

1495670

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA  
DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL

DIEM

ento

DOC. 330

Comemoração do Cinquentenário  
da criação do DNPM

## II SYMPOSIUM AMAZONICO



## ANAIS

MANAUS, AM — BRASIL — 08 a 12 de ABRIL de 1984

# NOVOS DADOS GEOCRONOLÓGICOS E ESTUDO DE ELEMENTOS TRAÇOS DE MACIÇOS GRANÍTICOS ANOROGÊNICOS DA AMAZÔNICA ORIENTAL, ESTADO DO PARÁ (BRASIL).

Roberto Dall'Agnol\*  
Walter Klaus Schuckmann\*  
Miguel Angelo Stipp Basei\*\*\*  
Thomas Scheller\*\*

\* NCGG/UFPa — Bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

\*\*\* Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (USP)

\*\* NCGG/UFPa

## RESUMO

O estudo de elementos traços — Rb, Sr, Zr, Y  $\pm$  Ba — dos maciços graníticos anorogênicos da Amazônia Oriental, Antonio Vicente (GAV), Velho Guilherme (Gvg) Mocambo (Gmoc), Central da Serra dos Carajás (Gsc) e Jamon (Gj), mostrou que os leucogranitos dos maciços Gav, Gvg e Gmoc apresentam notáveis semelhanças no comportamento desses elementos. São granitos extremamente diferenciados com evoluções petrológicas similares, mineralizados em Gsc apresentam um comportamento comparável ao dos "Granitos normais", em estanho tratando-se ao que tudo indica de variedades estéreis. Essa analogia impede uma distinção entre o Gsc e o Gav com base unicamente em suas características petrológicas. Foi frustrada a tentativa de obtenção de uma isócrona Rb/Sr para as diversas variedades do Gav. Estima-se que os Gav, Gvg e Gmoc sejam contemporâneos. Sua relação temporal com o Gav ainda é incerta.

O maciço Jamon é uma intrusão granítica anorogênica ( $1601 \pm 21$  m.a.), possivelmente derivada de líquidos gerados por anatexia de rochas ígneas crustais ( $r.i.Sr^{87}/Sr^{86} = 0,7121$ ). Esse granito é muito distinto dos Gav, Gvg e Gmoc no que tange à evolução petrológica e não se conhecem mineralizações a ele associadas. As diversas variedades do Gj apresentam passagens graduais entre si, tendo sido geradas por um processo de cristalização fracionada moderada. Os parâmetros petrológicos indicam que esse maciço é estéril.

Confirma-se nesse trabalho que o comportamento dos elementos Rb e Sr e das razões K/Rb, Rb/Sr e Rb/Zr é indicativo do potencial metalogenético de granitos anorogênicos. As variedades com mineralizações associadas apresentam valores muito elevados de Rb,

Rb/Sr e Rb/Zr, muito baixos de Sr e K/Rb e resultam de um intenso fracionamento magmático, reforçado pela ação de voláteis. Evidências de riqueza em voláteis e presença de biotita leucogranitos médios ou finos a médios no corpo granítico são igualmente característicos de variedades mineralizadas.

Os leucogranitos Gav, Gvg e Gmoc assemelham-se notavelmente aos biotita granitos da Nigéria e às fases São Domingos e Bom Jardim do Complexo Rondoniano de Massangana. Isso ratifica a "correlação" petrológica entre eles e a ligação dessa variedade de granito com as mineralizações estaníferas.

## ABSTRACT

Rb, Sr, Zr, Y contents of the Eastern Amazonia anorogenic granitic massifs Antonio Vicente (Gav), Velho Guilherme (Gvg), Mocambo (Gmoc), Central da Serra dos Carajás (Gsc) and Jamon (Gj) show that the leucogranitic of the massifs Gav, Gvg e Gmoc are very similar with respect to the distribution of these trace elements. They are tin-mineralized and extremely differentiated granites with identical petrological evolution. The coarse Gav granitoid and the Gav rocks could be considered "normal granites" without tin mineralization. This does not allow petrological distinction of Gsc and Gav. It was not possible to fit Rb/Sr data of the different varieties of Gav granite in an isochron plot. It is assumed that the granites Gav, Gvg and Gmoc the same age. Their relative age with respect to the Gsc is still uncertain.

The isochronic Rb/Sr age of Gj was determined to be  $1601 \pm 21$  m.y. with an initial  $Sr^{87}/Sr^{86}$  ratio of  $0,7121 \pm 0,0017$ . Possibly the Gj magmatic liquids are derived from crustal igneous rocks by anatexis. There is no mineralization related to this massif and its petrological evolution is very different from Gav, Gvg and Gmoc. These are gradual transitions between the different types of Gj which were produced by a moderate process of fractional crystallization.

This study confirms that the geochemical data for Rb, Sr, K/Rb, Rb/Sr and Rb/Zr are indicative of the metalogenetic potential of anorogenic granites. The tin-mineralized types show very high values of Rb, Rb/Sr and Rb/Zr and very low Sr and K/Rb. They result from an intensive magmatic fractionation associated with volatile action. These granites are generally medium or fine to medium grained biotite leucogranites.

The leucogranites Gav, Gvg, Gmoc are very similar to the biotite Younger Granites from Nigeria and the São Domingos and Bom Jardim phases of Massangana Complex (Rondonia).

## 1. INTRODUÇÃO

Até o início da década de 70 a bibliografia registra muito pouca informação sobre os granitos da Amazônia Oriental. A partir dessa época começaram a ser publicados mais dados sobre a geologia da região e, paralelamente, sobre os granitos aí ocorrentes (Beisiegel et al, 1973; Abreu e Ramos, 1974; Silva et al,

1974; McClandess et al, 1975; Gomes et al, 1975; Issler, 1977). Síntese de dados geocronológicos obtidos até então foram apresentados por Basei (1977) e Teixeira (1978). Ao começar a década de 80 foi divulgada uma série de novos trabalhos, concernentes tanto à geologia regional (Cordeiro, 1982; Gama Jr. et al, 1982; Cordeiro et al, 1982; Hirata et al, 1982; Bezerra et al, 1982; Ianhez et al 1982), quanto a estudos mais específicos sobre maciços graníticos (Dall'Agnol, 1980; 1982a, b; Almeida, 1980; Montalvão et al, 1982). Novas datações geocronológicas foram fornecidas por Tassinari et al (1982).

O presente trabalho está voltado para a discussão dos novos dados obtidos a respeito de cinco maciços pós-tectônicos situados no interflúvio Xingu-Araguaia (Fig. 1). Ele representa uma continuidade dos estudos desenvolvidos anteriormente por Dall'Agnol (1980, 1982a,b) e visa obter uma melhor caracterização desse tipo de granitos na região, assim como de compará-los com outros exemplos conhecidos de intrusões afins. Algumas informações adicionais — análises químicas de elementos maiores, normas C.I.P.W.; descrições petrográficas; localizações de amostras estudadas e mapas geológicos — sobre os vários complexos ou sobre as amostras estudadas dos mesmos podem ser encontrados nas referências mencionadas.

As pesquisas divulgadas até o momento sobre a região não envolveram geralmente discussões expressivas sobre os elementos traços das rochas graníticas. Além disso, os dados geocronológicos são sempre deduzidos a partir de isócronas de referências, envolvendo mais de um corpo granítico o que pode gerar dados imprecisos ou incorretos e conduzir a interpretações falsas. Pretende-se contribuir para suprir gradualmente essa lacuna. É importante também tentar relacionar as características dos diferentes granitos com as mineralizações a eles associadas ou com a ausência das mesmas.

As analogias existentes, entre diferentes suites graníticas pós-tectônicas da Amazônia já foi destacada (Dall'Agnol, 1980). Santos (1982) e Dall'Agnol (1982c) sintetizaram as informações existentes a esse respeito, sendo que o último autor estabeleceu, ainda, uma comparação entre as mesmas e os "Younger Granites" do Oeste Africano, mostrando suas inúmeras analogias, bem como alguns dos seus contrastes. Considerando a notável semelhança existente entre os leucogranitos anorogênicos da Amazônia Oriental e seus equivalentes do estado de Rondônia, cabe destacar o estudo detalhado do Complexo Massangana efetuado por Romanini (1982), por ser um dos estudos de elementos traços mais expressivos divulgados. Da mesma forma merece ser assinalado o estudo do granito Rapakivi El Parguaza (Mendoza, 1975).

## 2. MACIÇO ANTONIO VICENTE (Gav)

A localização do maciço — um típico granito anorogênico com expressivas mineralizações em cassiterita — consta da figura 1. As amostras discutidas nesse trabalho são provenientes da porção sudeste do corpo, onde foram distinguidas quatro variedades de rocha

(Dall'Agnol, 1980, 1982b): (1) Biotita-anfibólio granitóides grosseiros (GG); (2) microgranitos (MG); (3) leucogranitos equigranulares médios (GM); (4) leucranitos heterogranulares médios a finos (GH). Os dados petrográficos, químicos e petrológicos revelaram que os granitóides grosseiros (GG) são certamente termos precoces na evolução magmática, ao passo que os leucogranitos médios (GM) e heterogranulares (GH) proviriam de líquidos muito evoluídos. Os microgranitos (MG) se situariam intermediariamente entre o GG e os leucogranitos, embora mais próximos dos últimos. O conjunto de rochas não caracteriza, no entanto, uma série contínua de diferenciação, não havendo passagem gradual de um tipo a outro, nem tampouco confirmando a possibilidade dos líquidos terem se gerado sucessivamente a partir da cristalização de cada variedade de granito. Na verdade existe uma lacuna composicional entre os GG e os MG e os GM e GH exibem composições muito semelhantes, sugerindo que as diferenças entre eles sejam mais de ordem textural e quanto a natureza e intensidade das transformações tardi-magmáticas (Dall'Agnol, 1980).

Na tabela 1 são fornecidas as análises de elementos traços — Rb, Sr, Zr, Y — de rochas do maciço, bem como algumas razões de elementos e os teores de potássio. Os teores de Rb crescem acentuadamente no sentido GG-MG-GM-GH, situando-se nessas três últimas variedades bem acima dos valores médios das rochas graníticas (Taylor, 1965; Wedepohl, 1970). O Sr decresce nesse mesmo sentido, sendo notáveis seus baixíssimos teores nos GM e GH (situados numa mesma faixa de variação) e também nos MG. Em função do comportamento descrito para esses dois elementos as razões Rb/Sr crescem acentuadamente dos GG para os GM e GH, passando de valores normais para rochas graníticas a valores excepcionalmente elevados, cujo significado será discutido adiante. O Zr também decresce dos GG para os GM e GH, porém de modo bem menos acentuado que o Sr. Isso leva a um crescimento das razões Rb/Sr nesse sentido, porém muito menos marcante que o das razões Rb/Sr. O Y apresenta valores médios quase idênticos para os GG e MG, decrescendo um pouco para os GM e mais acentuadamente para os GH, mantendo-se porém sempre bem acima do teor médio dos granitos (Taylor, 1965).

