

COMPLEXO GRANULÍTICO DE ACAIACA, MG: IDADE, PETROGÊNESE E IMPLICAÇÕES TECTÔNICAS

Wilson Teixeira (IGUSP), **Hanna Jordt Evangelista** (Dept. Geologia - UFOP), **Koji Kawashita** (IGUSP) e **Paul Nigel Taylor** (Dept. Earth Sciences - Univ. of Oxford)

ABSTRACT

Rb-Sr and Pb-Pb geochronological work has been carried out on rocks from the Acaiaca granulite complex (mainly pyroblasts, peritectic rocks and plagiogranulites) in Minas Gerais state. The results are interpreted together with petrographical and geochemical data, in order to delineate the evolution of those rocks.

The Rb-Sr and Pb-Pb whole rock isochrons are concordant in age (around 2.0 b.y.) and they define the Transamazonian orogeny as the main event in the investigated area. In addition, the Sr and Pb evidences suggest a strong reworking of prior continental crust at that time. In turn, the estimation of P-T conditions of regional metamorphism based on geothermobarometric calculations and on petrology resulted in $T \approx 700-900^\circ\text{C}$ and $P_{\text{tot}} = 5,6-8$ and $8-10$ Kbar.

The whole group of data is coherent with the development of a Transamazonian mobile zone of ensialic character, along the eastern border of an Archaean fragment, within an area considered cratonic during the Upper Proterozoic. A model of evolution of the São Francisco Craton as well the differences between the Archaean and early Proterozoic domains are discussed.

INTRODUÇÃO

Em termos geotectônicos a área investigada integra os terrenos pré cambrianos da porção centro-oriental da plataforma Sul-Americana (Fig.1), onde podem ser individualizados 2 (duas) entidades maiores: os setores meridionais do Cráton do São Francisco e o cinturão Ribeira (Cordani e Brito Neves, 1982). Num quadro sintético, o Cráton é caracterizado por extensos fragmentos arqueanos constituídos por terrenos "granito-greenstone" e domínios granulíticos, além de cinturões supracrustais do Proterozóico Inferior. Esse substrato antigo acha-se parcialmente coberto por sequências sedimentares moderadamente dobradas e metamorfozadas no Proterozóico Médio e Superior. A faixa Ribeira consiste de pelo menos 2 (dois) cinturões móveis superimpostos que se estendem ao longo da costa atlântica. Exibem trends estruturais aproximadamente semelhantes (NS) e um zoneamento metamórfico característico de dois eventos tectonomagmáticos, o ciclo

Transamazônico e o ciclo Brasileiro.

O embasamento da parte sul do Cráton do São Francisco tem sido objeto de estudos geológicos desde longa data (p.ex. DORR, 1969), com ênfase para as áreas do Quadrilátero Ferrífero, onde ocorrem importantes jazidas minerais. Especialmente nesse domínio geográfico, as reconstituições geológicas tradicionais, baseadas nos estudos litoestratigráficos, têm sido prejudicadas dada a complexidade tectônica, e os métodos de apoio geocronológico, quando utilizados (essencialmente K-Ar em minerais), têm refletido sistematicamente uma forte influência decorrente dos processos geodinâmicos que se desenvolveram ao longo da borda cratônica durante o ciclo Brasileiro.

No presente trabalho, são discutidos os resultados radiométricos recentemente obtidos para as rochas do complexo granulítico de Acaiaca, MG, pelos métodos Rb-Sr e Pb-Pb em rocha total. Trata-se de métodos de alto potencial interpretativo, possibilitando interpretações sobre a gênese do conjunto de rochas analisado, com base na análise integrada de parâmetros isotópicos, e em informações petrográficas, petrológicas e geoquímicas. Adicionalmente, é realizada uma revisão regional dos dados radiométricos existentes entre Mariana e Abre Campo advindo uma comparação, em termos evolutivos, com o quadro tectônico esboçado para o embasamento cratônico exposto nos setores a oeste do Quadrilátero Ferrífero.

GEOLOGIA REGIONAL

No contexto regional, o embasamento cristalino do bordo sudeste do Quadrilátero entre Mariana e Abre Campo mostra uma disposição das litologias segundo faixas aproximadamente paralelas (Fig.2). Nas imediações da cidade de Mariana ocorrem predominantemente rochas gnáissicas, fracamente migmatizadas, com intercalações de ortoanfibolitos, quartzitos e esteatitos (Roeser, 1975; Cordani et al. 1980). As rochas mostram evidências de polimetamorfismo, sendo que as paragêneses da fácies anfibolito predominam em termos de volume. A direção geral das unidades litológicas é grosseiramente NS e a xistosidade mergulha, normalmente, para leste. A partir da cidade de Acaiaca para leste há uma mudança nas litologias do embasamento: embora os gnaisses da fácies anfibolito continuem a predominar, não se encontram mais os metaultrabásitos (esteatitos, talco-xistos, etc) passando a ocorrer, esporadicamente, rochas da fácies granulito.

Em especial, nas proximidades de Acaiaca pode-se separar uma faixa com predominância de rochas granulíticas de aproximadamente 5km de largura, com extensões para norte e para sul (Jordt Evangelista, 1985), local onde procedeu-se a uma amostragem para os estudos isotópicos de Sr e Pb. De Acaiaca até as imediações de Abre Campo as rochas de alto grau intercalam-se em diversos tipos de gnaisses bandados e migmatizados, da fácies anfibolito. Na verdade, a partir de Ponte Nova para leste, há uma gradativa maior frequência de rochas da fácies granulito e, finalmente em Abre Campo, elas passam a predominar (Schulz-Kuhnt, 1985). No geral, as rochas granulíticas exibem caracteristicamente um retrometamorfismo que, às vezes, é da fácies anfibolito e outras vezes da xisto verde. Em alguns casos, esta diaforese está nitidamente associada a zonas de cisalhamento e milonitização.

Petrografia/Petrologia

Na região de Acaiaca (Fig.2) as rochas da fácies granulito possuem composição petrográfica variável. Em virtude da ausência de ortopiroxênio

nio nas amostras félsicas, não é aplicável a nomenclatura de Streckeisen (1974) referente a suites charnockíticas, sendo preferível a terminologia proposta por Scharbert (1963), que se presta também à classificação de rochas de alto grau isentas de ortopiroxênio.

