

ORTOGNAISSES E ANFIBOLITOS DA REGIÃO DE ANAPU, REGISTRO DE UMA MICROPLACA ARQUEANA NA PROVÍNCIA TRANSAMAZONAS, ESTADO DO PARÁ, NORTE DO BRASIL

MARCELL LEONARD BESSER¹, CARLOS EDUARDO DE MESQUITA BARROS²,
ELEONORA MARIA GOUVÊA VASCONCELLOS²

1 Serviço Geológico do Brasil - CPRM, Rua Voluntários da Pátria, 475 - 1º andar cj. 10, Curitiba - PR, 80020-9263. E-mail: marcell.besser@cprm.gov.br

2 Universidade Federal do Paraná, Pós-Graduação em Geologia. Av. Cel. Francisco H. dos Santos, s/n - Jardim das Américas, Curitiba - PR, 81270-460. E-mail: cadubarros@ufpr.br; eleonora.gvasconcellos@gmail.com

Resumo - A Folha Rio Bacajá tem 3000 km² e se localiza a sul da rodovia transamazônica e a leste do rio Xingu, no contexto do Domínio Bacajá de idade predominante paleoproterozoica. As rochas arqueanas que ocorrem nesta área pertencem ao Complexo Aruanã e são representadas por anfibolitos e gnaisses graníticos na sua parte nordeste e metagranitoides na sua parte leste. Os anfibolitos são formalizados neste trabalho como nova unidade litoestratigráfica (Anfibolito Armezinho) e se distinguem pela presença de poiquiloblastos de plagioclásio de tendência hexagonal. Muito provavelmente a formação destes poiquiloblastos esteja relacionada a mecanismos de redução da área limite de grãos em condições de metamorfismo estático de natureza termal e de fácies hornblenda hornfels. Os ortognaisses da parte nordeste são sienograníticos e monzograníticos, podem ser porfiroclásticos e exibem duas foliações. A foliação mais antiga, de idade possivelmente arqueana, foi dobrada ou transposta por zonas miloníticas de direção N60W que seguem as estruturas regionais da orogenia riaciana. A recristalização dinâmica de feldspatos e a formação de novos grãos de quartzo por rotação de subgrãos permitem estimar temperaturas superiores a 450°C para a deformação milonítica. Os dados químicos sugerem de modo preliminar que estes ortognaisses têm assinatura semelhante à de granitoides de arco magmático. A datação de cristais de zircão dos ortognaisses graníticos pelo método de evaporação de Pb forneceu uma idade de 2586 Ma, a qual deve ser interpretada como um valor mínimo para a cristalização dos protólitos.

Palavras-Chave: Rochas arqueanas; Complexo Aruanã; Anfibolito Armezinho

Abstract - The Rio Bacajá geological sheet has 3000 km² and is located to the south of the Transamazônica road and to east of the Xingu River, within the Bacajá Domain where Paleoproterozoic rock predominate. The Archean remnant rocks found in this geological sheet belong to the Aruanã complex. In the northeast part of the study area there is scarce metabasites named in this work as Armezinho Amphibolite and syenogranite and monzogranite gneisses. In the east portion of the area metatonalites were described. Amphibolites present plagioclase poikiloblasts probably formed by the mechanism of grain boundary area reduction, in response to static and thermal metamorphism under hornblende hornfels facies conditions. Syenogranite and monzogranite gneisses from the northeast domain may show porphyroclastic texture and two foliations. The former one, probably developed in the Archean, was folded or transposed by mylonite N60W shear zones, conformable with the regional structures from the Rhyacian orogeny. Dynamic recrystallization of feldspars and subgrain rotation of quartz crystals permit to estimate temperatures higher than 450 °C to the mylonite deformation. Chemical data suggest preliminary that the chemical signature of the orthogneisses is comparable to that of the magmatic arc granitoids. Dating of zircon from the orthogneisses by Pb evaporation yielded the age of 2586 Ma, which should be considered as a minimum value to the protholith crystallization.

Keywords: Archean rocks, Aruanã complex, Armezinho amphibolite

Citação: BESSER, M.L., BARROS, C.E.M., ELEONORA MARIA GOUVÊA VASCONCELLOS, E.M.G. Ortognaisses e Anfibolitos da região de Anapu, registro de uma microplaca arqueana na Província Transamazonas, Estado do Pará, norte do Brasil. Boletim Paranaense de Geociências, v. 80, n.2, p. 254-272. 2022.

1. INTRODUÇÃO

O Cráton Amazônico (Fig. 1a) é dividido em dois escudos separados pelas bacias sedimentares do Amazonas e do Solimões. Os escudos Brasil Central e das Guianas se situam respectivamente a sul e norte da sinéclise (Almeida et al. 1981). Neste Cráton, as rochas arqueanas se encontram de modo predominante na Província Amazônia Central (Tassinari & Macambira 2003) ou Província Carajás (Santos et al. 2000). Na concepção de Tassinari & Macambira (2003), a dimensão desta província arqueana é maior e se estende ao norte da bacia do Amazonas. De acordo com Santos et al. (2000) esta província se limita a sul da bacia do Amazonas e abrange os domínios arqueanos de Xinguara-Rio Maria e Carajás.

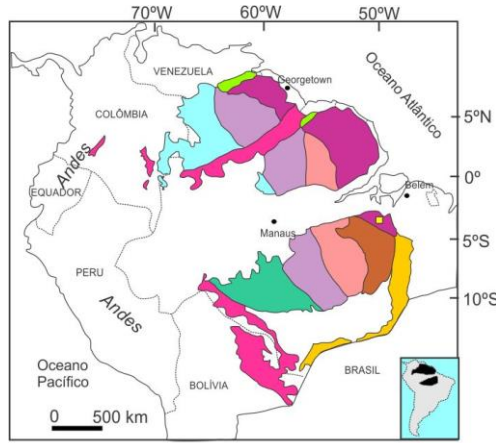
O núcleo arqueano, circundado por províncias sucessivamente mais jovens, é um exemplo do conceito de quelogênese (Sengör 1990). Para Tassinari e Macambira (2003) as províncias paleoproterozoicas a mesoproterozoicas são: Maroni-Itacaiúnas (2,2-1,95 Ga), Ventuari-Tapajós (1,95-1,80 Ga), Rio Negro-Juruena (1,80-1,55 Ga), Rondoniana-San Ignácio (1,55-1,30 Ga) e Sunsás (1,30-1,0 Ga). Segundo Santos et al. (2000) as províncias tectônicas ou geocronológicas (Fig. 2) são: Carajás (3,0-2,5 Ga), Transamazonas (2,26-1,99 Ga), Tapajós-Parima (2,03-1,86 Ga), Amazônia Central (1,9-1,86 Ma), Rondônia-Juruena (1,85-1,54 Ga), Rio Negro (1,82-1,52 Ga) e Sunsás (1,45-1,0 Ga).

A Província Transamazonas (Maroni-Itacaiúnas) aflora ao norte da Província Mineral de Carajás e se prolonga para o Amapá, Guiana Francesa, Suriname, Guiana e Venezuela (Tassinari & Macambira 2003, Santos et al. 2000). Na

Província Transamazonas fragmentos arqueanos são descritos no Bloco Amapá, situado no noroeste do Pará e sudoeste do Amapá (Rosa-Costa et al. 2003, 2006), e em domínios contíguos que se estendem até a Guiana Francesa (Avelar et al. 2003). As idades obtidas para as rochas arqueanas do Bloco Amapá variam de 2797 ± 3 Ma a 2625 ± 4 Ma (Rosa-Costa et al. 2006; Avelar et al. 2003).

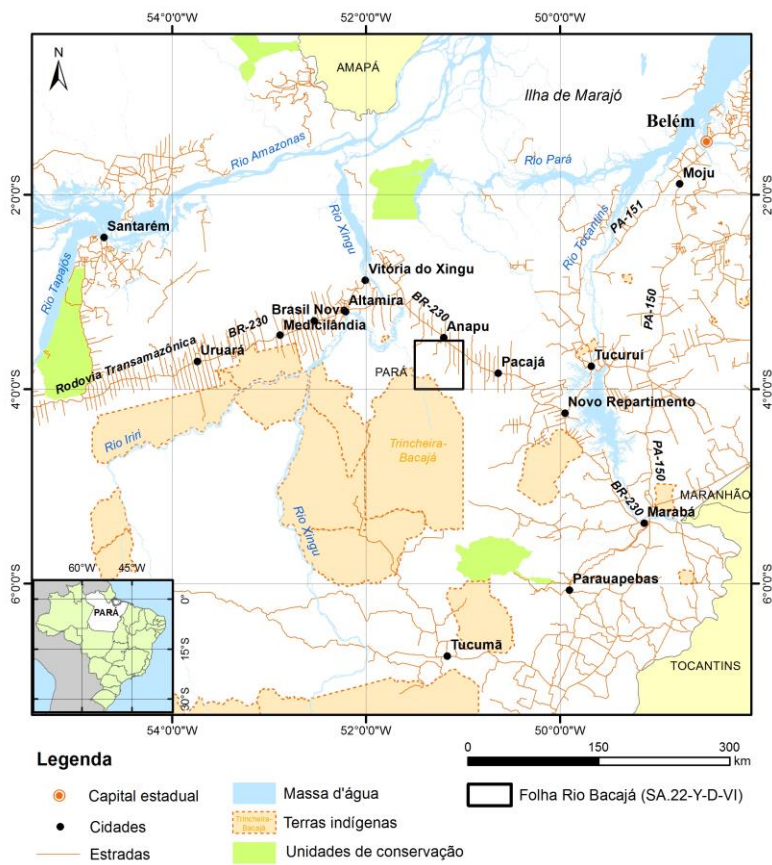
O Domínio Bacajá pertence à parte sul da Província Transamazonas (ou Província Maroni-Itacaiúnas) que se localiza a sul da Bacia do Amazonas entre os rios Tocantins e Xingu. Neste domínio são descritas rochas arqueanas a norte do município de Anapu (João et al. 1987; Faraco et al. 2005), as quais foram englobadas no Complexo Aruanã, formalizado por Vasquez et al. (2008b). Durante a cartografia geológica da Folha Tocantins, Macambira e Ricci (2011) identificaram rochas arqueanas atribuídas ao Complexo Aruanã. Carneiro et al. (2012) compararam os dados aerogeofísicos de rochas atribuídas ao Arqueano na Folha Rio Bacajá, com os domínios arqueanos da Folha Tucuruí, situada mais a leste.