Embora o número de amostras analisadas de cada grupo seja limitado, existe aparentemente uma coerência entre os grupos de granitos caracterizados anteriormente (Dall'Agnol, 1982b) e os conteúdos de elementos traços das amostras que os integram. Apenas as amostras R-11 (GM) e R-03 (GH) destoam consideravelmente dos valores médios dos respectivos grupos que integram. Essas diferenças parecem mais marcantes no caso da amostra R-03, que também apresentou discrepância em relação as demais amostras do seu grupo no que tange a certos elementos maiores (Dall'Agnol, 1980). O seu quimismo sugere uma maior afinidade com os MG, se bem que ela difira dos mesmos petrograficamente. Um mapeamento e estudos mais detalhados do maciço poderão no futuro eliminar esse tipo de dúvida.

Sabe-se que Rb tende a acompanhar o K devido

as semelhanças entre os seus íons e que a grande afinidade entre eles faz com que o Rb não forme minerais próprios, estando sempre contidos nos minerais formadores de rochas potássicas. Devido ao maior tamanho do Rb existe, no entanto, uma clara tendência de enriquecimento do mesmo em relação ao K nos líquidos magmáticos tardios, o que causa uma acentuada diminuição nas razões K/Rb em líquidos fortemente fracionados (Taylor, 1965; Wedepohl, 1970). Nos granitos em discussão o Rb deve estar contido essencialmente no feldspato potássico e na biotita. Embora a mica seja em geral relativamente enriquecida em Rb em relação ao feldspato potássico (Wedepohl, 1970), este deve conter a maior parte desse elemento devido a sua proporção modal muito mais elevada na rocha (Dall'Agnol, 1982b).

Na figura 2 é fornecido o diagrama K/Rb das amostras desse corpo granítico. Vários autores discutiram essa razão e a sua importância na interpretação da evolução de rochas graníticas (Taylor et al, 1956; Butler et al, 1962; Taylor, 1965; Shaw, 1968; Wedepohl, 1970; Romanini, 1982; Imeokparia, 1983). Percebe-se no mesmo que, com uma única exceção, as amostras dos leucogranitos estudados (MG, GM e GH) situam-se no campo dos granitos dos estágios tardios, conforme Taylor (1965). Elas seguem a variante "pegmatítico-hidrotermal" de Shaw (1968). Isso ocorre em razão de suas baixas razões K/Rb ( $< 150$ ), função não de empobrecimento em potássio, mas sim do acentuado enriquecimento em Rb. Os granitóides grosseiros, interpretados anteriormente como termos precoces na evolução magmática (Dall'Agnol, 1980; 1982b), apresentam razões K/Rb "normais". É notória também nesse diagrama a ausência de uma variação gradual dos GG para os demais granitos.

O Sr tende a acompanhar os feldspatos (plagioclásio e alcalinos), embora também ocorra em outros minerais cálcicos. Isso deve-se as suas características iônicas intermediárias entre as do potássio e do cálcio, que lhes permitem substituir a ambos. Os seus teores nos granitóides grosseiros são próximos ao valor médio geral dos granitos, ao passo que nas demais variedades situam-se abaixo mesmo da média dos diferenciados tardios (Wedepohl, 1978). Plagioclásio e feldspato potássico concentram Sr em relação ao líquido com o qual acham-se em equilíbrio (Wedepohl, 1978). Nas variedades precoces na evolução magmática, o plagioclásio é uma fase importante e como de modo geral, nos granitos anorogênicos análogos aos estudados, o feldspato potássico começa a cristalizar bastante cedo, pode-se estimar que o empobrecimento extremo em Sr nos líquidos finais (geradores dos MG, GM e GH) deva-se a cristalização desses dois minerais gerando outras rochas anteriormente à formação dos leucogranitos. Um comportamento semelhante dos teores de Sr é observado nos "Younger Granites" da Nigéria (Olade, 1980; Imeokparia, 1983) e no Complexo de Massangana (Romanini, 1982).

O comportamento do Zr durante a evolução magmática é influenciado por vários fatores. Em geral o seu teor tende a crescer no sentido das rochas máficas para os granitos. Porém, nos últimos o conteúdo de

Zr depende da natureza miasquítica ou agpaítica da rocha (Wedepohl, 1978) e também da riqueza em voláteis dos líquidos que a geraram, pois esses podem concentrá-lo (Taylor, 1965). Quando ocorre cristalização precoce de zircão, os líquidos finais também são empobrecidos em Zr. No Maciço Antonio Vicente tem-se rochas miasquíticas (teores mais baixos em Zr que as agpaíticas) e o zircão é um mineral acessório bastante freqüente no GG. Isso justifica o decréscimo desse elemento no sentido GG-MG-GM-GH. Por outro lado a riqueza em voláteis no líquido gerador dos GM e GH (Dall'Agnol, 1982b) deve ter permitido uma certa concentração do Zr e impedindo que esse empobrecimento fosse muito acentuado. O Zr deve estar nas diversas variedades contidos quase sempre no zircão, seu principal mineral.

O Y tende a acompanhar o Ca e costuma ocorrer em granitos nos minerais acessórios portadores desse elemento. Nos GG apatita, allanita e titanita são freqüentes e poderiam conter esse elemento.

Nas demais variedades esses minerais acessórios são ausentes ou escassos, sendo possível que fluorita — excepcionalmente abundante nos GM — ou monazita (?) o concentrem pelo menos em parte. A esse respeito é significativo o decréscimo em Y nos GH uma vez que os mesmos são muito próximos em composição dos GM, distinguindo-se deles pela textura e natureza das transformações tardi-magmáticas. Chama a atenção a escassez de fluorita nos GH, onde predomina amplamente o topázio como mineral de flúor tardio, bem como os seus teores baixíssimos de CaO (Dall'Agnol, 1980, 1982b).

Selecionou-se seis amostras representativas das diversas variedades de granito ocorrentes no maciço para análise isotópicas na tentativa de estabelecer uma isócrona Rb/Sr em rocha total. Os resultados não possibilitaram a elaboração de uma isócrona com boa confiabilidade, não sendo por isso apresentado os dados analíticos obtidos. As diversas "isócronas" elaboradas sugerem, considerando a faixa de erro, idades situadas no intervalo de 1300 a 1700 m.a. para o maciço, que corresponde àquele deduzido dos dados geológicos disponíveis. Essas "isócronas" indicam ainda razões iniciais  $Sr^{87}/Sr^{86}$  elevadas. Evidentemente a "idade" e a "razão inicial" são bastante discutíveis, sendo mais interessante discutir a causa da inconsistência dos dados. As informações geológicas e petrológicas indicam que efetivamente as amostras estudadas pertencem a um mesmo corpo, e portanto, são contemporâneos e cogenéticas, no sentido de estarem relacionadas a um mesmo processo magmático. Efeitos de intemperismo também poderiam causar variações nos conteúdos de Rb e/ou Sr e dificultar a obtenção de uma isócrona. No entanto essa explicação, assim como a não cogeneticidade das amostras, parecem insuficientes uma vez que em outros maciços estudados de modo análogo (ver o exemplo do Maciço Jamon), costuma-se obter bons resultados. Em outras palavras a dificuldade parece inerente a maciços cuja evolução magmática é semelhante a do maciço em questão. Bonin (1982) discute o sistema Rb/Sr e o significado das razões iniciais  $Sr^{87}/Sr^{86}$ , tratando especificamente

dos granitos de complexos anelares. Ele apresenta a hipótese de que as elevadas razões iniciais observadas com muita frequência em certas variedades de granitos desses complexos — sistematicamente aquelas mais tardias, mais enriquecidas em voláteis e, geralmente direta ou indiretamente relacionadas às mineralizações neles ocorrentes — são devidas à lixiviação do Sr através da ação de soluções, seja sobre as rochas encaixantes, seja sobre as demais rochas do próprio maciço, não sendo, portanto, indicativas de origem a partir de materiais crustais para os mesmos. Essa hipótese é muito interessante por introduzir uma possível explicação para um comportamento diferenciado dos vários tipos de granito de um mesmo maciço, em função de suas peculiaridades durante a evolução magmática. Assim, no caso em discussão, os GM e GH foram certamente gerados a partir de líquidos enriquecidos em voláteis e as soluções desempenharam um papel crucial nas fases finais de sua cristalização, ao passo que nos MG e, sobretudo, nos GG as soluções devem ter desempenhado um papel muito mais discreto. Em consequência, se as soluções afetaram a distribuição de Rb e/ou Sr, elas não o fizeram da mesma forma para todas as variedades do maciço, o que causou uma não homogeneização do maciço como um todo e tornou impossível a elaboração de uma isócrona envolvendo as suas diversas variedades. Se esse raciocínio está correto estudos de cada variedade em separado, deveriam fornecer resultados mais compensadores.

Resumindo, os elementos traços estudados confirmam as idéias anteriores sobre a evolução magmática do maciço (Dall'Agnol, 1980, 1982b). Os GG apresentam um comportamento semelhante ao da maioria dos granitos, enquanto que os GM, GH e MG situam-se no campo dos granitos dos estágios tardios (Taylor, 1965), seguindo a variante pegmatítico-hidrotermal (Shaw, 1968). As possíveis implicações referentes ao potencial metalogenético desses granitos serão discutidas adiante.

### 3. MACIÇOS VELHO GUILHERME E MOCAMBO

Esses dois corpos graníticos são anorogênicos, circulares e mineralizados em cassiterita. O Granito Velho Guilherme foi considerado por Silva et al (1974) como representante típico dessa variedade de granito na Amazônia Oriental. Dall'Agnol (1982b) mostrou que ambos são petrologicamente correlacionáveis ao Maciço Antonio Vicente, estando os três, ao que tudo indica, relacionados a um mesmo evento magmático. A localização desses maciços consta da figura 1.

As amostras do maciço Velho Guilherme (Gvg) provêm das porções leste e sul do corpo, onde foram identificados fundamentalmente leucogranitos com proporções variáveis de biotita e granulação heterogênea, fina, média, ou fina a média (os mesmos serão aqui discutidos em conjunto). Ocorrem ainda, localmente, granófiros, representados por uma das amostras analisadas.

O Granito Mocambo (Gmoc) constitui uma intrusão de menores dimensões aflorando apenas o seu teto. É constituído essencialmente por muscovita granitos com greisens associados, sendo a formação de muscovita interpretada como ligada ao processo de greisenização (Dall'Agnol, 1982b).