Dentre as rochas da fácies granulito na região de Acaiaca predominam os plagiogranulitos e os piribolitos (Tabela 1). Tipos subordinados são granulitos, kinzigitos e sillimanita-granada-quartzitos. No afloramento estudado é frequente a alternância de bandas máficas e félsicas com espessuras variando de centímetros a metros. Mobilizados pegmatóides, em geral de composição quartzo-feldspática, são em parte concordantes e em parte discordantes. Comuns são também diques de basaltos, não metamorfoseados, de espessura métrica. Em relação às alterações posteriores nas amostras a mais marcante é um generalizado fraturamento que deve ter ocorrido sob temperaturas relativamente baixas, ocasionando texturas de cataclase e, eventualmente, textura de alvenaria ("mortar"). Esta última implica em superimposição de temperaturas já mais elevadas, possibilitando então uma parcial recristalização dos clastos. Observam-se também alterações retrógradas da fácies xisto verde, tais como pinitização de cordieritas, cloritização de máficos e uralitização de piroxênios e hornblenda. Este metamorfismo tardio ocorreu provavelmente em presença de pouca água, visto que a uralitização dos minerais ferromagnesianos não é intensa e, em muitas amostras, está ausente.

Por outro lado, as condições do metamorfismo gerador do complexo granulítico de Acaiaca, acham-se determinadas em função das paragéneses minerais e, de cálculos geotermobarométricos, baseados no intercâmbio de elementos entre minerais coexistentes (Jordt Evangelista e Muller, 1986). Segundo estes autores, as temperaturas de recristalização situam-se entre 700 e 850°C e pressões entre 5,6 e 8 kbar, para $P_f \ll P_{total}$.

Em termos regionais, entre Ponte Nova e Abre Campo (fig.2) são descritos vários tipos de rochas de alto grau, como ortopiroxênio-gnaisses, nos quais o ortopiroxênio indica a recristalização na fácies granulito; e também granada gnaisses e granulitos, com a paragénese sillimanita + granada + biotita + plagioclásio + K-feldspato + quartzo (Schulz-Kuhnt, 1985). Para a recristalização destas paragéneses o autor (op.cit.) indica temperaturas entre 750 e 900°C e pressões entre 8-10 kbar ($P_f \ll P_t$). Há evidências de polimetamorfismo com formação posterior de paragéneses da fácies anfibolito ($T = 650 - 750^\circ\text{C}$, $P_f = P_t = 6-7$ kbar) e da fácies xisto verde. De outra parte, resultados de determinações geotermométricas baseadas agora em isótopos de oxigênio de minério de ferro, obtidos no bordo oriental do Quadrilátero Ferrífero, ratificam as conclusões anteriores no sentido de caracterizar condições de fácies granulito para algumas ocorrências (Hoefs et al, 1982).

Geoquímica

Na tabela 2 tem-se uma compilação de dados geoquímicos de rochas de alto grau metamórfico situadas na região entre Acaiaca e Abre Campo.

Os dados das análises químicas de rochas típicas da região de Acaiaca apresentam uma grande dispersão. Esse comportamento possivelmente é devido ao fato do protólito das rochas ser em maior parte sedimentar, o que é sugerido também pelas observações de campo, como o nítido bandamento com alternância de horizontes de composição petrográfica muito diversa. Também a presença de metassedimentos típicos, tais como granada-sillimanita-quartzitos, reforça a hipótese de uma origem predominantemente sedimentar. Os kinzigitos (vide análises modais na tabela 1), por outro lado, parecem representar restitos de uma fase anatética, em que as porções líquidas de composição granítica separaram-se do resíduo refratário. Rochas semelhantes a estas isentas de K-feldspato, e com granada,

cordierita, plagioclásio cálcico, além de outros máficos, são consideradas como restitos de anatexia de sedimentos pelíticos, por uma série de autores (por ex. Lee & Holdaway 1977, Schenk 1984). Nesse sentido, a presença de mobilizados pegmatóides ricos em K-feldspato no complexo de rochas da região investigada parece reforçar a hipótese de fusões seletivas.

Na região entre Ponte Nova e Abre Campo (ver também tabela 2) os granodioritos e, provavelmente, uma parte das rochas portadoras de ortopiroxênio, têm sido considerados como restitos de anatexia (Schultz - Kuhnt, 1985). Segundo este autor, os protólitos seriam principalmente sedimentos e em menor escala magmatitos básicos.

É interessante observar que mais a leste, na região de Itaperuna-Carangola-Manhuaçu-Caratinga, já no domínio do cinturão Ribeira, as rochas charnockíticas básicas e intermediárias ali já apresentam um quimismo principal distinto da região ocidental adjacente citada. Segundo Herbert (1979) os protólitos no caso destas rochas seriam predominantemente magmatitos que teriam sofrido um metamorfismo da fácies granulito, provavelmente acompanhado de uma migmatização, com temperaturas em torno dos 850°C e baixa pressão de H₂O. Posteriormente, em outro ciclo metamórfico, tais rochas teriam sofrido nova recrystalização e remigmatização, agora na fácies anfibolito superior (T=700°C).

GEOCRONOLOGIA

Os métodos geocronológicos utilizados neste trabalho (isócronas Rb-Sr e Pb-Pb em rocha total) têm demonstrado seu potencial interpretativo nos mais variados exemplos de literatura (rochas magmáticas, metamorfismo de médio e alto grau, sedimentos). Em especial, em termos de evolução policíclica, os resultados podem revelar as épocas de episódios de formação ou de retrabalhamento crustal, e a utilização combinada das respectivas relações iniciais das isócronas (Sr^{87}/Sr^{86}_i e $U^{238}/Pb^{204}_{\mu_1}$) permite distinguir, inequivocamente, se um material é juvenil, acrescido à crosta durante determinado evento tectomagmático, ou se é derivado da fusão de materiais, seja de crosta superior seja da crosta inferior. Precisamente nesse último caso, em que os materiais podem ser caracteristicamente empobrecidos em Rb (sistemas portadores de baixas razões Rb/Sr), o método Rb/Sr, isoladamente, não seria fator decisivo para inferências petrogenéticas.

As rochas de alto grau metamórfico da região de Acaiaca selecionadas para o estudo geocronológico possuem composição petrográfica variável (granulitos, plagiogranulitos e piribolito). As análises radiométricas Rb/Sr em rocha total foram efetuadas pelo Centro de Pesquisas Geocronológicas (CPGeo), do Instituto de Geociências da USP, ao passo que os resultados Pb-Pb também em rocha total foram obtidos no Laboratório de Geoquímica Isotópica de Oxford, Inglaterra, através do intercâmbio científico de cooperação bilateral CNPq/British Council. Todos os resultados geocronológicos foram calculados segundo as constantes recomendadas por Steiger e Jaeger (1977).

