrográfico separadamente.

##### PEDREIRA MONGUBA (Amostras TK-1)

As rochas graníticas deste corpo aparecem sob a forma de uma intrusão em gnaisses e outras rochas ortoderivadas. Apresentam foliação nas margens do corpo concordante com a foliação das encaixantes, indicando uma direção N-S e um mergulho para Leste, variável de acordo com os dobramentos regionais, mas sempre superior a 65°, chegando a atingir posições sub-verticais.

O seu aspecto no campo é de granitóide meso a catazonal com implantação do tipo passivo com tendência para permissivo.

A frente de desmonte mostra o plutonito com estruturas de pendentes do teto bem desenvolvidas. Uma "shear zone" corta todo o conjunto, dando ao longe a falsa impressão de tratar-se de um dique básico, mas onde abundam microcristais de quartzo e biotita e bonitas estruturas miloníticas.

Petrograficamente esta pedreira caracteriza-se por tipos litológicos que variam desde granitos (sieno-granitos) até tonalitos, sendo insignificante a representação granodiorítica e bastante expressiva a predominância de corpos na faixa granito-monzogranito, evidenciados por rochas de granulometria média a grosseira, leucocráticas, quartzosas, com tonalidades acinzentadas, creme-acinzentadas e rosadas, formadas essencialmente por K-feldspato (microclina), plagioclásio (faixa albita-oligoclásio) e micas (biotita e moscovita), exibindo predominantemente texturas granular hipidiomórfica seriada (cristais pequenos, médios e grosseiros) e granular xenomórfica-hipidiomórfica.

Observam-se também tipos petrológicos com coloração cinza-esbranquiçada e cinza-rosada, com caráter textural variando de médio a mais ou menos grosseiro, às vezes porfiríticos com matriz mais ou menos homogênea (equigranular), raramente mesocráticos do tipo tonalítico com cores escuras, mostrando aqui e além veios ou faixas esbranquiçadas. A textura é equigranular-hipidiomórfica levemente orientada pelo arranjo das biotitas; indicando alguns corpos orientados silicosos, processos tectônico-metassomático interligados, manifestados microscopicamente por finas bandas ou faixas quartzo-feldspáticas, dispostas concordantemente com a orientação das micas e pelas faixas quartzosas "recristalizadas" orientadas segundo uma direção preferencial.

Do ponto de vista petrográfico as rochas da Pedreira Monguba podem ser classificadas como: moscovita-biotita granitos e/ou biotita-moscovita granitos; biotita granitos; moscovita-biotita monzogranitos e/ou biotita-moscovita monzogranitos; biotita monzogranitos; biotita granodioritos e biotita tonalitos.

O estudo microscópico de diversas seções delgadas revelou uma mineralogia essencial formada por microclina, albita-oligoclásio, quartzo biotita e moscovita essencialmente secundária formada por substituição a partir dos feldspatos (principalmente dos plagioclásios). Como minerais acessórios foram vistos: opacos primários, apatita, titanita, epidoto-clinozoisita, allanita primária e secundária, rutilo, moscovita-sericita, zircão, clorita, carbonatos, xenotímio, produtos de alteração e microinclusões não identificáveis.

Os feldspatos (microclina e albita-oligoclásio) apresentam-se normalmente com ranhuras de alteração em pequenos, médios e grandes cristais hipidiomórficos, xenomórficos e raramente idiomórficos, frequentemente geminados mostrando extinção ondulante, efeitos de carbonação, sericitização e muito raramente saussuritização, processos de tectonismo, exsolução, microclinização, mirmequitas, substituição e "recristalização".

Observam-se cristais frescos de albita e microclina, provavelmente magmáticas tardias ou formados por processos posteriores de metassomatismo e/ou hidrotermalismo, manifestados por fenômenos de albitização ou K-feldspatização; sendo frequente grãos precoces alterados dos sericitizados e cristais recristalizados mostrando efeitos de "retrabalhamento" por processos tectônicos-metassomáticos posteriores ao resfriamento do magma. A microclina mostra-se com um percentual superior ou igual ao plagioclásio, contudo, alguns corpos exibem uma quantidade de plagioclásio superior ao K-feldspato.

O quartzo ocorre normalmente em grãos anédricos alongados ou estirados segundo uma direção preferencial, às vezes subédricos em associação com feldspatos e micas, em massas de cristais intersticiais englobando microclina, plagioclásio e micas e, raramente em cristais primários idiomórficos com faces subarredondadas inclusos na microclina. Exibem extinção ondulante, processos de recristalização com recuperação em subgrãos, apresentando às vezes textura em mosaico, estrias, microfraturas e inclusões de apatita, zircão, opacos, titanita e microinclusões não identificáveis. Os cristais variam em tamanho de 0,1 a 5,0mm.