Na tabela 2 são apresentadas as análises de elementos traços desses maciços, os seus teores de potássio e algumas razões de elementos. Os dados referentes aos leucogranitos do Gvg deixam patente a sua notável semelhança com os leucogranitos GM e GH do Maciço Antonio Vicente e confirmam as observações petrográficas e petrológicas anteriores (Dall'Agnol, 1982b). Destacam-se os teores elevados de Rb, e insignificantes de Sr, a baixa razão K/Rb e a elevada razão Rb/Sr. Os valores de Zr e Y situam-se no mesmo intervalo daqueles dos GM e GH do Gav, assim como a razão Rb/Zr. O granófiro apresenta maiores analogias químicas com os microgranitos (MG) do Gav, em função principalmente de seus teores mais baixos de Rb, algo mais elevados de Sr e de razão K/Rb também mais elevada, em relação aos leucogranitos do Gvg. Quanto aos muscovita granitos do Gmoc constata-se igualmente uma grande similaridade com os demais leucogranitos (Gvg e GM e GH do Gav). Difere um pouco deles pelo seu teor extremamente elevado de Rb, assim como pelo maior conteúdo de Y.

O diagrama K/Rb (Fig. 3) confirma a grande semelhança existente entre os leucogranitos dos Maciços Velho Guilherme, Mocambo e Antonio Vicente. As amostras representativas dos Gvg e Gmoc incidem no campo dos granitos de estágios tardios (Taylor, 1965) e seguem a variante pegmatítico-hidrotermal (Shaw, 1968). A única amostra que foge um pouco do conjunto é um microgranito (Gvg), muito pobre em potássio, mas essa diferença não é significativa uma vez que sua razão K/Rb é muito baixa e praticamente coincidente com as dos muscovita granitos (Gmoc).

Não foram obtidos nesse trabalho dados geocronológicos adicionais sobre esses maciços, dispondo-se até o momento apenas de uma idade convencional de um leucogranito do Gvg, pelo método Rb/Sr em rocha total ( $1384 \pm 58$  m.a.; Silva et al, 1974), que pelas características inerentes ao método utilizado não é conclusiva sobre a idade de formação do referido maciço.

Em síntese os dados de elementos traços aqui apresentados reforçam a correlação entre os leucogranitos dos Gav, Gvg e Gmoc e demonstram que suas evoluções petrológicas foram certamente muito similares, confirmando hipóteses anteriores (Dall'Agnol, 1982b). Dessa forma os argumentos apresentados para justificar a evolução dos elementos traços no Gav, são igualmente aplicáveis para esses maciços.

### 4. MACIÇO CENTRAL DA SERRA DOS CARAJÁS

O granito Central da Serra dos Carajás (Gsc) é

intrusivo nos arenitos da Formação Rio Fresco (Silva et al, 1974; Santos e Zuleta, 1978), tendo sido considerado por Silva et al (1974) representativo de uma geração de granitos pós-tectônicos, mais antiga que a dos granitos tipo Velho Guilherme. As amostras estudadas provêm da porção norte do corpo, onde afloram essencialmente biotita-anfibólio granitos e biotita granitos, ambos róseos e grosseiros (Beisiegel, 1973; Dall'Agnol, 1982b).

As análises de elementos traços (Tab. 2) e o diagrama K/Rb (Fig. 3) demonstram inequivocamente que as variedades estudadas do GAC são muito diferentes quimicamente dos leucogranitos dos maciços abordados anteriormente. Os teores de Rb, Sr e Zr são normais para rochas graníticas, embora os valores de Sr dos biotita-granitos sejam acentuadamente inferiores aos dos Bt-Hb granitos. Isso faz com que as razões K/Rb e Rb/Zr se situem no intervalo considerado normal para rochas graníticas (na verdade o Bt-Hb granito apresenta razão K/Rb um pouco acima do valor normal = 300). As razões Rb/Sr são muito variáveis, sendo normais para os Bt-Hb granitos e algo elevadas para os Bt granitos. O Y situa-se no intervalo normal, exceto numa das amostras de Bt-granito, onde seu teor é muito elevado.

Percebe-se por outro lado, que o comportamento desses granitos é bastante similar aos dos Bt-Hb granitóides grosseiros (GG) do Gav, apesar de algumas diferenças petrográficas e químicas existentes entre eles (Os GGav são mais ricos em plagioclásio e mais pobres em  $K_2O$  que os Gav). Não é impossível, portanto, que essas variedades representem diferentes termos da evolução magmática desse gênero de maciços. Nesse sentido é chamativo o baixo teor de Sr dos Bt granitos do Gsc e o acentuado crescimento da sua razão Rb/Sr (em relação ao Bt-Hb granito). Não seria essa a tendência magmática que, apoiada na intensa ação dos constituintes voláteis, conduziria à geração dos leucogranitos com altíssimas razões Rb/Sr?

Os dados de elementos traços confirmam, portanto, a dificuldade de separação entre os maciços Antonio Vicente e Central da Serra dos Carajás, com base unicamente em suas características petrológicas (Dall'Agnol, 1982b).

Há um número considerável de datações de rochas da parte norte do maciço. As primeiras efetuadas acusaram idades convencionais variáveis entre 1600-1800 m.a. (método K/Ar em anfibólio, Gomes et al, 1975; método Rb/Sr em rocha total-Amazônia Mineração, comunicação verbal). Mais recentemente, Tassinari et al (1982) apresentaram uma isócrona Rb/Sr em rocha total, envolvendo rochas desse corpo e de maciços correlacionados a ele. Essa isócrona indicou uma idade de  $1700 \pm 45$  m.a. para o conjunto. Atualmente há pesquisadores do NCGG que buscam a obtenção de uma isócrona verdadeira para esse maciço.

#### MACIÇO JAMON (GJ)

A localização do maciço é fornecida na figura 1. Ele é intrusivo na sua porção Nordeste na Formação

Lagoa Seca (um possível "greenstone belt"), estando o restante do corpo seccionando uma suite predominantemente granodiorítica, enquadrada até o momento no Complexo Xingu (Cordeiro, 1982; Gama Jr. et al, 1982). A petrologia desse granito foi estudada por Dall'Agnol (1982b) que reconheceu no mesmo quatro variedades de rocha, cuja distribuição estimada é fornecida na figura 4. São elas: (1) Hornblenda-biotita monzogranito equigranular médio (GE); (2) Biotita monzogranito heterogranular fino a médio com rara hornblenda (GH); (3) Microgranito a biotita (MG); (4) Granito alaskítico (GAL). O referido autor mostrou que existe uma passagem gradual entre as diversas variedades — notando-se inclusive algumas diferenças expressivas entre os GE do Norte e Nordeste (GEN) do maciço e aqueles situados na sua porção central e sul (GEC) e que a evolução magmática foi dirigida por um processo de cristalização fracionada moderada. Essa evolução se deu no sentido GE-GH-MG e se traduziu petrograficamente pela diminuição do teor de ferromagnesianos e de anortita do plagioclásio, sem variações expressivas na razão plagioclásio/feldspato potássico. O GAL foi interpretado como um líquido residual da evolução de um dos demais granitos. Não se conhecem até o momento mineralizações relacionadas ao Granito Jamon. Dall'Agnol (1982b) considerou-o bastante distinto petrologicamente dos Granitos Antonio Vicente, Velho Guilherme e Mocambo.

As análises de elementos traços, os teores de potássio e algumas razões de elementos das amostras estudadas constam da tabela 3. Rb e K crescem regularmente no sentido GEN-GEC-GH-MG, porém o crescimento do Rb é muito mais acentuado. Consequentemente as razões K/Rb decrescem nesse mesmo sentido. O comportamento do GAL é muito chamativo, pois seus conteúdos de K e Rb são muito baixos em relação aos dos MG e GH e bastante próximos daqueles dos GEN. O mesmo se verifica em relação à razão K/Rb. A tendência geral da evolução desses dois elementos é coerente com uma diferenciação magmática no sentido GEN-GEC-GH-MG, uma vez que os líquidos mais evoluídos tendem a se enriquecer em K e Rb, porém proporcionalmente mais em Rb (Taylor, 1965; Shaw, 1968; Wedepohl, 1970). Isso é melhor visualizado na figura 5, onde estão indicadas as variações da razão K/Rb das diversas variedades. A tendência clara de diminuição dessa razão seguindo a sequência evolutiva proposta, demonstra que houve um fracionamento considerável desses elementos durante a cristalização do maciço, com um expressivo enriquecimento relativo de Rb nos líquidos mais tardios. É interessante notar que o percurso assinalado tende a fugir do "trend" normal e a infletir-se em direção ao "trend" pegmatítico-hidrotermal, conforme definidos por Shaw (1968). O GAL situa-se nesse diagrama (Fig. 5) muito próximo dos GEN. O seu comportamento, aliado a observações anteriores (Dall'Agnol, 1982a) teor de  $CaO$  mais elevado e de  $K_2O$  mais baixo que nos MG; presença local de hornblenda e ausência de fluorita, contrariamente ao observado nos MG — indica que esse granito não deve ter se formado a partir de um líquido residual, gerado após a cristalização dos MG ou mesmo GH. É mais

lógico supor que ele represente o produto da cristalização de um líquido residual proveniente dos GE, liberado localmente em fraturas.

Os teores de Sr decrescem acentuadamente no sentido GEN-GEC-GH-MG-GAL, apresentando, portanto, esse elemento um comportamento inverso do Rb. Isso se reflete no aumento das razões Rb/Sr no sentido indicado (entre os MG e GAL elas decrescem ligeiramente) e uma forte correlação negativa desses elementos no diagrama Rb/Sr (Fig. 6). Nesse percebe-se a variação gradual entre os diversos tipos de granito e o arranjo alinhado do conjunto excetuando o GAL. O Sr parece estar fortemente relacionado ao tipo de plagioclásio presente na rocha e ao seu conteúdo de CaO. Ele se concentra nas rochas mais cálcicas com plagioclásio de composição andesina-olíticas com plagioclásio de composição andesina-oligoclásio cálcico (ver Wedepohl, 1978, tab. 38-D-2). A separação desse mineral deve ter conduzido ao empobrecimento dos demais líquidos em Sr. A cristalização não muito tardia do feldspato potássico, mineral igualmente hospedeiro do Sr, deve ter contribuído para acentuar essa tendência. No caso do GAL, assumindo a hipótese apresentada anteriormente, houve igualmente empobrecimento em Sr do seu líquido gerador durante a cristalização dos GE, porém não houve tempo para um fracionamento intenso e, portanto, não ocorreu um enriquecimento em Rb. Daí o seu comportamento totalmente distinto das demais variedades no diagrama Rb/Sr.