Neste trabalho são apresentados a cartografia e os dados estruturais, petrográficos, geoquímicos de rochas arqueanas da Folha Rio Bacajá, bem como uma datação Pb-Pb evaporação de zircão de gnaisses monzograníticos. Também é formalizada uma unidade de anfibolitos arqueanos. A Folha Rio Bacajá possui três mil quilômetros quadrados e se situa a sul do município de Anapu, localizado às margens na rodovia Transamazônica (Fig. 1b).



- Carajás (3,0 - 2,5 Ga)
- Amazônia Central (Arqueana?)
- Transamazonas (2,26 - 2,01 Ga)(Imataca e Bakhuis)
- Tapajós-Parima (2,03 - 1,88 Ga)
- Rio Negro (1,82 - 1,52 Ga)
- Sunsás e K'Mudku (1,45 - 1,10 Ga)
- Faixa orogênica Araguaia
- Folha Rio Bacajá (1:100.000)

A



B

Figura 1a. Mapa de províncias geocronológicas do Cráton Amazônico (Santos et al. 2000). 1b. Mapa de localização da Folha Rio Bacajá, estado do Pará.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Durante o mapeamento geológico da Folha Rio Bacajá (1:100.000), realizado no âmbito do convênio CPRM-UFPR-FUNPAR (Pronageo), foram percorridas estradas vicinais de direção norte-sul, que facilitaram a cartografia das estruturas regionais de direção WNW-ESE (Fig. 1b). Apesar das condições climáticas, da pouca densidade de vias de acesso e da descontinuidade das exposições de rochas, ressalta-se a excelente qualidade dos

Elemento	Al ₂ O ₃	Ba	Be	CaO	Ce	Cr ₂ O ₃	Dy	Er	Eu	Fe ₂ O ₃	Ga	Gd	Hf	Ho	K ₂ O	La
Erro	0,01	1	1	0,01	0,1	0,2	0,05	0,03	0,02	0,04	0,5	0,05	0,1	0,02	0,01	0,1
Elemento	Lu	MgO	MnO	Na ₂ O	Nb	P ₂ O ₅	Pr	Rb	SiO ₂	Sm	Sr	Tb	Th	TiO ₂	Tm	U
Erro	0,01	0,01	0,01	0,01	0,3	0,01	0,02	0,1	0,01	0,05	0,5	0,01	0,2	0,01	0,01	0,1
Elemento	V	W	Y	Yb	Zr	Ag	As	Au	Bi	Cd	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Sb
Erro	8	0,5	0,1	0,05	0,1	0,1	0,5	0,5	0,1	0,1	0,1	0,01	0,1	0,1	0,1	0,1

Para a datação do ortognaisses, a coleta dos cristais de zircão seguiu os passos habituais de trituração, pulverização, lavagem, peneiramento, separação magnética, elutriação, separação com líquidos pesados e seleção com lupa. A análise dos cristais de zircão do Complexo Aruanã foi realizada no Laboratório de Geologia Isotópica da Universidade Federal do Pará (Pará-Iso) pelo método Pb-Pb (evaporação de zircão). A leitura das razões isotópicas foi feita no espectrômetro de massa Finnigan MAT 262. A idade é calculada após correções do Pb comum inicial, conforme o modelo de evolução do Pb em estágio duplo (Stacey & Kramers 1975) para os blocos de razões isotópicas com razões ²⁰⁴Pb/²⁰⁶Pb acima de 0,0004. Os resultados finais são mostrados com desvios de 2σ, após tratamento dos dados de acordo com as recomendações de Gaudette *et al.* (1998).

3. GEOLOGIA REGIONAL

No território brasileiro, a Província Transamazonas ou Maroni-Itacaúnas (Santos, 2003; Tassinari e Macambira 2004; Vasquez *et al.*, 2008a)

afloramentos, os quais ocorrem em lajedos constituídos por rocha sã. Os dados geoquímicos foram obtidos nos laboratórios da Acme, sendo que os elementos, maiores, menores e alguns elementos-traço foram analisados por Fluorescência de raios X. As concentrações de outros elementos-traço e dos elementos terras raras foram obtidas por ICP-MS.

Abaixo seguem as informações sobre o erro analítico das análises químicas.

ocorre nos escudos das Guianas e Brasil Central. De acordo com Santos (2003), a Província Transamazonas resulta de uma orogenia relacionada ao Ciclo Transamazônico (2,26-1,95 Ga). O Domínio Bacajá é limitado a sul pela Província Carajás, a oeste pelo Domínio Iriri-Xingu da Província Amazônia Central, a leste pelo Cinturão Araguaia e a norte é encoberto pela Bacia Sedimentar do Amazonas.

3.1. O Domínio Bacajá

João *et al.* (1987) e Vasquez *et al.* (2008a) dividem este domínio em sete unidades, agrupadas de acordo com sua gênese, que pode estar relacionada ao retrabalhamento de fragmentos no Riacciano ou diretamente ao orógeno riacciano (arcos de ilha, arcos continentais e colisão continental).

3.1.1. Rochas do embasamento arqueano

Gnaisses tonalíticos, atribuídos ao Complexo Xingu (Souza *et al.* 2003; Souza e Kotschoubey 2005) foram datados por Macambira *et al.* (2009) pelo método Pb-Pb evaporação de zir-

ção, sendo obtida a idade de idade de 2671 ± 3 Ma.

Vasquez et al. (2008a) incluíram unidades de alto grau na Associação Granulítica Arqueana-Paleoproterozoica. Incluem as rochas metassedimentares pertencentes ao Granulito Novolândia e Paragnaisse Ipiaçava, o Ortogranulito Máfico Rio Preto e os complexos granulíticos ortoderivados Cajazeiras e Aruanã. As fontes detríticas para o Paragnaisse Ipiaçava (oeste do domínio) são mesoarqueanas a siderianas e as idades de metamorfismo estão em torno de 2,10 e 2,07 Ga. A primeira idade é interpretada por Macambira et al. (2009) como reflexo do metamorfismo de alto grau relacionado ao pico da colisão. A segunda idade é atribuída ao metamorfismo granulítico de baixa pressão da extensão crustal pós-colisional.

De acordo com Macambira et al. (2007), os granulitos ortoderivados forneceram idades para os protólitos entre 3009 ± 27 Ma e 2606 ± 6 Ma e idades metamórficas preferencialmente próximas de 2,07 Ga. Os mesmos autores encontraram uma idade metamórfica de 2064 ± 4 Ma para o Granulito Novolândia (leste do domínio). Segundo Macambira et al. (2009), outra unidade igualmente antiga corresponde aos granitoides siderianos, cristalizados há cerca de 2,44 Ga, que representam crosta continental retrabalhada, provavelmente em um arco continental. Nas proximidades da localidade de Brasil Novo e Belo Monte há gnaisses quartzo dioríticos e quartzo monzodioríticos considerados como porções remanescentes crustais siderianas.

Os ortognaisses de fácies anfibolito (ortognaisses Pacajá e Uruará) e o Metatonalito Rio Bacajá foram agrupados por Vasquez et al. (2008a) na Associação Granito-Gnáissico-Migmatítica Arqueana-Paleoproterozoica. Segundo os autores, os protólitos ígneos remetem idades entre 2671 ± 3 Ma e 2313 ± 9 Ma e uma idade de 2195 ± 3 Ma, obtida no Ortognaisse Pacajá, pode traduzir um episódio de migmatização. Os isótopos de Nd destas unidades apontam para fontes juvenis (T_{DM} de 2,67 Ga e ϵ_{Nd} de +2,7) e crustais (T_{DM} de 3,10 Ga e ϵ_{Nd} de -10,8).

3.1.2. Arcos oceânicos remanescentes

De acordo com Macambira et al. (2009), o *greenstone belt* Três Palmeiras conserva as primeiras rochas supracrustais siderianas formadas no cráton, representadas por uma associação vulcano-plutônica com idade de 2,36 a 2,34 Ga, relacionada a porções de arcos de ilhas ou de assoalho oceânico que colidiram contra a margem continental ativa e, por isso, a unidade se cerca de rochas continentais mais jovens. Segundo aqueles autores, há metatonalitos, metadioritos e meta-andesitos siderianos (2,36 a 2,31 Ga) associados ao *greenstone belt* Três Palmeiras e ao Metatonalito Rio Bacajá (Complexo Jacaré). Os dados de isótopos de Nd obtidos no Grupo Três Palmeiras (ϵ_{Nd} de +1,73 a +1,64 e T_{DM} de 2,47 e 2,49 Ga) sugerem relação com acreção juvenil, iniciada há cerca de 2,36 Ga (Vasquez, 2006).

Outras unidades metavulcanosedimentares correspondem ao Grupo Vila União e à Sequência de Rochas Supracrustais. De acordo com Vasquez et al. (2008a), a presença de *greenstone belts* siderianos (Grupo Três Palmeiras) e até arqueanos (Vila União) no Domínio Bacajá, o distingue de outros domínios da Província Transamazônicas, onde estas sequências estão relacionadas a bacias de arcos magmáticos riacianos. Jorge et al. (1987) atribuíram a porção superior do *greenstone-belt* Três Palmeiras ao Micaxisto Bacajá enquanto a porção basal é descrita como Anfibolito Itatá. Faraco et al. (2005) também identificaram estas rochas no Domínio Bacajá.

A unidade de topo é formada por metadacitos transformados em micaxistos, por quartzo-sericitaxistos, metatufos, filitos, quartzitos e formações ferríferas bandadas de fácies xisto-verde e anfibolito.

A unidade basal, Anfibolito Itatá, é formada por anfibolitos e actinolita xistos de textura nematoblástica e com assinatura subalcalina toleítica. Segundo Faraco et al. (2005), importantes falhas e dobras afetam a unidade. A xistosidade tem mergulhos superiores a 60° (João et al., 1987).

3.1.2. Granitoides Riagianos

Macambira et al. (2009) identificaram diferentes períodos de intrusão de granitoides riagianos, entre 2,22 e 2,08 Ga, evidenciando três estágios orogênicos.