As micas (biotita e moscovita) apresentam-se em cristais laminares-lamelares associadas aos feldspatos + quartzo, frequentemente junto a apatita, opacos e carbonatos, mostrando processos de cloritização, oxidação, moscovitização, substituição para epidoto e titanita e extinção ondulante. As biotitas mostram características primárias e tardias e a moscovita é sempre derivada de processos secundários.

Em termos gerais estas rochas exibem fenômenos de alteração relativamente expressivos, efeitos de metassomatismo e cataclase associados a tectonismo, estabelecendo arranjos de cristais frescos neoformados como no caso das albitas (albitização) e microclinas intersticiais bem desenvolvidas (K-feldspatização tardia), com presença de cristais primários euédricos bem formados de apatita e zircão; observando-se contudo igualmente uma grande quantidade de apatita intersticial tardia e zircões disformes subarredondados.

#### **PEDREIRA PENDANGA (Amostras TK-2)**

A Pedreira Pendanga está situada no lado mais escarpado da Serra de Baturité. No campo, trata-se fundamentalmente de uma variação entre um gnaiss migmatizado e um gnaiss com alguns leitos mais espessos e escuros formados quase que exclusivamente por biotita. O seu lado norte está profusamente recortado por diques e veios de uma rocha granítica.

O estudo petrológico desta pedreira está fundamentado essencialmente em exames microscópicos auxiliados por amostras de mão analisadas em lupa de grande alcance, associado às características de campo e às datações geocronológicas objeto principal deste trabalho.

Macroscopicamente são rochas de coloração cinza-esbranquiçadas, de granulometria média a grosseira, compreendendo corpos gnaissícos migmatizados formados por bandas quartzo-feldspáticas com larguras variando de milímetros a centímetros, intercaladas por faixas micáceas (biotita - moscovita) paralelas a subparalelas, posicionadas em algumas amostras de maneira mais ou menos regular e, em outras, de forma completamente irregular, dependendo do grau de migmatização e/ou anatexia. Observam-se também corpos creme-esbranquiçados, algo acinzentados, orientados e não orientados, de granulometria fina a média, formados essencialmente por gnaisses fitados silicosos e rochas cálcio-silicatadas esbranquiçadas, algo acinzentadas e esverdeadas, incipientemente orientadas, compostas por minerais máficos (anfíbólios e piroxênios), associados a minerais félsicos (feldspatos e quartzo).

Em análise microscópica estas rochas revelam grande comple-

xidade de fases metamórficas-deformativas associadas a efeitos anatéticos ou fusão parcial, acompanhadas por processos tectônico-metassomáticos e intempéricos, demonstrados através de feições morfológica-estruturais, substituições e alterações apresentadas nos minerais essenciais e acessórios.

O exame microscópico mostra a predominância da textura grano lepidoblástica nas rochas gnáissica-migmatíticas e granonematoblástica nos corpos cálcio-silicatados.

A mineralogia típica do corpo principal da pedreira está representada por K-feldspato (microclina), plagioclásio (faixa albíta - oligoclásio), quartzo e micas (biotita e moscovita). Os minerais acessórios principais são: opacos primários (cristais idiomórficos bem formados) e secundários resultantes da alteração da biotita; apatita precoce sob a forma de inclusões nos minerais essenciais e tardia preenchendo espaços intersticiais em associação com os mesmos, zircão; sericita (produto de alteração dos feldspatos); carbonatos e clorita secundários; titanita; rutilo, turmalina, granadas e mais raramente epidoto-clinozoisita e epidoto-allanita.

Nas rochas gnáissica-migmatíticas pode-se notar o amplo domínio dos feldspatos (K-feldspatos >> plagioclásio) e quartzo nos componentes félsicos e biotitas nos componentes máficos, acompanhados quase sempre de moscovita.

Do exposto, verifica-se que as rochas da Pedreira Pendanga são formadas essencialmente por gnaisses a duas micas e por migmatitos, com variações litológicas dentro da faixa moscovita-biotita gnaisses a biotita-moscovita gnaisses dependendo do grau de modificações metamórficas-metassomáticas, uma vez que as moscovitas são de origem secundária formadas por substituições dos feldspatos e biotitas.