Os teores de Ba diminuem de modo muito marcante no sentido GEN-GEC-GH-MG-GAL, acompanhando portanto o Sr e apresentando uma tendência inversa a do Rb. Em função disso as razões Ba/Rb decrescem no sentido indicado, ao passo que as razões Ba/Sr permanecem praticamente constantes, exceto nos GAL onde elas são mais baixas. Diversos autores — Taylor, 1965; Wedepohl, 1972; Olade, 1980 — mostraram que as razões Ba/Rb tendem a decrescer paralelamente à diferenciação magmática em rochas graníticas e isso se aplica perfeitamente ao Maciço Jamon. Por outro lado correlações positivas entre Ba e Sr são observadas em muitos granitos (ver Tindle e Pearce, 1981; Bonin, 1982, Fig. 41; Imeokparia, 1983). O Ba é admitido mais facilmente no feldspato potássico e nas micas, mas teores apreciáveis podem ocorrer em plagioclásios intermediários (Wedepohl, 1972). Os líquidos magmáticos associados a rochas graníticas tendem a se empobrecer em Ba nos estágios tardios. Pode-se supor que no granito em discussão a diminuição dos teores de Ba esteja ligada à cristalização nos GE de microclina, andesina-oligoclásio cálcio e biotita, minerais que consumiram em diferentes proporções a maior parte do Ba existente. Esse processo acentuou-se nos GH e quando da cristalização dos MG, o líquido magmático era muito pobre nesse elemento. A mesma explicação é válida para os GAL.

Os teores de Zr decrescem no sentido GEN-GEC-GH-MG-GAL, ocorrendo o inverso com as razões Rb/Zr. A diminuição do Zr dá-se paralelamente a dos constituintes ferromagnesianos (Dall'Agnol, 1982a),

sugerindo que estejam relacionadas. Como a quase totalidade do Zr deve estar contida no zircão, e como a quantidade desse mineral na rocha decresce juntamente com a dos demais constituintes máficos, esse comportamento é perfeitamente lógico. Sabe-se por outro lado que constituintes voláteis, assim como uma tendência apatítica, podem contribuir para o enriquecimento em Zr nos líquidos finais (Wedepohl, 1978; Taylor, 1965; Imeokparia, 1983). Nenhuma dessas tendências se verifica no Maciço Jamon, considerado com base nas evidências petrológicas um granito relativamente pobre em voláteis (Dall'Agnol, 1982a).

O Y varia de modo bem mais irregular, porém, aparentemente, tende a se concentrar ligeiramente nas variedades mais tardias (MG). Isso é, coerente com o sugerido por Taylor (1965) para esse elemento. Ele deve estar contido nos minerais acessórios cálcicos, presentes nesses granitos.

A tabela 4 apresenta os dados analíticos e a figura 7 a isócrona obtida pelo método Rb/Sr em rocha total do Maciço Jamon. Foram utilizadas dez amostras, representativas das diversas variedades de granito. A isócrona revelou uma idade de  $1601 \pm 21$  m.a. e uma razão inicial de  $0,7121 \pm 0,0017$ , sendo sua confiabilidade teórica muito boa ( $MSWD = 6,6326$ ). A distribuição das variedades no diagrama seguem como seria lógico esperar, a tendência da diferenciação magmática proposta. A idade obtida leva a concluir que esse granito é do tipo anorogênico e pós-Transamazônico. Aparentemente ele seria mais jovem que o Granito Central da Serra dos Carajás e sua relação temporal com os granitos Antonio Vicente, Velho Guilherme e Mocambo ainda não foi esclarecida.

A razão inicial  $Sr^{87}/Sr^{86}$  é relativamente elevada e sugere, considerando a idade do maciço, seja uma derivação a partir de material crustal, seja uma contaminação expressiva do líquido original por material crustal de modo a permitir o seu enriquecimento em  $Sr^{87}$  radiogênico (Wedepohl, 1974; Faure, 1977). Essa última hipótese seria capaz de explicar, segundo Bonin (1982), razões iniciais elevadas em granitos anorogênicos derivados essencialmente do manto. Ele supõe que o enriquecimento em Sr radiogênico se dá através da ação dos voláteis sobre as rochas encaixantes ou do próprio maciço. Como o maciço em questão não devia ser muito rico em voláteis (Dall'Agnol, 1982a), essa última hipótese é dificilmente aplicável. Por outro lado, ele apresenta afinidades com os granitos do tipo I (Chappel e White, 1974) e a hipótese de que tenha sido gerado a partir de líquidos liberados pela fusão parcial de rochas ígneas crustais parece bastante coerente com o que se conhece sobre o maciço, sendo preferível nesse estágio do conhecimento.

Resumindo, o Maciço Granítico Jamon é uma intrusão anorogênica pós-Transamazônica, porém muito distinta dos Maciços Antonio Vicente, Velho Guilherme e Mocambo no que tange à evolução petrológica e às mineralizações associadas. As diversas variedades do GJ apresentam passagens graduais entre elas, sendo produto de diferenciação através de um

processo de cristalização fracionada moderada. A evolução magmática se deu no sentido GEN-GEC-GH-MG. O GAL foi interpretado como um líquido residual derivado da cristalização dos GE.

## 6. AS CARACTERÍSTICAS PETROLÓGICAS DOS MACIÇOS GRANÍTICOS ESTUDADOS COMO INDICADORES DE SEU POTENCIAL METALOGENÉTICO.

Dall'Agnol (1980; 1982 b, c) mostrou as muitas analogias petrológicas existentes entre os maciços Antonio Vicente, Velho Guilherme e Mocambo, a Suíte de Granitos Rondonianos (Isotta et al, 1978; Leal et al, 1978) e os "Younger Granites" do Oeste da África (Jacobson et al 1958; MacLeod et al, 1971; Bowden e Turner, 1974). Esses exemplos representam típicas províncias de granitos anorogênicos ricos em mineralizações de estanho e, subordinadamente, nióbio (Nigéria). Estudos efetuados sobre comportamento dos elementos traços tanto nos granitos nigerianos (Butler et al, 1982; Bowden e Turner, 1974; Olade, 1980; Imeokparia, 1983), quanto nos de Rondônia (Romanini, 1982) permitem aprofundar essa comparação. Constatou-se que os leucogranitos dos Maciços Antonio Vicente (GM e GH), Velho Guilherme e Mocambo, apresentam de modo geral características muito similares as dos biotita granitos da Nigéria ( fácies mineralizada em Sn) e de Rondônia ( fácies São Domingos e Bom Jardim, igualmente mineralizadas em Sn). O acentuado enriquecimento em Rb, o empobrecimento em Sr, as baixas razões K/Rb e as elevadas razões Rb/Sr e Rb/Zr, são parâmetros comuns a todas essas suítes magmáticas. Esses granitos são interpretados sistematicamente como produto de um fracionamento muito intenso, seguindo a variante pegmatítico-hidrotérmal de Shaw (1968) e situando-se no campo dos granitos dos estágios tardios (Taylor, 1965). Os voláteis desempenham um papel chave na sua evolução, sendo extremamente concentrados no final de sua cristalização e produzindo intensas transformações tardi-magmáticas (Dall'Agnol, 1980). O relacionamento entre a ação desses voláteis e a presença de mineralizações foi destacado por vários autores (Dall'Agnol, 1980; 1982c; Olade, 1980; Romanini, 1982; Imeokparia, 1983).

Os teores médios de Zr são mais elevados nos biotita granitos da Nigéria e de Rondônia, que nos leucogranitos da Amazônia Oriental, embora os valores obtidos nos últimos situem-se dentro do intervalo de variação do Zr nos primeiros. A distribuição no diagrama Rb/Zr dos granitos estaníferos dos Complexos de Rop e Jos-Bukuru (Olade, 1980, Fig. 7) coincide no entanto com a dos leucogranitos estudados sendo esta última também muito próxima da dos granitos mineralizados do Complexo de Amo (Imeokparia, 1983, Fig. 4).

Os teores médios de Y são mais elevados nos biotita granitos da Nigéria do que naqueles de Rondônia e da Amazônia Oriental, porém os valores das várias províncias enquadram-se em um mesmo intervalo. Em função de seus valores mais baixos de Y os leucogranitos da Amazônia Oriental situam-se no diagra-

ma Y/Sr em um campo distinto do ocupado pelos biotita granitos mineralizados do Complexo do Amo (Imeokparia, 1983, Fig. 4c).

O comportamento geral dos elementos traços estudados é também bastante próximo do observado nos granitos anclares da Córsega (Bonin, 1982). Ele difere, por sua vez, notavelmente do descrito por Mendoza (1975) no Granito Rapakivi El Parguaza, o que é bastante significativo tendo em vista as dúvidas existentes quanto às relações entre os granitos rapakivíticos e os granitos estaníferos da Província Rondoniana e afins (Romanini, 1982; Dall'Agnol, 1982c).

Os granitóides grosseiros (GG) do Maciço Antonio Vicente e as variedades estudadas do Granito Central da Serra dos Carajás têm características distintas daquelas dos leucogranitos a aproximam-se muito mais das variedades estéreis de Rondônia e Nigéria. Quanto ao Maciço Jamon, suas particularidades petrológicas o colocam a parte dos demais maciços e permitem supor que se trate de um granito estéril, ao menos no que diz respeito a mineralizações em estanho, uma vez que os processos petrológicos atuantes durante a sua formação não devem ter favorecido concentrações desse elemento.

Em síntese o comportamento dos elementos Rb e Sr e das razões K/Rb, Rb/Sr e Rb/Zr confirmam nos granitos estudados o seu valor como indicadores de potencial metalogênético, sendo particularmente adequados aos granitos anorogênicos potencialmente estaníferos. Evidências de riqueza em voláteis no magma gerador (indicadas por transformações tardi-magmáticas intensas, greisens, etc) são também outro critério importante. Evidências de cunho petrográfico são a pobreza em máficos e o caráter equigranular médio ou heterogranular fino a médio, pois essas características são muito comuns nas variedades mineralizadas, ao passo que os granitos grosseiros, muitas vezes rapakivíticos, costumam ser estéreis. Bonin (1982) sugere razões iniciais  $Sr^{87}/Sr^{86}$  elevadas como um critério adicional, por serem característicos dos granitos mineralizados.

## 7. CONCLUSÕES

O estudo de elementos traços do Maciço Antonio Vicente reforça as idéias anteriores sobre a sua evolução magmática. Os Bt-Hb granitóides grosseiros (GG) apresentam um comportamento semelhante ao da maioria dos granitos, ao passo que os leucogranitos médios (GM), finos a médios (GH) e microgranitos (MG) cristalizaram a partir de líquidos gerados por um fracionamento intenso, sendo a ação dos voláteis fundamental ao término da cristalização, sobretudo nos GM e GH. Foi frustrada a tentativa de obtenção de uma isócrona Rb/Sr em rocha total para o maciço envolvendo as diversas variedades de granito, possivelmente devido a modificações introduzidas nas razões iniciais  $Sr^{87}/Sr^{86}$  e talvez nos conteúdos de Sr e Rb, pelas soluções.

