

OS MINERAIS PESADOS E IDADES DE ZIRCÕES DOS SEDIMENTOS DE PRAIAS (BARRAS EM PONTAL) DOS RIOS PURUS E ACRE NO ESTADO DO ACRE (BRASIL)*

Marcos Soares de Oliveira¹

Marcondes Lima da Costa^{2**}

Jean-Michel Lafon³

¹Então em 2005 graduando em geologia da Faculdade de Geologia da Universidade Federal do Pará

²Então professor do PPGG/UFPA, orientador do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) de M.S. Oliveira, hoje professor titular voluntário do mesmo, marcondeslc@gmail.com**

³Então professor do PPGG/UFPA, coorientador do TCC de M.S. Oliveira, hoje professor Titular da mesma Instituição, lafonjm@ufpa.br

**Este trabalho foi apresentado por Marcos Soares de Oliveira em março de 2005 como Trabalho de Conclusão de Curso em Geologia (TCC), requisito fundamental para obtenção do título de geólogo pela Faculdade de Geologia da Universidade Federal do Pará, sob a orientação do prof. Dr. Marcondes Lima da Costa e a coorientação do prof. Dr. Jean-Michel Lafon. A pesquisa foi apoiada pelo projeto de pesquisa SelenMeras e Geosedintama e a taxa de bancada financiados pelo CNPQ sob a coordenação do professor Marcondes Lima da Costa. Nesta publicação manteve-se o conteúdo técnico original, não havendo qualquer alteração, exceto às referências bibliográficas relativas aos trabalhos publicados sobre o TCC. Mesmo considerando as quase duas décadas decorridas sobre a conclusão do trabalho, acredita-se que ele em sua íntegra original é ainda de real importância para as ciências geológicas, tanto no Acre como além de suas fronteiras. Parte dos resultados deste trabalho foram divulgados em Almeida et al. (2004) e Oliveira et al. (2005),*

*** Autor para correspondência*

ABSTRACT

The Purus River and its largest tributary, the Acre River, originate in Peru and constitute the main drainage system for the northeast and southeast portions of the State of Acre. These rivers and their smaller tributaries develop their beds over the Solimões Formation (Miocene to Pliocene-Late) and form a broad dendritic drainage pattern. During the rainy season, due to the high rainfall in the region and the low resistance of the drained rocks, these rivers mobilize a large volume of sediment, which is deposited mainly during the dry season, forming beaches (pointed bars), predominantly composed of fine sand, silt and clay. To investigate the probable primary sources of these sediments and their possible geographic locations, a mineralogical and morphological study of their heavy minerals and a geochronological analysis of their detrital zircons were used. Heavy minerals were extracted from fractions between 0.062-0.125 and 0.125-0.250. The transparent ones were investigated using a petrographic microscope and the opaque non-magnetic ones, together with the lithic fragments using a Scanning Electron Microscope (SEM/SED). In descending order, the main transparent heavy minerals of the Purus River are epidote (19%), kyanite (17%), zircon (14.5%), andalusite (8%), tourmaline (7.4%) and sillimanite (5.5%), in addition to these, in amounts less than 5%, staurolite, garnet, apatite, amphibole, chlorite, muscovite, biotite, anatase, pyroxene and cassiterite occur. With similar content and different proportions, the assemblage of heavy minerals from the Acre River consists of andalusite (22.5%), kyanite (22.5%), zircon (12%), epidote (8%), sillimanite (5%) and tourmaline (5%), its accessories are: garnet, muscovite, chlorite, apatite, amphibole, biotite, staurolite, titanite, anatase, serpentine and rutile. The non-magnetic opaque minerals of both rivers were shown to be predominantly formed by ilmenite, and the ages obtained in the zircons varied from 180 Ma to 3000 Ma, with great frequency in the intervals between 200-400 Ma and 900-1200 Ma.

INTRODUÇÃO

O rio Purus e seu principal afluente, o rio Acre, são os dois principais rios que drenam as porções nordeste e sudeste do Estado do Acre. Estes rios nascem no Peru e adentram o território

do Acre nas latitudes 9°25'00"S e 11°00'00" S, respectivamente Com forte padrão meandrante e águas barrentas, os rios Purus e Acre fluem com direção preferencial NE-SW, tendo seu ponto de convergência na cidade de Boca do Acre no Estado do Amazonas.

Em suas margens estão localizadas importantes cidades das porções nordeste e sudeste do Estado do Acre como: Manuel Urbano (no Purus), e Brasiléia, Xapuri, Rio Branco e Porto Acre (no rio Acre).

No período chuvoso, devido ao alto índice pluviométrico da região e a baixa resistência das rochas drenadas, esses rios mobilizam grande volume de sedimentos, os quais são depositados principalmente na época de estiagem formando praias (barras em pontal), compostas predominantemente por areia fina, silte e argila.

Embora a importância desses rios para região esteja diretamente ligada a navegabilidade, a qual ocorre principalmente no período entre janeiro e março, estes são ainda utilizados como reservatório natural de alimentos, uma vez que grande parte de suas populações ribeirinhas têm no pescado extraído, uma de suas principais fontes alimentícias. Além disso, com frequência, desenvolve-se atividades agrícolas de pequenos ciclos em suas praias, destacando-se a produção de milho, feijão e melancia.

O uso dessas praias como terreno de plantio não se dá apenas pela conveniência do escoamento da produção, mas também pela alta fertilidade apresentada em seus substratos. Almeida *et al* (2003), estudando esses depósitos, constatou que mineralogicamente essas barras em pontal são constituídas por quartzo, feldspatos e argilominerais, e, atribuiu a alta fertilidade à disponibilidade de macronutrientes e a sua textura granulométrica, comparando-os a cambissolos.

Com intuito de investigar a provável fonte mineralógica primária desses sedimentos e sua possível localização geográfica, utilizou-se do estudo mineralógico e morfológico de seus minerais pesados, além da análise geocronológica pelo método Pb/Pb em seus zircões detríticos. Os resultados obtidos são aqui demonstrados e discutidos, constituindo o objeto dessa monografia.

Localização e acesso

A área estudada compreende as porções nordeste e sudeste do Estado do Acre, mais precisamente as barras em pontal desenvolvidas marginalmente aos leitos dos rios Purus e Acre, dentro dos limites do Estado (Figura 1). Essa região possui a maior densidade de municípios do

Estado do Acre, além de concentrar as principais cidades, incluindo a capital - Rio Branco. Apesar desta região, assim como as demais porções do Estado, apresentar notável potencial para o turismo ecológico, as atividades mais representativas para a economia local são: a agropecuária, o comércio, a agricultura de subsistência e o extrativismo vegetal.

O acesso à área pertencente às margens do rio Purus se dá em parte pela BR-364, que liga Rio Branco ao extremo noroeste do Estado (Cruzeiro do Sul). Tendo como ponto de partida a capital do Estado, segue-se pela rodovia supracitada até a cidade de Sena Madureira, de onde o resto do percurso, em direção a montante do Purus, só é possível por meio de pequenas embarcações ou através de aviões de pequeno porte.

Em direção as barras em pontal localizadas às margens do rio Acre, o trajeto pode ser feito quase que em sua totalidade pela BR-317, que une Assis Brasil (no extremo sudeste do Acre) à BR-364, na altura da cidade de Senador Guiomard (nordeste do Estado). Outra alternativa, porém, limitada a certos períodos do ano, é o uso de pequenas embarcações que navegam o rio Acre em quase toda sua extensão.

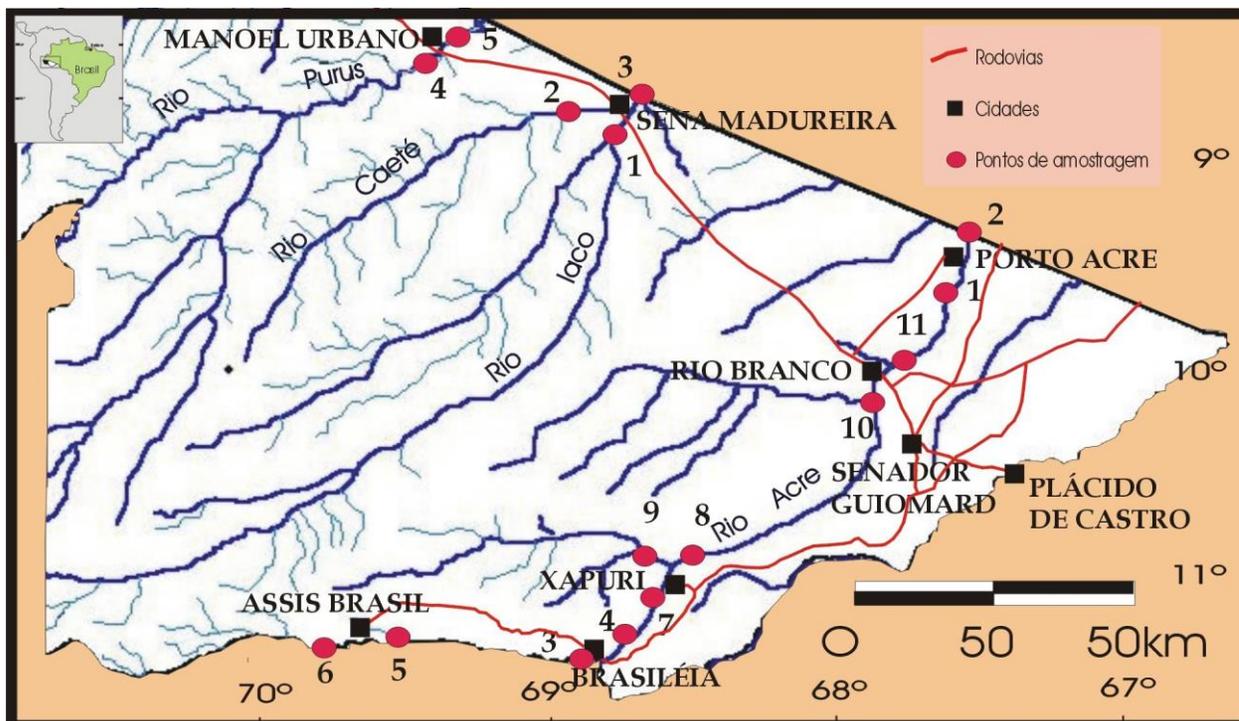


Figura-1 Localização da área e pontos de amostragem

GEOLOGIA DA ÁREA

Assim como nas demais porções do Estado do Acre, a geologia da área estudada é representada quase que em sua totalidade pela Formação Solimões (90% da área), os 10% restantes são compostos por depósito holocênicos.

A Formação Solimões consiste em sedimentos argilosos, sílticos e argilo-arenosos e de areias finas a médias, subangular com intercalações de linhito, nódulos calcáreos e limoníticos e veios de gipsita, indicativos de clima semiárido, sendo observados ainda conglomerados polimíticos. Os sedimentos são caracterizados por uma variedade de cores variando de vermelho a preto. As cores mais escuras (azul, cinza e preto) prevalecem nas partes mais superiores da formação. Nos arenitos, são comuns estruturas sedimentares tais como estratificação cruzada e laminar. Estruturas de bioturbação são freqüentes (Hoorn, 1993). A base desta formação está em contato gradual com Formação Ramón, este contato consiste de uma transição de argilitos avermelhados para arenito finos.

A Formação Solimões tem sido estudada e individualizada em diversos trabalhos, recebendo muitas denominações no Brasil e no Peru. Orton, em 1837, foi quem primeiro descreveu na localidade de Pebas, no rio Maranhão no Peru, argilas plásticas e arenosas, cinza-

escuras ou claras, contendo grandes depósitos de linhito denominando-as de Formação Pebas (Oliveira & Leonardos, 1943 *in* Radambrasil *op cit.*). No Brasil, Rego (1930) descreve a Série Solimões constituída de argilas e areias pardas, castanhas ou azuladas, ocorrendo ao longo dos rios Javari, Solimões, Acre e Purus.

Silva *et al.* 1976; Frailey *et al.* 1988, Kronberg *et al.* 1990 *in* Latrubesse & Rancy (1995) consideram a Formação Solimões como sendo de idade pleistocênica superior . Contudo, respaldados em novos dados paleontológicos, Latrubesse & Rancy (1995) passaram a considerar a Formação Solimões como pertencente ao Mioceno Superior-Plioceno nos níveis mais superiores que afloram no Acre.

Os depósitos holocênicos encontram-se dispostos discordantemente sobre a Formação Solimões e são divididos em Aluviões Indiferenciados e Aluviões Atuais.

Os Aluviões Indiferenciados representam os depósitos aluviais mais antigos formando os terraços, os colúvios e os elúvios do sopé da Serra do Divisor. Os primeiros são caracteristicamente argilosos, siltosos e arenosos de granulação predominantemente fina, com ocasionais níveis médios a grossos, apresentando-se com estruturas primárias, tais como estratificações cruzadas e plano-paralelas. Estes depósitos variam 1 a 6 m de espessura e geralmente apresentam contatos gradacionais entre seus litotipos, embora, às vezes, apareçam contatos bruscos delimitados por uma crosta ferruginosa. Os colúvios e elúvios, encontrados no sopé das serras, são formados por areias de cor creme, de granulometria média a grossa, com grãos de quartzo angulosos e subarredondados (Radambrasil, 1977).

Os Aluviões Atuais são encontrados nas planícies fluviais, constituindo barrancos e praias em ambas as margens dos rios, com até 5 m de espessura. As praias, nas partes convexas dos meandros, são compostas por sedimentos predominantemente arenosos de granulação fina, com cores branca, amarela e avermelhada (resultante do intemperismo). São compactos ou friáveis, por vezes, apresentam seqüência gradacional com areias muito finas contendo minerais opacos disseminados ou concentrados. É comum a presença de matéria orgânica recente constituída de vegetais em carbonização e ossos e madeira retrabalhada (Radambrasil, 1977).

Os sedimentos pelíticos e psamíticos da Formação Solimões e os aluviões holocênicos se estendem por além das fronteiras do Acre, tendo sido depositados sobre os sedimentos miocênicos e pré- miocênicos da Bacia do Acre (Costa *et al.* 1989). Esta bacia representa uma

zona de subsidência pericratônica, onde ocorrem sedimentos depositados desde o Paleozóico até o Terciário Superior.

Durante sua evolução, a Bacia do Acre, foi afetada pela orogenia andina dentre outras. O soerguimento da Cordilheira Andina Oriental, ao longo do Cretáceo e Terciário, teria criado condições favoráveis ao intemperismo e ao transporte de sedimentos, admitindo-se, portanto, que a área fonte da formação Solimões tenha sido proveniente desta porção andina. Este soerguimento bloqueou a bacia do Acre, transformando-a numa bacia intracontinental, ocorrendo uma inversão no sentido da rede de drenagem, que passa a fluir para leste, criando assim um ambiente tipicamente fluvial, responsável pela deposição de espessos pacotes argilo-arenosos constituindo então a Formação Solimões (Silva *et al* 1976). Latrubesse *et al.* (1994) descreve o ambiente deposicional da Formação Solimões representado por mega leques aluviais, cujas cabeceiras estariam localizadas nos Andes. Neste ambiente houve a formação de grandes lagos e pântanos e ocorrência de uma fauna diversa de vertebrados.

Após a deposição da Formação Solimões, pequenos movimentos na crosta causaram a reativação de falhas e fraturas condicionando o controle da drenagem, refletido pelo paralelismo dos rios e mudanças de direções nos seus cursos que posteriormente evoluiu para um sistema meandrante.

Aspectos geomorfológicos

Os rios Purus e Acre desenvolvem seus leitos sobre três unidades morfoestruturais: Depressão Amazônica, Planalto Rebaixado da Amazônia Ocidental e Planície Amazônica (Radambrasil, 1977). Tais unidades são distinguidas por suas feições morfoestruturais, as quais são refletidas pelo seu relevo, ou conjunto de relevos característicos.

A Depressão Amazônica (representada no Estado do Acre pela Depressão Rio Acre/Javari) alcança alturas gerais de no máximo 300 metros, representadas pelas extensas planícies de idades terciárias desenvolvidas sobre a Formação Solimões e pela área de altitude mais elevada (até 500 metros), denominada Complexo Fisiográfico da Serra do Divisor.

O Planalto Rebaixado (da Amazônia ocidental) foi também desenvolvido sobre a Formação Solimões, em área de interflúvios tabulares de relevo plano com altitudes de 250 m.

A Planície Amazônica é representada pelas planícies aluviais que margeiam os rios e pelos níveis de terraços descontínuos, remanescentes de sedimentos desenvolvidos durante o Pleistoceno Superior (Quaternário) que é a superfície mais baixa.

Na região de fluência do Purus, principalmente a montante da cidade de Santa Rosa do Purus, predominam relevos com baixo índice de dissecação, representados por colinas de topos convexos, separadas por vales em V de fundos planos (Figura 2). De Santa Rosa do Purus a jusante, as colinas de topos convexos vão sendo substituídas por relevos de topos contínuos e aguçados, com maior índice de dissecação. Conseqüentemente, ocorre o alargamento da planície fluvial e as primeiras incidências de meandros abandonados. Já na divisa do Estado do Acre com o da Amazônia dominam relevos de interflúvios nas laterais, com a planície de inundação quase sempre alagada, comportando grande número de meandros e praias.