O primeiro estágio teria ocorrido em ambiente de arco continental, entre 2,22 e 2,18 Ga, quando parte da crosta arqueana fundiu e gerou os magmas. O segundo estágio envolveu magmas com componentes juvenis cristalizados entre 2,16 e 2,13 Ga. O terceiro estágio se processou entre 2,09 e 2,07 Ga, com a intrusão de granodioritos, monzogranitos e charnockitos gerados pela fusão de crosta juvenil retrabalhada. Os granitoides mais jovens são mais evoluídos quimicamente e menos deformados. Vasquez et al. (2008a) descrevem três unidades litotectônicas atribuídas a estágios orogênicos de três períodos de magmatismo (Macambira et al. 2009).

As Suítes Plutônicas Pré-Colisionais abrangem granitoides com idades entre 2215 ± 2 Ma e 2133 ± 10 Ma. Para Vasquez (2006) estas rochas se relacionam a arcos magmáticos riagianos, instalados nas bordas de um continente no Sideriano. Os granitoides incluídos são: Tonalito Brasil Novo, granodioritos Oca e Belo Monte, Monzogranito Piranhaquara e Metatonalito Tapiranga. Os dados isotópicos de Nd apontam fontes variadas para esses granitoides pré-colisionais, com pouca (ϵ_{Nd} de -1,59 e -0,71 e T_{DM} de 2,47 e 2,49 Ga) a significativa contribuição crustal (ϵ_{Nd} de -4,29 a -6,36 e T_{DM} de 2,74 a 2,93 Ga).

Os charnockitos do Complexo Bacajaí, o Granodiorito Babaquara e o Granito Canaã não apresentam composições típicas de granitoides sin-colisionais, e suas idades em torno de 2,1 Ga são contemporâneas ao clímax da colisão continental e por isso foram agrupados nas Suítes Plutônicas Sin a Tardicolisionais (Vasquez et al., 2008a). Os dados de isótopos de Nd indicam

contribuições crustais (ϵ_{Nd} de -3,40 e -3,45 e T_{DM} de 2,59 e 2,54 Ga) (Vasquez, 2006).

Charnockitos e granitos das suítes Arapari e João Jorge, intensamente controlados pelas transcorrências de direção NW-SE e WNW-ESE e datados entre 2086 ± 5 Ma e 2096 ± 6 Ma, intrudiram após a colisão continental de ca. 2,1 Ga e são reunidos nas Suítes Plutônicas Tardi- a Pós-colisionais. Ainda de acordo com Vasquez et al. (2008a), os isótopos de Nd indicam que suas fontes são crustais e que a componente de crosta arqueana é mais significativa nos granitos (ϵ_{Nd} de -4,12 a -6,49 e T_{DM} de 2,57 e 2,73 Ga) que nos charnockitos (ϵ_{Nd} de -2,40 e -3,12 e T_{DM} de 2,46 e 2,47 Ga). Localmente afloram granitos com componente sideriana e restrita participação crustal (ϵ_{Nd} de -0,60 e T_{DM} de 2,33 Ga).

Nas imediações da rodovia Transamazônica, entre Novo Repartimento e Belo Monte ocorrem granitoides paleoproterozoicos, cuja datação forneceu a idade de 2076 ± 6 Ma (Pb-Pb evaporação de zircão) (Barros et al., 2007). Na área de estudo, são descritos monzogranitos, granodioritos, tonalitos, sienogranitos e quartzo dioritos, relacionados às suítes plutônicas sin- a tardi-colisionais e tardi- a pós-colisionais propostas por Vasquez et al. (2008a). Barros et al. op. cit., Perico (2010) e Perico et al. (2017) descrevem acamamentos magmáticos primários, foliações magmáticas secundárias e zonas miloníticas, que foram atribuídas à contemporaneidade entre granitogênese e deformação regional compressiva.

Além dos três estágios de granitogênese sugeridos por Macambira et al. (2009), Vasquez et al. (2008a) propõem a Suíte Plutônica Pós-orogênica, formada pelo Granodiorito Sant'Ana, de 1986 ± 5 Ma, cuja origem tem significativa contribuição crustal neoarqueana (ϵ_{Nd} de -8,89 e T_{DM} de 2,83 Ga) (Vasquez, 2006).

4. GEOLOGIA DA ÁREA

As rochas arqueanas perfazem 3% da Folha Rio Bacajaí e afloram de modo predominante nas

suas porções nordeste e leste (Fig. 2). São identificados anfíbolitos, metagranitoides e gnaisses neoarqueanos. Os anfíbolitos foram

descritos pela primeira vez neste trabalho, sendo então formalizada a unidade Anfibolito Armezinho. Estas rochas arqueanas são seccionadas por granitoides foliados riacianos e por diques de diabásio mesozoicos.

4.1. Anfibolitos

No nordeste da Folha Rio Bacajá afloram anfibolitos sob a forma de uma faixa estreita (6 km x 0,5 km) orientada na direção WNW (Fig. 3). Estas rochas ocorrem em raros lajedos de dimensões métricas que estão em contato com ortognaisses monzo a sienograníticos ou granitos milonitizados arqueanos. Como discutido abaixo, os efeitos de metamorfismo de contato observados nos anfibolitos permitiram posicioná-los estratigraficamente abaixo dos ortognaisses. A assinatura aerogeofísica destes anfibolitos é marcada por altos magnéticos. Lineamentos magnéticos de direção NE refletem a presença de uma zona de cisalhamento de atitude N40-55E/85SE que afeta ortognaisses e desloca o corpo anfibolítico. Estes anfibolitos são formalizados neste trabalho como uma unidade litoestratigráfica denominada de Anfibolito Armezinho, que pela sua provável idade arqueana, pertenceria ao Complexo Aruanã.

4.1.1. Petrografia e Geoquímica

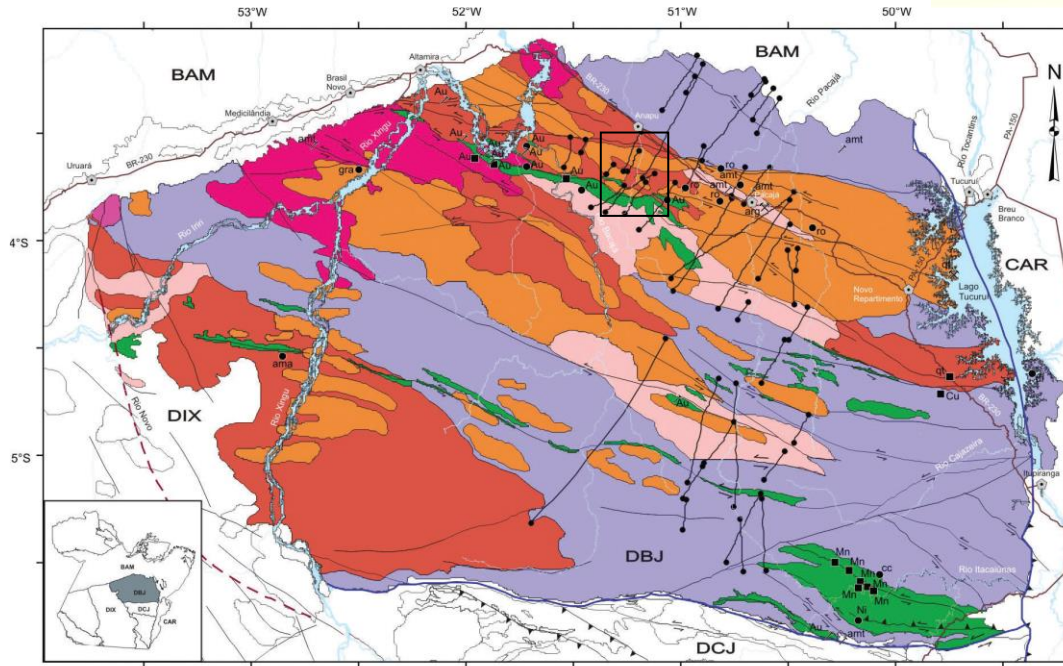
O Anfibolito Armezinho tem matriz fina de cor cinza escuro que hospeda grandes cristais hexagonais de plagioclásio de cor branca acinzentada (Fig. 4a). A matriz possui incipiente orientação preferencial e textura granoblástica ao passo que o plagioclásio (An 30-35) não tem orientação preferencial e exibe arranjo poiquiloblástico (Fig. 4b). A matriz é constituída por anfibólio castanho avermelhado, cristais límpidos de plagioclásio e quartzo de modo subordinado. Estas rochas têm foliação (N60W/85SW) moderada a fraca, marcada pela incipiente orientação preferencial de anfibólio da matriz (S_{n-1}). A ausência de feições de

recristalização dinâmica e as características texturais evidenciam o metamorfismo de contato de fácies hornblenda hornfels. Este aquecimento seria relacionado à colocação dos magmas graníticos.

O anfibolito analisado (Tabela 1) tem valores de SiO_2 de 50,55%, de Al_2O_3 de 12,45%, e elevados teores de TiO_2 (2,29%) e Fe_2O_3 (17,95%). Os teores de Zr (157 ppm), Y (42 ppm), Cu (118 ppm) e V (534 ppm) são relativamente elevados. Os teores de elementos terras raras (ETR) são cerca de sessenta vezes os valores do condrito de Sun & McDonough (1989). O padrão de ETR é marcado por fraco enriquecimento em ETR leves e moderado fracionamento ($(La/Lu)_N = 7$) (Fig. 5).

Esta rocha tem composição basáltica, subalcalina e toleítica nos diagrams de Irvine e Baragar (1971). Quando comparados com os tipos de basaltos discriminados por Müllen (1983), Pearce e Cann (1973) e Pearce e Norry (1979), a amostra do Anfibolito Armezinho se assemelha com basaltos do tipo MORB. Esta rocha tem assinatura comparável a dos toleitos ricos em ferro de fundo oceânico (Wilson 1989) e a *greenstones* arqueanos (Cattel & Taylor 1990).

As razões Th/Yb e Nb/Yb, consideradas por Pearce (2008) como traçadores da natureza de manto, aproximam-se daquelas de rochas transicionais entre basaltos do tipo E-MORB e os basaltos que experimentaram interação crustal. As concentrações de Sr, Zr e Y do anfibolito são elevadas e comparáveis àquelas de basaltos do tipo E-MORB. As diferenças em relação a este tipo são os valores mais elevados de Fe_2O_3 , Nb, Rb e Ba do anfibolito analisado. Entretanto, o comportamento dos elementos terras raras, caracterizado por enriquecimento em terras raras leves, permite atribuir esta assinatura à fusão parcial de peridotitos enriquecidos (Kamenetsky et al. 2000, Donnelly et al. 2004, Waters et al. 2011).