Para o trabalho geocronológico pelo método Rb-Sr foram selecionadas 08 (oito) amostras, com base no estudo prévio por fluorescência de Raios X (tabela 3) que propiciaram a elaboração da isócrona da figura 3. O resultado obtido de 1991 ± 42 MA (2 σ) para $(Sr^{87}/Sr^{86})_i = R.I. = 0,7061 \pm 0,0004$, é analiticamente confiável, dada a boa distribuição dos pontos no diagrama e ao baixo MSWD (2,43). Essa idade é aqui interpretada como da época de importante recrystalização metamórfica ocorrida nas amostras

de Acaiaca. Tal interpretação é corroborada pela R.I. definida pela isócrona que sugere tratar-se de material mais antigo, retrabalhado durante o ciclo orogênico Transamazônico em condições de fácies granulito, conforme as inferências petrográficas anteriormente comentadas. Além disso, 02 (dois) pontos analíticos (amostras 1 e 9, fig.3) situam-se notoriamente acima da reta isocrônica reforçando a hipótese da existência de sistemas isotópicos, parcialmente rejuvenescidos há cerca de 2,0b.a..

Com referência ao estudo radiométrico Pb-Pb, 08 (oito) amostras foram analisadas, sendo também interpretadas através de diagrama isocrônico (tabela 4, Fig.4). A avaliação crítica dos dados analíticos evidencia um conjunto isotópico de Pb heterogêneo para parte das amostras (nº 1 e 5) que quando incluídas com as demais amostras no cálculo da idade isocrônica, ocasionam um expressivo aumento do MSWD e uma forte dependência da inclinação da reta, relativamente à amostra de nº 1. Assim, a isócrona ora adotada é composta por 6 (seis) pontos analíticos que definem uma idade de 2017^{+538}_{-854} MA para $\mu_1 = 8,641$. Adicionalmente, este valor do μ_1 praticamente demonstra tratar-se de materiais crustais mais antigos, retrabalhados no decorrer da evolução transamazônica, conferindo segurança às interpretações anteriores através da metodologia Rb-Sr.

De outra parte, os erros analíticos elevados observados na idade isocrônica devem-se ao fato dos valores das relações isotópicas serem aproximadamente semelhantes entre si (ver fig.4, razões Pb^{206}/Pb^{204}), e portanto exibirem pequena distribuição espacial no diagrama. Nesses casos, o alinhamento dos pontos ainda configura uma isócrona, conforme demonstrado pelo baixo MSWD obtido (1,498) e assim, a despeito dos erros elevados, a idade encontrada possui significado geológico.

Na região entre Ponte Nova e Rio Casca (fig.2) determinações Rb-Sr complementares (Machado Filho et al, 1983) efetuadas em gnaisses migmatíticos da fácies anfibolito indicaram idade de 2064 ± 213 MA (2 σ) para R.I. = $0,7171 \pm 0,0022$ (Fig.5) demonstrando em caráter regional, que uma importante superposição metamórfica em rochas mais antigas ocorreu durante o ciclo orogênico Transamazônico.

Idade isocrônica Rb-Sr semelhante é também encontrada para rochas recristalizadas na fácies anfibolito situadas a nordeste de Mariana (gnaiesses graníticos bandados e ortoanfibolitos), reportados em Cordani et al. (1980) e também analisados pelo presente trabalho (Figuras 2 e 6). A idade encontrada de 2009 ± 219 MA (2 σ) e a elevada R.I. ($0,7103 \pm 0,0028$) são, novamente, compatíveis com a hipótese de retrabalhamento de crosta pre-existente. Adicionalmente, conforme relataram os autores (op.cit.), existem também evidências isotópicas de preservação de materiais mais antigos que sugerem idades arqueanas.

Pelo exposto, fica caracterizado, com base nos estudos petrográficos e geocronológicos, uma superposição metamórfica regional em rochas previamente formadas no Arqueano, a maneira do que tem sido recentemente reportado nos trabalhos geocronológicos envolvendo o embasamento da parte meridional do Cráton do São Francisco (Teixeira, 1985; Teixeira et al, 1985; Delhal e Demaiffe, 1985; Cordani et al, 1985; Teixeira, et al, 1987).

De outra parte, é interessante observar o quadro K-Ar através de uma compilação das idades aparentes K-Ar em anfibólios e micas disponíveis regionalmente (tabela 4, Fig.2). Nesse contexto, verifica-se um rejuvenescimento de Argônio generalizado dos minerais no período de tempo 540-480 m.a., contemporaneamente ao resfriamento do ciclo orogênico Brasileiro e, portanto, refletindo a forte influência termal dessa orogenia sobre a margem cratônica. Além disso a distribuição geográfica das idades aparentes K-Ar sugere o desenvolvimento sobre parte do cráton (incluindo o domínio do Quadrilátero Ferrífero) de isotermas de até 300 °C, em época contemporânea ao ciclo Brasileiro, conforme originalmente sugerido

por Teixeira (1985). Fato também sugestivo é a existência de 02(dois)valores K-Ar relativamente mais antigos: um em Ponte Nova (670m.a.) e outro a norte de Mariana (800 m.a.). Ambas as idades referem-se, justamente a anfibólitos que possuem maior poder de retenção de Argônio (cerca de 450°C) e assim com maiores possibilidades de serem rejuvenescidos apenas parcialmente em seus sistemas cristalinos pelos reflexos termiais do desenvolvimento em área marginal (faixa Ribeira) dos processos tectono magmáticos brasileiros. De qualquer forma, tais idades híbridas corroboram indiretamente com as evidências isotópicas de Sr e Pb,exaustivamente comentadas, que admitem uma existência de crosta mais antiga seguramente pré-brasileira e de caráter policíclico, com extensões na borda do Cráton do São Francisco, entre Mariana e Ponte Nova.

CONSIDERAÇÕES SOBRE A EVOLUÇÃO TECTÔNICA

As informações anteriormente apresentadas com base nos estudos isotópicos e petrográficos demonstram que as rochas do Complexo Granulítico de Acaiaca sofreram uma importante recristalização metamórfica há aproximadamente 2.0 b.a., em época contemporânea ao desenvolvimento do ciclo Transamazônico. Esse evento geodinâmico acha-se também caracterizado regionalmente em toda a área investigada, conforme evidencia o conjunto de dados disponíveis.