O rio Acre apresenta caráter mais encaixado que o Purus, principalmente em áreas proximais às suas nascentes, onde, a paisagem é desenhada por colinas de topo convexo a semi-convexo, entalhadas por vales em forma de V com fundos chatos (Figura 3). De Xapuri a jusante, as colinas tornam-se menos dissecadas e passam a dominar interflúvios tabulares e planície aluvial com meandros e praias.

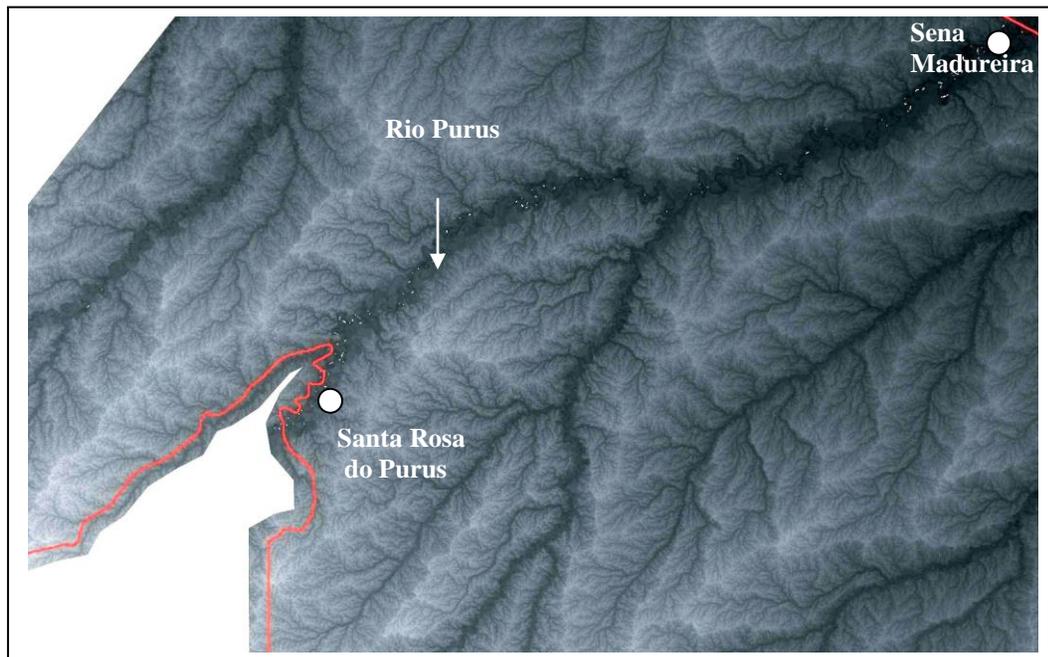


Figura-2 Imagem de satélite da região do rio Purus, onde se verifica a predominância de colinas de topo aguçado nas regiões a SW, que gradualmente vão sendo substituídas por relevos mais suaves, com conseqüente alargamento da planície aluvial; a linha vermelha representa o limite do Estado do Acre

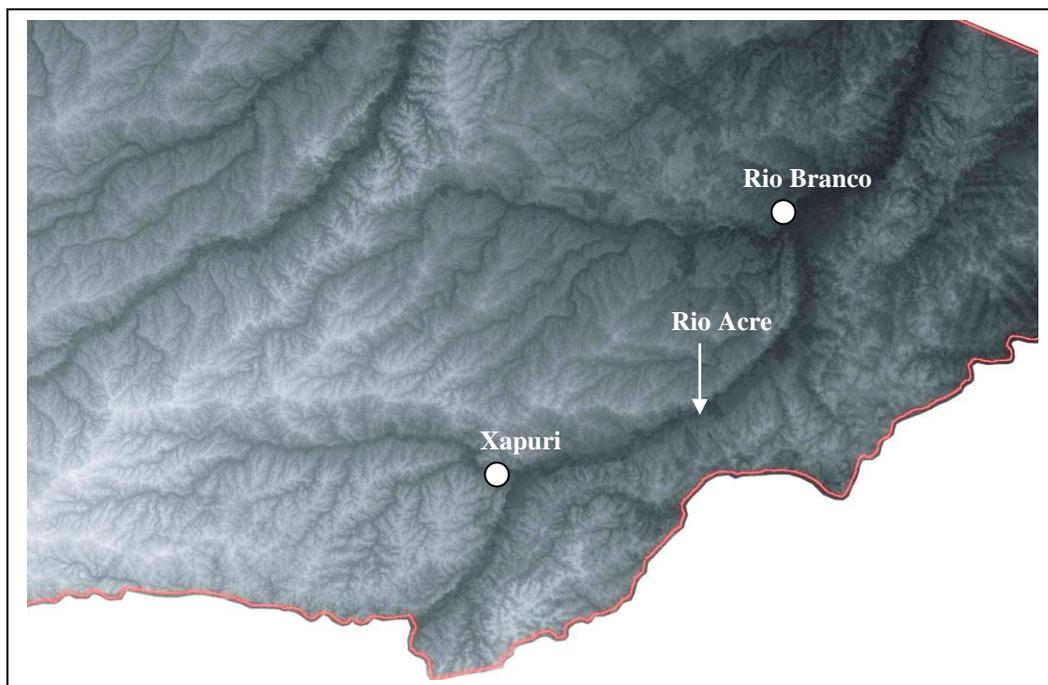


Figura-3 Aspectos geomorfológicos da região do curso do rio Acre, mostrando a presença de relevos com baixo índice de dissecação, principalmente a montante da cidade de Xapuri.

2.2- Praias (barras em pontal)

Os depósitos sedimentares de barras em pontal são típicos de sistemas fluviais meandrantos, podem ser compostos por cascalho, areia, silte e argila e, se depositam nas curvas dos rios, formando fácies de acrescentamento lateral, com planos de tempo mergulhando paralelamente ao eixo do meandro (Figura 4). Apresentam granulometria decrescente ascendente e formam estruturas sigmoidais orientadas para o interior do canal (Teixeira et al 2001).

A geometria, a composição e as dimensões destes depósitos são dependentes de fatores como: topografia, energia hidráulica e tipos de rochas drenadas. Suas deposições estão relacionadas às variações de energia dentro do próprio canal, onde, em sua porção côncava, a corrente flui com maior velocidade, erodindo os sedimentos dos barrancos laterais, os quais são transportados e depositados na porção convexa do meandro seguinte.

As barras em pontal, as quais no presente trabalho foram genericamente chamadas de

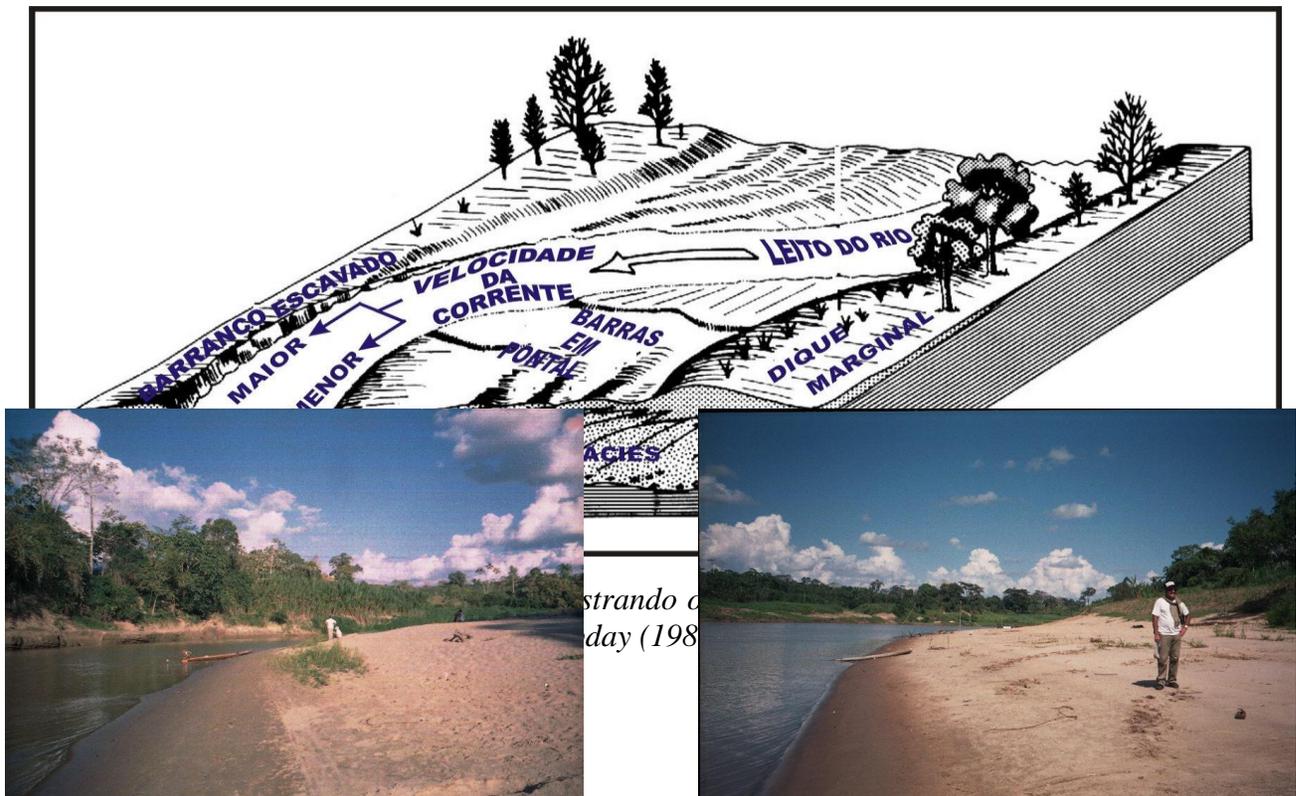


Figura-5 Praia localizada no rio Iaco, um dos principais afluentes da margem esquerda do rio Purus.

Figura-6 Praia localizada às margens do rio Purus nas proximidades da cidade de Sena Madureira

praias, são feições comuns nos rios do Estado do Acre, sobretudo no Purus e no Acre. Possuem extensões variáveis, desde poucas dezenas de metros, podendo chegar até 500 metros, como é o caso da praia do Amapá no rio Acre. São mais frequentes nas porções nordeste e noroeste da área estudada. Regiões estas que apresentam relevos mais aplainados, com larga planície de inundação, onde, os rios fluem lentamente proporcionando o estabelecimento de um magnífico sistema fluvial meandrante.

Além de acrescentar beleza ao bucólico cenário, que é o Estado do Acre, as praias dos rios Purus e Acre têm sua importância relacionada à sobrevivência e ao bem-estar, tanto para a população das cidades aos seus arredores, quanto para a ribeirinha. A primeira usufrui destas como locais de recreação, principalmente nos feriados e férias, e os ribeirinhos usam de seus substratos para a produção de alimentos essenciais como feijão, milho e melancia.

A estreita relação entre estes substratos e os habitantes destas regiões perde-se nos registros históricos, pois segundo vários historiadores, antes mesmo da chegada do “homem branco” a essas regiões, os silvícolas que ali habitavam já se utilizavam desses terrenos para produção de componentes de sua dieta alimentar. Posteriormente, com o declínio do mercado da



Figura-7 Praia localizada na margem esquerda do rio Acre, próximo a Rio Branco.



Figura-8 Praia localizada na margem esquerda do rio Acre, entre as cidades de Xapuri e Rio Branco.

borracha, os nordestinos que haviam sido remanejados, e até mesmo recrutados para trabalhar na extração do látex foram exonerados de seus vínculos empregatícios e viram-se obrigados a dedicarem-se a outra atividade que permitisse os seus sustentos e, assim como os índios, passaram cultivar as praias, e o fazem até hoje.

Este exótico substrato para cultivares tem despertado a curiosidade e o interesse de vários pesquisadores das chamadas Ciências da Terra, entre eles, destacam-se os trabalhos realizados pelo Grupo de Mineralogia e Geoquímica Aplicada (GMGA), que nos últimos anos vem executando pesquisas enfocadas nas características mineralógicas e geoquímicas desses terrenos. Entre os trabalhos executados e coordenados por tal grupo destaca-se o Projeto SelenMerAs, que tem como objetivo estudar a ocorrência de selênio, mercúrio, arsênio e outros metais (Cd, Pb, U) de impacto ambiental em sedimentos quaternários da Amazônia Brasileira. Este projeto conta com a parceria de órgãos de pesquisa, como a exemplo do Instituto Evandro Chagas, o Museu Emilio Goeldi e universidades da Alemanha.

As praias dos rios Purus e Acre mostram-se bastante similares em termos granulométricos, com leve tendência a mais grosseira no rio Purus. Segundo Almeida *op cit.*, essas praias, pelo menos em suas porções superiores, são equivalentes, apresentam-se compostas por areias finas a muito finas, moderadamente selecionadas, as quais de acordo com a classificação Folk (1977) enquadram-se na classe de areia siltosa. O mesmo autor, estudando as praias do Purus, constatou a presença de quartzo, feldspato e de fragmentos líticos como componentes principais e, de argilominerais como secundários, além desses, registrou a presença de fragmentos ósseos associados à fração areia fina. Em proporções praticamente iguais, os mesmos minerais foram descritos por Viana *op cit* nas praias do rio Acre.

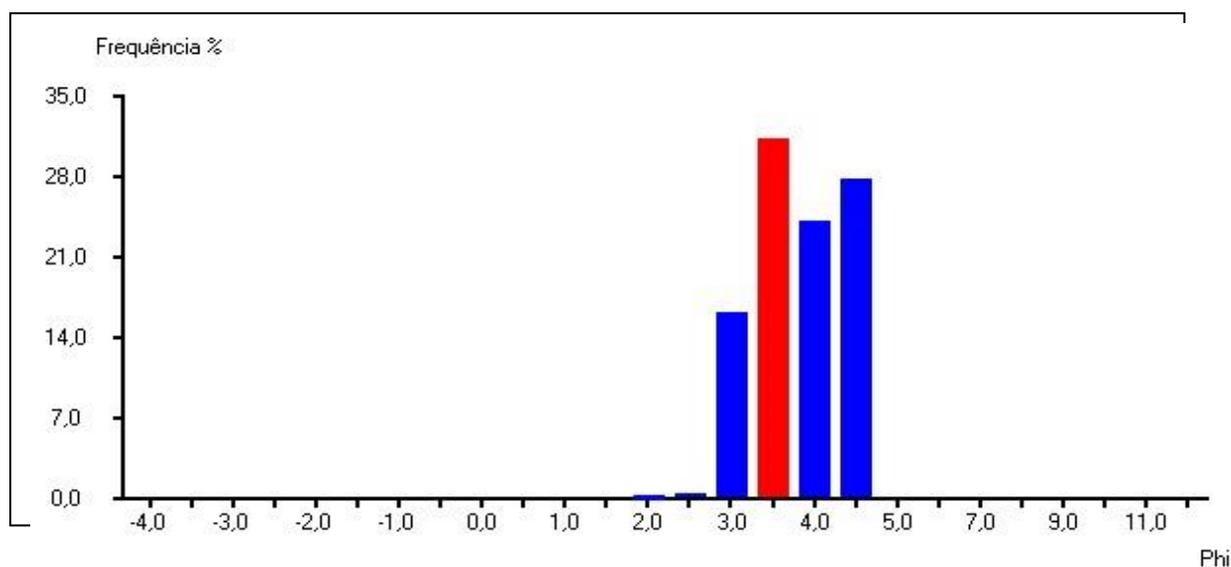


Figura-9 Histograma dos sedimentos de praias do rio Purus, mostrando a predominância de sedimentos finos (areia-siltosa), com leve tendência à areia fina.

A discreta diferença granulométrica entre os sedimentos das praias dos rios Purus e Acre deve-se a variações faciológicas da Formação Solimões e ao diferente comportamento dos rios em relação ao desenvolvimento de seus leitos. No primeiro caso, lembra-se o fato da Formação Solimões apresentar-se composta por uma gama granulométrica que compreende desde argila até sedimentos arenosos; no segundo, a própria morfologia do relevo, drenada pelos rios. No caso do Purus, desenvolve seu leito sobre uma planície fluvial alargada, escavando tanto os barrancos dos terraços quaternários, quanto os da Formação Solimões, enquanto o Acre, diferentemente do Purus, flui praticamente encaixado nos sedimentos da Formação Solimões, com pouca contribuição de sedimentos dos terraços quaternários.