Associações Tectônicas do Domínio Bacajá

PP3 *Suíte Plutônica Pós-orogênica - granitóide orosiriano que pode representar um pulso magmático tardio do Ciclo Transamazônico ou um reflexo de antepais da Orogênese Cuiú-Cuiú. Granodiorito Sant'Ana (1986 Ma).*

Órgeno Riacciano do Ciclo Transamazônico (Arcos de Ilha/Magmático e Colisão Continental)

PP2.3 *Suítes Plutônicas Tardi a Pós-colisionais - granitóides e chamockitos riaccianos (2086-2069 Ma) relacionados ao relaxamento crustal posterior à colisão transamazônica. Suítes intrusivas Arapari e João Jorge.*

PP2.2 *Suítes Plutônicas Sin a Tardicolisionais - granitóides e chamockitos riaccianos (2114-2094 Ma) relacionados ao climax da colisão continental (ca. 2,1 Ga). Complexo Bacajá, Granito Canaã, Granodiorito Babaquara.*

PP2.1 *Suítes Plutônicas Pré-colisionais - granitóides de arcos de ilha e magmáticos riaccianos (2215-2133 Ma) colididos durante o Ciclo Transamazônico. Tonalito Brasil Novo, granodioritos Oca e Belo Monte, Monzogranito Piranhaquara e Metatonalito Tapiranga.*

Fragmentos Arqueanos e Siderianos Retrabalhados no Riacciano

APPgn *Associação Granito-grnáissico-migmatítica Arqueana/Paleoproterozóica - ortognaisses migmatíticos com protólitos arqueanos a siderianos (2671-2338 Ma) e leucossomas riaccianos (2195 Ma). Ortognaisses Pacajá e Uruará, Metatonalito Rio Bacajá.*

APPgb *Greenstone Belts Arqueano/Paleoproterozóicos - seqüências metavulcano-sedimentares neoarqueanas a siderianas. Grupo Vila União, Seqüência Três Palmeras (2359 Ma), Rochas Supracrustais 1.*

APPgl *Associação Granulítica Arqueana/Paleoproterozóica - granulitos com protólitos (3009-2597 Ma) de fontes detriticas (3135-2475 Ma) arqueanas e siderianas, e metamorfismo granulítico riacciano (2109-2064 Ma), com chamockitos associados. Complexo Cajazeiras, Ortogranelito Máico Rio Preto, Granulito Novolândia, Paragnaisses Ipiacava.*

Figura 2. Mapa geológico do Domínio Bacajá (Vasquez et al. 2008b). O retângulo indica a Folha Rio Bacajá.

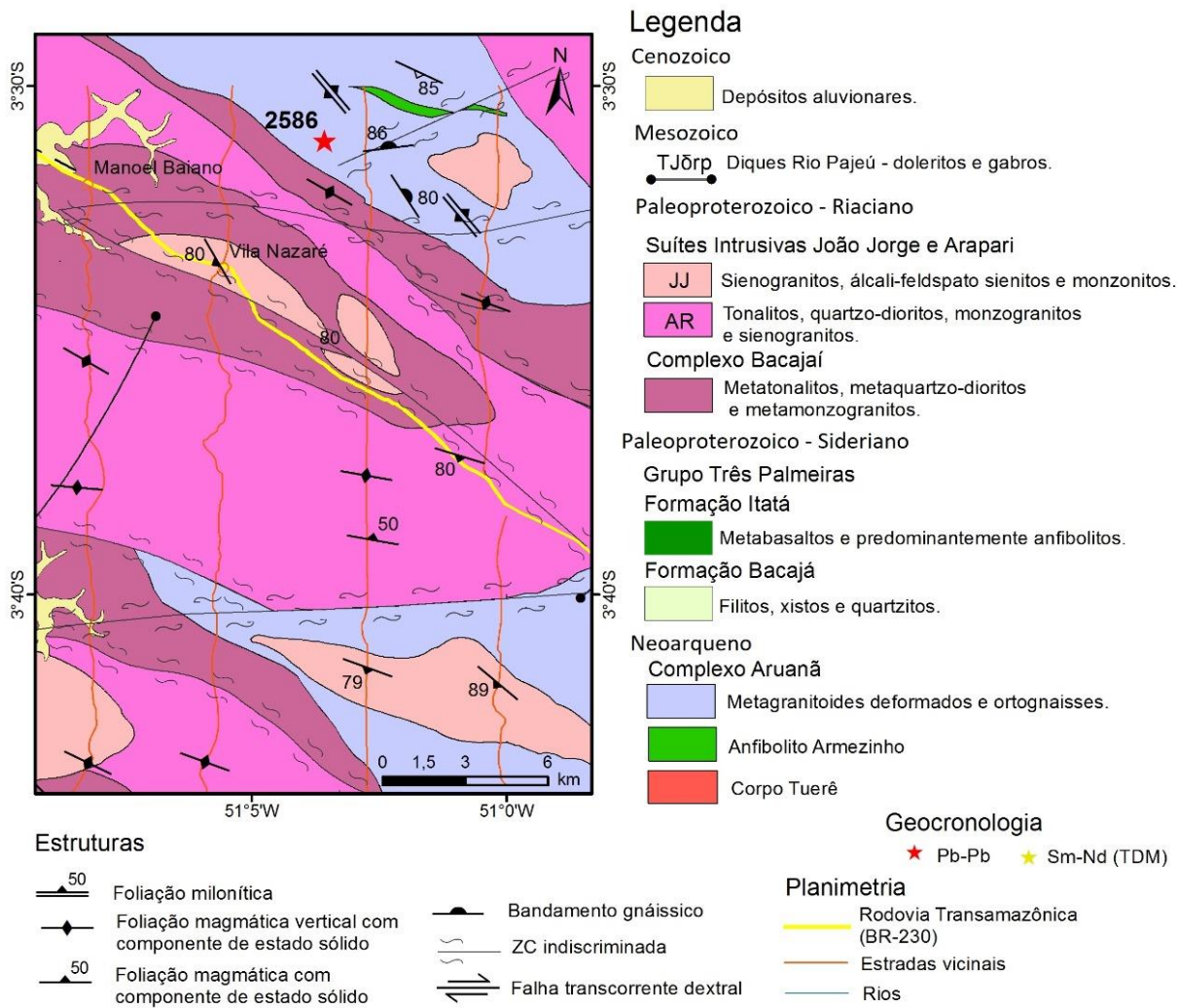
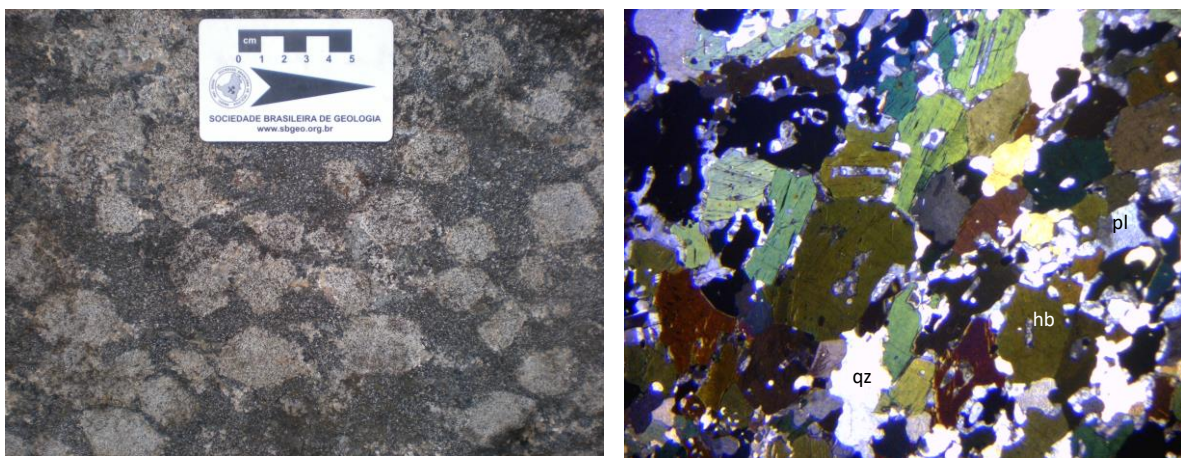


Figura 3. Mapa Geológico da parte nordeste da Folha Rio Bacajá, Província Transamazonas.



Figuras 4. a) Aspectos mesoscópicos do Anfibolito Armezinho. Notar matriz fina com poiquiloblastos de plagioclásio; b) fotomicrografia (polarizadores cruzados) mostra textura granoblástica do Anfibolito (pl = Plagioclásio, qz = quartzo, hb = Hornblenda). (UTM 490084 / 9606346).

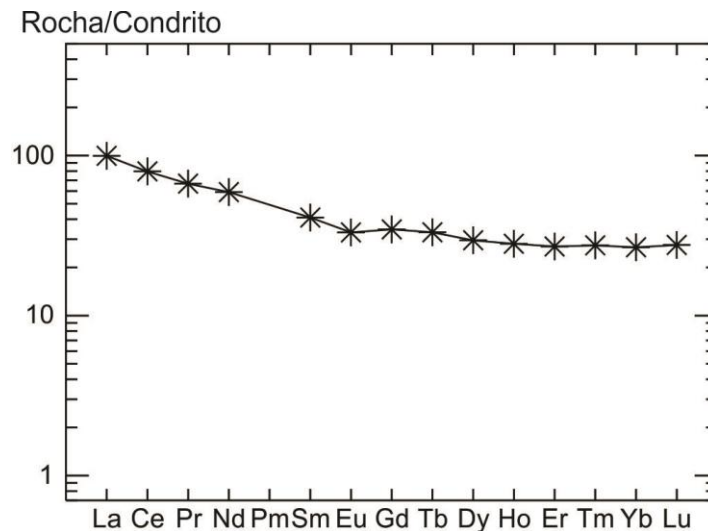


Figura 5. Padrão de elementos terras raras do Anfibolito Armezinho.