O caráter ensialico do evento orogênico Transamazônico, na região em pauta, é evidenciado pelas altas razões $(\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86})_i$ e pelo parâmetro μ_1 do método Pb-Pb, característicos em todos os casos estudados de episódios maiores de retalhamento crustal. As condições desse metamorfismo superimposto alcançaram intensidades compatíveis com a fácies granulito (por ex., em Acaiaca, Abre Campo, etc), apesar de condições mesozonais serem predominantes no contexto regional. Nesse sentido, as inferências geotermobarométricas e petrográficas indicam temperaturas de recristalização variáveis de oeste para leste, entre 700 e 900°C aproximadamente, o mesmo ocorrendo no tocante às pressões, estimadas entre 5,6 e 8 Kbar para as rochas granulíticas de Acaiaca e entre 8 e 10 Kbar para as rochas entre Ponte Nova e Abre Campos.

O quadro esboçado é coerente com hipótese evolutiva anteriormente aventada para a porção meridional do Cráton do São Francisco (Teixeira, 1985; Teixeira et al, 1987) em que através do desenvolvimento geodinâmico de duas províncias crustais, respectivamente nos períodos de tempo 3,0-2,6b.a. e 2,3-2,0 b.a., teria sido gerada uma grande massa continental, posteriormente preservada (em parte) aos fenômenos tectonomagmáticos do ciclo orogênico Brasileiro. Nesse contexto, digno de nota é o padrão de resfriamento regional da área investigada, inferido com base nas idades aparentes K-Ar disponíveis que refletem um notável rejuvenescimento brasileiro. Esse comportamento é aqui interpretado como devido à proximidade geográfica da área em questão com a faixa Ribeira marginal, onde se desenvolveram os processos orogênicos do Proterozóico Superior.

O modelo proposto é condizente com a evolução durante o Proterozóico Inferior de um cinturão móvel com características predominantemente ensialicas, bordejando a província crustal arqueana. Comparativamente ao fragmento arqueano onde as unidades dispõem-se segundo uma típica sinuosidade estrutural, no domínio de retrabalhamento transamazônico os trends são alongados, orientando-se segundo N-S, como na área investigada. Esse fato sugere condições geodinâmicas distintas para os períodos evolutivos das duas províncias crustais.

A evolução desse cinturão móvel (Fig.1) é, ademais, tipificado pela abundância em supracrustais (Supergrupo Minas) em combinação com uma

tectônica de blocos que levou à justaposição na superfície de diferentes níveis crustais, conforme já destacado no presente trabalho. O fecho dessa evolução estaria marcado por um plutonismo de composição granítica, intrusivo ao longo da borda da massa continental arqueana e cujo mais importante exemplo é o batólito de Posto Mendes, datado em cerca de 1,8b.a. (Teixeira et al, 1987).

Em base também nos dados geocronológicos a extensão lateral deste cinturão abrangeria toda a região ao leste do Quadrilátero Ferrífero, desde Mariana até Abre Campo, onde justamente os dados gravimétricos sugerem um espessamento crustal apreciável originado por um tectonismo do Proterozóico Superior e que também gerou um magmatismo reflexo a oeste do Quadrilátero Ferrífero, ali representado por um notável enxame de diques básicos.

Esse comportamento dos dados geocronológicos vem demonstrar as dificuldades encontradas na definição atual dos limites do Cráton do São Francisco, quando considerado como uma entidade pré-brasiliana. Nesse sentido, levando-se em conta as idades isocrônicas, bem como os parâmetros isotópicos de Sr e Pb chega-se à conclusão de que os limites da margem leste cratônica admitem modificações, já que os critérios anteriormente adotados, com base em litologias e falhamentos são fortemente subjetivos. Em verdade, é extremamente difícil traçar-se o limite preciso entre o cráton e a faixa dobrada adjacente, em vista do retrabalhamento diferencial que ocorreu no Brasiliano, numa paleocrosta de dimensões consideráveis, já existente no Proterozóico Inferior.

BIBLIOGRAFIA

- CORDANI, U.G.; BRITO NEVES, B.B. - 1982 - The geologic evolution of South America during the Archean and early Proterozoic. *Rev. Bras. Geoc.*, 12 (1/3):78-88.
- CORDANI, U.G.; TEIXEIRA, W.; PADILHA, A.V.P. - 1985 - O estado atual do conhecimento geocronológico de Minas Gerais. 3º Simp. Geologia de Minas Gerais. *Anais Bol.* nº 5, p.338-347.
- DELHAL, J.; DEMAÏFFE, D. - 1985 - U-Pb Archean Geochronology of the São Francisco Cráton (Eastern Brazil). *Rev. Bras. Geoc.*, SBG 15(1):55-60.
- DORR II, J.V.N. - 1969 - Physiographic, stratigraphic and structural development of Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. *Geol. Survey Prof. Paper*, 641(4):1-110.
- HERBERT, H.J. - 1979 - Petrogenetische Untersuchungen eines Charnockit-Komplexes in Ost-Brasilien. 1º Relatório inédito do Projeto de Pesquisas He 1091/1 do DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft), West Germany.
- HOEFS, J.; MÜLLER, G.; SCHUSTER, K. - 1982 - Polymetamorphic relations in Iron Ores from the Iron Quadrangle, Brazil: The correlation of Oxygen Isotope Variations with Deformation History. *Contrib. Mineral. Petrol.* 79, 241-251.
- JORDT EVANGELISTA, H. - 1984 - Petrologische Untersuchungen in Gebiete zwischen Mariana und Ponte Nova, Minas Gerais, Brasilien. *Dissert.*, Univ. Técn. de Clausthal, R.F.A., 183p.
- JORDT EVANGELISTA, H. - 1985 - Petrologia de Fases, Geotermometria e Geobarometria do Complexo Granulítico de Acaiaca, Sudeste do Quadrilátero Ferrífero, MG. *Anais do 3º Simpósio de Geologia de Minas Gerais - SBG - Núcleo Minas Gerais - Belo Horizonte - Boletim* nº 5, 165-179.
- JORDT EVANGELISTA, H. & MÜLLER, G. - 1986 - Petrology of a Transition Zone between the Archean Craton and the Coast Belt, SE of the Iron Quadrangle, Brazil. *Chem. Erde* 45, 129-145.
- LEE, S.M.; HOLDAWAY, M.S. - 1977 - Significance of Fe-Mg cordierite stability relations on temperature, pressure and water pressure in