Os leucogranitos do Maciço Velho Guilherme e os muscovita granitos do Maciço Mocambo exibem

um padrão de elementos traços muito similar ao dos GM e GH (Gav), o que sustenta a tese de evoluções petrológicas análogas e de relacionamento a um único evento magmático regional para esses maciços.

O comportamento dos elementos traços no Granito Central da Serra dos Carajás é bastante semelhante ao observado no granitóide grosseiro (GG) do Maciço Antonio Vicente, sendo ambas as variedades aparentemente estéreis. As características petrológicas não permitem, portanto, concluir que esses maciços tenham evoluções inteiramente distintas. Os dados geocronológicos necessitam ser refinados através de elaboração de isócronas verdadeiras.

O Maciço Jamon é uma intrusão granítica anorogênica pós-Transamazônica ( $1601 \pm 21$  m.a.), possivelmente derivada de líquidos gerados por anatexia de rochas ígneas crustais ( $r\text{-i-Sr}^{87}/\text{Sr}^{86} = 0,7121 \pm 0,0017$ ). Esse granito é muito distinto dos Maciços Antonio Vicente, Velho Guilherme e Mocambo no que tange à evolução petrológica e às mineralizações associadas. As diversas variedades do G<sub>j</sub> apresentam passagens graduais entre elas, sendo produto de diferenciação através de um processo de cristalização fracionada moderada. A evolução magmática se deu no sentido GEN-GEC-GH-MG. O GAL formou-se a partir de um líquido residual derivado da cristalização dos GE. Todos os parâmetros petrológicos indicam que esse maciço é estéril, em mineralizações em estanho e, possivelmente, também nas demais comumente relacionadas a granitos.

Os leucogranitos dos Maciços Antonio Vicente (GM e GH), Velho Guilherme e Mocambo assemelham-se notavelmente aos biotita granitos da Nigéria e às fases São Domingos e Bom Jardim do Complexo Rondoniano de Massangana, confirmando a "correlação" petrológica entre eles e a ligação dessa variedade de granito com as mineralizações estaníferas.

Confirma-se nesse trabalho que o comportamento dos elementos Rb e Sr e das razões K/Rb, Rb/Sr e Rb/Zr é indicativo do potencial metalogenético, sendo particularmente adequados aos granitos anorogênicos potencialmente estaníferos. Os mesmos apresentam valores muito elevados de Rb, Rb/Sr e Rb/Zr, e muito baixos de Sr e K/Rb, seguem a variante pegmatítico-hidrotermal (Shaw, 1968) e situam-se no campo dos granitos dos estágios tardios (Taylor, 1965). Essas observações devem ser associadas a evidências de riquezas em voláteis e outros de cunho petrológico, como a presença de biotita leucogranitos médios ou finos a médios no corpo granítico, características essas comuns aos granitos mineralizados.

Não foi possível até o momento definir maciços graníticos da Amazônia Oriental representativos de diferentes gerações de modo inequívoco. Pode-se concluir, no entanto, que há maciços com evoluções magmáticas muito distintas e pode-se supor que, com o aprofundamento das pesquisas, essa distinção torne-se viável.

## 8. AGRADECIMENTOS

Esse trabalho foi desenvolvido no Núcleo de Ciências Geofísicas e Geológicas (NCGG) da UFPa, a quem agradece-se pela utilização dos laboratórios analíticos e pelo apoio dos seus funcionários. O Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) sustentou parcialmente essa pesquisa através de um auxílio individual (Processo 40.6012/82-GC) e fornecendo bolsas de pesquisa a R. Dall'Agnol e W.K. Schuckmann. Somos gratos à Rio Doce Geologia e Mineração-DOCEGEO e à Produtora de Minérios Xingu-PROMIX por nos terem fornecido amostras, dados de campo e mapas geológicos dos maciços estudados. Manifestamos nosso reconhecimento aos colegas Koji Kawashita e Wilson Teixeira (Laboratório de Geocronologia da USP) e Ariel Provost (Laboratório de Geocronologia do NCGG) pela facilidade na utilização de seus laboratórios e pelo interesse demonstrado. Agradecemos ao técnico Raimundo Nonato Pinto de Oliveira pela sua participação fundamental nas análises de elementos traços e ao Sr. Adalberto da Cruz Lima e Srtas. Elizabeth Von-Grapp e Cleida Freitas respectivamente, pela elaboração dos desenhos e pela datilografia do texto.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, F.A.M. de; Ramos, C.R. — 1974 — *Estanho do Sul do Pará. Soc. Bras. Geol. XXVIII Cong. Bras. Geol., Porto Alegre. Anais, V. 1* 6: 11-24.
- Almeida, R.C.C. — 1980 — *Contribuição à Petrologia do Granito Central da Serra dos Carajás. Tese de mestrado. UFPa-NCGG, Belém, 64 p.*
- Basei, M.A.S. — 1977 — *Idade do Vulcanismo ácido-intermediário na região Amazônica. Tese de mestrado. Inst. Geoc.-USP, São Paulo, 133 p.*
- Beisiegel, W.R. de; Bernardelli, A.L.; Drumond, N. F.; Ruff, A.W. e Tremaine, J.W. — 1973 — *Geologia e recursos minerais da Serra dos Carajás. Rev. Bras. Geoc. 3 (3):215-242.*
- Bezerra, P.E.L.; Cunha, B.C.C. da; Montalvão, R.M.G. de; Ianhez, A.C.; Potiguar, L.A.T. e Pitthan, J.H.L. — 1982 — *Geologia da extremidade sudeste da Plataforma Amazônica e da Faixa de Dobramentos Araguaia-Tocantins. Soc. Bras. Geol.; Núcleo Norte, I Simp. Geol. Amaz., Geol.; Núcleo Norte, I Simp. Geol. Amaz., Belém. Anais, vol. 1:9-25.*
- Bonin, B. — 1982 — *Les Granites des Complexes Annulaires. Manuels et méthodes, 4. BRGM. Orléans, 183 p.*
- Bowden, P. e Turner, D.C. — 1974 — *Peralkaline and associated ring-complexes in the Nigeria-Niger province, West-Africa. In: Sorensen, H. (Ed.) — The Alkaline Rocks, John Wiley & Sons, New York, p. 330-51.*

- Butler, R.J.; Bowden, P. e Smith, A.Z. — 1962 — K/Rb ratios in the evolution of the Younger Granites of Northern Nigeria. *Geoch. Cosmoch. Acta*, 26:89-100.
- Chappel, B.W. e White, A.J.R. — 1974 — Two contrasting granites types. *Pacific Geol.*, 3:173-174.
- Cordeiro, A.C. — 1982 — Geologia preliminar da região de Andorinhas. *Soc. Bras. Geol., Núcleo Norte, I Simp. Geol. Amaz., Belém. Anais*, vol. 1: 45-49.
- Cordeiro, A.C.; Alves, C.A. e Fonseca, L.R. — 1982 — Geologia da região da Serra dos Carajás. *Soc. Bras. Geol., Núcleo Norte, I Simp. Geol. Amaz. Belém. Anais*, vol. 1: 50-53.
- Dall'Agnol, R. — 1980 — Etudes sur les granites du type "Rondonian" en Amazonie Orientale et leurs transformations tardi-magmatiques. Tese de Doutorado. Laboratoire Geol. Petrol. Univ. Paul Sabatier, Toulouse. 348 p.
- Dall'Agnol, R. — 1982a — Maciço Jamon: Evolução petrológica de um granito da Amazônia Oriental. *Soc. Bras. Geol., Núcleo Norte, I Simp. Geol. Amaz.-Belém. Anais*, vol. 2:139-161.
- Dall'Agnol, R. — 1982b — Estudo comparativo de alguns maciços graníticos pós-Transamazônico da Amazônia Oriental. *Soc. Bras. Geol., XXXII Cong. Bras. Geol., Salvador. Anais*, vol. 2:500-513.
- Dall'Agnol, R. — 1982c — Os granitos anorogênicos da Amazônia Brasileira. Suas analogias com os "Younger Granites" do Oeste da África. *Quinto Cong. Latinoamer. Geol., Buenos Aires. Actas II: 113-131.*
- Faure, G. — 1977 — *Principles Isotope Geology*. John Wiley & Sons, Inc. New York. 464 p.
- Gama Jr.; Macambira, J.B. e Kotschoubey, B. — 1982 — Contribuição à lito-estratigrafia da região da Serra dos Carajás — Sudeste do Pará. *Soc. Bras. Geol., Núcleo Norte, I Simp. Geol. Amaz., Belém*, vol. 1:111-127.
- Gomes, C.B.; Cordani, U.G. e Basei, M.A.S. — 1975 — Radiometric age determinations from the Serra dos Carajás area, northern Brasil — *Bull. Geol. Soc. America*. 86:939-942.
- Hirata, W.K.; Rigon, J.C.; Kadokaru, K.; Cordeiro, A.C.; Meireles, E. de M. — 1982 — Geologia regional da Província Mineral de Carajás. *Soc. Bras. Geol., Núcleo Norte, I Simp. Geol. Amaz., Belém. Anais*. vol. 1:100-110.
- Ianhez, A.C.; Cunha, B.C.C. de; Bezerra, P.E.L.; Potiguar, L.A.T.; Pitthan, J.H.L. e Montalvão, R.M.G. de — 1982 — Vulcanoplitonismo da extremidade sudeste da Plataforma Amazônica. *Soc. Bras. Geol., Núcleo Norte. I Simp. Geol. Amaz., Belém. Anais*, vol. 1:128-146.
- Imeokparia, E.G. — 1983 — Geochemical aspects of the evolutions and mineralization of the Amo Younger Granite Complex (Northern Nigeria). *Chem. Geol.*, 40:293-312.
- Isotta, C.A.R.; Carneiro, J.M.; Kato, H.F. e Barros, R.J.S. — 1978 — Projeto Província Estanífera de Rondônia, relatório final. *Minist. Minas e Energia. Depart. Nac. de Prod. Min. Conv. DNPM/CPRM. Vol. I, II e III.*
- Issler, R.S. — 1977 — Esboço geológico-tectônico do Craton Guaporé. *Rev. Bras. Geoc.*, 7(3):177-211.
- Jacobson, R.R.E.; Macleod, W.N. e Black, R. — 1958 — Ring-complexes in the younger granite province of Northern Nigeria. *Geol. Soc. London, Mem. nº 1, 72 p.*
- Leal, J.W.L.; Silva, G.H.; Santos, D.B. dos; Teixeira, W.; Lima, M.I.C. de; Fernandes, C.A. C. e Pinto, A.C. — 1978 — Geologia da folha SC-20. Porto Velho. In: Projeto RADAMBRASIL. Levantamento de Recursos Naturais, vol. 16, 1-161.
- Macleod, W.N.; Turner, D.C. e Wright, E.A. — 1971 — The geology of the Jos plateau. Volume I: general geology. *Geol. Survey Nigeria. Bull.* 32, 110 p.
- McClandess, G.C.; Hirata, W.K.; Teixeira, J.T. e Meyer, D.J.K. — 1975 — O Complexo ígneo ácido da região Central do Pará. *X Conf. Geol. Interguianas, Belém. Anais*, p. 278-285.
- Mendoza, V. — 1975 — Estudios geoquímicos del no-tectonizado granito Rapahriavi El Parguaza, Noroeste Guyana Venezolana. *Décima Confer. Geol. Interguianas, Belém. Anais, Depart. Nac. Prod. Min.*, p. 628-656.
- Montalvão, R.M.G. de; Bezerra, P.E.L.; Prado, P.; Fernandes, C.A.C.; Silva, G.H. e Brim, R. J.P. — 1982 — Características petrográficas e geo-químicas do Granito Redenção e suas possibilidades metalogenéticas. *Soc. Bras. Geol. XXXII Cong. Bras. Geol., Salvador. Anais*, vol. 2:520-548.
- Olade, M.A. — 1980 — Geochemical characteristics of tin-bearing and tinbarren granites, Northern Nigeria. *Econ. Geol.*, 75: 71-82.
- Romanini, S. — 1982 — Geologia e geoquímica do Complexo granitóide de Massangana e sua relação com as mineralizações de estanho. Tese de mestrado. Curso de Pós-Graduação em Geociências. UFBA, 85 p.