4.2. Ortognaisses e Metagranitoides

Os contatos entre os ortognaisses e as rochas do Complexo Bacajá são inferidos. Porém, o paralelismo do traçado do contato com as orientações aeromagnéticas e com zonas de cisalhamento adjacentes sugere que o contato seja em parte tectônico. Os efeitos de metamorfismo de contato, observados no Anfibolito Armezinho e causados provavelmente pelos granitoides precursores destes gnaisses permitem sugerir que em alguns locais o contato é intrusivo. Isto possibilita posicionar os anfibolitos estratigraficamente abaixo dos ortognaisses e metagranitoides.

Em imagens aerogamespectrométricas, os ortognaisses e metagranitoides mostram valores intermediários a altos no canal do potássio e valores baixos nos canais do tório e urânio. No nordeste da Folha Rio Bacajá, os dados aeromagnéticos mostram lineamentos com duas orientações preferenciais, uma de direção WNW e a outra com orientação NE. A primeira reflete zonas miloníticas e a segunda coincide com uma falha de atitude N40-55E/85SE.

4.2.1. Petrografia

No nordeste da Folha Rio Bacajá afloram metagranitoides de composições tonalíticas, monzograníticas e sienograníticas que apresentam foliação incipiente, bandamento gnáissico e foliação milonítica. Os milonitos monzograníticos e sienograníticos têm cor cinza rosado e podem mostrar porfiroclastos de microclínio em meio à matriz milonítica de granulação fina a média (Fig. 6a).

Os gnaisses monzograníticos têm granulação média e cor cinza claro (Fig. 6b). São compostos por microclínio (40%), plagioclásio (25%), quartzo (25%), biotita (8%), hornblenda (1%) e acessórios (1%), dentre os quais epidoto, opacos e titanita. Por vezes há um bandamento composicional milimétrico marcado por níveis leucocráticos e mesocráticos. Estes gnaisses possuem textura granular orientada definida pela orientação preferencial moderada dos cristais.

Os cristais de microclínio são finos a grossos e geralmente anédricos a subédricos. Alguns fenocristais são euédricos. Os contatos são retilíneos, curvilíneos a irregulares. Há orientação preferencial forte de fenocristais paralela ao bandamento composicional. Os

cristais finos têm orientação preferencial fraca e pertitas. Feições deformacionais são ausentes.

Os cristais de plagioclásio são geralmente finos, por vezes médios, e geralmente subédricos. Seus contatos são curvilíneos, irregulares e retos. A orientação preferencial é fraca, e seus cristais formam níveis junto a microclínio e quartzo. A alteração para epidoto é fraca.

Os cristais de quartzo são finos a grossos, anédricos e geralmente com forte orientação preferencial. Os contatos entre os grãos são curvilíneos. Entre os novos grãos, os contatos são denteados e lobados. Há extinção ondulante, subgrãos e por vezes novos grãos.

A biotita forma níveis preferenciais de espessura milimétrica (1 a 2 mm), seus cristais são finos e anédricos e mostram contatos retilíneos a irregulares. Há orientação preferencial muito forte da biotita. Não são observadas feições de deformação intracristalina. Anfibólio ocorre raramente e em níveis ricos em minerais ferromagnesianos, seus cristais são finos, subédricos, seus contatos são retos a irregulares e nota-se forte orientação preferencial. Não há feições de deformação intracristalina.

Os opacos são finos, anédricos a subédricos e geralmente estão orientados ao longo da foliação e associados aos níveis ricos em minerais ferromagnesianos.

Nos monzogranitos miloníticos há muscovita formada pelo sobrecrecimento da sericita saussuritização. A muscovita é fina, anédrica a subédrica. Sua formação estaria relacionada a efeitos termais causados pelas intrusões graníticas paleoproterozoicas.

No leste da área estudada há metatonalitos de cor cinza médio, e textura inequigranular com de matriz fina a média e cristais médios a grossos de plagioclásio (Fig. 6c). Estas rochas têm 20% de minerais ferromagnesianos cujos cristais mostram incipiente a moderada orientação preferencial. A textura da rocha é granular orientada, por vezes porfirítica.

Os cristais de quartzo são inequigranulares, finos a médios, anédricos, em geral possuem foram alongada e muitas vezes constituem

agregados alongados e orientados de subgrãos e novos grãos. Em cristais com subgrãos, é comum o aspecto em tabuleiro de xadrez. Por vezes se nota a interdigitação de novos grãos.

Feldspato potássico é subordinado e seus cristais são grossos, subédricos, têm contatos retos a levemente curvos e extinção ondulante moderada. Há pertitas em chama e localmente mirmequitas.

O plagioclásio é médio a grosso, subédrico a anédrico, mostra limites retos a levemente curvos e orientação preferencial incipiente. Seu zoneamento é moderado, não oscilatório e a maior saussuritização do núcleo do cristal sugere que o zoneamento é normal. Por vezes, nota-se leve encurvamento das maclas e *kink* em fase inicial. Há raros domínios pequenos de microclínio no plagioclásio (antipertita).

Os cristais de anfibólio (7%) são finos a médios, anédricos a subédricos, mostram limites retilíneos, curvos a denteados. Há moderada orientação preferencial e podem mostrar novos grãos dispostos ao longo da foliação. Ao anfibólio se associam cristais de biotita, opacos, apatita, titanita, epidoto, allanita e zircão, algumas vezes estes minerais estão inclusos no anfibólio.

Os cristais de biotita (12%) são inequigranulares, muito finos a finos, subédricos a anédricos, possuem limites retos a irregulares a levemente curvos. Bordas corroídas representam feição simplectítica localizada. A biotita tem moderada orientação preferencial e em geral forma agregados com anfibólio, titanita, allanita, opacos, apatita, zircão, epidoto e allanita. Extinção ondulante moderada pode ser observada, assim como raras trilhas de novos grãos. Os minerais opacos e os cristais de titanita são muito finos a finos, subédricos a euédricos, mostram fraca orientação preferencial e em geral se associam aos minerais ferromagnesianos.



A



B



C

Figura 6. A) Gnaiss sienogranítico (UTM 494916 / 9611258). B) Gnaiss monzogranítico com forte foliação homogênea. (UTM 494861 / 9609116). C) Metatonalito com foliação incipiente e textura inequigranular (UTM 499748 / 9591496).

4.2.2. Geoquímica

Duas amostras de ortogneisses foram analisadas, uma de composição tonalítica e uma sienogranítica (Tabela 1).

O metatonalito possui teores de CaO (4,92%), Al₂O₃ (16,40%), Fe₂O₃ (6,31%) e MgO (2,35%), refletindo a sua proporção modal de plagioclásio e de minerais ferromagnesianos. Esta rocha possui baixos teores de Nb, Rb, Zr e Y. Os teores elevados de Ba e Sr refletem, em parte, a quantidade de plagioclásio. As concentrações de ETR são baixas ($\Sigma = 193$ ppm), porém mais elevadas de terras raras leves em relação aos terras raras pesados, o que resulta em forte fracionamento [(La/Lu)_N = 21]. Não há anomalia de Eu nesta rocha (Fig. 7a).

O gnaiss sienogranítico tem teor relativamente baixo de SiO₂ (65,98%) e moderado de Fe₂O₃ (5,41%). Suas concentrações de Ba (1711 ppm) e de Sr (513 ppm) são elevadas (Tabela 1). Os teores de Zr (375 ppm), Nb (17 ppm) e Y (38

ppm) são maiores que os do gnaiss tonalítico e traduzem o caráter mais evoluído do gnaiss sienogranítico. O padrão de elementos terras raras do gnaiss sienogranítico é marcado por valores moderados a altos de terras raras leves e teores baixos de terras raras pesados (Fig. 7A; Tabela 1), denotando padrão moderadamente fracionado, sobretudo, dos elementos terras raras leves ((La/Lu)_N = 20). A anomalia negativa de Eu é incipiente na amostra de gnaiss sienogranítico.

Nos diagramas de Frost et al. (2001), as rochas gnáissicas tonalíticas e sienograníticas analisadas se situam nos campos das rochas magnesianas a ferrosas, respectivamente (Fig. 7b). Ambas mostram assinatura cálcio-alcálica (Fig. c). No diagrama de Pearce et al. (1984), o tonalito se situa no campo dos granitos de arco magmático, ao passo que o gnaiss sienogranítico está na transição entre o campo dos granitos de intraplaca e o campo das rochas de arco magmático (Fig. 7d).

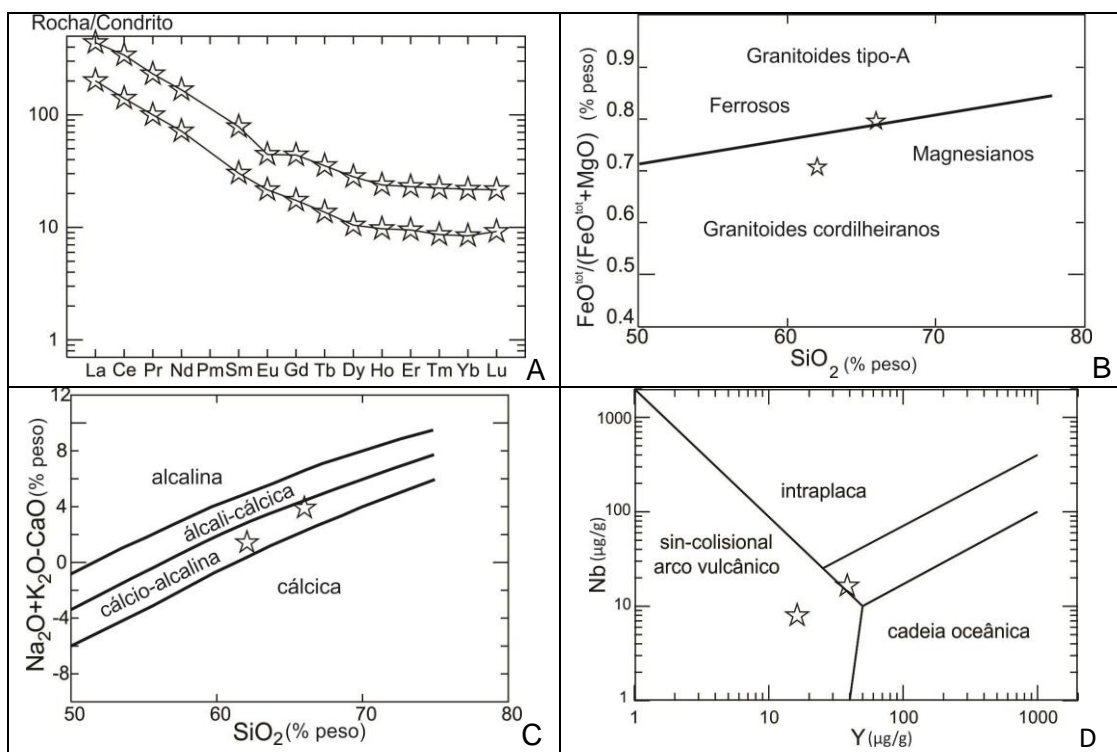


Figura 7. Diagramas com dados químicos de ortogneisses da Folha Rio Bacajá. A) Padrões de elementos terras raras de gnaisses tonalítico e sienogranítico (mostra teores mais elevados de ETR). B e C) Diagramas de Frost et al. (2001) e D) de Pearce et al. (1984). Para os diagramas de Frost et al. (2001), os valores das análises de elementos maiores foram normalizados a 100%.