O K-feldspato (microclina) predominando amplamente sobre o plagioclásio, apresenta-se geminado, às vezes não maclado ou incipientemente geminado com extinção ondulante, microfraturado, estriado e com ranhuras de alteração menos pronunciadas do que nos plagioclásios (exceção na albíta tardia). Exibe frequentemente alongamento nos cristais segundo a direção preferencial das micas, efeitos de recristalização com recuperação em subgrãos nas bordas de vários cristais, englobando comumente plagioclásios precoces alterados, às vezes na forma de pertitas ou micropertitas, em associação mútua com quartzo + plagioclásio + micas. Ocorre em cristais xenoblásticos, hipidioblásticos e disformes desenvolvidos "recristalizados" englobando quase sempre mirmequitas, micas e plagioclásios; com os maiores cristais atingindo de 1,0 a 4,0mm. Apresenta-se incipientemente sericitizado ou parcialmente substituído por moscovita; em cristais frescos neoformados intersticiais, em paragenese com albíta + biotita tardia e/ou moscovita, com inclusões de apatita, zircão, opacos, biotita, moscovita e clorita de substituição da biotita precoce.

Os plagioclásios apresentam uma variação no total das rochas na faixa de 05 a 25%, com um valor médio em torno de 10-15%, enquanto a microclina mostra valores mais elevados da ordem de 20-30%. Exibem uma composição dentro da faixa albíta-oligoclásio (02-14% de An) com presença de oligoclásio precoce (10-14% An) e albíta tardia geminada (02-06% de An). Ocorrem frequentemente substituídos por moscovita denotando um percentual de potássio razoavelmente abundante em sua estrutura; sendo comum a presença de plagioclásios precoces alterados, sob a forma de inclusões no quartzo recristalizado e nos K-feldspatos, em paragenese com microclina + quartzo + biotita e/ou moscovita. Mostram processos de alteração para carbonatos (substituindo fraturas ou formando pequenos núcleos), sericita e minerais do grupo do epidoto (processo incipiente de saussuritização). Ostentam formas idiomórficas normalmente subarredondadas ou corroídas dentro dos K-feldspatos mais tardios, formas hipidioblásticas e xenoblásticas, com deformações nas linhas de clivagem e geminações deslocadas ou levemente dobradas em vários cristais. Exibem também efeitos de recristalização com recuperação em subgrãos (normalmente nas bordas dos cristais), às vezes na forma de mirmequitas recristalizadas em associação íntima com microclina, atingindo maiores comprimentos em torno de 0,5 a 2,5mm.

O quartzo ocorre com forte extinção ondulante em agregados de cristais disformes ou amebóides alongados segundo a direção prefe -



rencial das micas, normalmente recristalizados em grupos de grãos estirados, mostrando recuperação em subcristais xenoblásticos e raramente hipidioblásticos, em cristais intersticiais preenchendo espaços entre minerais, fraturados, estriados e orientados. Em algumas lâminas aparece sob a forma de quartzo primário (cristais bem formados e corroídos em inclusões na microclina) e em lentes vermiculares intercrescidos no plagioclásio (mirmeguitas). Mostra ainda microfraturas preenchidas com produtos de alteração, com inclusões de feldspatos e micas, zircão, apatita, rutilo e microinclusões não identificáveis. Em média, apresentam-se com 25-35% do total da rocha.

As micas (biotita e moscovita) estão representadas por faixas de cristais laminares-lamelares orientadas segundo uma direção preferencial ( $F_3$ , gnaissificação), em paragênese com feldspatos e quartzo, contendo por vezes inclusões de zircão e apatita ou em associação com estes minerais; mostrando frequentemente substituição para moscovita e clorita. A biotita ocorre em quatro gerações distintas: a 1ª geração caracteriza-se por relictos lamelares contidos dentro de uma moscovita tectonizada (1ª) dobrada com forte extinção ondulante e raramente por biotitas alargadas exibindo frequentemente estruturas em "kink-band", estruturas estas também relativamente comuns nas moscovitas (1ª) secundárias, que mostram uma direção preferencial diferente da biotita de 2ª geração da fase principal ( $F_3$ ) impressa na rocha. As biotitas da segunda geração ocorrem em faixas lamelares levemente dobradas e recristalizadas, em paragênese com moscovita (2ª) + quartzo + feldspatos fazendo parte da fase principal tectônica-metamórfica. A 3ª geração compreende pequenas lamelas neoformadas por recristalização a partir das biotitas 2ª. A 4ª geração está bem evidenciada por micas frescas não tectonizadas, orientadas ortogonalmente à direção principal da foliação ( $F_3$ ).