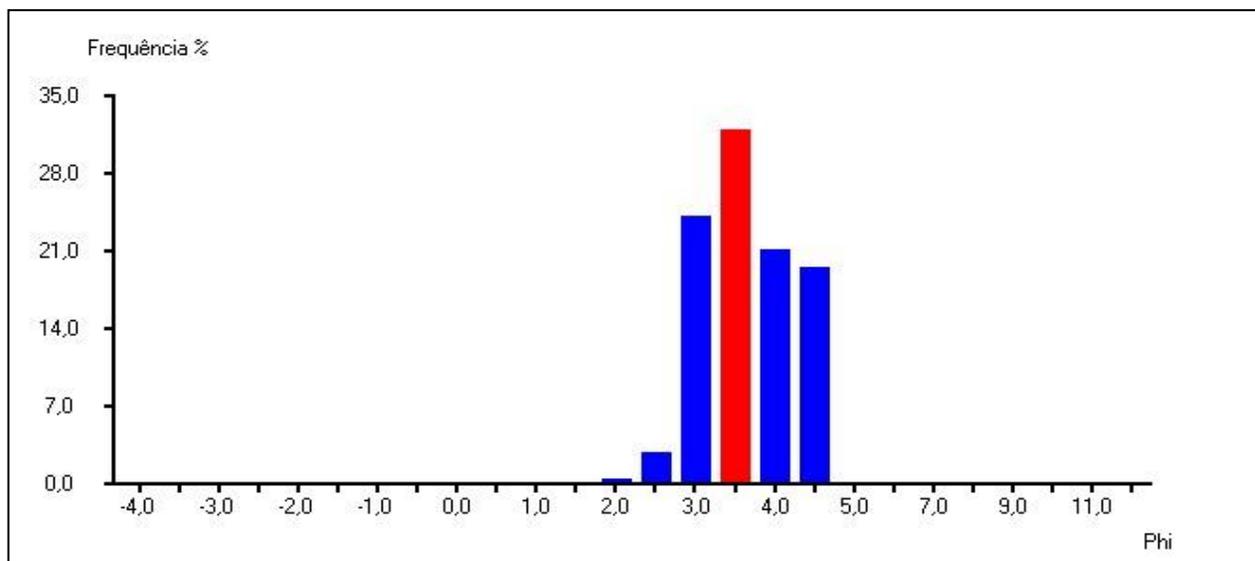


Figura-10 Histograma dos sedimentos de praias do rio Acre, onde se observa a similaridade granulométrica com os sedimentos de praias do Purus, com leve tendência a sedimentos mais finos.

OBJETIVOS

Objetivo geral

Identificar e caracterizar as assembleias de minerais pesados dos sedimentos de praia dos rios Purus e Acre, visando o reconhecimento de suas principais litologias fontes primárias e, o entendimento dos processos que influenciaram na geração destes sedimentos.

Objetivos específicos

- Reconhecer as principais assembleias de minerais pesados dos sedimentos de praias do rio Purus e de seu principal afluente, o rio Acre, visando o reconhecimento e a localização geográfica de suas litologias fontes;
- Entender os processos sedimentares e intempéricos que operavam no momento da geração desses sedimentos, e os que fazem parte da atual dinâmica dos rios;
- Verificar de que maneira a litologia fonte destes sedimentos contribui para a atual composição mineralógica das praias das bacias dos rios Purus e Acre.

MATERIAIS E MÉTODOS

Separação e análises dos minerais pesados

A separação dos minerais pesados foi realizada no laboratório de sedimentologia da Universidade Federal do Pará, onde foram confeccionadas 16 lâminas de imersão, a partir de minerais pesados. Tais minerais foram extraídos das frações entre 0,062 e 0,250 mm, usando-se os convencionais métodos de separação por densimetria, como aqueles indicados por Suguio (1973).

Na confecção das lâminas adotou-se o seguinte procedimento: o material foi homogeneizado, em seguida foi realizada a limpeza das lâminas e das lamínulas com álcool de uso doméstico, após isso, as lâminas foram devidamente etiquetadas com suas respectivas simbologias e colocadas sobre a bancada do laboratório. Depois da aplicação do bálsamo do Canadá, os minerais foram distribuídos sobre as lâminas com o auxílio de um pequeno bastão de metal. Finalmente foram colocadas as lamínulas e esperou-se cerca de 12 horas para que o conjunto ficasse seco.

A investigação ótica foi realizada no Laboratório de Gemologia da UFPA, onde foram utilizados um microscópio da marca ZEISS, modelo AXIOLAB POL e, uma câmera fotográfica da marca FUJITSU. O reconhecimento dos minerais foi feito com base em suas propriedades óticas, tais como: cor, birrefringência, sinal de alongação, ângulo 2V e cor de interferência, aliadas à critérios morfológicos como: presença ou não de clivagem, hábito, fratura e ângulo

entre clivagens. Com intuito de otimizar as descrições, optou-se pelos termos “grossa” para os grãos presentes nas frações entre 0,125 – 0,250 mm, e “fina” para grãos contidos no intervalo de 0,062 a 0,125 mm.

4.2- Análise geocronológica

As análises geocronológicas foram realizadas no espectrômetro de massa Finnigan MAT 262 com multicoleção em modo estático, pertencente ao laboratório de Geologia Isotópica (Pará-iso) do Centro de Geociências da UFPA.

Os cristais de zircão foram datados pelo método de datação Pb-Pb em zircão, duplo filamento, desenvolvido por Köber (1986 e 1987). O método é baseado no processo de evaporação do chumbo de um cristal de zircão, submetido a etapas sucessivas de aquecimento. A composição isotópica do Pb evaporado, em cada etapa de aquecimento, é determinada em seguida e a razão $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ medida permite calcular uma idade, juntando-se as duas equações de desintegração dos isótopos ^{235}U em ^{207}Pb e ^{238}U em ^{206}Pb , conforme é mostrado abaixo.

$$^{207}\text{Pb}^* = ^{235}\text{U} \cdot (e^{\lambda_5 t} - 1) \quad (1)$$

$$^{206}\text{Pb}^* = ^{238}\text{U} \cdot (e^{\lambda_8 t} - 1) \quad (2)$$

Onde:

$$\lambda_8 = \text{constante de desintegração do } ^{238}\text{U} = 1,55125 \times 10^{-10} \text{ anos}^{-1} .$$

$$\lambda_5 = \text{constante de desintegração do } ^{235}\text{U} = 9,8485 \times 10^{-10} \text{ anos}^{-1} .$$

t = tempo decorrido desde o fechamento do mineral para o sistema U-Th-Pb e todos os filhos intermediários.

Dividindo-se as equações (1) por (2) obtém-se a equação $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ em função da idade (t):

$$\left(\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}} \right) = 1/137,88 \cdot \left[\frac{(e^{\lambda_5 t} - 1)}{(e^{\lambda_8 t} - 1)} \right] \quad (3)$$

A partir da equação (3) é possível determinar uma idade (t), por iteração, após correção da contribuição de Pb comum ou inicial, a qual é independente da determinação do U. Em um diagrama Concórdia, essa idade corresponde à inclinação da reta entre a origem do diagrama e o ponto na Concórdia correspondente a esta idade. Como qualquer ponto experimental localizado na reta determinada pela equação fornece a mesma idade, não é possível avaliar se o ponto é concordante ou discordante e isso constitui uma limitação do método. Sendo assim, a idade $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ deve ser considerada apenas como uma idade aparente ou uma idade mínima para a cristalização do zircão analisado (Kober 1986, 1987). Por outro lado, como o zircão não precisa ser tratado quimicamente para extração do Pb, evitando os problemas de contaminação durante o procedimento experimental, não há necessidade de uma sala de química em condição de extrema limpeza. Isto constitui uma das grandes vantagens do método (Avelar 2002).

4.3 - Investigação em Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV/SED)

O estudo através da Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV/SED) foi realizado em algumas variedades de minerais transparentes, em opacos não-magnéticos, e em fragmentos líticos encontrados juntos ao conteúdo de minerais pesados dos dois rios. A investigação foi realizada num total de 102 grãos, dos quais, 48 pertencem ao rio Purus e, 56 ao Acre. Além da aquisição de análises químicas, este estudo objetivou também uma investigação mais detalhada sobre a morfologia dos grãos e a identificação de fases poliminerálicas contidas em microfragmentos.

As análises foram realizadas nos equipamentos LEO-ZEISS Modelo 1430, pertencente ao Museu Emilio Goeldi (MEG), e, no LEO-ZEISS Modelo 1530, do Centro de Geociências (CG) da Universidade Federal do Pará. O procedimento adotado na preparação das amostras envolveu a seleção dos grãos em lupa binocular, a deposição destes sobre uma fita dupla face, com uma de suas faces colada a uma lâmina de vidro (no caso do equipamento do CG) , e a um platô de alumínio (no equipamento do MEG). Depois de montadas em seus respectivos suportes, os grãos foram metalizados à carbono e posteriormente analisados a uma diferença de potencial de 20,0KV.

RESULTADOS

Os minerais pesados transparentes

Rio Purus

Os principais minerais pesados das praias do rio Purus são: epidoto, cianita, zircão, andalusita, turmalina, sillimanita, estauroлита, e granada. Subordinadamente ocorrem apatita, anfibólio, clorita, muscovita, rutilo, biotita, serpentina, anatásio, piroxênio e cassiterita (Figuras 11 e 12).

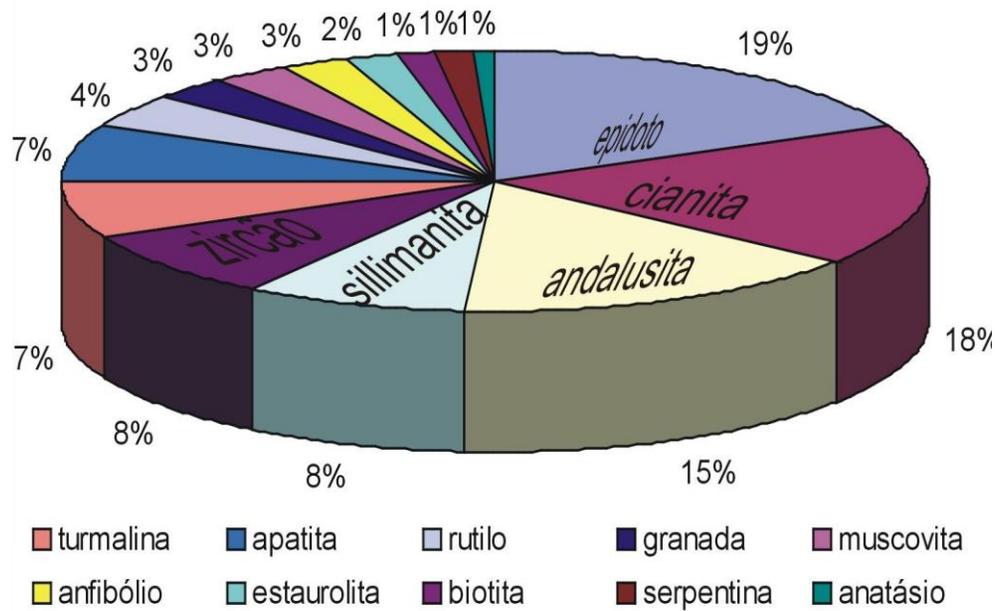


Figura-11 Distribuição dos principais componentes da fração grossa dos minerais pesados do rio Purus; mostrando a predominância de minerais típicos de rochas ígneas ácidas à intermediárias, de caráter intrusivo.

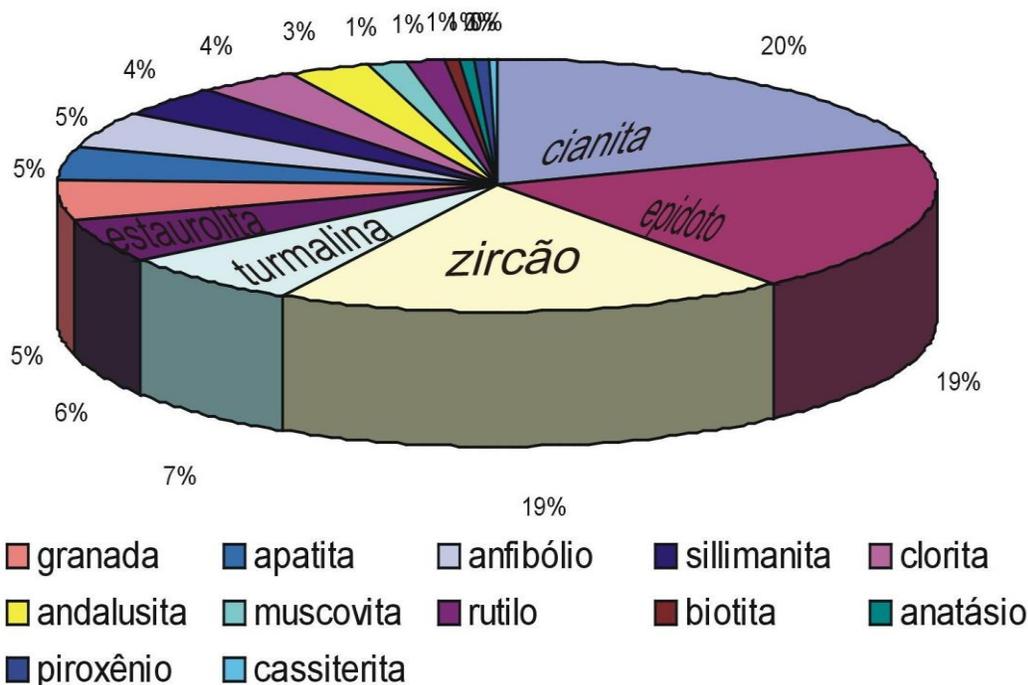


Figura-12 Distribuição dos minerais pesados na fração fina das praias do rio Purus, onde, a exceção do zircão e da turmalina, os demais minerais são mais comuns em rochas metamórficas originadas de metapelitos.

O epidoto apresenta a mesma proporção nas duas frações. Seus grãos são verdes a verdes-amarelados, predominantemente angulosos, com esporádicas feições de corrosão nas bordas (Figura 13). É comum apresentar-se incluso ou parcialmente coberto por material escuro, possivelmente óxido de ferro. Ao MEV, apresentam-se bastante fraturados, com algumas bordas corroídas. Os baixos teores de Mn e o conteúdo de Si e Al nos grãos analisados apontam para a variedade zoisita (Figuras 14 e 15).

A cianita é mais abundante na fração fina, mostra-se sob forma de primas transparentes e alongados, com predominância de grãos angulosos a subangulosos e pouca ocorrência de indivíduos subarredondados. Por vezes, apresenta-se incrustada por material escuro, e com inclusões de zircão (Figura 16).

O zircão é constituído por dois grupos morfológicos distintos: o primeiro formado por grãos sub-equidimensionais e bem arredondados; e o segundo, em quantidade inferior, composto por grãos angulosos a subangulosos, com algumas inclusões de minerais prismáticos, (Figuras 17 e 18).

A andalusita está contida em maior quantidade na fração grossa, e de maneira geral apresenta-se sob forma de cristais transparentes e alongados, por vezes, parcialmente inclusos por material escuro (Figura 19). Seus grãos são subangulosos a angulosos, porém, em pouca quantidade aparecem grãos arredondados a subarredondados. Algumas vezes foi identificada a variedade quiastolita.

A turmalina, assim como o zircão, apresenta-se em dois grupos morfológicos distintos: um mais abundante, constituído por grãos sub-eqüidimensionais, bem arredondados, de cores variáveis entre verde escura a verde acastanhada; e outro, formado por grãos alongados e angulosos, também nas cores verde acastanhada, verde escura, incluindo a esse grupo pequenos primas de turmalinas azul. Ambos os grupos apresentam inclusões fluidas em forma de bolhas. A análise química realizada em alguns indivíduos de cores castanha e preta mostrou altos teores de ferro semelhantes aos encontrados nas variedades dravita e schorlita (Figuras 20,21 e 22).

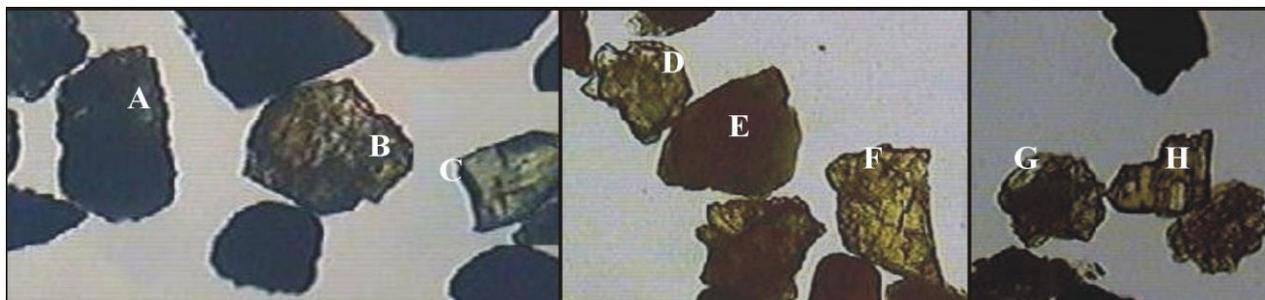


Figura-13 Grãos de epidoto mostrando suas diversidades morfológicas; em (A e G) grãos angulosos com bordas denteadas; (B, D,E, F) angulosos anédricos; (C e H) grãos subédricos.