Tabela 1. Dados químicos de elementos maiores (% em peso) e elementos-traço (ppm) do Anfibolito Armezinho e de ortognaisses do Complexo Aruanã.

	Anfibolito Armezinho			Gnaisses			
	tonalítico			sienogranítico			
	FB 98	FB 25	FB 100				
SiO ₂	50,55	62,03	65,98	Sb	<0,1	0,5	<0,1
Al ₂ O ₃	12,45	16,40	14,38	Se	0,8	<0,5	<0,5
TiO ₂	2,29	0,59	0,86	Tl	<0,1	0,4	0,3
Fe ₂ O ₃	17,95	6,31	5,41	Cu	118,1	15,2	6,5
MgO	4,69	2,35	1,25	Ni	45,5	<20	<20
MnO	0,24	0,10	0,08	Co	58,6	16,1	10,1
Cr ₂ O ₃	0,012	0,004	0,003	V	534	122	90
CaO	8,45	4,92	3,49	Hf	4,4	4,1	8,5
Na ₂ O	2,21	3,93	3,35	Sc	43	13	11
K ₂ O	0,56	2,39	4,03	La	23,6	47,6	103,9
P ₂ O ₅	0,23	0,20	0,38	Ce	48,7	85,7	208,1
PF	0,15	0,5	0,4	Pr	6,34	9,50	21,94
Total	99,75	99,73	99,61	Nd	27,6	33,5	77,9
Ba	104	998	1711	Sm	6,27	4,63	11,99
Ga	16,6	20,6	17,2	Eu	1,92	1,25	2,58
Nb	11,4	7,9	16,3	Gd	7,10	3,57	9,03
Rb	12,2	98,7	138,1	Tb	1,24	0,51	1,32
Sr	134,2	542,7	512,8	Dy	7,50	2,66	7,16
Ta	0,8	0,6	1,4	Ho	1,59	0,55	1,35
Th	3,5	11,1	32,2	Er	4,47	1,57	3,81
U	0,7	2,7	2,4	Tm	0,70	0,22	0,57
Cs	0,2	4,1	0,3	Yb	4,54	1,43	3,70
Zr	156,8	150,5	374,6	Lu	0,69	0,23	0,54
Y	41,6	16,2	38,4	ΣETR	142	193	454
Be	1	2	2	(La/Sm) _N	16	6,4	5,4
Sn	2	2	3	(Gd/Lu) _N	0,2	1,9	2,1
W	<0,5	<0,5	<0,5	(La/Lu) _N	7	21,5	20,0
Mo	0,6	0,7	1,1				
Zn	40	62	57				
Ag	40	<0,1	<0,1				
As	<0,1	0,5	0,5				
Au	<0,5	1,8	<0,5				
Bi	<0,5	<0,1	<0,1				
Cd	<0,1	<0,1	<0,1				
Hg	<0,01	<0,1	<0,01				
Ni	71	4,4	4,8				
Pb	1,9	4,1	12,7				

4.2.3. Geocronologia

Uma amostra de gnaiss sienogranítico porfirítico protomilonítico foi datada pelo método Pb-Pb em zircão, coletada no nordeste da Folha Rio Bacajá (amostra FB 99, UTM 494836 / 9611830, banda 22). Esta rocha tem

foliação forte e se situa nas proximidades do contato com o Anfibolito Armezinho. O valor de $2585,9 \pm 4,6$ Ma (Fig. 8, Tabela 2) é interpretado como sendo a idade mínima para a cristalização do protólito granítico. Esta idade é próxima daquela de 2604 ± 4 Ma, obtida por Ricci (2008).

Tabela 2. Dados isotópicos de análises por evaporação de Pb em zircão de gnaiss sienogranítico do Complexo Aruanã.

Zircão	Temp.	Razões	²⁰⁴ Pb/ ²⁰⁶ Pb	(²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁶ Pb) _c	2σ	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	2σ	(²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb) _c	2σ	Idade (etapa)	2σ	Idade (grão)	2σ
A99/13	1550	36	6289	0,21154	0,00091	0,17457	0,00034	0,17282	0,0005	2585	5	2585	5
A99/18	1500	32	9709	0,18129	0,00075	0,17465	0,0006	0,1733	0,00053	2590	5	2590	5
A99/19	1500	16	9804	0,20367	0,00084	0,17389	0,00032	0,17263	0,00036	2584	4	2584	4
A99/25	1500	14	12658	0,20077	0,00412	0,17367	0,00101	0,17273	0,00138	2585	13	2585	13
Média (grãos 13+18+19+25, MSWD = 1,2)											2585,9 ± 4,9		7

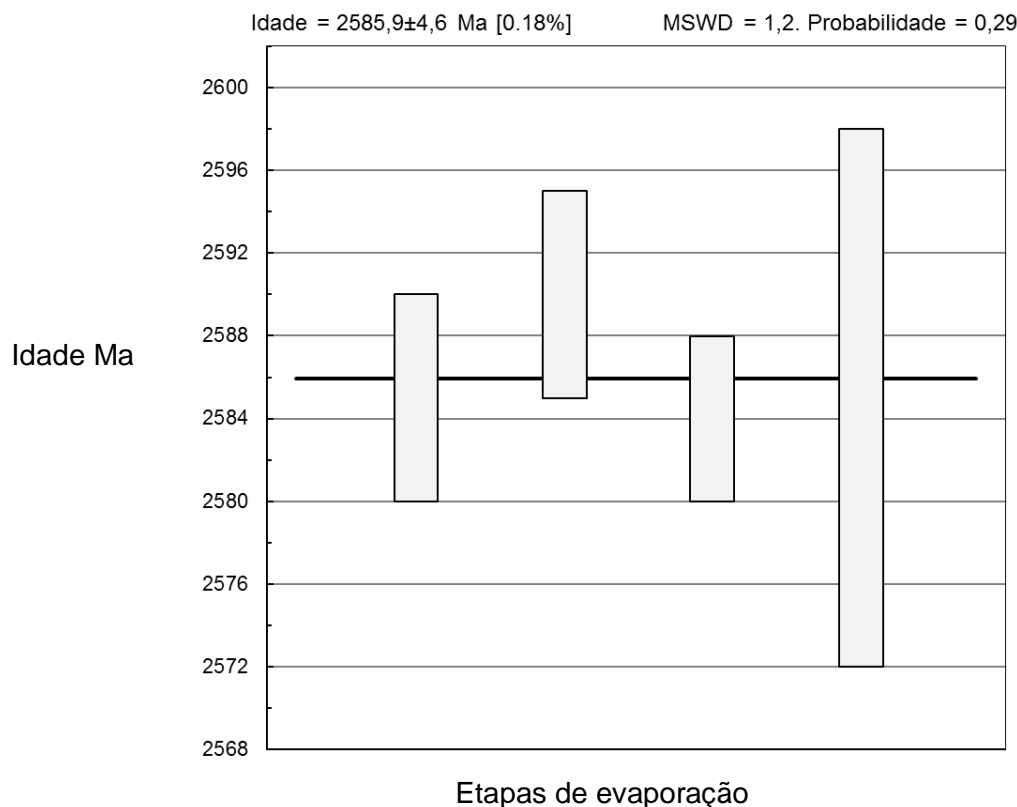


Figura 8. Diagrama idade vs. etapas de evaporação de zircão de gnaiss sienogranítico do Complexo Aruanã (UTM 494836 / 9611830).

5. GEOLOGIA ESTRUTURAL DOS GNAISSES E METAGRANITOIDES

Os ortognaisses do nordeste da área se distinguem em tipos porfíricos e em tipos equigranulares. Nas rochas porfíricas há uma foliação (S_{n-1}), possivelmente primária, marcada pela alternância de níveis ricos em minerais ferromagnesianos com níveis quartzo-feldspáticos (Figs. 9A-b). Em alguns afloramentos a foliação tem atitude N75E/30NW e é desenhada pela orientação preferencial dos minerais ferromagnesianos e de fenocristais de feldspato potássico. Esta superfície é cortada e dobrada pela zona milonítica (S_m) de espessura métrica. Esta foliação milonítica tem atitude N55W/70S, ou seja, concordante com a estruturação regional. Neste domínio há localmente tectonitos fortemente linearizados desenvolvidos pela intersecção destas superfícies. Nos gnaisses equigranulares há

uma foliação S_{n+1} forte, marcada pela forte orientação preferencial dos cristais de quartzo, feldspatos e minerais ferromagnesianos (Figs. 10a-b). A alternância de níveis ricos em minerais ferromagnesianos com níveis quartzo-feldspáticos dá origem a um bandamento gnáissico retilíneo e homogêneo de atitude N60W/90. Por vezes, a foliação pode mostrar leve ondulação e estruturas do tipo *pinch-and-swell* (Fig. 10a).

Quartzo pode ocorrer em níveis preferenciais feldspáticos de espessura milimétrica e que estão dispostos de modo concordante à foliação gnáissica (Fig. 10b). Esta foliação gnáissica é afetada por duas bandas de cisalhamento rúptil-dúctil. A primeira banda de cisalhamento tem atitude N33W/80NE e sentido de movimentação destrai. A segunda banda de cisalhamento tem atitude N83E/86NW sentido de movimentação sinistral.