- Santos, J.O.S. — 1982 — Granitos Proterozóicos da Plataforma Amazônica, Brasil. Quinto Cong. Latinoamer. Geol., Buenos Aires. *Actas*, II:97-112.
- Santos, M.D. e Zuleta, J.R. — 1978 — Contribuição à petrologia do Granito Central da Serra dos Carajás, Pará. Trabalho individual de pesquisa. NCGG/UFPa. 21 p.
- Shaw, D.M. — 1968 — A review of k/Rb fractionation trends by covariance analysis. *Geoch. Cosmoch. Acta*, 32:573-601.
- Silva, G.G.; Lima, M.J.C.; Andrade, A.R.F.; Isler, R.S. e Guimarães, G. — 1974 — Geologia das folhas SB-22 Araguaia e parte da SC-22 Tocantins. In: DNPM — Projeto RADAM. Levantamento de Recursos Naturais, vol. 4, p. 1-143.
- Tassinari, C.C.G.; Hirata, W.K. e Kawashita, K. — 1982 — Geologic evolution of the Serra dos Carajás, Pará, Brazil. *Rev. Bras. Geoc.*, 12:263-267.
- Taylor, S.R. — 1965 — The application of trace element data to problems in petrology. In: Ahrens, L.H.; Rankama, K.; Runcorn, S.K. (Eds), *Physics and Chemistry of the Earth*, 6, p. 133-213.
- Taylor, S.R.; Emeleus, C.H. e Exley, C.S. — 1956 — Some anomalous K/Rb ratios in igneous rocks and their petrological significance. *Geoch. Cosmoch. Acta*. vol. 10:224-229.
- Teixeira, W. — 1978 — Significação tectônica do magmatismo anorogênico básico e alcalino na região Amazônica. Inst. Geoc. Univ. São Paulo, Dissertação de mestrado. São Paulo, 99 p.
- Tindle, A.G. e Pearce, J.A. — 1981 — Petrogenetic modelling of in situ fractional crystallization in the zoned Loch Doon Pluton, Scotland. *Contrib. Mineral. Petrol.*, vol. 78(2):196-207.
- Wedepohl, K.H. (Ed) — 1970, 1972, 1974, 1978 — *Handbook of geochemistry* vol. II/4. Cap. 37, 38, 39, 40 e 56. Springer Verlag Berlin.

TABELA 1 - Análises de Elementos traços das diversas variedades de granito do maciço Antonio Vicente

VARIEDADES	Bt-Hb GRANITÓIDES GROSSEIROS - GG			MICROGRANITOS MG			LEUCOGRANITO GRAN. MÉDIA GM						LEUCOGRANITO GRAN. MÉDIA A FINE GH				
	R-09	R-10	Média	R-06	R-07	Média	R-05	R-11	R-15	R-16	R-18	Média	R-03	R-13	R-14	R-19	Média
Amostras/ Elementos																	
Rb	133	158	146	264	429	347	389	270	756	489	433	467	291	787	493	765	584
Sr	181	154	168	27	41	34	11	43	5	13	15	17	62	5	22	5	24
Zr	238	427	333	264	165	215	118	223	98	115	123	135	313	78	133	47	143
Y	110	118	114	110	116	113	132	54	103	126	79	99	18	31	139	52	60
K	2,66	3,14	2,9	3,80	3,24	3,52	3,84	3,65	3,49	3,44	3,10	3,50	4,78	3,79	4,18	3,84	4,15
K/Rb	200	199	199	144	76	101	99	135	46	71	72	75	164	48	85	50	71
Rb/Sr	0,73	1,02	0,87	9,78	10,5	10,2	35,4	6,28	151,2	37,4	28,9	27,5	4,69	157,4	22,4	153,0	24,3
Rb/Zr	0,56	0,37	0,44	1,00	2,60	1,61	3,30	1,21	7,71	4,23	3,52	3,46	0,93	10,09	3,71	16,28	4,08

1- Rb, Sr, Zr, Y e Ba em ppm; K em % (válido igualmente para as tabelas 2 e 3)

TABELA 2 - Análises de Elementos traços das diversas variedades de granito dos maciços Velho Guilherme, Mocambo e Central da Serra dos Carajás.

MACIÇO	VELHO GUILHERME							MOCAMBO			CENTRAL SC			
	GNF	LEUCOGRANITOS - LG					Média	MV GRANITOS			Bt-Hb-Gr	Bt - GRANITOS		
Amostras/ Elementos	L - 43	L - 7	L - 10	L - 17	L - 42	L - 50	LG	MOC.1	V.46	Média	GF - 1	MR-158	RD-01	Média
Rb	264	506	379	419	516	537	471	744	876	810	119	198	188	193
Sr	16	<5	15	<5	<5	<5	5	18	14	16	127	52	74	63
Zr	146	219	106	132	136	115	142	145	136	141	296	93	133	113
Y	41	57	95	100	128	183	113	207	195	201	49	197	39	118
K	3,86	2,50	3,89	3,23	3,49	3,75	3,37	3,75	4,28	4,02	3,91	4,55	4,48	4,52
K/Rb	146	49	103	77	68	70	72	50	49	50	329	230	238	234
Rb/Sr	16,50	168,67	25,27	139,67	172	179	94,20	41,33	62,57	50,63	0,94	3,81	2,54	3,06
Rb/Zr	1,81	2,31	3,58	3,17	3,79	4,67	3,32	5,13	6,44	5,74	0,40	2,13	1,41	1,71

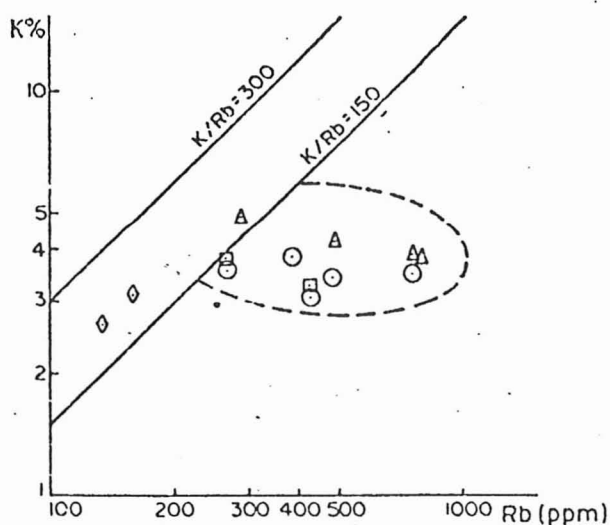
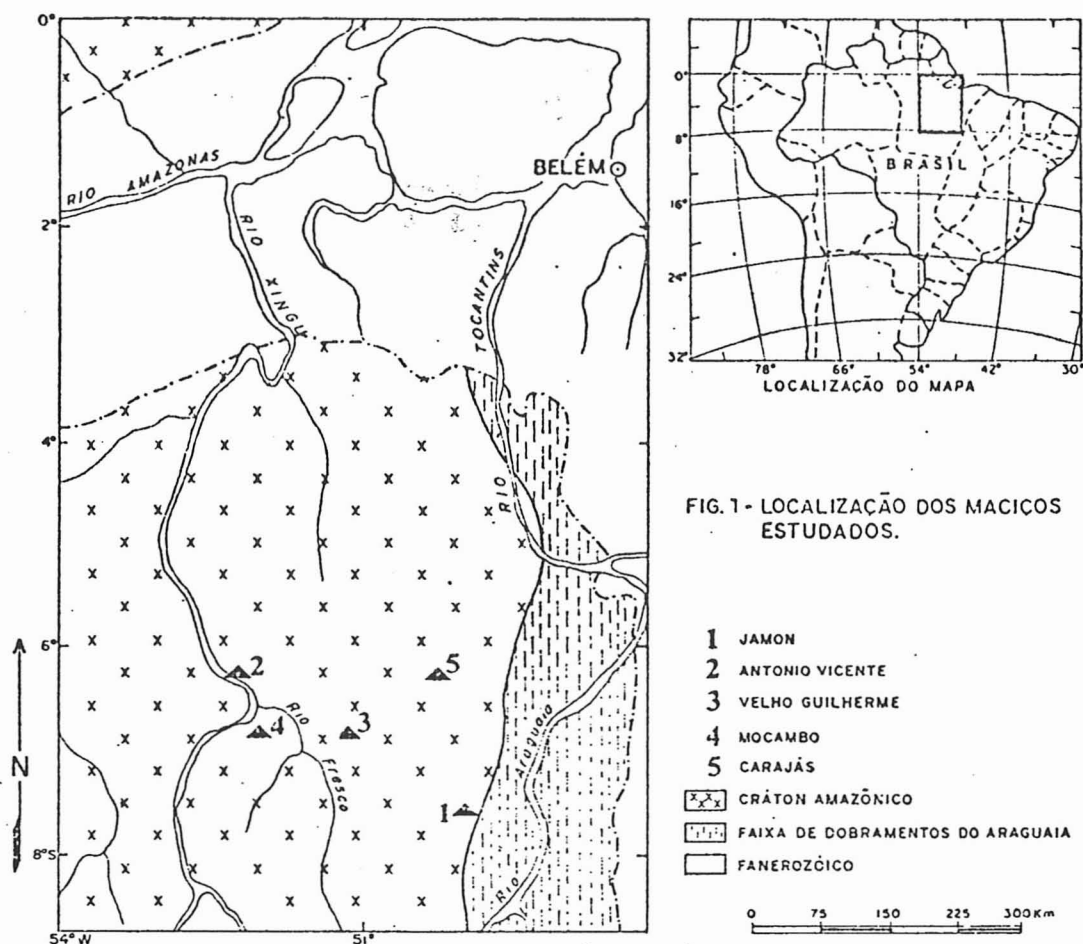
TABELA 3 - Análises de Elementos traços das diversas variedades de granito do maciço Jamon