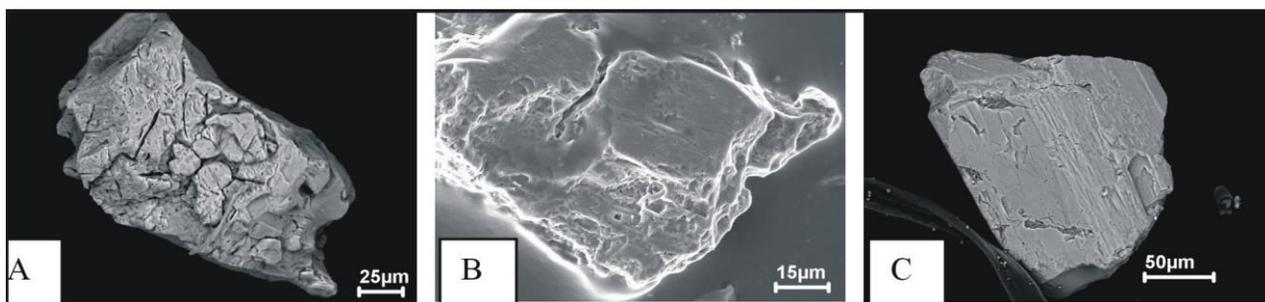


Figura-14 Grãos de epidoto em imagem de MEV: (A) grão anguloso e fraturado; (B) grão subanguloso com feições intempéricas nas bordas; (C) epidoto subédrico com ranhuras e feições de desgaste químico em sua superfície, como indicadas pela seta.

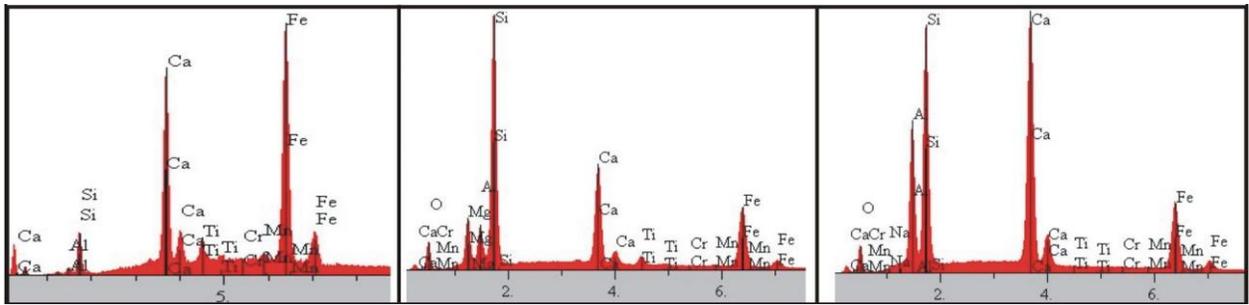


Figura-15 Espectros de SED dos grãos acima, mostrando a variedade na composição química dos epidotos do rio Purus; os valores de Fe e Ca apontam para a variedade zoisita.

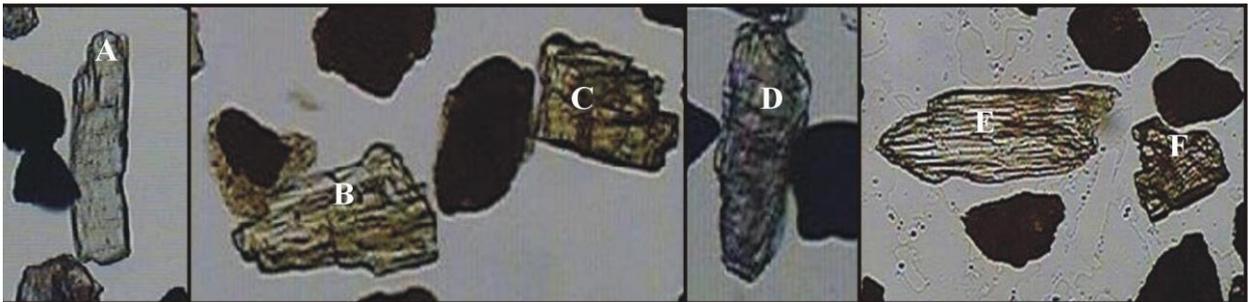


Figura-16 Grãos de cianita da fração grossa do rio Purus, onde se observa a presença de indivíduos euédricos a subédricos (A B e C), e de grãos angulosos e irregulares como (D, E e F).



Figura-17 Zircões angulosos a subangulosos, mostrando desde indivíduos euédricos até fragmentos de grãos maiores.

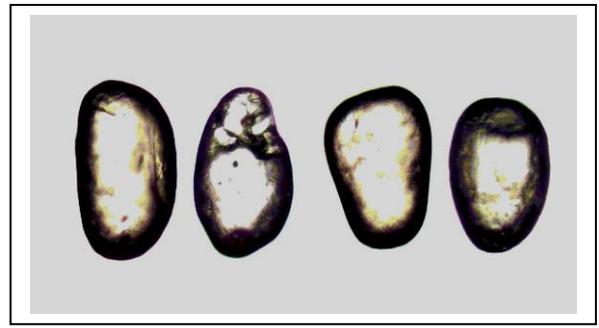


Figura-18 Grãos bem arredondados de zircão evidenciando retrabalhamento em outros ciclos sedimentares e/ou transporte a longas distâncias.

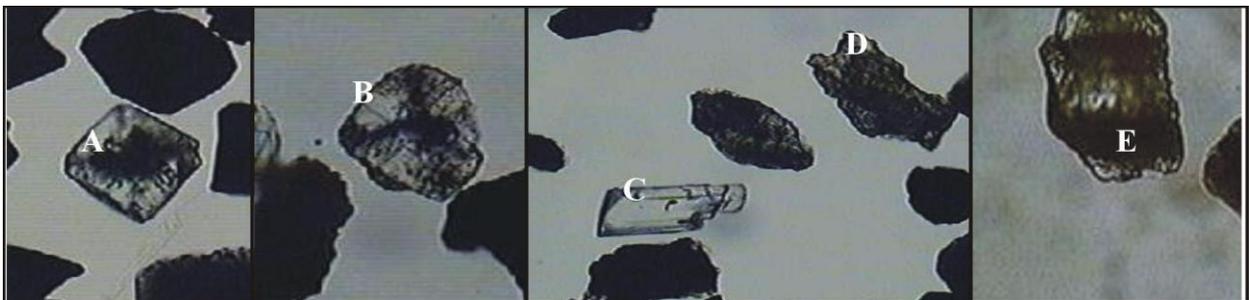


Figura-19 Grãos de andalusita de diferentes formas; (A) e (B) grãos irregulares, com inclusões escuras (quiaztolita); (C) cristal euédrico, altamente anguloso; (D) e (E) grãos irregulares com inclusões escuras, possivelmente quiaztolita.

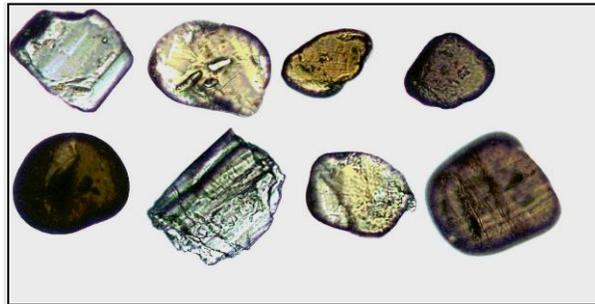


Figura- 20 Fotomicrografia de grãos de turmalina de praias do rio Purus, mostrando a variedade de cores e formas.

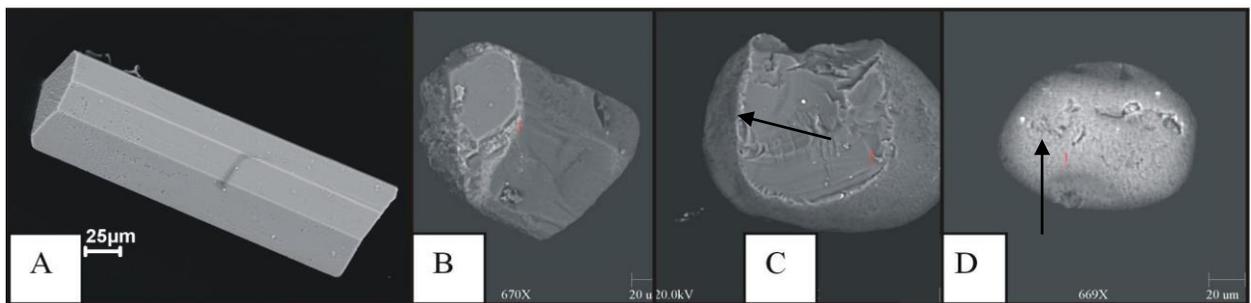


Figura-21 Imagens de MEV mostrando a seqüência no grau de arredondamento em grãos de turmalina: (A) grão euédrico; (B) grão subédrico, subarredondado; (C) grão arredondado com feições de abrasão e transporte em sua superfície – indicadas pela seta-; (D) grão arredondado, indicando forte retrabalhamento hidráulico.

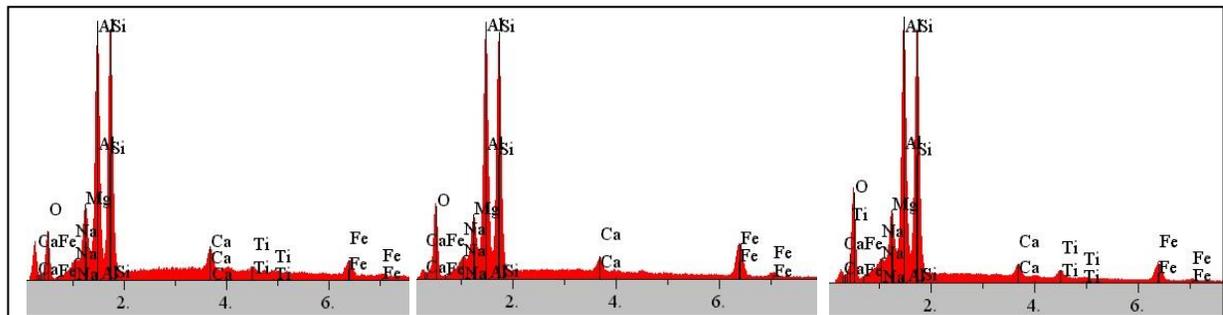


Figura-22 Espectros SED dos três primeiros grãos exibidos na figura acima, mostrando similaridades com espécie dravita.

A sillimanita é mais concentrada na fração grossa, apresenta-se com grãos transparentes e alongados, subangulosos a subarredondados. Na imagem de MEV foi possível a identificação de alguns sinais de corrosão em suas bordas (Figura 23).

A estaurólita por sua vez está presente nas duas frações, com quantidade pouco mais expressiva na fração fina. Seus grãos são amarelados com formas alongados e irregulares, predominantemente subarredondados a subangulosos (Figura 24).

A granada está contida tanto na fração fina quanto na grossa, geralmente possui grãos transparentes, angulosos a subangulosos em forma de fragmentos irregulares e alongados (Figura 25). Sua composição mostra teores de Fe, Al e Si compatíveis com os da variedade almandina (Figura 26).

A apatita encontra-se em dois padrões morfológicos distintos: um composto por grãos achatados, arredondados a semi-hexagonais, outro, em maior abundância, formado por cristais alongados, subangulosos a angulosos. Ambos se confirmam preferencialmente na fração grossa (Figura 27).

O anfíbólio possui cor verde-acastanhada e apresenta-se mais expressivo na fração fina. Seus grãos são prismáticos e alongados, com sinais de corrosão ao longo dos planos de clivagens. Em sua maioria são subangulosos a subarredondados e possuem afinidades químicas com as variedades hornblenda e actinolita e por vezes, com a tremolita. (Figuras 28,29 e 30)

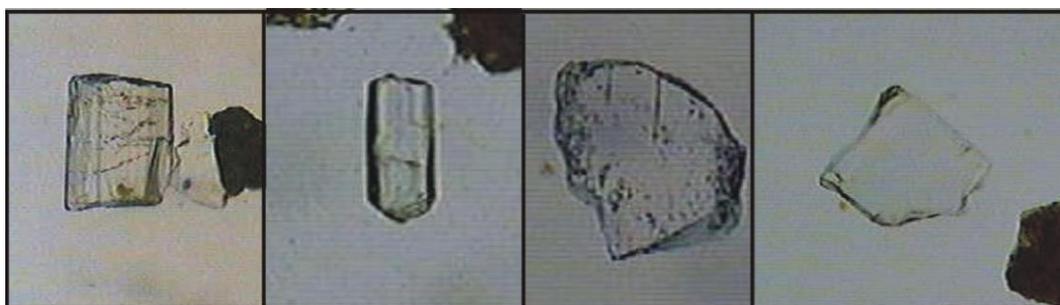


Figura-23 Grãos de sillimanita, onde predominam cristais euédricos em relação a grãos irregulares e angulosos.

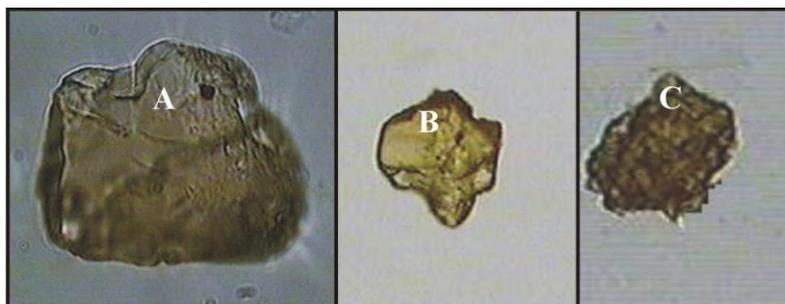


Figura –24 Grãos angulosos a subangulosos de estaurólita; o indivíduo (C) mostra nítidas feições mamelares.

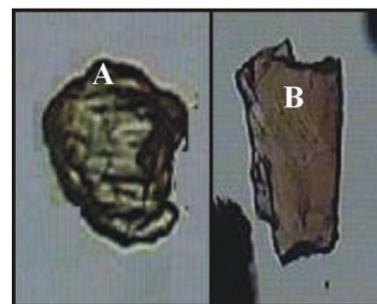


Figura-25 Granada; (A) subarredondada, (B) angular.

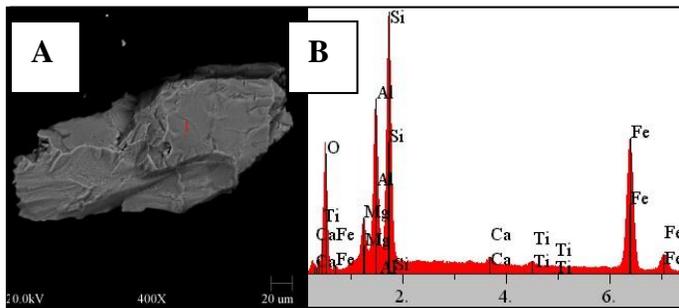


Figura-26 Grão anguloso de almandina, mostrando poucos sinais de retrabalhamento mecânico; (B) espectro SED do grão (A).

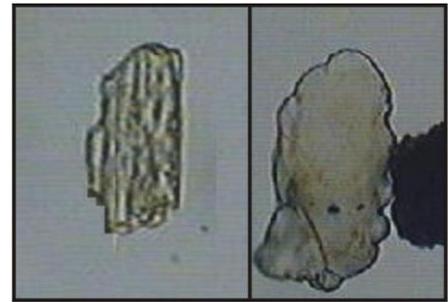


Figura-27 Grãos de apatita; (A) euédrico anguloso, (B) subarredondado irregular.



Figura-28 Grãos de anfíbólio pertencentes aos sedimentos de praia do rio Purus, onde nota-se a variedade de cores e formas, assim como a presença de irregularidades nas bordas de alguns indivíduos, as quais evidenciam possíveis ataques químicos durante o transporte ou no presente sítio de deposição (praias do Purus).

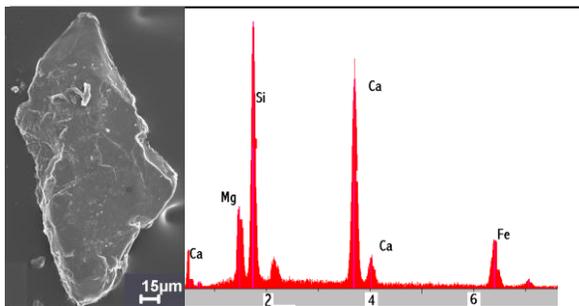


Figura-29 Imagem de MEV e espectro SED de um membro do grupo do anfíbólio, cujas características químicas assemelham-se as da tremolita.

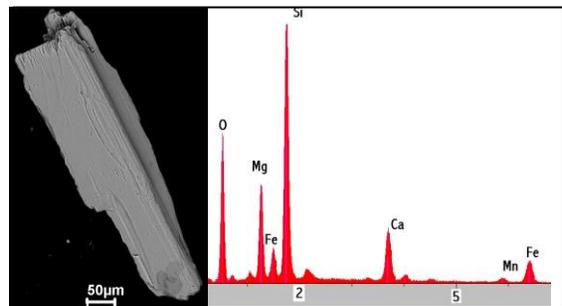


Figura-30 Imagem de MEV e espectro SED de um grão de anfíbólio anguloso, mostrando poucos sinais de alteração.

A clorita se apresenta sob formas tabulares e ovais, com grãos esverdeados e acinzentados. É comum a presença de sinais de corrosão em suas bordas, os quais são mais evidenciados na investigação de MEV/SED, onde, as plaquetas mais externas do grão mostram-se empobrecidas em Mg. (Figura 31).