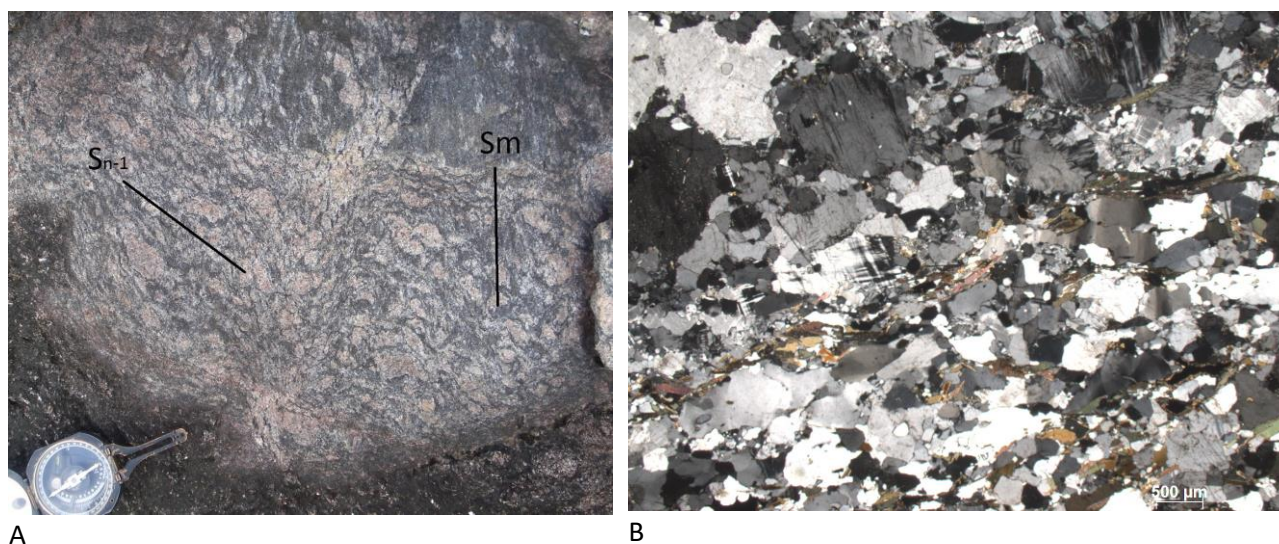


Figura 9. Gnaiss sienogranítico do Complexo Aruanã (UTM 494916 / 9611258). A) notar duas foliações, a S_m é milonítica e oblitera a foliação anterior S_n . B) Fotomicrografia (polarizadores cruzados) do gnaiss sienogranítico com foliação S_{n-1} .

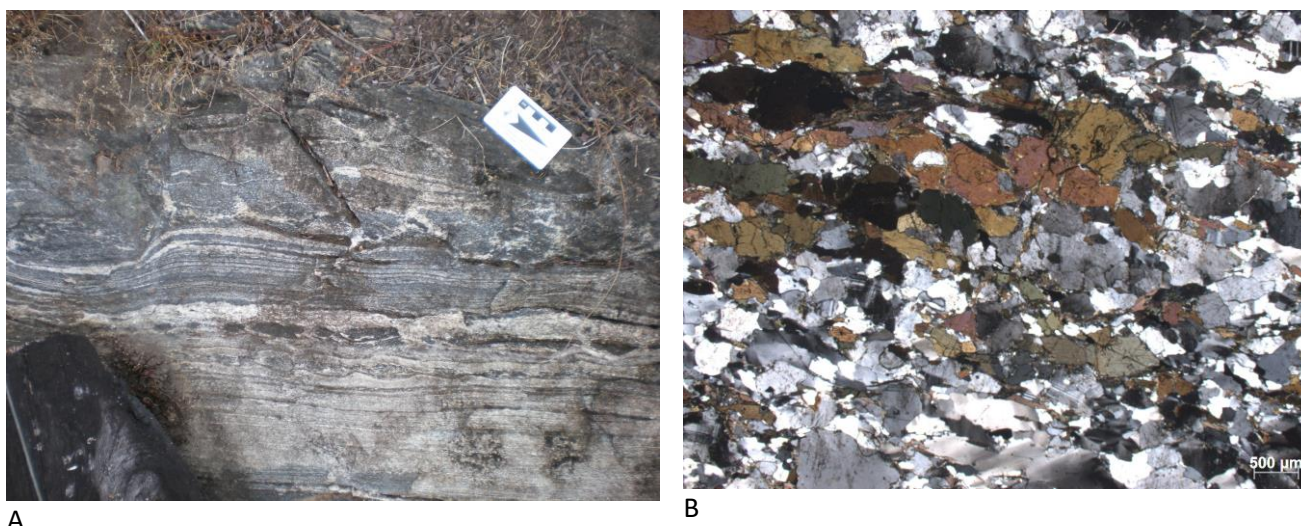


Figura 10. A) Gnaiss do Complexo Aruanã (UTM 494861 / 9609116) com foliação Sn+1 e estrutura “pinch-and-swell”. B) Fotomicrografia (polarizadores cruzados) mostrando foliação definida pela orientação preferencial dos minerais.

6. CONCLUSÕES

Na Folha Rio Bacajá afloram porções remanescentes de rochas arqueanas subordinadas aos granitoides foliados riacianos. Dentre as primeiras foram descritos anfibolitos e gnaisses monzograníticos e tonalíticos. Estas rochas se assemelham àquelas descritas mais a leste na Folha Tucuruí e atribuídas ao Complexo Aruanã.

Os anfibolitos têm assinatura similar ao E-MORB e sua assembleia mineral e textura evidenciam metamorfismo termal muito provavelmente provocado durante a cristalização dos protólitos dos metagranitos e ortognaisses. A formação dos poiquilobastos de plagioclásio teria envolvido o mecanismo redução da área limite do grão em condições estáticas e de condições de fácies hornblenda hornfels.

Os gnaisses e metagranitos foram submetidos a duas fases de deformação, uma possivelmente arqueana (orientação de fenocristais de feldspato potássico) e uma fase de cisalhamento dúctil de direção NW, concordante com as estruturas regionais riacianas de direção NW-WNW. Nos milonitos, a presença de novos grãos de

feldspatos sugere que a deformação ocorreu a temperaturas superiores a 450°C.

Os gnaisses e metagranitos são cálcio-alcalinos e poderiam ter sido formados em ambiente de arco magmático no fim do Arqueano (2586 Ma). As baixas concentrações de ETR pesados poderiam ser explicadas pela origem de magmas em grandes profundidades, onde a granada teria sido retida na fonte. A origem de magmas ácidos em grandes profundidades estaria em acordo com um ambiente de subducção. Entretanto, devido ao número reduzido de amostras este contexto geodinâmico e as considerações petrogenéticas têm caráter preliminar.

A formação de núcleos neoarqueanos (~ 2,5 Ga) do Terreno Bacajá, constituídos por rochas com características de arco magmático, e situados a norte da Província Amazônia Central (*cf.* Tassinari & Macambira 2003) ou Província Carajás (*cf.* Santos et al. (2000) poderia explicar os efeitos de reabertura isotópica nos sistemas Rb-Sr regionalmente marcados por isócronas Rb-Sr de 2,55 Ga nas rochas arqueanas com idades entre 2,97 a de 2,75 Ga. Estes reflexos neoarqueanos traduziriam o registro

isotópico do sistema Rb/Sr em resposta à fase de crescimento crustal do final do Arqueano, e ao aquecimento e deformação da parte norte da Província Brasil Central/Carajás.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal do Paraná pelo apoio institucional, ao Serviço Geológico do Brasil - CPRM pela oportunidade e apoio financeiro no âmbito do Programa Nacional de Geologia e ao Departamento de Geologia da Universidade Federal do Paraná pela infraestrutura e apoio institucional. Os autores agradecem aos editores do Boletim Paranaense de Geociências e aos pareceristas pela oportunidade. O primeiro autor agradece à Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Professores de Ensino Superior pela bolsa de mestrado e o segundo autor agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela bolsa de produtividade em pesquisa (Números 306.021/2012-9 e 309.625/2015-7).