- cordierite granulites. Geophys. Monogr. 20, AGU, 79-94; Washington.
- MACHADO Fº., L. ; RIBEIRO, M.W.; GONZALEZ, S.R.; SCHENINI, C.A.; PALMEIRA , R.C.B.; GATTO, C.M.P.P.; SANTOS NETO, A.; SOUZA JR. , J.J.; PIRES, J.L.; TEIXEIRA, W.; MARTINS, V.M.F.; CASTRO, H.E.F.; HERTER, A.M.R. - 1983 - Geologia: In: Brasil, DNPM, Proj. RADAMBRASIL. Folhas SF-23 Rio de Janeiro e SF-24 Vitória. (Lev. Rec. Nat. , 32) Rio de Janeiro.
- OLIVEIRA, O.A.B. - 1986 - As falhas de empurrão nas implicações na estratigrafia e metalogenia do Quadrilátero Ferrífero, MG. XXXIV Congr. Bras. Geol. Goiânia, GO (no prelo).
- ROESER, H. - 1977 - Petrographisch-geochemische Untersuchungen der metamorphen Gesteinsserien in sudostlichen Grenzbereich des Eisernen Vierecks, Minas Gerais, Brasilien. Dissert. Universidade Técnica de Clausthal, R.F.A., 341p.
- SCHARBERT, H.G. - 1963 - Zur Nomenklatur der Gesteine in Granulitfazies. Tscherma's Mineral. Petrogr. Mitt. Folge VIII, 591-598.
- SCHENK, V. - 1984 - Petrology of felsic granulites, metapelites, metabasites, ultramafics, and metacarbonates from Southern Calabria (Italy) : Prograde metamorphism, uplift and cooling of a former lower crust. Journ. Petrol. 25, Part 1, 225-298.
- STEIGER, R.H.; JAEGER, E. - 1977 - Subcomission on geochronology: convention on the use of decay constants in geochronology and cosmochronology. A.A.P.G. Studies in Geology, 8:67-71.
- SCHULZ-KUHNT, D. - 1985 - Petrographische Untersuchungen einer Zone Amphibolit- und Granulitfazieller Gesteine in Raum Jequeri, Ostliches Minas Gerais, Brasilien. Dissertation, T.U. Clausthal, West Germany, 169p.
- STRECKEISEN, A. - 1974 - How should charnockitic rocks be named? Centenaire de la Société Géologique de Belgique, Geologie des Domaines Cristallins, Liège, 349-360.
- TEIXEIRA, W. - 1985 - A evolução geotectônica da porção meridional do Cráton do São Francisco, com base em interpretações geocronológicas. Tese de Doutorado USP. 207p. (inédito).
- TEIXEIRA, W.; FONSECA, A.C.; POUPÉAU, G.; PADILHA, A.V.; ZAPPAROLLI, L.H.; KAWASHITA, K.; KHOURY, M.C. - 1985 - Esboço de evolução tectônica da parte sul do Cráton do São Francisco: uma interpretação com base nos dados Rb-Sr, K-Ar, Pb-Pb e traços de fissão. 3º Simp. Geologia de Minas Gerais. Anais, Bol. nº 5, p.28-44.
- TEIXEIRA, W. - 1986 - A evolução tectônica da parte meridional do Cráton do São Francisco. XII Simpósio de Geologia do Nordeste. João Pessoa. Anais p. 109-119.
- 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. ISGAM, 1987. Extended Abstract p. 37-40.

LEGENDA DA FIG.1;- 1- Coberturas e faixas de dobramentos proterozóicos ; 2- terrenos "granito-greenstone"; 3- terrenos migmatito-granulíticos, granitóides e "granito-greenstone" não diferenciados, total ou parcialmente retrabalhados no Proterozóico Inferior; 4- Sequências Vulcano-Sedimentares do Tipo "greenstone belt" não diferenciadas; 5- batólito Porto Mendes; 6- limite suposto da massa cratônica durante o ciclo Brasileiro.

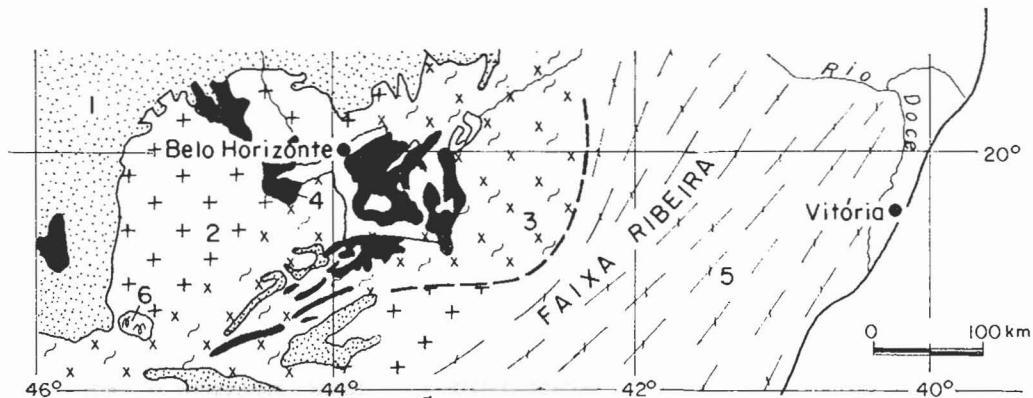


Fig. 1-CRATON DO SÃO FRANCISCO - PARTE MERIDIONAL
Adaptado de: Inda et al, (1984)