VARIEDADES	GRANITOS EQUIGRANULARES - GE										GRANITOS HETEROGRANULARES - GH				MICROGRANITOS MG				GRANITOS ALASQ. GAL
	Norte e Nordeste					Centro													
Amostras Elementos	Au 380	Au 383	Au 385	Au 391	Au 393	Média	Au 370	Au 374	Au 394	Média	Au 371	Au 375	Au 377	Média	Au 395	Au 396	Au 397	Média	Au 376
Rb	179	197	154	137	141	162	236	182	234	217	220	241	261	241	266	259	338	288	159
Sr	172	184	212	226	214	202	152	178	144	158	161	110	101	124	99	54	52	68	41
Zr	334	403	327	398	400	372	263	345	224	277	298	246	225	256	253	159	183	198	57
Y	58	61	73	59	90	68	53	37	49	46	56	81	76	71	70	79	121	90	14
Ba	1134	952	1254	1218	1806	1273	812	1050	822	895	1020	614	635	756	739	198	307	415	99
K	3,60	3,65	2,99	3,32	3,50	3,41	3,80	3,59	4,07	3,82	3,66	3,97	4,13	3,92	3,89	4,22	4,15	4,09	3,37
K/Rb	201	185	194	242	248	210	161	192	174	176	166	165	158	163	146	163	123	142	212
Rb/Sr	1,04	1,07	0,73	0,61	0,66	0,80	1,55	1,02	1,63	1,37	1,37	2,19	2,58	1,94	2,69	4,80	6,50	5,54	3,88
Rb/Zr	0,54	0,49	0,47	0,34	0,35	0,44	0,90	0,53	1,04	0,78	0,74	0,98	1,16	0,94	1,05	1,63	1,85	1,45	2,79
Ba/Rb	6,34	4,83	8,14	8,89	12,81	7,86	3,44	5,77	3,51	4,12	4,64	2,55	2,43	3,14	2,78	0,76	0,91	1,44	0,62
Ba/Sr	6,59	5,17	5,92	5,39	8,44	6,30	5,34	5,90	5,71	5,66	6,34	5,58	6,29	6,10	7,46	3,67	5,90	6,10	2,41

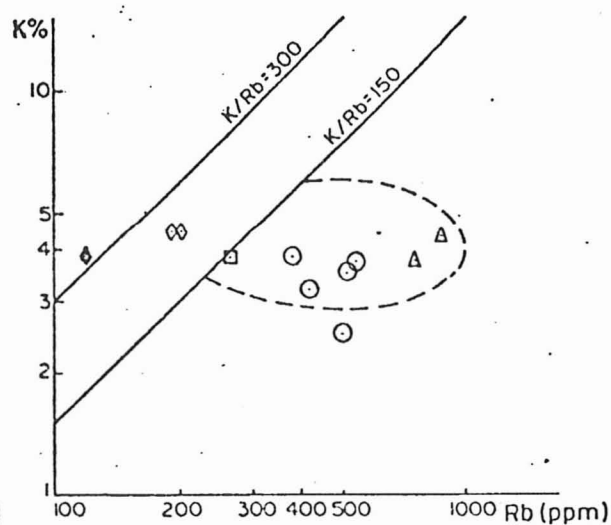
TABELA 4 - Dados analíticos<sup>1</sup> utilizados para a obtenção da isócrona Rb/Sr em rocha total do Maciço Jamon

NUMERAÇÃO DAS AMOSTRAS		VARIEDADES	Rb	Sr	Rb(87)/Sr(86) <sup>2</sup>	Sr(87)/Sr(86)	
1	AU - 391	GE <sub>N</sub>	145,0	242,8	1,7350	0,75190	1- Análises Rb/Sr efetuadas no laboratório de geocronologia da USP; análises isotópicas efetuadas parcialmente no referido laboratório (amostras 1-3,7-10); as restantes no laboratório de Geocronologia do NCGG-UFPa (amostras 4 a 6). 2- Erro analítico médio ≈4%. 3- Valores obtidos por diluição isotópica; os demais através de fluorescência (raios-X).
2	AU - 383	GE <sub>N</sub>	205,1	192,8	3,1010	0,78450	
3	AU - 394	GE <sub>C</sub>	266,1	154,8	5,0320	0,82680	
4	AU - 371	GH	211,9	148,2	4,1780	0,80855	
5	AU - 375	GH	232,1	95,4	7,1510	0,86910	
6	AU - 377	GH	247,4	88,2	8,2710	0,90197	
7	AU - 376	GAL	162,6 <sup>3</sup>	45,1 <sup>3</sup>	10,6880	0,95070	
8	AU - 395	MG	289,3	105,6	8,0800	0,90440	
9	AU - 396	MG	284,2	57,2	14,8800	1,06330	
10	AU - 397	MG	327,0	53,9	18,2880	1,13240	

Novos dados Geocronológicos e Estudo de Elementos Traços de Maciços Graníticos Anorogênicos da Amazônica Oriental, Estado do Pará (Brasil).



- ◊ G1-IIB GRANÍTOS: DES GROSSEIROS - GG  
◻ MICROGRANITOS - MG  
○ LEUCOGRANITOS EQUIGR. MÉDIOS - OM  
△ LEUCOGRANITOS HETEROGR. FINOS A MÉDIOS - OH



- ◊ G1-Hb GRANITO - Gsc  
◊ G1 GRANITO - Gsc  
◻ GRANÓFIRO - Gvg  
○ LEUCOGRANITOS - Gvg  
△ MV GRANITO - Gmc

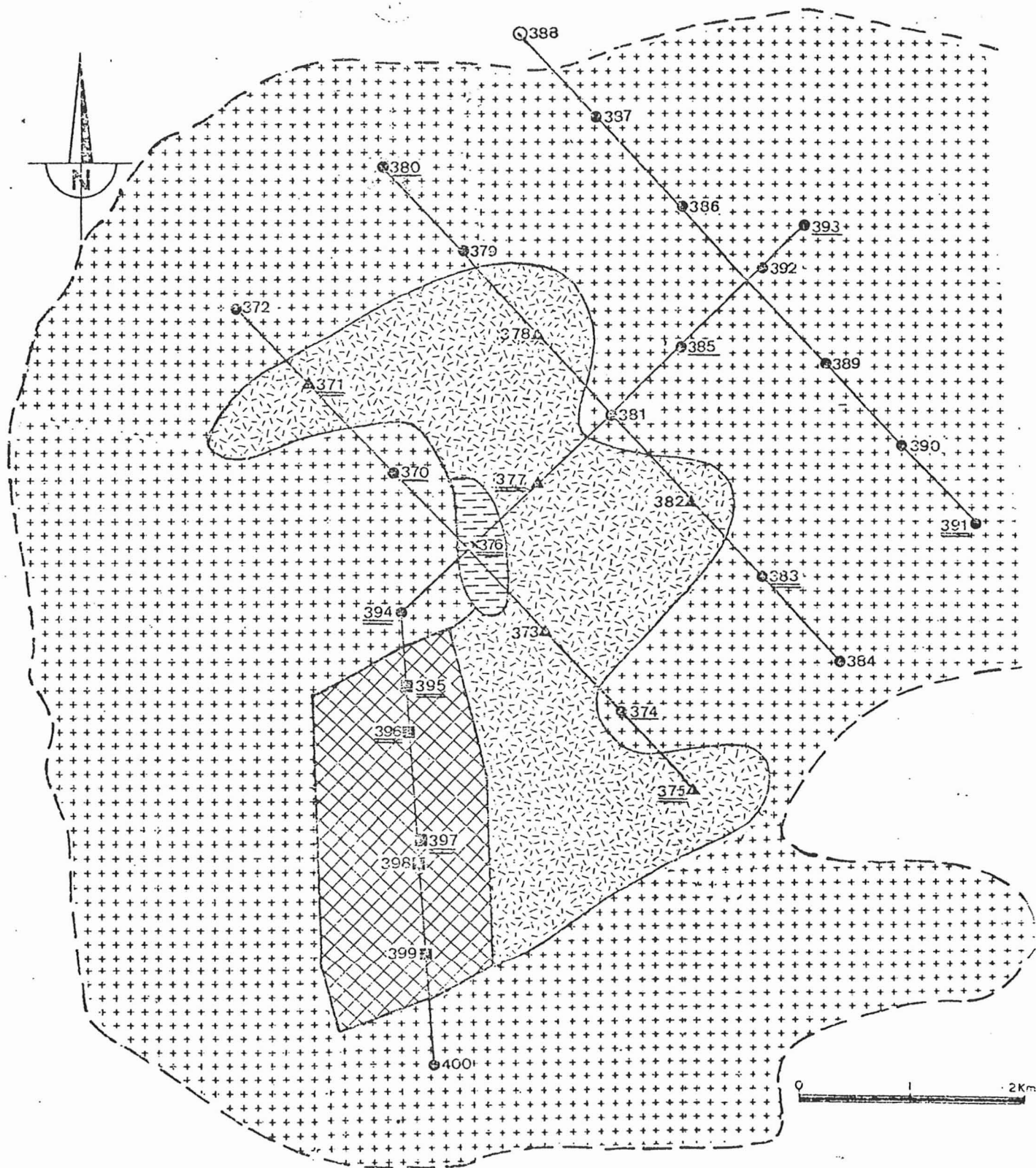
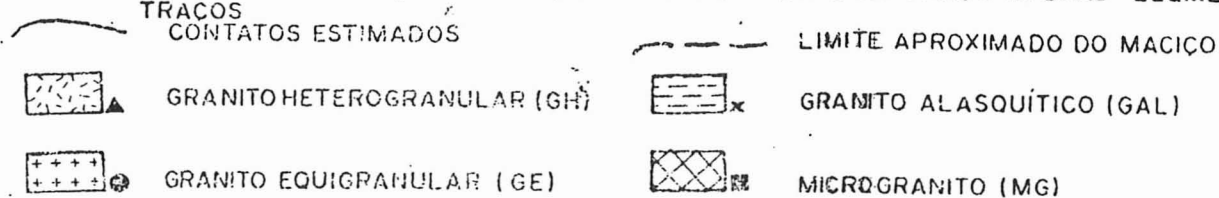


FIG. 4 - REDE DE AMOSTRAGEM, LOCALIZAÇÃO DAS AMOSTRAS E DISTRIBUIÇÃO DAS DIFERENTES VARIEDADES DE GRANITOS DO MACIÇO JAMON (Segundo DALL'AGNOL, 1982a). AS AMOSTRAS SUBLINHADAS FORAM ESTUDADAS NESSE TRABALHO. DOIS TRAÇOS INDICANDO ANÁLISES DE ELEMENTOS TRAÇOS E DATAÇÃO RADIOMÉTRICAS E UM TRAÇO APENAS ELEMENTOS.