REFERENCIAS

- ALMEIDA F. F. M., HASUI Y., BRITO-NEVES B. B. & FUCK R. A., 1981. Brazilian structural provinces: an introduction. *Earth-Science Reviews* 17:1-29.
- AVELAR V. G., LAFON J. M., DELOR C., GUERROT C. & LAHONDÈRE D., 2003. Archean crustal remnants in the easternmost part of the Guiana Shield: Pb-Pb and Sm-Nd geochronological evidence for Mesoarchean versus Neoproterozoic signatures. *Géologie de la France* 2-3-4:83-100.
- BARROS C. E. M., MACAMBIRA M. J. B., SANTOS M. C. C., SILVA D. C. C., PALMEIRA L. M. C. & SOUSA M. M., 2007. Estruturas sinmagmáticas e idade de zircão de granitos (evaporação de Pb) paleoproterozoicos da parte leste do domínio Bacajá, Província Maroni-Itacaiúnas. *Revista Brasileira de Geociências* 37(2):293-304.
- BESSER M. L., 2012. Petrologia da rochas granitoides da Folha Rio Bacajá, Província Maroni-Itacaiúnas. Dissertação de mestrado, Curitiba, Universidade Federal do Paraná. 135 p.
- CARNEIRO C. C., FRASER S. J., CRÓSTA, A. P., SILVA, A. M. & BARROS, C. E. M., 2012. Semiautomated geological mapping using self-organizing maps in airborne geophysics in the Brazilian Amazon. *Geophysics* 77(4):17-24.
- CATTEL A. C. & TAYLOR, R. N., 1990. Archean basic magmas. In R.P. Hall & D.J. Hughes eds. *Early Precambrian Basic Magmatism*. 1-486, Blackie & Son Limited, Glasgow.
- CORDANI U. G., SATO K., TEIXEIRA W., TASSINARI C. C. G. & BASEI M. A. S., 2000. Crustal Evolution of the Southern American Platform. In: Cordani U.G., Milani, E.J., Thomaz Filho A., Campos, D.A. (eds.). *Tectonic Evolution of South America*: 1-40, BECA, São Paulo.
- DELOR C., LAHONDÈRE D., EGAL E., LAFON J. M., COCHERIE A., GUERROT C., ROSSI P., TRUFFERT C., THÉVENIAUT H., PHILLIPS D. & AVELAR V. G., 2003. Transamazonian crustal growth and reworking as revealed by the 1:500.000-scale geological map of French Guiana (2nd edition). *Géologie de la France* (2-3-4):5-57.
- DONNELLY K., GOLDSTEIN S. L., LANGMUIR C. H. & SPIEGELMAN M., 2004. Origin of enriched ocean ridge basalts and implications for mantle dynamics. *Earth and Planetary Science Letters* 226:347-366.
- FARACO M. T. L., VALE A. G., SANTOS J. O., LUZARDO R., FERREIRA A. L., OLIVEIRA M. A. & MARINHO P. A. C., 2005. Levantamento geológico da região ao norte da Província Carajás. *Contribuições à Geologia da Amazônia* 4:32-43.
- FROST B. R., BARNES C. G., COLLINS W. J., ARCULUS R. J., ELLIS D. J. & FROST C. D., 2001. A Geochemical Classification for Granitic Rocks. *Journal of Petrology* 42(11):2033-2048.
- GAUDETTE H. E., LAFON J. M., MACAMBIRA M. J. B., MOURA C. A. V. & SCHELLER T., 1998. Comparison of single filament Pb evaporation/ionization zircon ages with conventional U-Pb results: Examples from the Precambrian of Brazil. *Journal of South American Earth Sciences* 11(4):351-363.
- IRVINE T. N. & BARAGAR W. A. R., 1971. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Canadian Journal of Earth Sciences* 8:523-546.
- JOÃO X. S. J., VALE A. G. & LOBATO T. A. M., 1987. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Altamira. Folha SA.22-Y-D. Estado do Pará:1-31. CPRM/DNPM, Belém.
- KAMENETSKY V. S., EVERARD J. L., CRAWFORD, A. J., VARNE R., EGGINS S. M. & LANYON R., 2000. Enriched End-member of Primitive MORB Melts: Petrology and Geochemistry of Glasses from Macquarie Island (SW Pacific). *Journal of Petrology* 41(3):411-430.
- LE MAITRE R. W., BATEMAN P., DUDEK A., KELLER J., LAMEYRE J., LE BAS M. J., SABINE P. A., SCHMID R., SORENSEN H., STRECKEISEN A., WOOLLEY A. R. & ZANNETTIN B., 2004. *Igneous rocks: a classification and glossary of terms*. 2ª Ed. New York, NY, USA: Cambridge University Press.
- MACAMBIRA E. M. B. & RICCI P. S. F., 2008. Contexto geológico e potencial da Folha Tucuruí (SA.22-Z-C) – Estado do Pará. 45º Congr. Bras. Geol., Curitiba, CD-ROM.
- MACAMBIRA E. M. B. & RICCI P. S. F., 2011. Mapa Geológico da Folha Tucuruí (SA.22-Z-C), CPRM-SUREG Belém.
- MACAMBIRA M. J. B., VASQUEZ M. L., SILVA D. C. C., GALARZA M. A., BARROS C. E. M., CAMELO J. F., 2009. Crustal growth of the central-eastern Paleoproterozoic domain, SW Amazonian craton: Juvenile accretion vs. reworking. *Journal of South American Earth Sciences* 27:235-246.
- MARTIN H. & MOYEN J. F., 2002. Secular changes in tonalite-trondhjemite-granodiorite composition as markers of the progressive cooling of Earth. *Geology* 30(4):319-322.
- MULLEN E. D., 1983. MnO/TiO₂/P₂O₅: a minor element discriminant for basaltic rocks of oceanic environments and its implication for petrogenesis. *Earth Planetary Science Letters* 62:53-62.
- PEARCE J. A., 2008. Geochemical fingerprinting of oceanic basalts with applications to ophiolite classification and the search for Archean oceanic crust. *Lithos* 100:14-48.
- PEARCE J. A. & CANN J. R., 1973. Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses. *Earth and Planetary Science Letters* 19:290-300.

- PEARCE J. A., HARRIS N. B. W. & TINDLE A. G., 1984. Trace Element Discrimination Diagrams for the Tectonic Interpretation of Granitic Rocks. *Journal of Petrology* 25(4):956-983.
- PEARCE J. A. & NORRY M. J., 1979. Petrogenetic implications of Ti, Zr, Y and Nb. Variations in volcanic rocks. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 69:33-37.
- PERICO E., 2010. Análise Estrutural da Província Maroni-Itacaiúnas e da Bacia do Amazonas na Região de Altamira (PA). Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, 119 p.
- PERICO E., BARROS, C. E. M., MANCINI F., ROSTIROLLA, S. P. 2017. Protracted deformation during cooling of the Paleoproterozoic arc system as constrained by $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ of muscovite from brittle faults: the Transamazonian Bacajá Terrane, Brazil. *Brazilian Journal of Geology*, 47(3): 427-440.
- RICCI P. S. F., 2006. Most of the "Xingu Complex" previously mapped in the Bacajá high-grade block (Pará) comprises retrograded granulites as yet unsuspected from a petrological standpoint. 43 Cong. Bras. Geol, Aracaju.
- RICCI P. S. F. & MACAMBIRA E. M. B., 2011. Folha Tucuruí (1:250.000), Serviço Geológico do Brasil – CPRM, Belém.
- RICCI P. S. F. & COSTA E. J. S., 2004. Orogenic charnockitoids previously mapped as granulitic basement of the Bacajá Terrane (Eastern-Central Pará). 42 Cong. Bras. Geol, Araxá.
- ROSA-COSTA L. T., RICCI P. S. F., LAFON J. M., VASQUEZ M. L., CARVALHO J. M. A., KLEIN E. L. & MACAMBIRA E. M. B., 2003. Geology and geochronology of Archean and Paleoproterozoic domains of southwestern Amapá and northwestern Pará, Brazil, southwestern Guiana Shield. *Géologie de la France* 2-3-4:101-120.
- ROSA-COSTA L. T., LAFON J. M. & DELOR C., 2006. Zircon geochronology and Sm-Nd isotopic study: further constraints for Archean and Paleoproterozoic geodynamical evolution of the southeastern Guiana Shield, north of Amazonian craton, Brazil. *Gondwana Research* 10:277-300.
- SANTOS J. O. S., HARTMANN L. A., GAUDETTE, H. E., GROVES D. I., MCNAUGHTON N. J. & FLETCHER I. R., 2000. A new understanding of the Provinces of the Amazon Craton based on integration of field mapping and U-Pb and Sm-Nd geochronology. *Gondwana Research* 3(4):453-488.
- SANTOS J. O. S., 2003. Geotectônica dos Escudos das Guianas e Brasil Central. In: *Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil*: 169-223. CPRM, Brasília.
- SOUZA V. S., MACAMBIRA M. J. B. & KOUTCHOUBEY B., 2003. Idade de zircão do granito Felício Turvo, garimpo de ouro do Manelão, região do Bacajá (PA): implicações tectônicas. 8 Simpósio de Geologia da Amazônia, SBG, Manaus, Resumos Expandidos.
- STACEY J. S. & KRAMERS J. D., 1975. Approximation of terrestrial lead isotopic evolution by a two stage model. *Earth and Planetary Sciences Letters* 26:207-221.
- SUN S. & MCDONOUGH W. F., 1989. Chemical and isotopic systematic of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. *Geological Society Publication* 42:313-345.
- TASSINARI C. C. G. & MACAMBIRA M. J. B., 1999. Geochronological provinces of the Amazonian Craton. *Journal of International Geoscience* 22(30):174-182.
- TASSINARI C. C. G. & MACAMBIRA M. J. B., 2004. A evolução tectônica do Cráton Amazônico. In: *Geologia do Continente Sul-Americano, Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. Editora Beca, São Paulo.
- VANDERHAEGHE O., LEDRU P., THIÉBLEMONT D., EGAL E., COCHERIE A., TEGYEV M. & MILESI J. P., 1998. Contrasting mechanism of crustal growth Geodynamic evolution of the Paleoproterozoic granite-greenstone belts of French Guyana. *Precambrian Research* 92:165-193.
- VASQUEZ M. L., MACAMBIRA M. J. B. & GALARZA M. A., 2005. Granitóides Transamazônicos da região Iriri-Xingu, Pará – novos dados geológicos e geocronológicos. *Contribuições à Geologia da Amazônia* 4:16-23.
- VASQUEZ M. L., 2006. Geocronologia em zircão, monazita e granada e isótopos de Nd das associações litológicas da porção oeste do Domínio Bacajá: evolução crustal da porção meridional da Província Maroni-Itacaiúnas – sudeste do Cráton Amazônico. 208 p. Tese (Doutorado em Geoquímica e Petrologia) – Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém.
- VASQUEZ M. L. & ROSA-COSTA L. T. 2008. *Geologia e Recursos Minerais do Estado do Pará*. Escala 1:1.000.000: 1-328. CPRM, Belém.
- VASQUEZ M. L., MACAMBIRA M. J. B. & ARMSTRONG R. A., 2008a. Zircon geochronology of granitoids from western Bacajá domain, southeastern Amazonian craton, Brazil: Neoproterozoic to Orosirian evolution. *Precambrian Research* 161:279-302.
- VASQUEZ M. L., ROSA-COSTA L. T., SILVA C. M. G., RICCI P. S. F., BARBOSA J. P. O., KLEIN E. L., LOPES E. C. S., MACAMBIRA E. M. B., CHAVES C. L., CARVALHO J. M. A., OLIVEIRA J. G. F., ANJOS G. C. & SILVA H. R., 2008b. Unidades litoestratigráficas. In: *VASQUEZ M. L. & ROSA-COSTA L. T. Geologia e Recursos Minerais do Estado do Pará*. Escala 1:1.000.000: 113-216. CPRM, Belém.
- WATERS C. L., SIMS K. W. W., PERFIT M. R., Blichert-Toft J., Blusztajn J., 2011. Perspective on the Genesis of E-MORB from Chemical and Isotopic Heterogeneity at 9-10°N East Pacific Rise. *Journal of Petrology* 52(3):565-602.
- WILSON M., 1989. *Igneous Petrogenesis. A Global Tectonic Approach*: 1-466. Chapman & Hall. London.

Submetido em 03/11/2022

Aceito em 30/11/2022