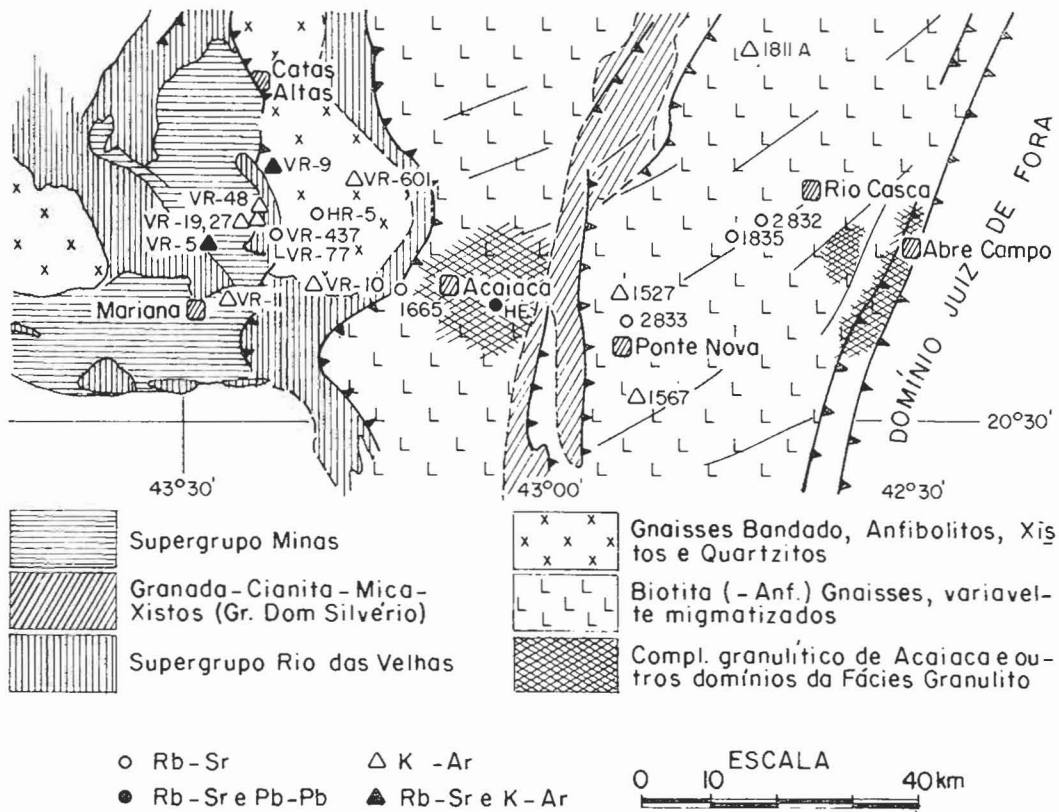


Fig. 2-ESBOÇO GEOLÓGICO DA REGIÃO ENTRE MARIANA E ABRE CAMPO
Adaptado de: Machado Filho et al. (1983); Jordt Evangelista (1984) e Schulz - Kuhnt (1985)