Associadas a estas biotitas temos as moscovitas: a 1ª geração é formada por moscovitas tectonizadas exibindo frequentemente relictos laminares da biotita - 1ª, e as moscovitas 2ª estão representadas por agregados de cristais tabulares-lamelares formados por substituição dos feldspatos, principalmente dos plagioclásios, normalmente por processos de substituição mimética. A 3ª geração é formada igualmente por pequenas lamelas neoformadas por recristalização das anteriores (moscovita 2ª - recristalização - moscovita 3ª). Em geral, as micas ocorrem associadas aos feldspatos + quartzo ou em inclusões nos mesmos, atingindo comprimentos de 1,0 a 2,0mm para as biotitas e 1,5 a 2,5mm para as moscovitas.

As rochas estudadas, inclusive as cálcio-silicatadas, estão inseridas dentro do fácies anfibolito e representam rochas pelíticas metamorfizadas em alto grau (paragneisses e migmatitos).

O estudo das seções delgadas possibilitou a caracterização de 5 fases principais:

- FASE 1 -** Representada principalmente pelas biotitas - 1ª dobradas pelos relictos lamelares de biotita contidos dentro das moscovitas tectonizadas (1ª), plagioclásios alterados em inclusões nos K-feldspatos e presença de apatita, zircão e rutilo primário.
- FASE 2 -** Caracterizada essencialmente pela formação da moscovita - 1ª através de substituição mimética: biotita - 1ª - moscovita 1ª.
- FASE 3 -** Determinada pela foliação principal (гнаissificação) evidenciada pelas biotitas - 2ª + moscovita - 2ª.
- FASE 4 -** Representada essencialmente por processos de recristalização nos feldspatos, micas e quartzo, com recuperação em subcristais, sublamelas e subgrãos.
- FASE 5 -** Retrutada fundamentalmente pela presença da biotita - 4ª orientada ortogonalmente à biotita - 2ª da fase 3; pela presença intersticial da albita fresca geminada preenchendo espaços e vazios entre os minerais essenciais, normalmente sem efeitos tectônicos, e através da albitização das bordas do oligoclásio.

## GEOCRONOLOGIA

A metodologia usada nas análises radiométricas Rb/Sr e K/Ar foi a de rotina do Centro de Pesquisas Geocronológicas da USP, descrita

por Thomaz Filho e Torquato (1974) e por Kawashita et al (1974). As constantes utilizadas foram as indicadas por Steiger e Jager (1978).

Foram efetuadas 28 análises radiométricas, sendo que 22 pelo método Rb/Sr e 6 pelo método K/Ar. Os valores analíticos encontram-se distribuídos pelas tabelas I, II, IV e V.

#### PEDREIRA MONGUBA

Conforme pode ser visto no item anterior, as rochas da pedreira Monguba são fundamentalmente formadas por um granito e monzogranito a duas micas, sendo possível encontrar outros tipos petrográficos aparentemente menos tectonizados, representados por granodioritos e tonalitos.

Os pontos indicativos das razões isotópicas Rb/Sr (TABELA I) alinharam-se segundo uma isócrona de  $672 \pm 46$  milhões de anos (FIGURA 2), com uma razão inicial de  $0,7036 \pm 0,0005$ , um MSWD de 0,40 e um coeficiente de correlação igual a 0,986.

TABELA I  
Dados Rb/Sr dos Granitos da Pedreira Monguba

Número de Laboratório (SPR)	Número de Campo	Rb ppm	Sr ppm	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$
4973	TK1-A	147,4	397,0	$0,7168 \pm 0,0008$	$1,073 \pm 0,021$
4974	TK1-D	98,5	548,1	$0,7090 \pm 0,0010$	$0,520 \pm 0,010$
4975	TK1-E	124,3	499,9	$0,7109 \pm 0,0008$	$0,720 \pm 0,014$
4976	TK1-I	195,6	464,9	$0,7149 \pm 0,0007$	$1,219 \pm 0,024$
5218	TK1-J	215,6	750,6	$0,7094 \pm 0,0006$	$0,831 \pm 0,017$
5219	TK1-B	118,8	544,0	$0,7095 \pm 0,0007$	$0,632 \pm 0,013$
5220	TK1-C	124,1	639,7	$0,7086 \pm 0,0007$	$0,562 \pm 0,011$
5221	TK1-G	108,5	689,0	$0,7081 \pm 0,0011$	$0,456 \pm 0,009$
5222	TK1-H	121,0	312,7	$0,7151 \pm 0,0009$	$1,121 \pm 0,022$

As amostras TK-1A e 1J não foram usadas na determinação da reta isocrônica por se posicionarem deslocadas em relação às restantes. Uma visita posterior à pedreira, mostrou que estas rochas fazem parte de pequenos bolsões diferenciados contidos dentro do corpo granítico principal.