A muscovita concentra-se predominantemente na fração grossa, seus grãos possuem formas achatadas, arredondadas a semi-ovais. Suas bordas mostram-se constantemente corroídas com o padrão serrilhado. Ao microscópio eletrônico, a análise de um grão mostrou fortes indícios de alteração, caracterizados por inúmeras plaquetas, onde as mais externas apresentaram altos teores de Si e Al em detrimento aos demais elementos (Figura 32).

O rutilo é mais abundante na fração grossa, e é caracterizado por grãos avermelhados e alongados, no geral, são subangulosos a subarredondados. Em imagem de MEV é possível ver alguns sinais de alteração ao longo de seus planos de clivagens (Figura 33).

A biotita apresenta-se como placas subarredondadas a arredondadas com bordas corroídas e denteadas. Sua presença se confirma em proporções praticamente iguais nas duas frações. Em imagem MEV/SED evidencia-se melhor a corrosão nas bordas de seus grãos, que formam padrões serrilhados e semiconvexos (Figura 34).

As serpentinas estão presentes de forma discreta na fração grossa, e de maneira geral são bem arredondadas, com aparência desgastada e parcialmente cobertos por óxido de ferro (Figura 35).

O anatásio apresenta-se sob forma de cristais bem formados, com cores azuladas e esverdeadas (Figura 36 A). Sua presença foi verificada apenas em uma amostra.

O piroxênio está contido essencialmente na fração fina, possui grãos verdes a acastanhados, com grãos subangulosos a angulosos (Figura 36 B).

A cassiterita possui cristais euédricos alongados de cor vermelho-acastanhada, que, conforme a variação da tonalidade, assemelha-se muito ao rutilo. (Figura 36 C) Em análise de MEV, esta foi encontrada sob forma de pequenos cristalitos disseminados sobre a superfície de um grão de quartzo.

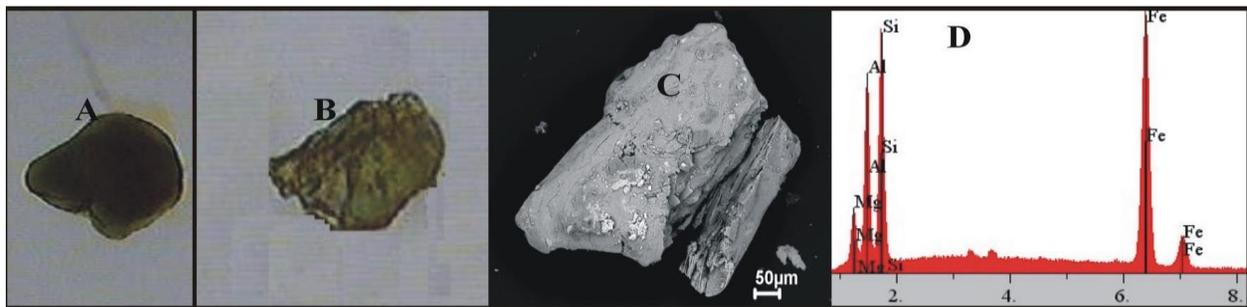


Figura-31 Fotomicrografias e imagem MEV de grãos de clorita: em (A) tem-se um grão bem arredondado, pouco alterado, (B) grão irregular, (C) imagem de MEV mostrando alterações na superfície do grão, as quais se evidenciam nas inúmeras plaquetas que recobrem o mesmo, e, (D) o espectro SED do grão (C).

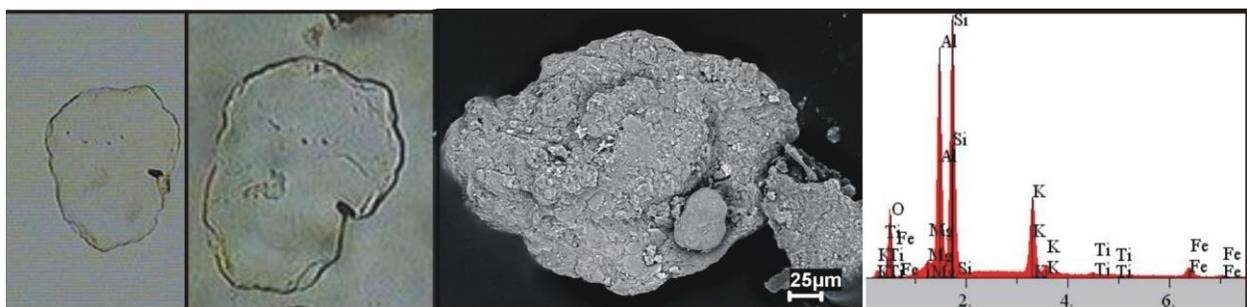


Figura-32 Muscovita: (A) e (B) fotomicrografias de grãos irregulares, com leve tendência a arredondados; (C) imagem de MEV de grão alterado, mostrando a formação de plaquetas superficiais e, (D) espectro SED mostrando um relativo empobrecimento de K em relação ao Si e ao Al, o que pode indicar o início de alteração para argilominerais (caulinita).

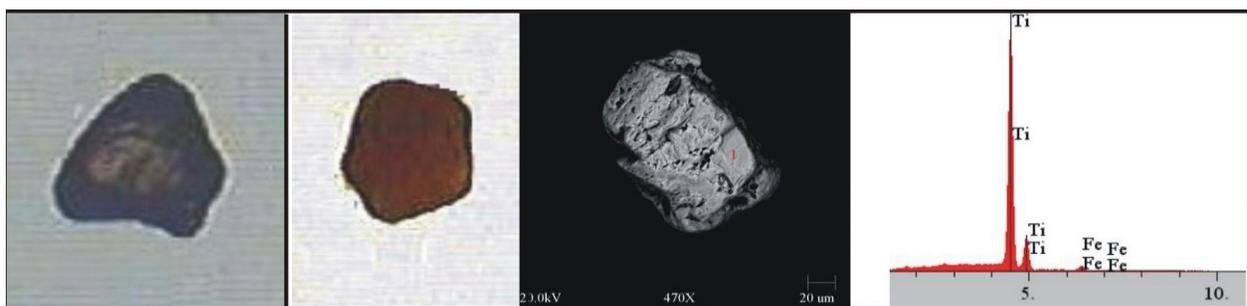


Figura-33 Rutilo: tanto as fotomicrografias quanto a imagem de MEV mostram grãos arredondados a subarredondados, com proeminentes feições de desgaste superficial, as quais se caracterizam através de sulcos e ranhuras, mais visíveis na imagem de MEV.

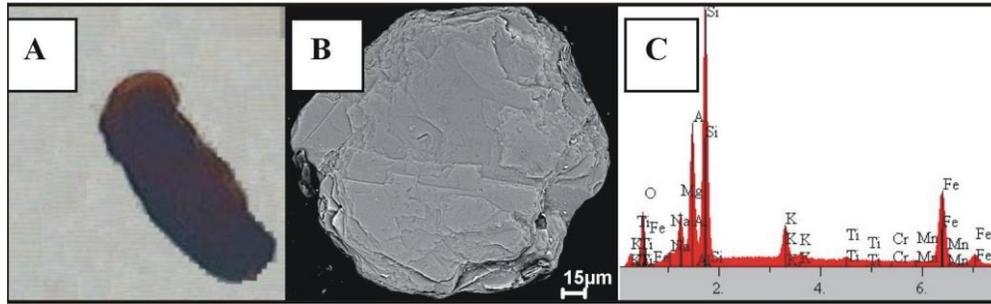


Figura-34 Biotita: (A) fotomicrografia; (B) imagem de MEV de biotita bem arredondada, moderadamente alterada; (C) espectro SED do grão (B).

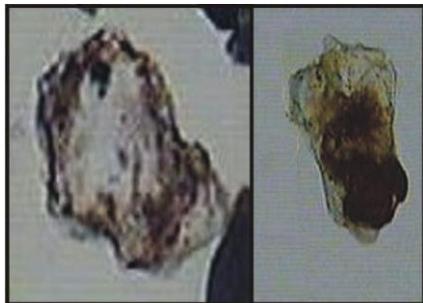


Figura-35 Grãos de serpentinas, mostrando-se inclusos no material escuro.

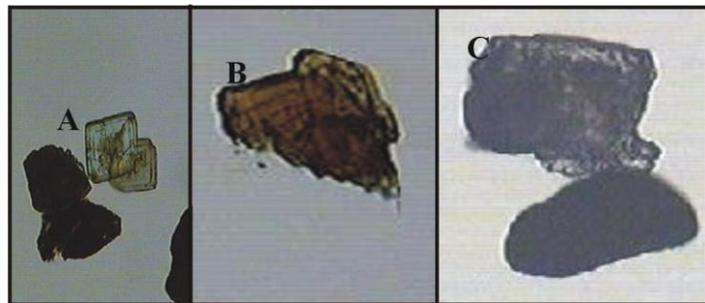


Figura-36 Minerais raros no rio Purus; (A) anatásio, (b) piroxênio e (c) cassiterita.

Rio Acre

Nas praias do rio Acre, o conteúdo de minerais pesados transparentes é formado principalmente por andalusita, cianita, zircão, epidoto, sillimanita, turmalina, muscovita e, subordinadamente, por granada, clorita, apatita, anfibólio, biotita, estauroлита, titanita, anatásio, serpentinas, rutilo e piroxênio (Figuras 37 e 38).

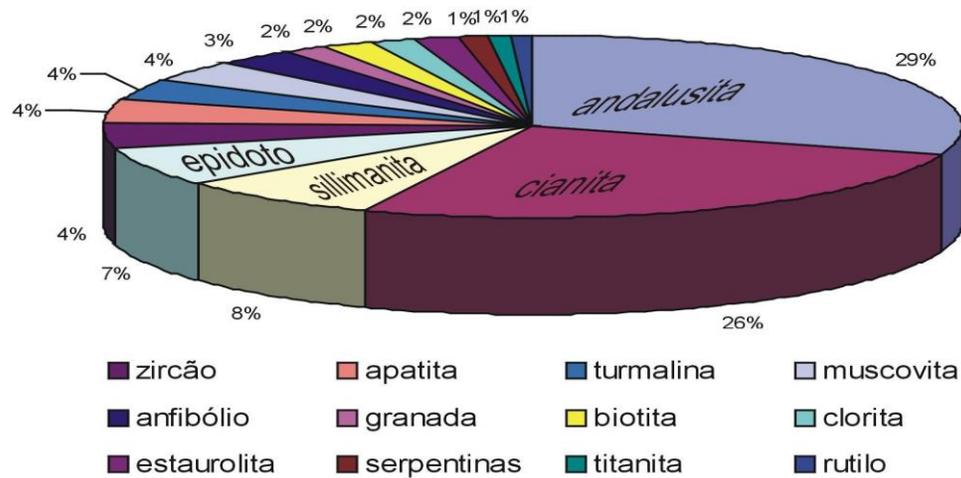


Figura-37 Distribuição dos minerais pesados do rio Acre na fração grossa mostrando a predominância de aluminossilicatos em relação aos demais.

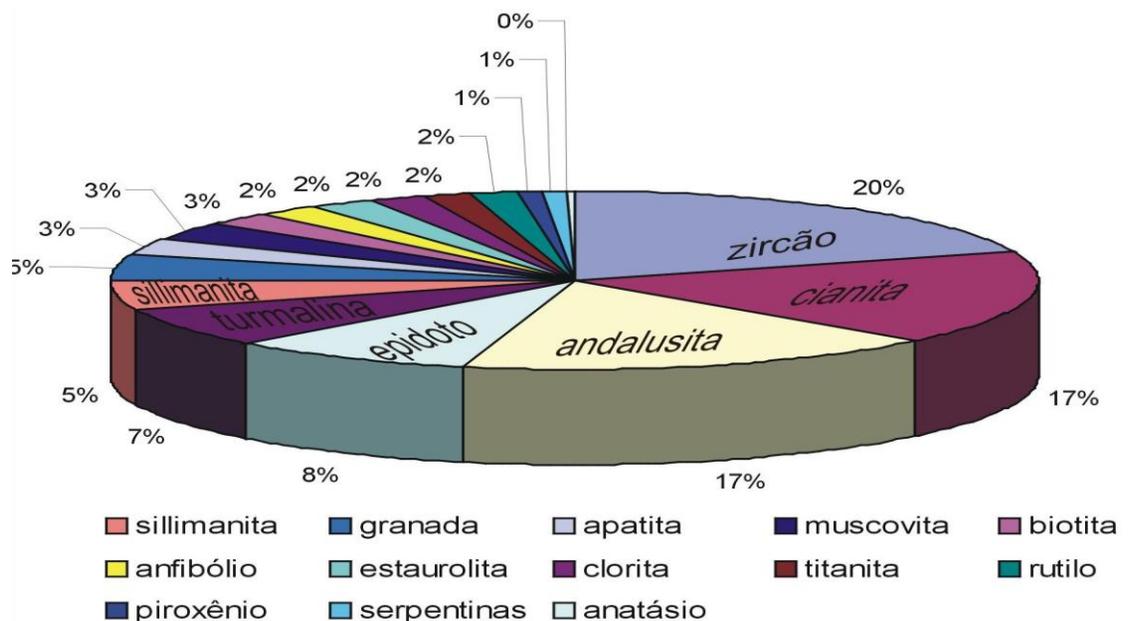


Figura-38 Distribuição dos minerais pesados do rio Acre na fração fina, com predominância de zircão seguido por aluminossilicatos e epidoto.

A andalusita está presente tanto na fração grossa, quanto na fração fina, com ampla distribuição ao longo de todo rio. Em grande quantidade foi possível a identificação da variedade quiastolita, caracterizada por cristais incolores e alongados, com inclusões simétricas de material escuro. Seus grãos variam de angulosos a subangulosos (Figura 39).

A cianita é mais abundante na fração grossa, embora apresente significativo conteúdo na fração fina. Ocorre sob forma de cristais incolores e alongados, com grãos angulosos a subangulosos e raríssimas ocorrências de grãos subarredondados. Devido o uso de carbono na preparação das amostras para análise de MEV/SED, não foi possível sua distinção entre seus polimorfos (Figura 40).

Os zircões possuem dois padrões de angulosidade: os angulosos e os bem arredondados. Os angulosos são mais abundantes, apresenta-se sob forma de cristais euédricos a subédricos ou como fragmentos. Os bem arredondados geralmente possuem forma elipsoidal ou subesférica. Ambos os padrões possuem maior ocorrência rio acima (Figura 41).

O epidoto ocorre em maior expressão no alto curso do rio, principalmente próximo a cidade de Assis Brasil, diminuindo sua quantidade em direção a jusante (Figura 42). Seus grãos são verdes-claro a verdes-amarelado, sobressaindo-se mais os últimos. Em geral, mostram-se com formas prismáticas angulosas a subangulosas, com pequena ocorrência de grãos corroídos, os quais se confirmam principalmente no baixo curso do rio. De seis grãos analisados em MEV/SED, cinco mostraram composição química semelhantes à da zoisita e, um a da allanita, confirmada pela abundância relativa de elementos terras raras.

A sillimanita predomina na fração grossa e possui cristais incolores com formas alongadas. Seus grãos são subangulosos a subarredondados e, sua frequência permanece praticamente constante ao longo de todo o rio (Figura 43).

Assim como zircão, a turmalina também pode ser dividida em dois grupos: o grupo das bem arredondadas e o grupo das angulosas, ambos contidos em proporções praticamente iguais, possuindo apenas algumas variações locais (Figuras 44 e 45). Seus grãos são castanhos, verdes oliva e azul, destacando-se mais os primeiros. Em imagem de MEV/SED é possível a

confirmação dos dois grupos, onde, o grupo das angulosas se caracteriza por primas subangulosas a angulosas, com pouco ou nenhum sinal de alteração, ao passo que as bem arredondas mostram evidentes sinais de corrosão e de abrasão em suas superfícies.

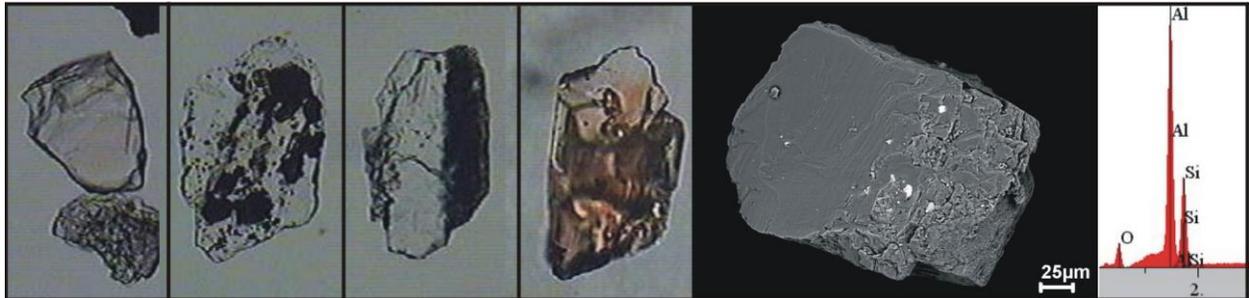


Figura-39 Variedades morfológicas de andalusita, mostrando desde grãos irregulares, com abundante presença de inclusões até indivíduos subédricos bastante angulosos; a imagem de MEV confirma o caráter ângulos a subanguloso dos grãos.