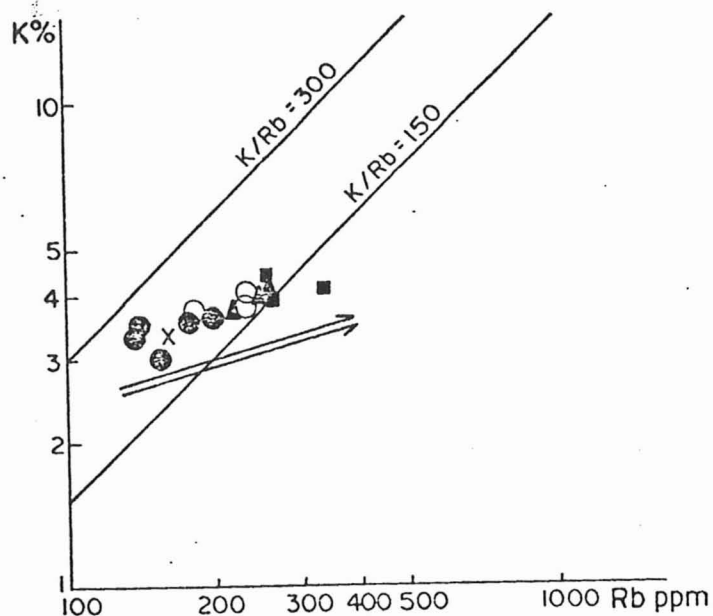


FIG. 5 - DIAGRAMA K/Rb DAS DIVERSAS VARIEDADES DE GRANITO DO MACIÇO JAMON. A SETA INDICA O SENTIDO DA DIFERENCIAÇÃO MAGMÁTICA.

- GRANITO EQUIGRANULAR MÉDIO DO N-NE - GE<sub>N</sub>
- GRANITO EQUIGRANULAR MÉDIO DO CENTRO - GE<sub>C</sub>
- ▲ GRANITO HETEROGRANULAR FINO A MÉDIO - GH
- MICROGRANITO - MG
- X GRANITO ALASQUÍTICO - GAL

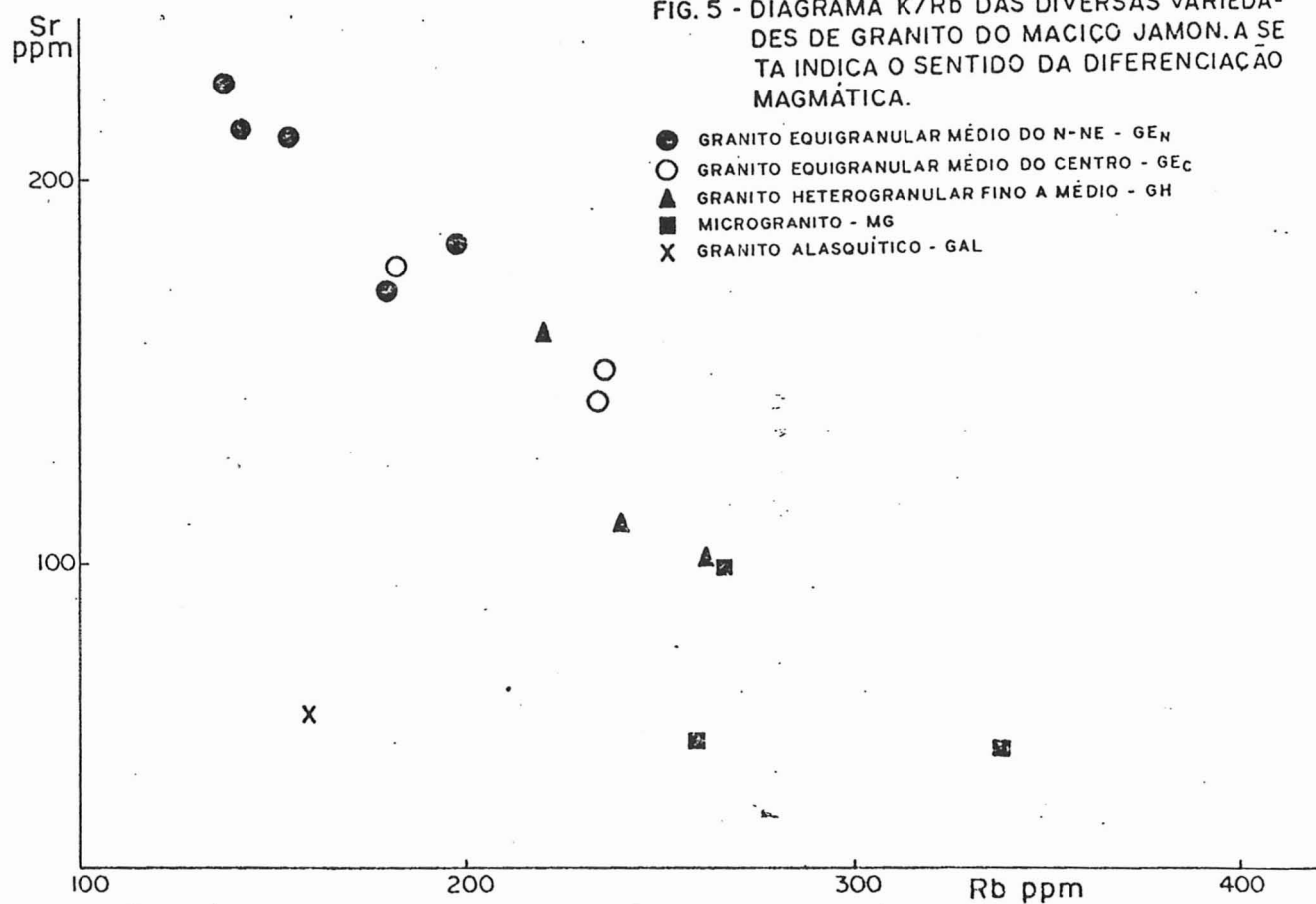


FIG. 6 - DIAGRAMA Sr/Rb DAS DIVERSAS VARIEDADES DE GRANITO DO MACIÇO JAMON.

- GE<sub>N</sub>
- GE<sub>C</sub>
- ▲ GH
- MG
- X GAL

Novos dados Geocronológicos e Estudo de Elementos Traços de Maciços Graníticos Anorogênicos da Amazônia Oriental, Estado do Pará (Brasil).

Sr(87)/Sr(86)

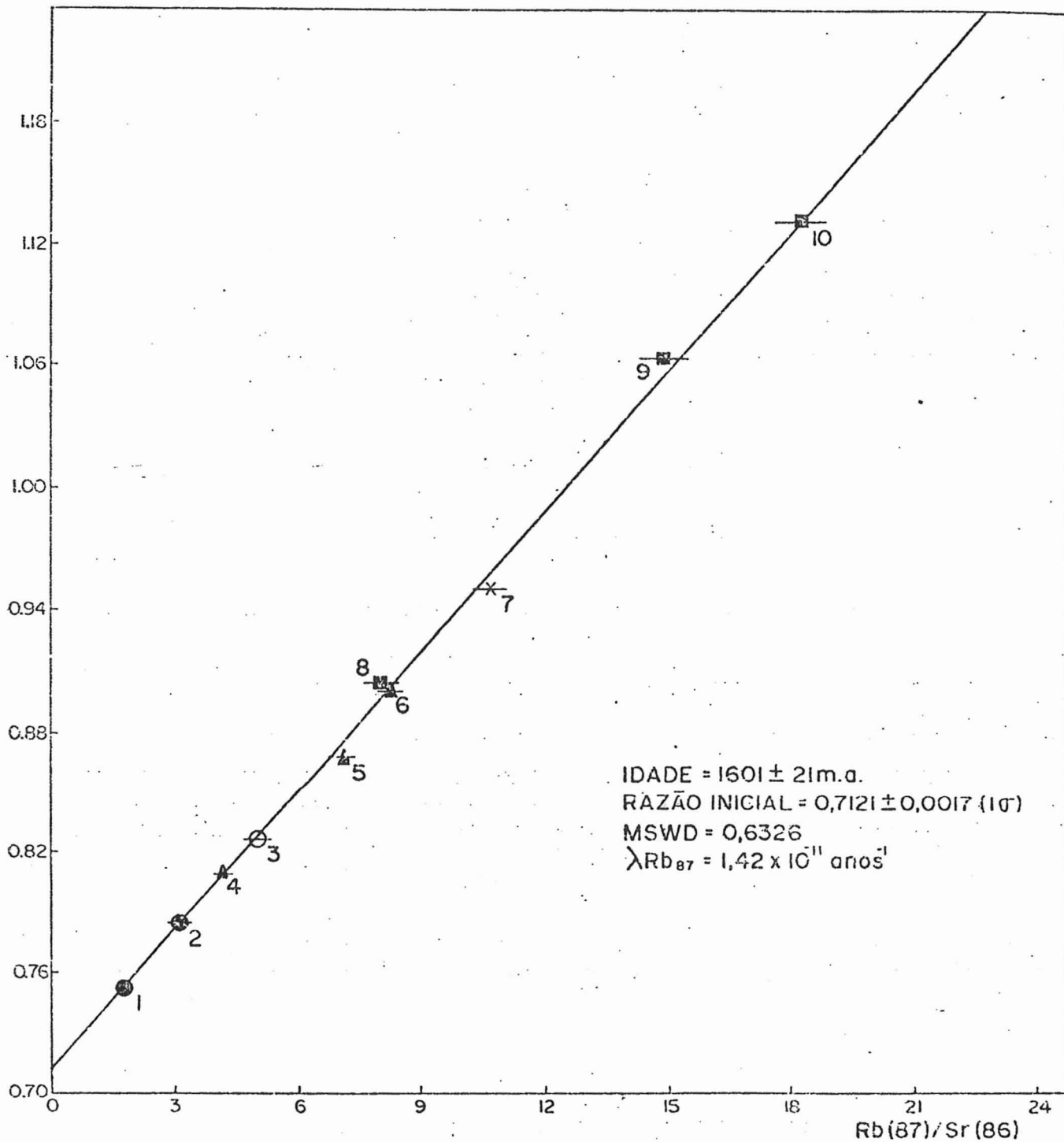


FIG. 7 - ISÓCRONA Rb/Sr EM ROCHA TOTAL DO MACIÇO JAMON.

● GE<sub>H</sub>    ○ GE<sub>C</sub>    ▲ GE<sub>H</sub>    ■ MG    X GE<sub>L</sub>