A idade das rochas de  $672 \pm 46$  m.a. e o seu aspecto macro e microscópico indicam que o evento que as formou se processou durante o estágio sincinemático da Orogênese Brasileira, confirmando assim as idéias já propostas por Brito Neves (1975) no que respeita ao seu posicionamento temporal. A sua localização dentro das rochas migmatíticas, com contatos fortemente gradacionais e relações estruturais harmônicas no consenso do alinhamento regional, são fortes indicadores para o seu posicionamento geotectônico e para a previsão de que a região do Maciço de Maranguape se possa enquadrar dentro dos núcleos antigos que serviram de base ao desenvolvimento da Faixa de Dobramentos Jaguaribeana.

A razão inicial de  $0,7036 \pm 0,0005$ , extremamente baixa para rochas com esta idade, é um forte indicativo para se admitir uma origem mantélica para este corpo, com pouca contaminação crustal.

O valor de MSWD de 0,40 dá-nos a certeza que a isócrona é de boa qualidade, sendo assim de se aceitar a idade obtida como sendo efetivamente a da formação da rocha.

As determinações K/Ar (TABELA II) foram efetuadas em duas amostras, uma biotita (amostra TK-1 E) e um concentrado de feldspatos (microclina, albita e plagioclásio) da amostra TK-1 I. Dos valores obtidos, o mais confiável do ponto de vista interpretativo é o da biotita que nos forneceu um valor de  $522 \pm 19$  m.a., valor este igualmente compatível com o que está conhecido do resfriamento regional desta parte do Ceará.

TABELA II  
Dados K/Ar dos Granitos da Pedreira Monguba

Número de Laboratório (SPK)	Número de Campo	Material	%K	$^{40}\text{Ar}/\text{Rad}_{-4}$ (CCSTPx10 <sup>-4</sup> )	$^{40}\text{Ar}/\text{Atm}$ (%)	Idade (m.a.)
5141	TK1-E	Biotita	7,328	1,7230	7,30	522±19
5148	TK1-I	Feldspato	5,109	0,9462	12,95	423±13

Numa tentativa de melhor compreender o que se passou na região do Maciço de Maranguape, resolvemos coletar os dados dispersos na literatura e fazer uma isócrona de referência, comparativa com a isócrona da Pedreira Monguba, isócrona semelhante, mas com menos pontos, já foi tentada por Brasil (1981) tendo-se obtido naquele trabalho uma idade de  $688 \pm 92$  m.a. com uma razão inicial de  $0,708 \pm 0,001$ . A idéia apresentada no trabalho anteriormente citado que os granitos (pelo menos o da Serra de Itaitinga) seriam produtos de rehomogeneização e refusão do embasamento mais antigo, é compatível com a razão inicial apresentada, mas não se confirma como caso geral. O granito de Monguba, pela sua baixa razão inicial foge a esta observação.

Os dados analíticos mencionados na Tabela III, quando lançados em um diagrama isocrônico (Figura 3), fornecem-nos uma reta cuja idade é idêntica à da Pedreira Monguba, mas, como era de esperar, com uma razão inicial muito mais elevada (0,709).

Da análise de todos os elementos disponíveis para a região, chegamos a conclusão que o Ciclo Brasileiro teve uma importância fora do comum em todo o Maciço de Maranguape. Gnaisses, migmatitos e até mesmo granitos, revelam que foram fortemente retrabalhados e rehomogeneizados durante a fase sintectônica do Ciclo Brasileiro. A própria presença de um granito de origem mantélica (o da Pedreira Monguba) dá-nos a confirmação do extraordinário vigor dos processos tectônicos brasileiros. A presença de amostras com pontos analíticos situados superiormente à isócrona, mostra bem a origem pretérita de toda a região.

A idade K/Ar de um piroxenito coletado em Manoel Gonçalves, de  $1721 \pm 60$  m.a. (Brasil, 1981) parece-nos muito elevada e totalmente fora do contexto regional, mas, como se trata de um piroxenito com valor de potássio muito baixo (0,1143%), acreditamos ter havido exclusivamente um fenômeno de excesso de argônio, muito comum em minerais deste tipo, sendo assim, a sua idade é apenas aparente e sem nenhum significado geológico.