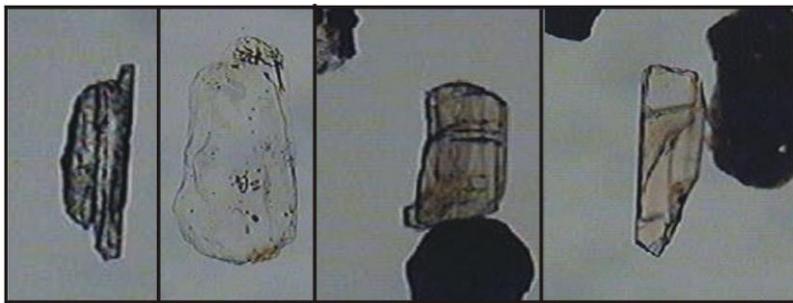


Figura-40 Fotomicrografias de grãos de cianita de diferentes formas, predominando indivíduos alongados e subangulosos; os dois primeiros grãos pertencem a fração grossa (0,125-0,250 mm) ao passo que os dois últimos a fina (0,0062-0,125 mm).

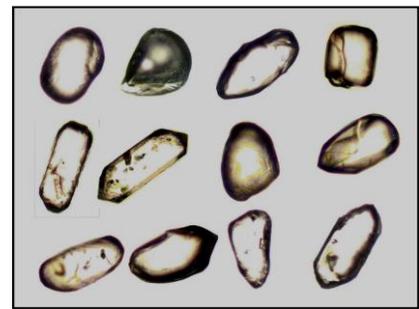


Figura-41 Grãos de zircão de diferentes formas, mostrando a presença de indivíduos arredondados e angulosos, além de formas intermediárias a essas.

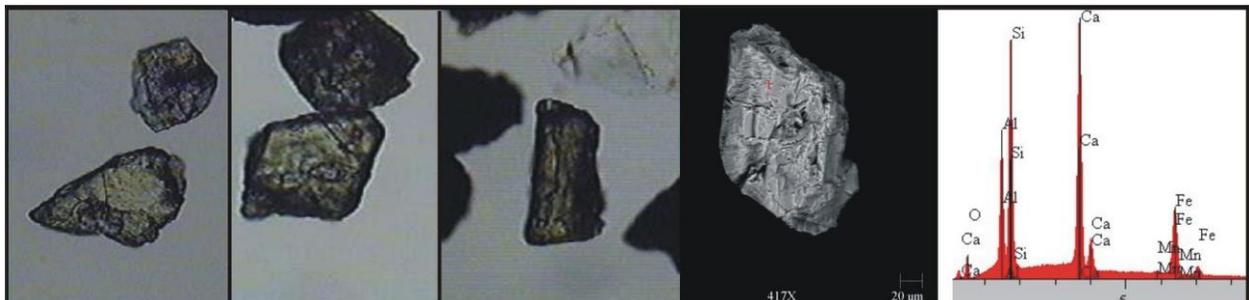


Figura-42 Fotomicrografias e imagem MEV de grãos de epidoto do rio Acre, onde se constata a presença de indivíduos euédricos e irregulares; o espectro SED mostra afinidades químicas com a variedade zoisita.

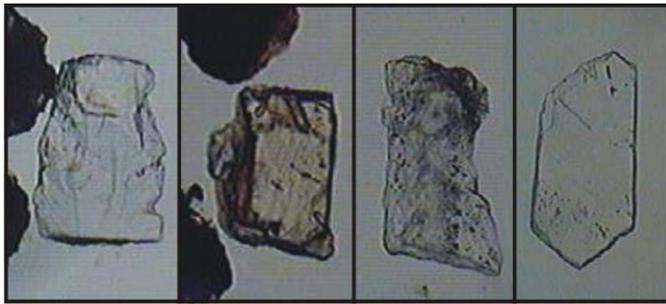


Figura-43 Grãos de sillimanita mostrando diferentes formas e estágio de alteração; o primeiro e o terceiro grão são irregulares com proeminentes feições de abrasão mecânica e alteração química, ao passo que o segundo e o quarto são cristais euédricos e angulosos, com poucos sinais de corrosão.

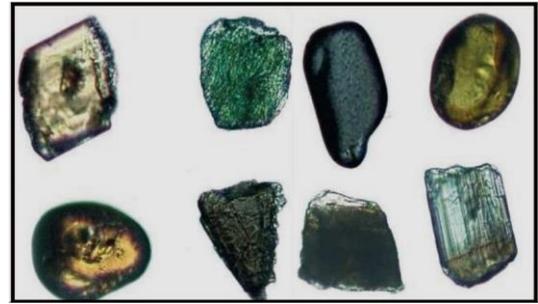


Figura-44 Variedades de grãos de turmalina, onde se nota a presença tanto de grãos prismáticos, quanto de bem arredondados e de fragmentos de grãos maiores.

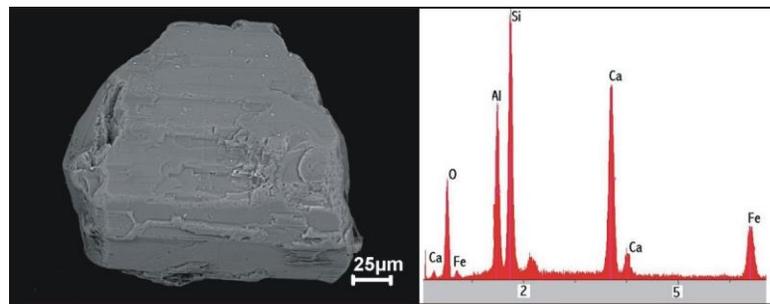


Figura- 45 Imagem MEV e espectro SED de grão de turmalina que ao microscópio ótico apresentou coloração castanha escura; a análise química deste grão mostrou teores de Fe compatíveis com a variedade dravita.

A muscovita mostra-se sobre forma de placas ovóides, arredondas a subarredondadas, por vezes, com evidências de corrosão nas bordas. Sua presença se confirma mais na fração grossa (Figura 46).

A granada ocorre sob forma de fragmentos irregulares e incolores. Geralmente apresentam-se bem angulosos, com raríssimos grãos subangulosos (Figuras 47 e 48). Análises químicas obtidas em alguns grãos mostram compatibilidade química com a variedade almandina.

A clorita mostra-se sob forma de grãos achatados, arredondados a subarredondados, com cores verdes e cinzas (Figuras 49 e 50). Em imagens de MEV/SED é possível verificar sinais de alteração, caracterizados por um emaranhado de plaquetas, onde as mais externas mostram um certo empobrecimento em Fe e Mg.

A apatita apresenta-se se sob forma de prismas incolores e alongados. Geralmente apresentam grãos angulosos a subangulosos, com poucos indivíduos subarredondados (Figura 51).

A biotita apresenta-se sob formas elípticas achatadas e irregulares, com cores vermelha e castanha. Com raríssimas exceções, todos grãos mostram bordas serrilhadas (Figura 52).

O anfibólio possui grãos prismáticos e alongados, com cores variáveis entre verde-oliva e castanhas (Figura 53). No geral, apresentam-se angulosos a subangulosos e, com composição química equivalente à da hornblenda e da actinolita.

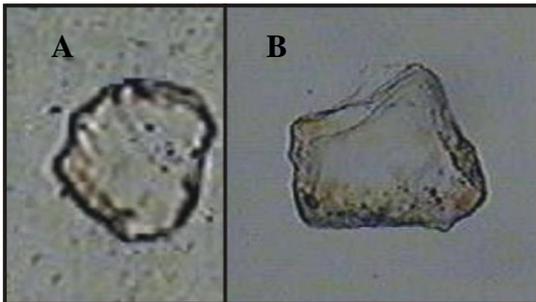


Figura-46 Grãos de muscovita com diferentes aspectos morfológicos; em (A) tem-se um grão arredondado, e em (B) um grão subarredondado moderadamente alterado e parcialmente incluso e/ou coberto por óxido de ferro.

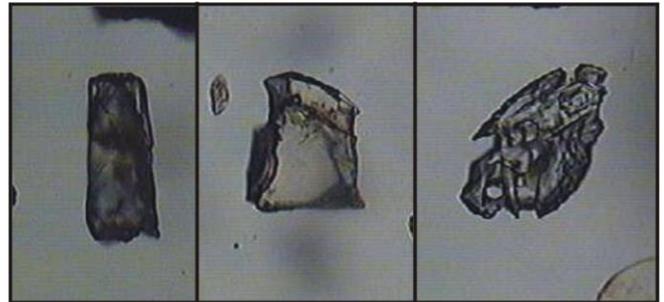


Figura-47 Cristais de granadas do rio Acre, onde se nota a presença tanto de grãos fragmentados, quanto a de indivíduos aparentemente desgastados, como é o caso do terceiro grão da direita para esquerda.

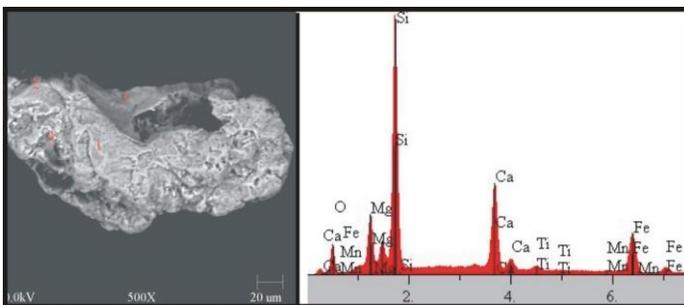


Figura-48 Imagem de MEV e espectro SED de grão de granada, cujas características químicas apontam para variedade almandina.

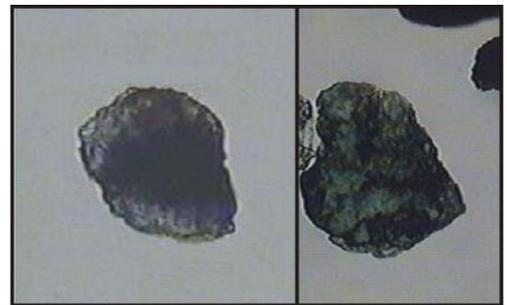


Figura-49 Fotomicrografias de grãos clorita mostrando-se altamente irregulares.

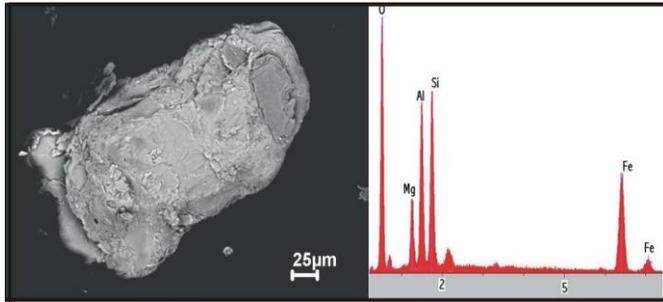


Figura-50 Imagem MEV e espectro SED de grão de clorita com visíveis sinais de alterações intempéricas, as quais se evidenciam pela presença de inúmeras plaquetas que recobrem o grão.

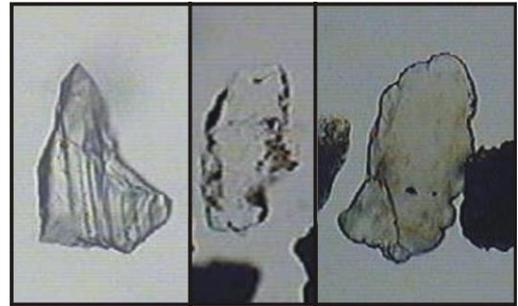


Figura-51 Diferentes grãos de apatita: (A) cristal irregular, (B) e (C) grãos irregulares mostrando sinais de retrabalhamento mecânico e de possíveis ataques químicos, caracterizados pelas formas denteadas das bordas dos grãos.

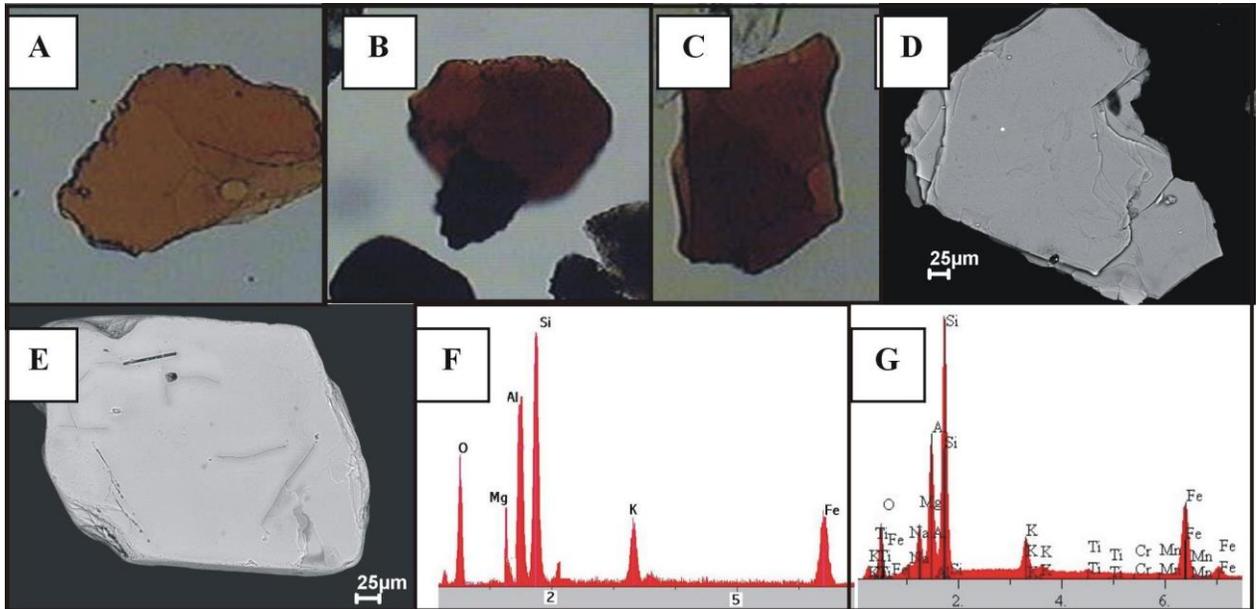


Figura-52 Biotita: (A), (B) e (E) grãos angulosos a subangulosos, por vezes apresentando bordas serrilhadas; (C) e (D) grãos angulosos, mostrando-se pouco alterados; (F) e (G) espectros SED dos grãos (D) e (E), respectivamente.

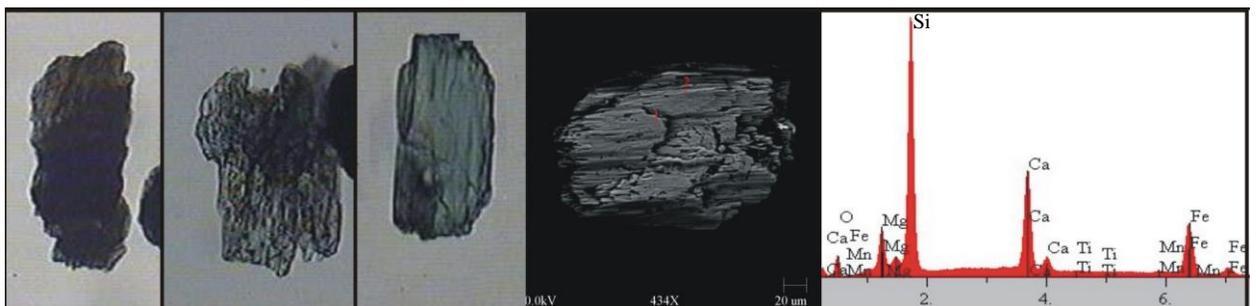


Figura-53 Grãos de anfibólio com diferentes cores e formas; o grão analisado mostrou características químicas similares à da variedade hornblenda.

A estaurolita mostra-se sob as formas prismáticas e irregulares, sobressaindo-se mais as últimas (Figura 54). No geral seus grãos são amarelos e alaranjados e, apresentam nítidas feições mamelares.

A titanita apresenta-se predominantemente na cor amarelo-pálido, com pequena ocorrência de prismas acastanhados (Figura 55). Seus grãos são angulosos a subangulosos, com raríssimas incidências de indivíduos bem arredondados.

O anatásio foi verificado apenas na fração fina, sob forma de cristais euédricos de cor azul-clara e, por vezes esverdeadas.

As serpentinas ocorrem sob forma de pequenas plaquetas ovóides e incolores, quase sempre mascaradas por material escuro (possivelmente óxido de ferro). Geralmente apresentam bordas corroídas, com evidentes sinais de alteração (Figura 58).

O rutilo apresenta-se nas mesmas proporções em ambas as frações. Possui grãos avermelhados, que ora mostram-se bem angulosos, outras, subarredondados a subangulosos (Figura 56 e 57).

O piroxênio apresenta-se sob forma de grãos angulosos, com cores castanhas e marrons. Geralmente apresenta sinais de alteração em suas bordas e ao longo de algumas linhas de clivagens.