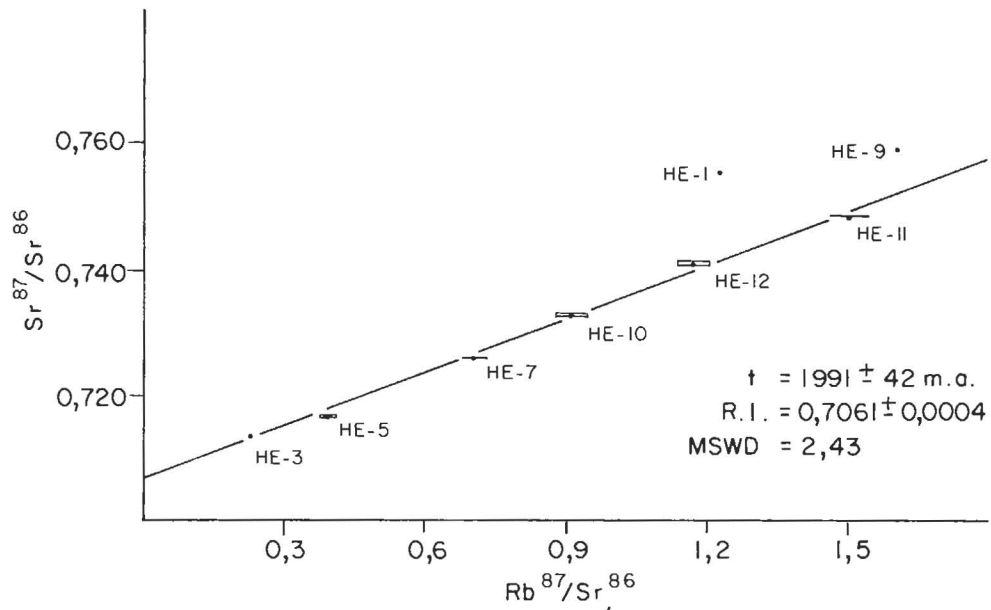


Fig. 3 - ACAIACA; ISÓCRONA Rb - Sr

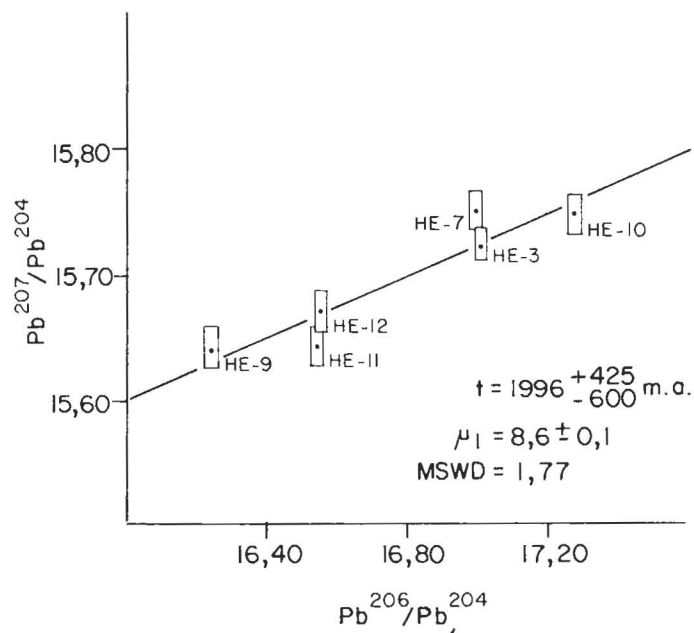


Fig. 4 - ACAIACA; ISÓCRONA Pb - Pb

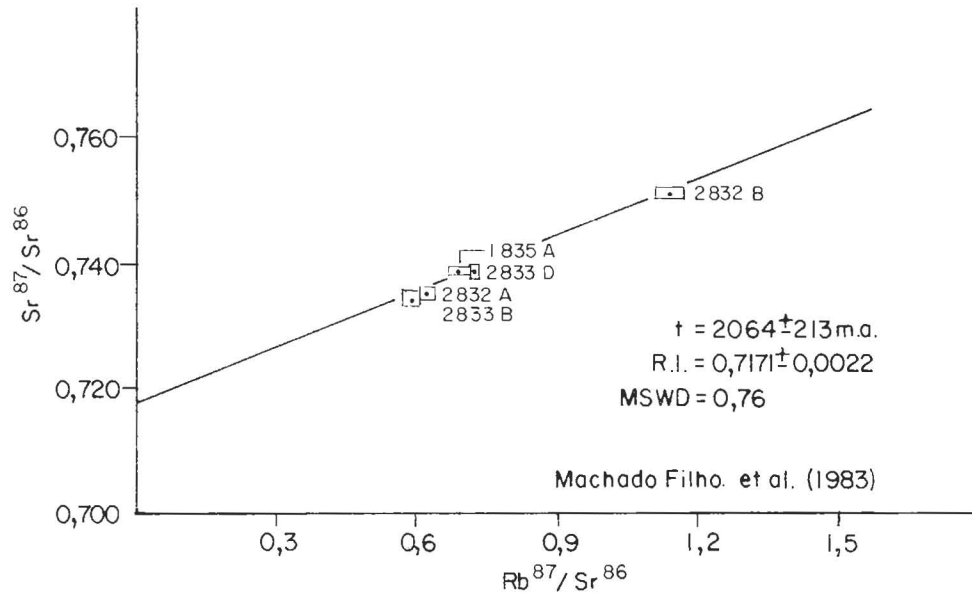


Fig. 5 - PONTE NOVA - RIO CASCA

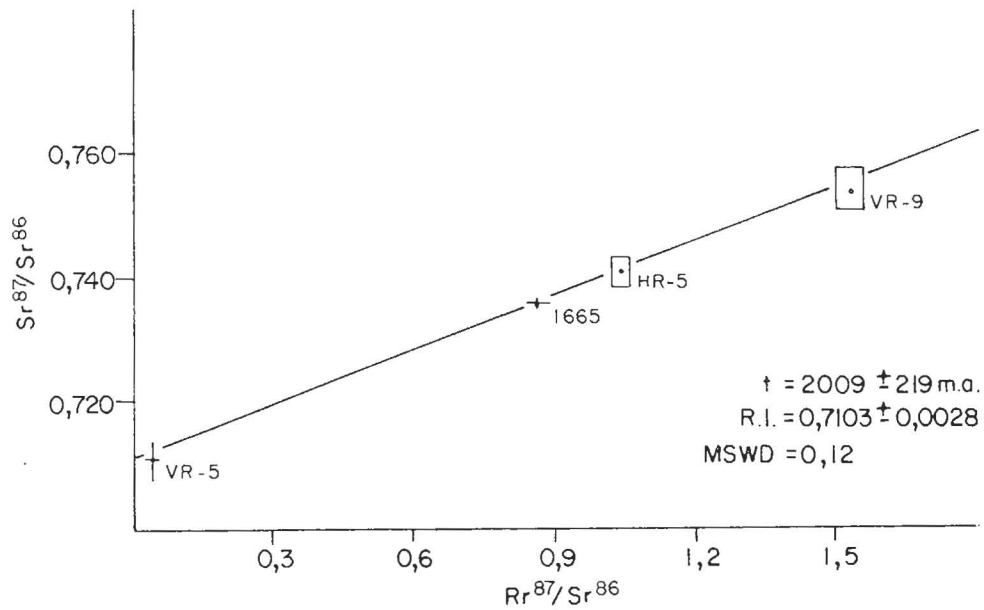


Fig. 6 - LESTE DE MARIANA

TABELA 1: ANÁLISES MODAIS DE ROCHAS DA FÁCIES GRANULITO, REGIÃO DE ACAIACA

Nº AMOSTRAS	PLAGIOGRANULITOS		PIRIBOLITOS	AMOSTRA	KINZIGITOS			
	n=7	n=4	n=9		211 B	211 D	211 A	211
quartzo	28,3	21,3	1,5	quartzo	20,4	18,8	----	26,6
K-fsp	13,0	----	----	plag.	----	23,3	9,2	----
plag.	37,9	42,5	47,8	biot.	16,0	18,0	30,6	35,1
opx	----	----	6,3	granada	20,4	20,7	----	----
cpx	----	----	11,8	cordie.	21,7	4,6	20,8	27,5
hbl	----	----	10,2	cian.	17,5	1,5	39,4	7,6
granada	8,6	+	0,2	estau.	0,3	0,5	----	----
opaco	0,2	0,5	1,2	sillim.	+	+	+	+
apatita	< 0,1	0,3	0,1	anfib.	----	0,2	----	----
escap.	----	----	< 0,1	opaco	----	+	----	0,4
biot.	11,8	28,4	2,4	zircão	0,1	+	+	0,1
actin.	----	6,3	18,2	rutilo	0,4	+	----	0,2
epid.	+	0,3	0,1	clorita	2,3	12,4	----	1,7
talco	----	----	0,1	moscov.	0,6	----	----	0,8
carbon.	0,1	0,3	< 0,1	epid.	0,3	+	----	----
resto	0,1	0,1	< 0,1	titan.	----	+	----	----
				apat.	----	+	----	+

TABELA 2 - ANÁLISES QUÍMICAS DE ROCHAS DA FÁCIES GRANULITO, REGIÃO ENTRE ACAIACA E ABRE-CAMPO

Teor de SiO ₂ /Rocha	Acaiaca Jordt Evangelista, 1984				Ponte Nova - Abre Campo Schulz - Kuhnt, 1985				Abre Campo-Manhuaçu (E) Herbert, 1979		
	< 55	55-65	> 65	Kinzigito	< 52	52-65	65-70	> 70	< 55	55-65	> 65
Nº Amostras % em peso	3	2	3	1	1	10	20	3	17	20	5
SiO ₂	50,10	63,45	70,00	49,80	50,23	59,21	66,83	71,68	50,40	59,89	65,49
TiO ₂	0,82	0,70	0,36	1,20	1,81	1,25	0,95	0,61	1,15	1,14	0,84
Al ₂ O ₃	15,13	15,45	14,59	18,10	14,01	14,97	14,65	13,85	17,06	15,78	15,28
FeO*	11,08	6,72	3,37	8,61	13,49	8,32	5,18	3,36	8,56	6,49	4,93
MnO	0,19	0,12	0,06	0,04	0,21	0,13	0,08	0,04	0,14	0,11	0,05
MgO	7,67	2,90	1,38	11,70	6,79	3,94	2,05	1,67	6,70	2,45	2,20
CaO	10,87	3,25	2,60	0,86	9,03	6,19	3,24	3,10	8,79	4,70	3,83
Na ₂ O	2,71	3,07	4,59	1,31	2,55	3,22	3,19	3,24	3,31	3,45	3,62
K ₂ O	0,41	3,45	3,26	5,32	0,49	1,12	2,71	2,09	1,80	3,82	2,53