#### PEDREIRA PENDANGA

O estudo das rochas da Pedreira Pendanga tornou-se um problema complicado, não só porque a rocha foi afetada por cinco fases de formação de minerais, conforme está descrito na parte petrográfica, mas também porque, por razões estranhas à nossa vontade e só mais tarde descobertas, a amostragem não foi processada dentro dos padrões exigidos para tal. Como nos parece ser um bom exemplo da influência que a coleta do material tem no resultado final do estudo, resolvemos apresentar os problemas surgidos no sentido de alertar todos aqueles que, no campo, se preocupam com a boa qualidade das amostras para datação geocronológicas.

Na Pedreira Pendanga foram efetuadas 17 determinações de idade, sendo 13 pelo método Rb/Sr (TABELA IV) e 4 pelo método K/Ar (TABELA V).

A coleta do material para esta datação foi efetuada numa época do ano com vegetação exuberante, assim, como a pedreira estava desativada, não foi possível ver os seus limites laterais, nem o manto de alteração que cobre toda a região permitiu a verificação da sua extensão. No entanto, como aqui e além apareciam afloramentos de rochas idênticas, tudo levava a supor tratar-se de um bom local para coleta de amostras frescas e livres de qualquer perturbação inibidora de uma boa datação.

TABELA III  
Dados Rb/Sr das rochas do Maciço de Maranguape

Número de Laboratório (SPR)	Número de campo	Rocha	Rb ppm	Sr ppm	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	Idade convencional m.a.	Coordenadas		Referência
								Latitude	Longitude	
2613	SJB-1	Migmatito	121,3	229,3	$0,7198 \pm 0,0015$	$0,69 \pm 0,01$	$610 \pm 11$	$03^{\circ}44'30''$	$38^{\circ}45'20''$	1
2614	SJB-2	Gnaiss	116,3	1107,0	$0,7122 \pm 0,0010$	$0,31 \pm 0,01$	-	$03^{\circ}44'30''$	$38^{\circ}45'20''$	1
2615	SJB-3	Migmatito	71,6	300,4	$0,7136 \pm 0,0017$	$0,69 \pm 0,01$	-	$03^{\circ}44'30''$	$38^{\circ}45'20''$	1
2616	SJB-4	Gnaiss	69,7	72,4	$0,7378 \pm 0,0010$	$2,80 \pm 0,06$	$786 \pm 56$	$03^{\circ}44'30''$	$38^{\circ}45'20''$	1
2979	214-JR-30	Granito	171,9	330,7	$0,7253 \pm 0,0011$	$1,51 \pm 0,03$	-	$04^{\circ}10'36''$	$38^{\circ}47'47''$	2
3136	215-AG-40	Granito	300,4	239,8	$0,7499 \pm 0,0014$	$4,37 \pm 0,09$	$680 \pm 40$	$03^{\circ}56'11''$	$38^{\circ}30'00''$	2
3951	214-JR-36	Granito	243,1	121,0	$0,7626 \pm 0,0019$	$5,85 \pm 0,12$	$690 \pm 18$	$04^{\circ}02'00''$	$38^{\circ}44'96''$	2
-	5921	Gnaiss	-	-	0,733	2,551	730	$03^{\circ}54'00''$	$38^{\circ}42'00''$	3

REFERÊNCIAS:

1. Brito Neves, 1978
2. Brasil, 1981
3. Hurley et al, 1968

TABELA IV

Dados Rb/Sr nos moscovita-biotita gnaisses da Pedreira Pendanga.

Número de Laboratório (SPR)	Número de campo	Rb ppm	Sr ppm	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$
4978	TK-2B	157,9	89,8	$0,8701 \pm 0,0007$	$5,170 \pm 0,100$
4979	TK-2D	162,2	48,3	$0,8947 \pm 0,0014$	$9,902 \pm 0,193$
4980	TK-2E	159,1	46,4	$0,8960 \pm 0,0018$	$10,111 \pm 0,200$
4981	TK-2H	349,5	62,5	$0,9272 \pm 0,0017$	$16,533 \pm 0,322$
5223	TK-2A	148,0	175,4	$0,7873 \pm 0,0008$	$2,460 \pm 0,051$
5224	TK-2C	116,8	125,8	$0,7876 \pm 0,0011$	$2,711 \pm 0,052$
5525	TK-2G	155,3	169,2	$0,7812 \pm 0,0021$	$2,680 \pm 0,051$
7443	TK-2F	178,0	137,1	$0,8083 \pm 0,0003$	$3,790 \pm 0,080$
7874	TK-2K	65,3	349,1	$0,7233 \pm 0,0002$	$0,542 \pm 0,015$
7875	TK-2O	130,0	151,5	$0,7827 \pm 0,0002$	$2,502 \pm 0,070$
7876	TK-2N	148,9	56,3	$0,8939 \pm 0,0002$	$7,795 \pm 0,216$
7877	TK-2M	118,7	55,5	$0,8622 \pm 0,0004$	$6,284 \pm 0,175$
7878	TK-2U	169,5	102,4	$0,7947 \pm 0,0002$	$4,832 \pm 0,135$