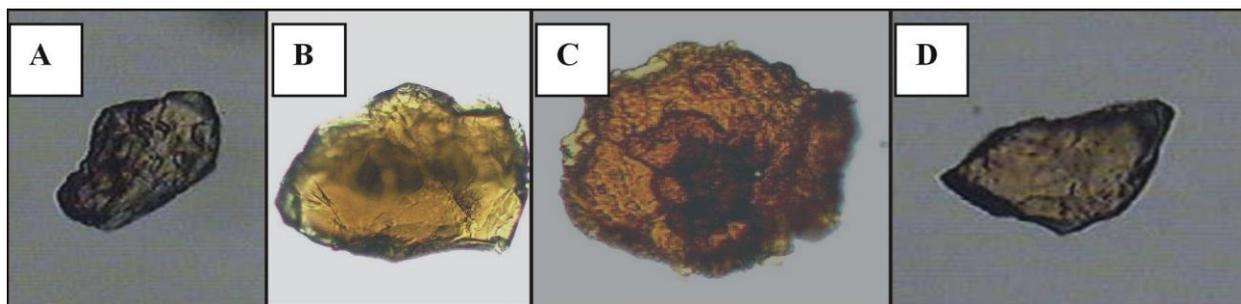


Figura- 54 Fotomicrografias de grãos de estaurolita, onde, além de diferentes tonalidades de cores é possível observar distintos estágios de alteração entre os grãos, os quais se evidenciam pela maior ou menor frequência de feições mamelares sobre as superfícies dos grãos.

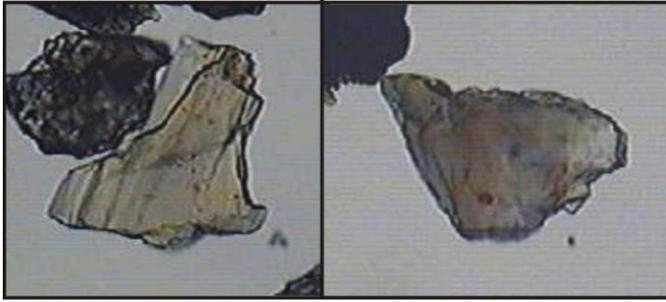


Figura-55 Grãos de titanita altamente angulosos, com pouco ou nenhum sinal de alteração química.

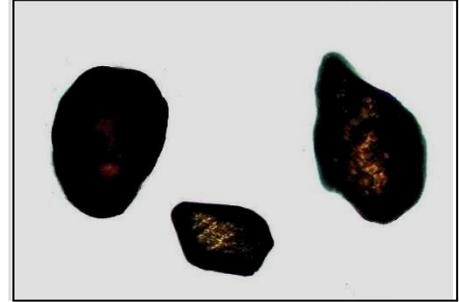


Figura-56 Grãos irregulares de rutilo, com alto “grau” de arredondamento.

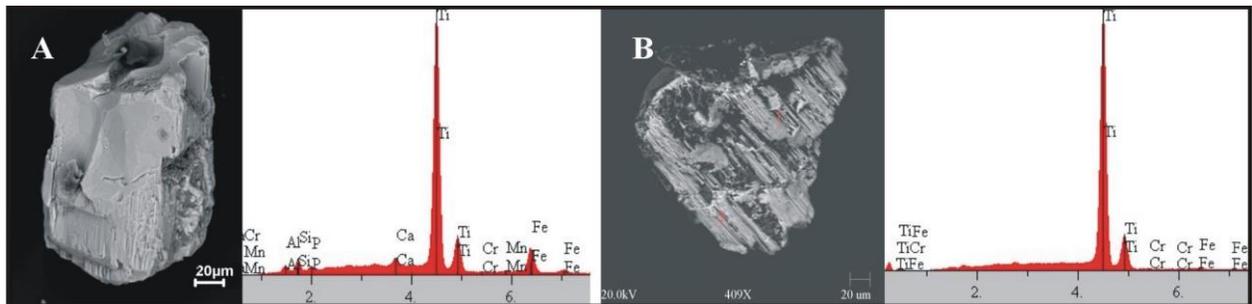


Figura-57 Grãos de rutilo: (A) grão subanguloso, com pouca evidência de alteração e abrasão; (B) grão subarredondado e bastante alterado mostrando fendas e ranhuras causadas pelas condições de transporte, associadas a reações intempéricas.

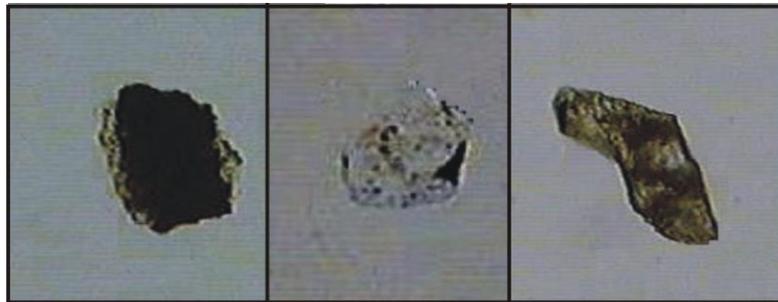


Figura-58 Fotomicrografia de serpentinas mostrando o caráter desgastado dos grãos e a freqüente presença de inclusões escuras (possivelmente óxido de ferro).

Minerais opacos não-magnéticos e fragmentos líticos

Os minerais opacos não-magnéticos e os fragmentos líticos foram investigados ao Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV/SED), onde, além de dados químicos foram extraídas informações sobre a morfologia dos grãos, e, no caso dos fragmentos líticos, foram estabelecidas as relações de contatos entre as fases minerais presentes.

Na seleção das amostras (grãos), principalmente de fragmentos líticos, optou-se por indivíduos cuja aparência externa denunciasse pouco ou nenhum indício de alteração. Esse critério foi utilizado com intuito de evitar a presença de grãos, que por motivos de ordem intempérica ou diagenética não representassem características de suas fontes primárias.

Rio Purus

Opacos não-magnéticos

Dos oito grãos analisados, sete possuem composição química equivalente a da ilmenita e, apenas um mostrou características intermediárias a da ilmenita e da magnetita, com presença, em quantidades inferiores a 1%, de Al, Ca e Si. Devido às limitações do método analítico empregado - semiquantitativo-, não foi possível, para todos os elementos, o uso de diagramas comparativos entre composições de ilmenita detrítica derivadas de diversas rochas ígneas, como foi executado por Grigsby (1992). Entretanto, os teores de Mn, Cr e Mg presentes, são condizentes com aqueles encontrados por tal autor em ilmenitas originadas de rochas félsicas plutônicas e vulcânicas intermediárias (Figura 59).

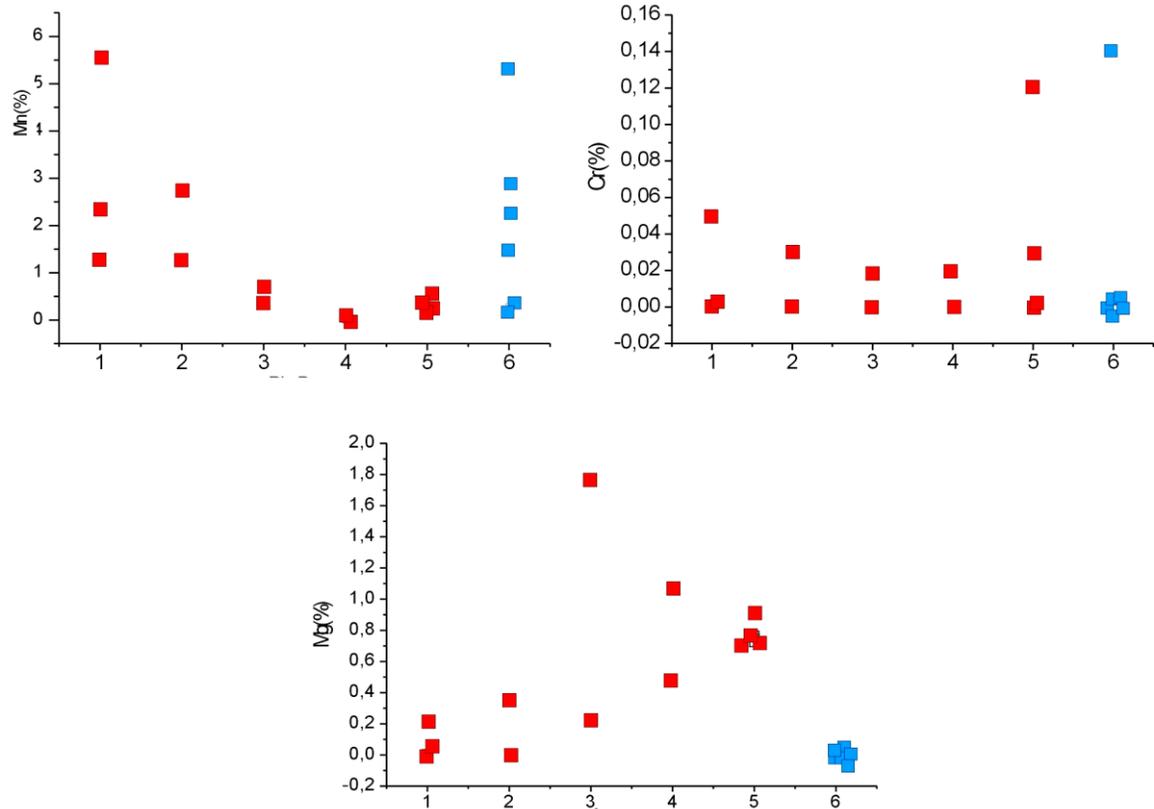


Figura-59 Comparação entre os teores de Mn, Cr e Mg das ilmenitas do rio Purus com os de ilmenitas detríticas investigadas por Grigsby: 1- ilmenitas de fontes vulcânicas félsicas; 2 de félsicas plutônicas; 3- de vulcânicas intermediárias; 4- de vulcânicas máficas; 5- de máficas plutônicas; 6- ilmenitas das praias do Purus.

Além das limitações analíticas, como citado acima, outros fatores podem ter influenciado na concentração de Fe e Ti nas ilmenitas estudadas. Entre esses, as reações pedogenéticas e as de ordem metamórficas são os mais significantes. As primeiras causam o empobrecimento relativo de Fe e Ti, que são parcialmente substituídos por Mg, Mn, Al e Cr (Basu & Hood, 1985), enquanto as metamórficas, de essência muito mais complexa, são dependentes de variáveis como pressão, temperatura e constituição química e mineralógica do protólito. Diante disso, uma vez que no presente trabalho não se utilizou de um método quantitativo e, nem tão pouco seguiu todas as recomendações analíticas sugeridas Grigsby *op cit.*, limita-se apenas na comparação entre os teores dos três elementos (Mn, Cr e Mg), sem se arriscar em confrontações que pudessem gerar comprometedoras interpretações.

De forma geral, o conjunto de grãos analisados mostrou-se composto por indivíduos angulosos a subangulosos, com proeminentes feições de ataque químico, evidenciadas na freqüente ocorrência de microporos e sulcos nas superfícies dos grãos. Além disso, foi verificada entre os grãos analisados uma expressiva seqüência de “grau” de desgaste, que vai desde cristais anédricos com arestas bem preservadas, até indivíduos altamente corroídos, com formas esqueléticas (Figura 60).

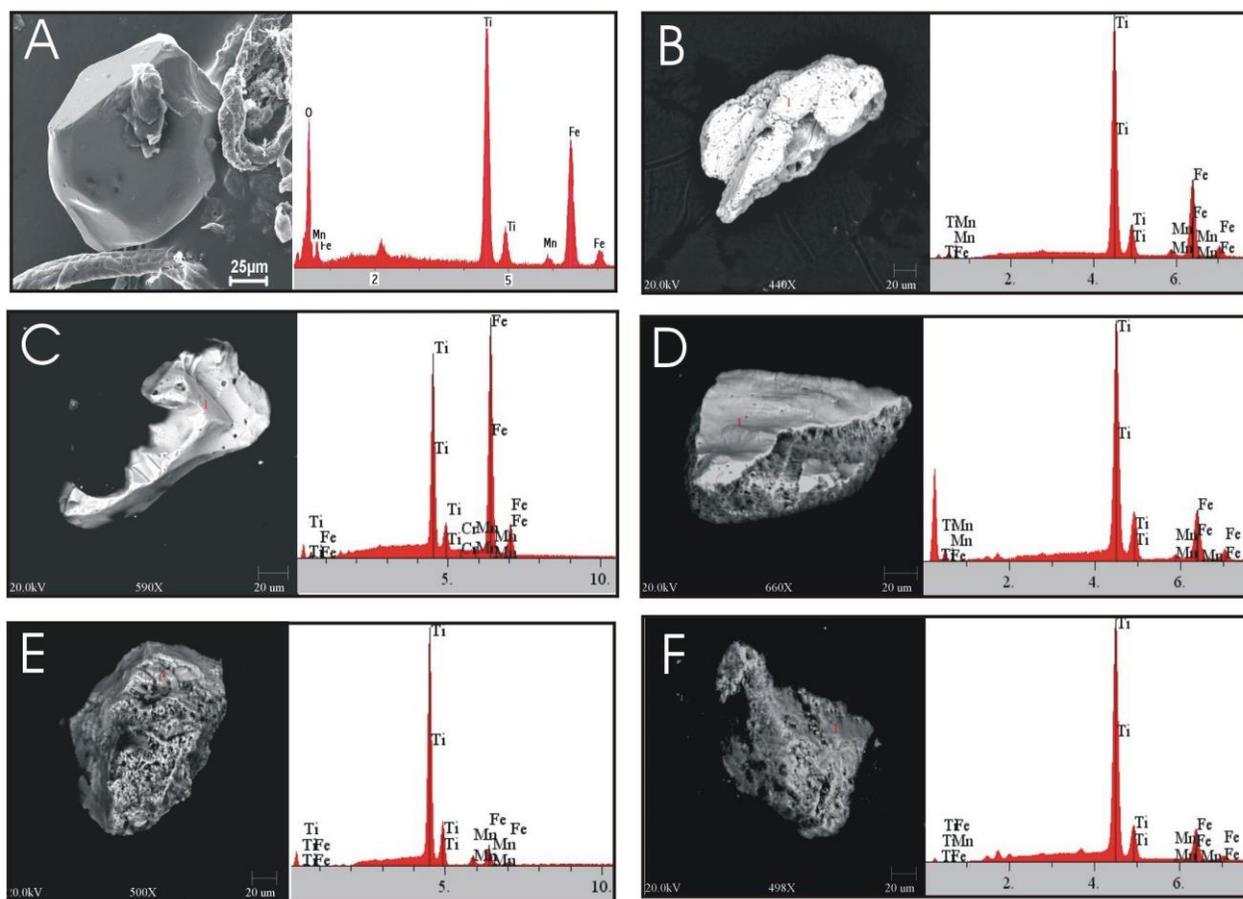


Figura-60 Imagens de MEV e espectros SED mostrando a variedade morfológica nos grãos de ilmenita; de A-F é possível ver toda uma seqüência que vai de formas euédricas (A) até indivíduos altamente alterados, com formas esqueléticas (F); além de feições de abrasão, as quais são mais evidentes nas arestas dos grãos (A) e (B), são comuns indícios de ataque químico, denunciados pela freqüente presença de poros e cavidades, que são mais visíveis nos grãos (D), (E) e (F).

Fragmentos líticos

Os fragmentos líticos encontrados nas praias do rio Purus consistem em sua maioria de fases bimineralicas. Dos 12 grãos analisados, apenas 2 apresentaram-se compostos por 3 fases minerais (Tabela -1).

Tabela-1 Fragmentos líticos analisados e seus respectivos constituintes minerais

| amostras | minerais presentes |
|-----------------|------------------------------|
| 1 | titanita+quartzo |
| 2 | albita+ magnetita |
| 3 | rutilo+almandina+quartzo |
| 4 | muscovita+rutilo |
| 5 | rutilo+ilmenita |
| 6 | quartzo+ cassiterita |
| 7 | muscovita+magnetita+monazita |
| 8 | epidoto+magnetita |
| 9 | albita +ilmenita |
| 10 | clorita+rutilo |
| 11 | turmalina+quartzo |
| 12 | epidoto+feldspato sódico |

Amostra-1: fragmento lítico constituído por partes iguais de quartzo e titanita. Ambos são angulosos e anédricos e, exibem contatos retos entre se, com uma pequena imbricação (Figura 61).

Amostra-2: grão formado predominantemente por feldspato albita, com forma irregular e bordas corroídas. A magnetita ocorre em lamelas orientadas, disseminadas ao longo de todo o grão (Figura 61).

Amostra-3: grão poliminerálico composto por quartzo (75%), rutilo (20%) e almandina (5%). O quartzo apresenta-se anédrico, envolvendo a almandina e parte do rutilo. A almandina possui forma alongada e apresenta uma pequena auréola de reação quando em contato com o seu hospedeiro (Figura 61).

Amostra-4: fragmento micáceo com pequeno grão de rutilo alojado. A composição química da mica e seu espectro apresentam características semelhantes às da muscovita. O rutilo está presente em uma das bordas do grão e possui forma irregular, marcando contato serrilhado com seu hospedeiro (Figura 61).

Amostra-5: fragmento lítico formado predominantemente por rutilo e em menor quantidade por ilmenita. Embora não seja muito evidente, o contato entre os grãos parece ocorrer de forma serrilhada ou levemente gradativa (Figura 61).

Amostra-6: é representada por um de grão de quartzo anédrico, cuja superfície abriga cristálitos irregulares de cassiterita (Figura 61).