* Fe_{total} como FeO

TABELA 3 - DADOS ANALÍTICOS Rb/Sr EM ROCHA TOTAL

Nº Lab.	Nº Campo	Rocha	Rb (ppm)	Sr (ppm)	Sr^{87}/Sr^{86}	Rb^{87}/Sr^{86}	Ref.
8240	HE-1	Plagiogranulito	88,7	211,6	$0,75535 \pm 28$	$1,219 \pm 34$	D.T.
8241	HE-3	Piribolito	1,0	218,9	$0,71340 \pm 35$	$0,232 \pm 2$	D.T.
8242	HE-5	Plagiogranulito	69,5	511,4	$0,71671 \pm 11$	$0,394 \pm 11$	D.T.
8243	HE-7	Plagiogranulito	65,9	270,9	$0,72604 \pm 13$	$0,705 \pm 20$	D.T.
8244	HE-9	Granulito	136,2	248,0	$0,75915 \pm 31$	$1,598 \pm 45$	D.T.
8245	HE-10	Granulito	101,4	325,4	$0,73230 \pm 10$	$0,904 \pm 26$	D.T.
8246	HE-11	Plagiogranulito	135,8	262,8	$0,74861 \pm 5$	$1,502 \pm 42$	D.T.
8247	HE-12	Plagiogranulito	138,9	346,0	$0,74077 \pm 23$	$1,166 \pm 33$	D.T.
6112	2833B	Gnaiss	44,6	218,4	$0,7339 \pm 12$	$0,59 \pm 2$	1
6114	2833D	Gnaiss	40,7	164,6	$0,7385 \pm 9$	$0,72 \pm 1$	1
6111	2832B	Gnaiss	94,4	240,0	$0,7504 \pm 11$	$1,14 \pm 3$	1
6110	2832A	Gnaiss	77,2	362,8	$0,7348 \pm 7$	$0,62 \pm 2$	1
8314	1835A	Gnaiss	67,6	286,3	$0,73824 \pm 43$	$0,685 \pm 19$	D.T.
966	VR-9	Gnaiss	152,4	278,7	$0,7533 \pm 33$	$1,53 \pm 3$	2
968	HR-5	Gnaiss	100,5	268,6	$0,7404 \pm 23$	$1,04 \pm 2$	2
969	VR-5	Gnaiss	< 2	129,9	$0,7106 \pm 34$	$0,045 \pm 1$	2
8311	1665	Gnaiss	75,7	253,7	$0,73545 \pm 15$	$0,866 \pm 24$	D.T.

Constantes: $\lambda_{Rb} = 1,42 \times 10^{-11} \text{ anos}^{-1}$ $Rb^{85}/Rb^{87} = 2,602 \pm 0,0038$ (CPGeo);

$$(Rb^{85}/Rb^{87})_n = 2,5076 \pm 0,0037$$

valores de Sr^{87}/Sr^{86} normalizados para $Sr^{86}/Sr^{88} = 0,1194$

Referências: 1. Machado Fº et al. (1983); 2. Cordani et al. (1980); D.T. = deste trabalho

TABELA 4 - DADOS ANALÍTICOS Pb-Pb EM ROCHA TOTAL

Amostra	Pb^{206}/Pb^{204}	Pb^{207}/Pb^{204}	Pb^{208}/Pb^{204}
HE-1	19,239	16,135	51,663
HE-3	16,990	15,750	36,427
HE-5	17,235	15,678	36,250
HE-7	17,006	15,723	37,235
HE-9	16,241	15,641	36,835
HE-10	17,268	15,748	35,684
HE-11	16,544	15,644	36,501
HE-12	16,554	15,671	37,767

Constantes:

$$(Pb^{206}/Pb^{204})_1 = 9,307; (Pb^{207}/Pb^{204})_1 = 10,294$$

$$\lambda_{U^{238}} = 0,155125 \times 10^{-9} \text{ a}^{-1} \therefore \lambda_{U^{235}} = 0,98485 \times 10^{-9} \text{ a}^{-1}$$

(erros das razões $\approx 0,1\%$)

TABELA 5 - DADOS ANALÍTICOS K-AR

Nº Lab.	Amostra	Rocha	Material	‰K	Ar ⁴⁰ (X10 ⁻⁶ . $\frac{\text{ccSTP}}{\text{g}}$)	‰Ar ⁴⁰ atm.	Idade(m.a.)	Ref.
3017	VR-11	Para-Anfibolito	Anf.	0,227	5,26	30,0	510 ± 16	1
3019	VR-19	Gnaiss Granítico	Biot.	6,32	142,0	10,8	502 ± 15	1
3015	VR-5	Orto-anfibolito	Anf.	0,268	6,40	34,4	534 ± 48	1
3022	VR-10	Gnaiss Granítico	Biot.	7,18	166,40	3,5	516 ± 22	1
3021	VR-9	Gnaiss Granítico	Biot.	6,93	169,5	29,2	541 ± 16	1
3014	VR-27	Para-Anfibolito	Anf.	0,290	7,11	38,0	543 ± 32	1
3013	VR-48	Orto-Anfibolito	Anf.	0,296	11,61	24,5	804 ± 35	1
5802	1811A	Gnaiss	Biot.	7,683	163,7	9,10	479 ± 14	2
4856	1527A	Anfibolito	Anf.	1,154	36,14	7,71	666 ± 14	3
4830	1567B	Gnaiss	Biot.	7,130	169,0	2,31	525 ± 6	3
4356	VR-601	Quartzito	Musc.	7,936	140,8	6,69	407 ± 12	3
4358	VR-432	Quartzito	Musc.	8,365	180,0	4,33	483 ± 12	3
4360	VR-77	Quartzito	Musc.	8,446	185,2	1,99	491 ± 15	3

Constantes: $\lambda K_{\text{tot}}^{40} = 5,81 \cdot 10^{-11} \text{anos}^{-1}$

$\lambda K^{40} = 4,962 \cdot 10^{-10} \text{anos}^{-1}$

$K^{40} = 0,1167\%$ do Ktotal

Referências

1. Cordani et al. (1980)
2. Deste trabalho
3. Machado Fy et al. (1983)

$(\text{Ar}^{40}/\text{Ar}^{36})_{\text{atm}} = 295,5$