TABELA V

Dados K/Ar dos moscovita-biotita gnaisses da Pedreira Pendanga

Número de Laboratório (SPK)	Número de campo	Material	%K	$^{40}\text{Ar Rad}$ (CC STP x $10^{-4}$ )	$^{40}\text{Ar Atm}$ (%)	Idade (m.a.)
4938	TK-2H	Biotita	8,231	1,9537	3,35	$527 \pm 17$
4944	TK-2B	Feldspato	2,639	0,5873	12,07	$499 \pm 20$
4945	TK-2B	Biotita	7,223	1,7797	4,58	$544 \pm 6$
5142	TK-2E	Feldspato	2,707	0,5750	7,05	$478 \pm 6$

De acordo com os dados petrográficos, as rochas da Pedreira Pendanga são constituídas fundamentalmente por gnaisses migmatizadas com algumas variações para moscovita-biotita gnaisses, biotita-moscovita gnaisses e alguns corpos cálcio-silicatados.

Das cerca de vinte amostras coletadas, através de Raios-X, foram inicialmente escolhidas sete para estudo isotópico (amostras TK-2 A, B, C, D, E, G e H). Com sete pontos bem distribuídos ao longo do eixo das abscissas, acreditava-se que a qualidade de isócrona final fosse boa.

Efetuada os trabalhos de espectrometria de massa, a disposição do diagrama isocrônico (FIGURA 4) mostrou-nos uma reta de muito boa qualidade (MSWD = 0,1476) mas de idade incompatível não só com o desenvolvimento regional do Ceará, mas também com as datações K/Ar disponíveis. O valor obtido ( $375 \pm 5$  m.a.) não se enquadra em nada do que se conhece sobre o processo evolutivo regional e as datações K/Ar, de idade superior, também não permitem aceitar esta "isócrona" como válida. Com o conjunto de valores encontrados foi possível esboçar uma outra reta isocrônica com  $2260 \pm 290$  m.a.

Assim, para tentar solucionar o problema, resolvemos analisar mais amostras do mesmo local. O novo diagrama (FIGURA 5) mostra-nos 13 pontos dispostos em leque com superfícies envoltórias indicando idades de 800 e 2150 milhões de anos.

Para procurar explicar o fato, voltamos ao campo na época seca e pudemos constatar que, no lado norte da pedreira, apareciam pequenos corpos de composição granítica, discordantes com a foliação e sob a forma de um emaranhado de veios. Estas pequenas intrusões, certamente de idade Brasileira, tiveram um papel importante no comportamento isotópico de todo o corpo, sendo até mesmo provável que, em profundidade não muito grande, os pequenos veios se juntem num plutonito



de dimensões razoáveis que afetou todo o quimismo da pedreira.

A descrição petrográfica das amostras também nos fornece subsídios para explicar a anomalia. A presença de plagioclásio sob a forma de inclusões dentro do feldspato potássico, a ocorrência quase lado a lado de gnaisses migmatizados com outros que não sofreram esses processos e o aparecimento de micas sem sinais de tectonismo (ou tectonismo incipiente) nas fases finais de cristalização (4<sup>a</sup> e 5<sup>a</sup>) dos minerais constitutivos das rochas, são mais que suficientes para admitir a presença próxima de processos não muito desenvolvidos de anatexia ou de fusão parcial, provavelmente de idade inferior à da superfície envoltória de 800 milhões de anos.

Para se determinar a influência que o Ciclo Brasileiro teve sobre este conjunto de amostras, fizeram-se quatro datações K/Ar, duas em biotita e duas num concentrado de feldspatos (microclina + albita). Os dois concentrados de feldspato, como era de esperar, apresentaram idades mínimas, (cerca de 480m.a.) mas mesmo assim superiores à pseudo-isócrona dos  $375 \pm 5$  m.a.. As idades obtidas nas biotitas mostraram um valor médio de  $541 \pm 3$  m.a., valor este absolutamente compatível com o já indicado anteriormente para a Pedreira Monguba e que nos indica o esfriamento regional dos Maciços de Maranguape e Baturité.

Em face dos valores apresentados nos diagramas isocrônicos, nas discussões dos aspectos petrográficos e no que foi observado no campo, podemos concluir para a Pedreira Pendanga:

a) a "isócrona" inicial de  $375 \pm 5$  m.a. nada mais representa que uma simples casualidade de alinhamento de pontos.

b) O sistema Rb/Sr comportou-se como um sistema químico aberto.

c) Atendendo a que os valores K/Ar nos mostram que o Ciclo Brasileiro teve importância regional, é de se admitir que a abertura do sistema químico se deu nesse período de tempo.

d) Uma vez que nas fases finais de cristalização mineralógica, os minerais não mostram sinais de tectonismo (ou estes são incipientes), acreditamos que os processos de migmatização (Fase 3) se efetuaram no final do Ciclo Brasileiro, de outro modo, as micas das fases 4 e 5 estariam deformadas.

e) A idade do gnaiss deve ser igual ou superior à da isócrona I da figura 5 ( $2150 \pm 71$  m.a.).

f) A tendência que o alinhamento IV (figura 5) mostra de cerca de 800m.a. indica que o sistema não abriu completamente, mas que tal fato só pode ter ocorrido durante o Ciclo Brasileiro, conforme o indicam as idades K/Ar das biotitas.

g) As linhas isocrônicas II e III (figura 5), tal como a "isócrona" dos  $375 \pm 5$  m.a. representam simples casualidades de alinhamento e os pontos que as definem poderiam estar situados em qualquer lugar entre as linhas I e IV.

h) Atendendo ao elevado valor de ordenada que as amostras TK-2D, E e H mostram, e a que antes dos processos de anatexia e ou fusão parcial todos os pontos se deveriam situar pelo menos na linha isocrônica I, associado ao fato de ter sido comprovada a entrada de potássio tardio, é de se admitir que a contaminação sofrida na região foi provocada essencialmente por uma adição de rubídio.

## CONCLUSÕES

1) - A Pedreira Monguba é formada fundamentalmente por um granito-monzo-granito, mas apresenta tipos petrográficos que variam desde os sienogranitos aos tonalitos.

2) - A Pedreira Pendanga mostra gnaisses a duas micas, por vezes migmatizados e alguns corpos de rochas cálcio-silicatadas. A sua evolução foi complexa e teve cinco fases distintas de crescimento de minerais.

3) - As rochas da Pedreira Monguba mostram fortes afinidades mantélicas e foram formadas durante a fase sincinemática do Ciclo Brasileiro, apresentando uma idade de  $672 \pm 46$  milhões de anos com uma razão inicial de  $0,7036 \pm 0,0005$ .

4) - As rochas da Pedreira Pendanga são do Ciclo Transamazônico (ou anteriores), com idade mínima de  $2150 \pm 71$  milhões de anos e foram parcialmente retrabalhadas durante o Ciclo Brasileiro.

5) - O esfriamento regional dos Maciços de Maranguape e Baturité deu-se há  $541 \pm 3$  milhões de anos.

#### BIBLIOGRAFIA

- Brasil (1981) - Projeto Radambrasil. Folha SA-24 Fortaleza. Ministério das Minas e Energia 488 pp.
- Brito Neves, B.B. de (1975) - Regionalização geotectônica do Pré-Cambria no Nordeste. Mimeografado. Tese de Doutorado apresentado ao Instituto de Geociências da USP. 198pp.
- Brito Neves, B.B. de (1978) - Estudo da geocronologia da faixa costeira precambriana do nordeste. Mimeografado. Relatório referente ao termo de concessão 22220884/75 CNPq. Inédito.
- Brito Neves, B.B. de (1983) - O mapa geológico do nordeste oriental do Brasil. Escala 1/1.000.000. Mimeografado. Tese apresentada ao Inst. Geoc. USP. Para a obtenção do grau de Livre Docente. 177pp.
- Hurley, P.M.; Melcher, G.C.; Pinson, Jr., W.H. e Fairbairn, W. (1968) - Some orogenic episodes in South America by K/Ar and whole rock Rb/Sr dating. Mass. Inst. of Tech., Camb., Canadian Journal of Earth Sciences, 5: 633.
- Kawashita, K., Mantovani, M., Thomaz Filho, A., Torquato, J.R. e Berenhole, M. (1974) - Método radiométrico rubídio-estrôncio. Mimeografado. Instituto de Geociências da Univ. de São Paulo. 106pp.
- Steiger, R.H. e Jager, E. (1977) - Subcommission on geochronology: Convention on the use of decay constants in geo-and-cosmochronology. Earth and planetary Sc. letters 36: 359-362.
- Thomaz Filho, A. e Torquato, J.R. (1974) - Método radiométrico potássio-argônio. Mimeografado. Instituto de Geociência da Univ. São Paulo. 75pp.