Amostra-7: fragmento lítico constituído por muscovita (90%), magnetita (7%) e monazita (2%). A muscovita possui forma subédrica e sua superfície apresenta evidentes sinais de alteração. A magnetita é anédrica e estabelece contatos retos com a muscovita. Por sua vez, a monazita está disposta sob forma de um pequeno grão irregular, posicionado em uma das extremidades do grão maior (Figura 62).

Amostra-8: é representada por um grão de epidoto com pequenas inclusões de óxido de ferro, cujas características químicas assemelham-se às da magnetita (Figura 62).

Amostra-9: grão formado por 70% de plagioclásio albita e por 30% de ilmenita. Ambos se apresentam anédricos e homogêneos, com contatos retos entre-se (Figura 62).

Amostra-10: o fragmento 12 é constituído por clorita e rutilo. A clorita corresponde à cerca de 95% do fragmento, mostra-se formada por um embaralhado de pequenas plaquetas, onde, as mais externas apresentam sinais de alteração química. O rutilo é representado apenas por um pequeno grão arredondado, que forma contato côncavo com a clorita (Figura 62).

Amostra-11: grão de turmalina com um pequeno enclave de quartzo (Figura 62). A turmalina apresenta-se bem arredondada, com feições superficiais de abrasão. O quartzo ocorre confinado a uma das bordas da turmalina, formando contato irregular com mesma.

Amostras-12: epidoto e feldspato sódico são os representantes deste fragmento. O primeiro, representa cerca de 90% do grão, apresenta-se com forma anédrica e com poucos sinais

de alteração. O segundo, também irregular, mostra discretas feições intempéricas em sua superfície (Figura 62).

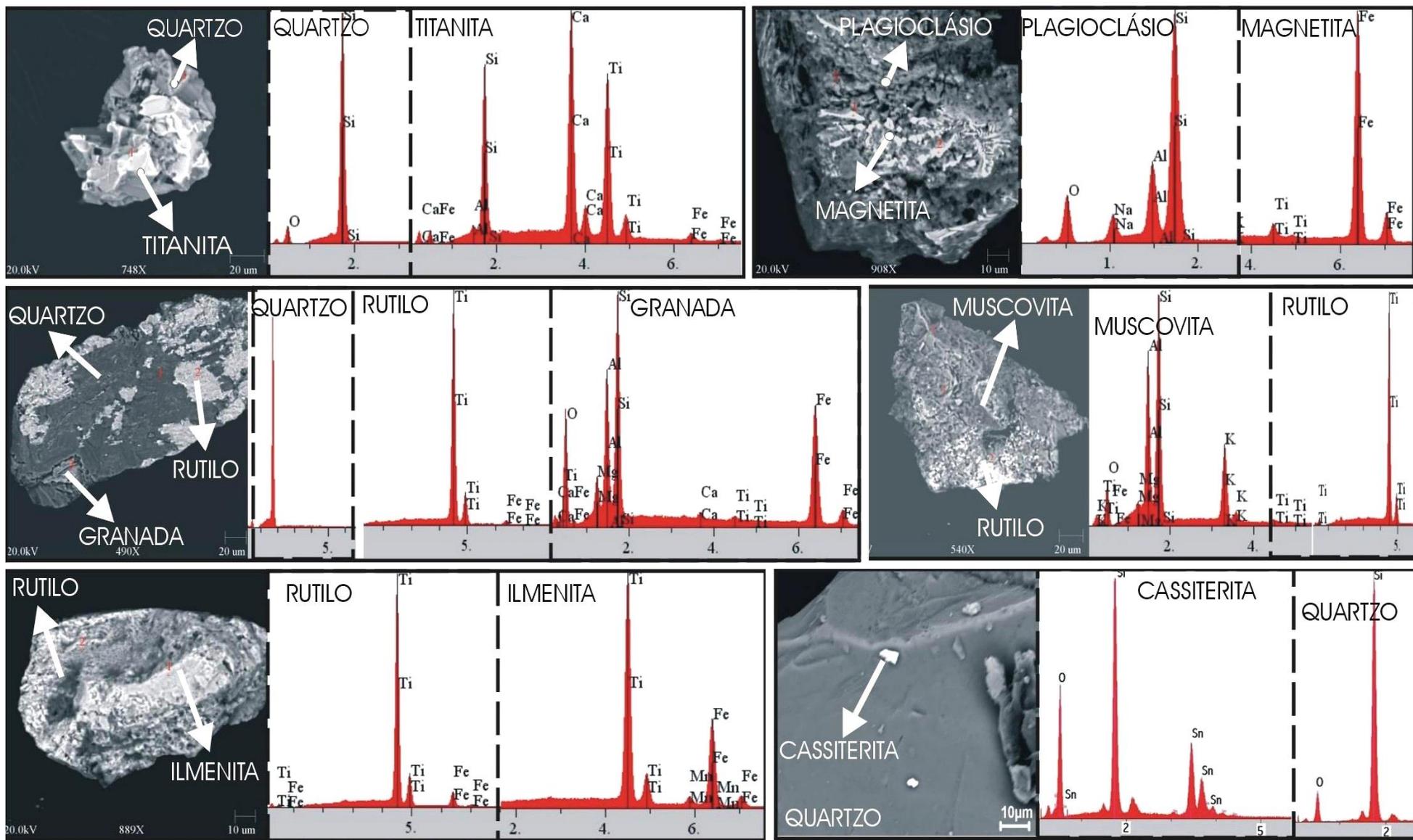


Figura-61 Imagens de MEV e espectros SED das amostras de fragmentos líticos (1-6), mostrando as formas dos grãos e as proporções relativas entre seus constituintes além dos contatos que formam entre se.

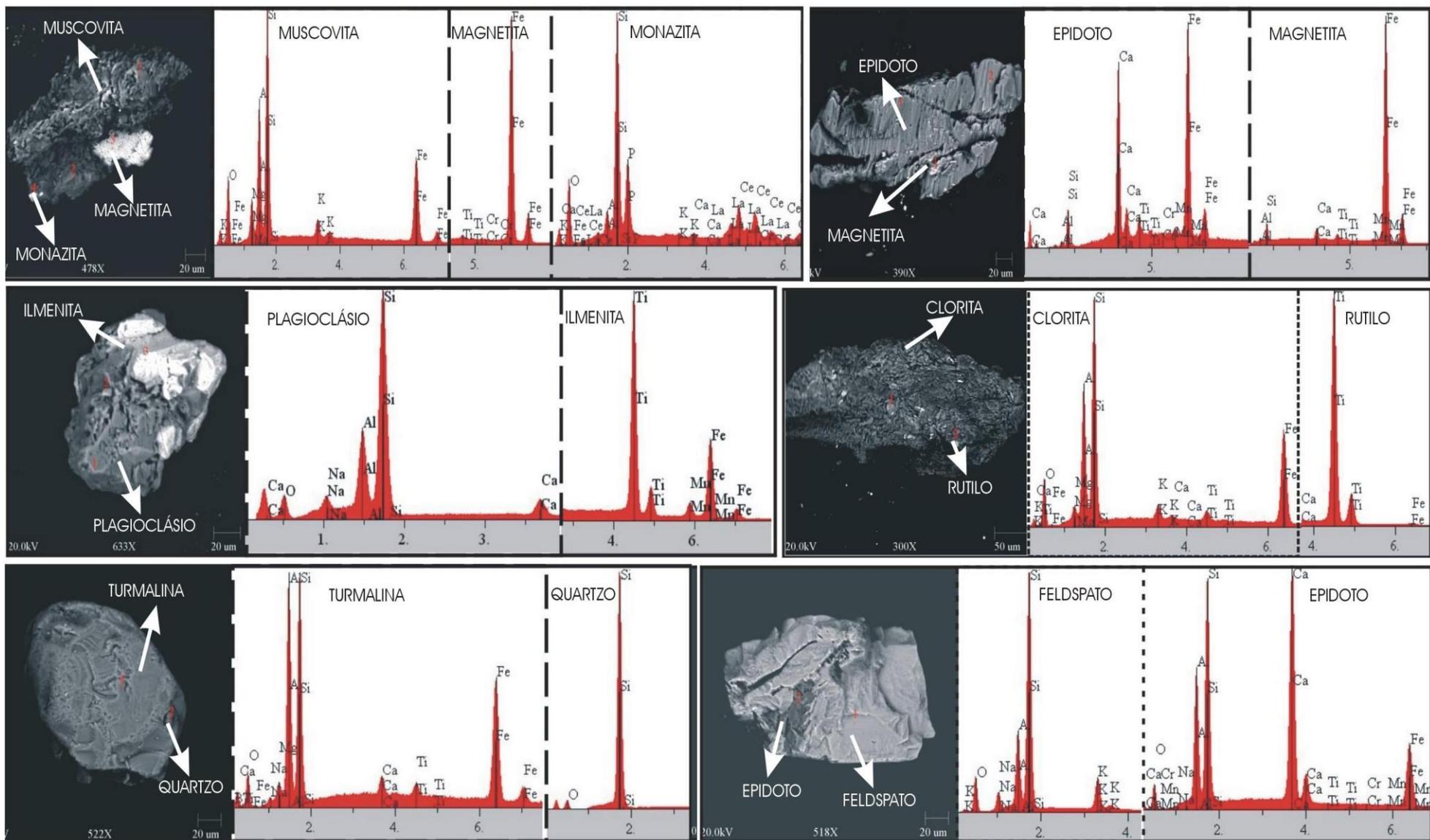


Figura-62 Imagens MEV e espectros SED das amostras (7-12), onde além do contato entre os constituintes dos grãos é possível ver suas proporções relativas, assim como diferentes estágios de alteração química e de abrasão propiciadas pelas diferenças de resistência entre as espécies minerais presentes.

Rio acre

Opacos não-magnéticos

A análise dos minerais opacos não-magnéticos do rio Acre envolveu o tratamento de 14 grãos, os quais, assim como os do rio Purus, mostraram características químicas e espectros equivalentes aos da ilmenita. Os teores dos elementos principais (Fe e Ti) também não apresentaram um padrão que permitisse uma comparação com os das ilmenitas de Grigsby (1992). Porém os de Mn, Cr e Mg foram utilizados, e apresentaram significantes afinidades com os de ilmenitas detríticas de rochas vulcânicas félsicas e de félsicas plutônicas (Figura 63).

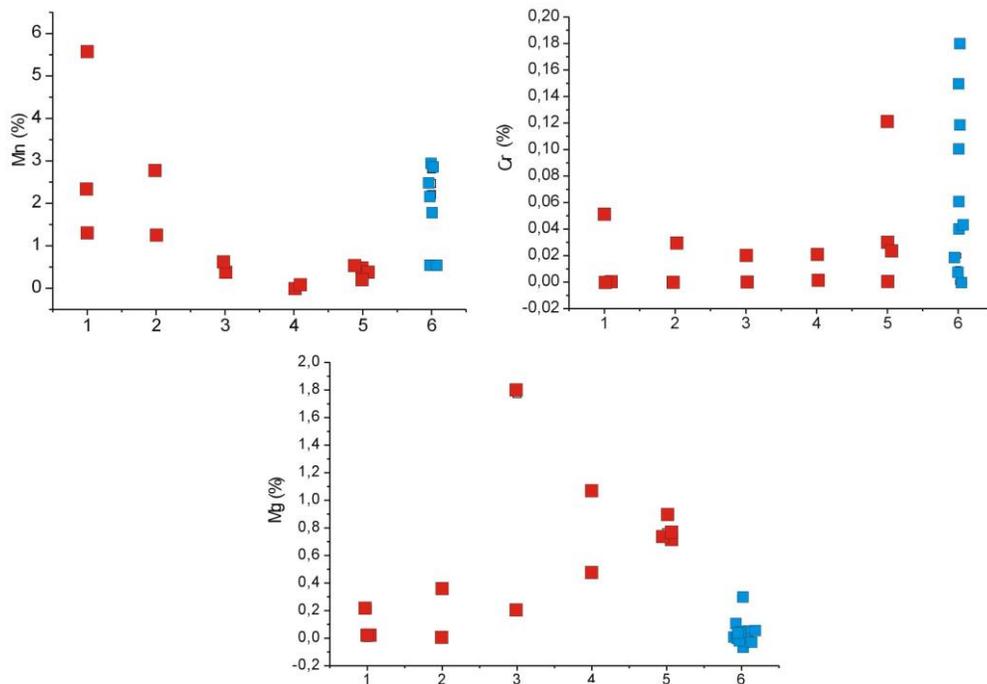


Figura-63 Comparação entre os teores de Mn, Cr e Mg das ilmenitas do rio Acre com os de ilmenitas detríticas investigadas por Grigsby: 1- ilmenitas de fontes vulcânicas félsicas; 2- de félsicas plutônicas; 3- de vulcânicas intermediárias; 4- de vulcânicas máficas; 5- de máficas plutônicas; 6- ilmenitas das praias do rio Acre.

Morfologicamente os grãos de ilmenita mostram-se predominantemente arredondados a subarredondados, com presença de sulcos e fendas em suas superfícies. Apenas alguns grãos são angulosos, com pouco ou nenhum sinal de ataque químico e de e abrasão hidráulica (Figura 64).

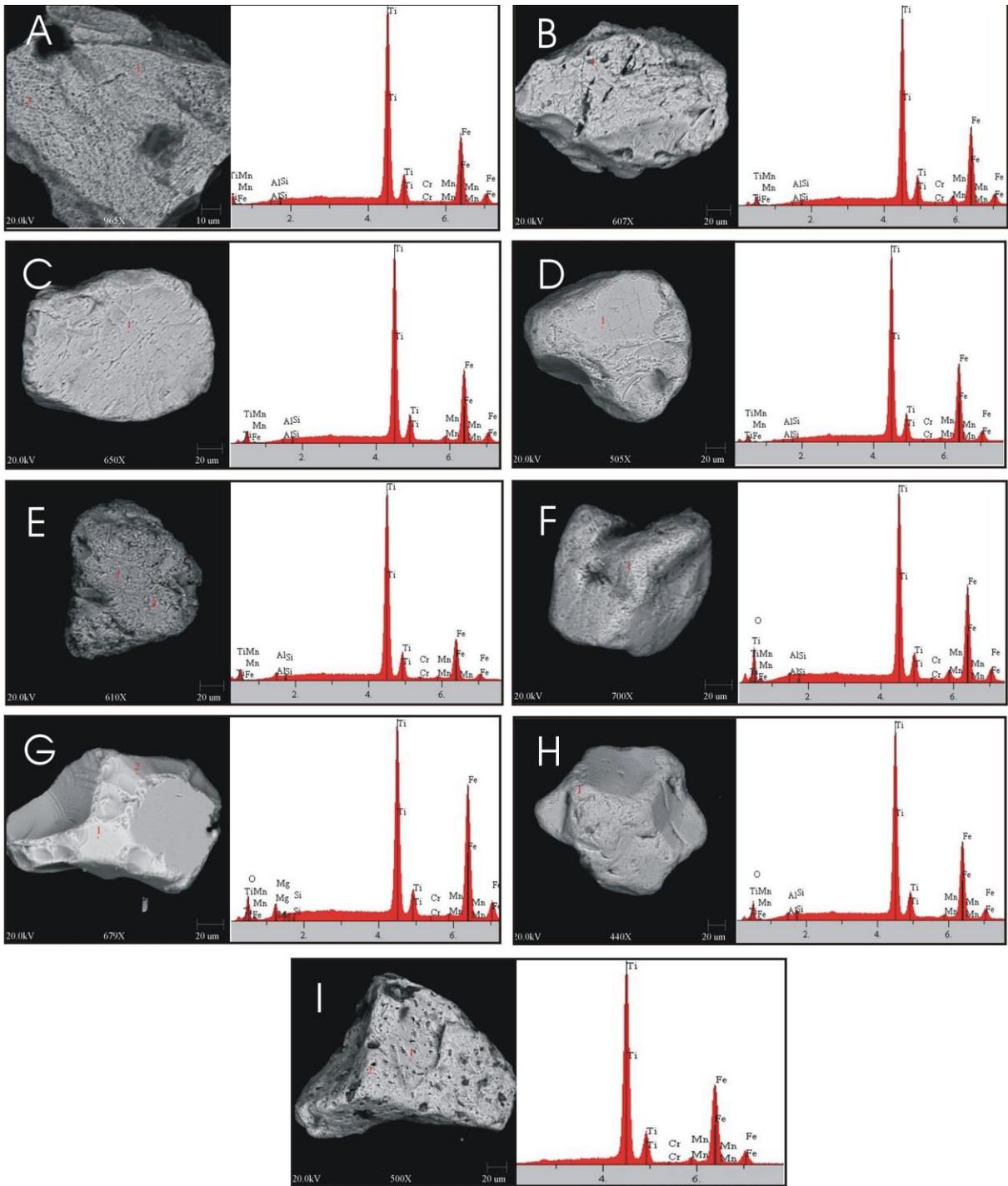


Figura- 64 Imagens de MEV mostrando o predomínio de grãos arredondados e subarredondados de ilmenita em detrimento a pouca ocorrência de grãos angulosos e subangulosos; de A-H é possível identificar toda uma seqüência de grau de arredondamento, que indica diferenças na localização de áreas fontes e/ou nas condições hidrodinâmicas durante o transporte.

Fragmentos líticos

Nos sedimentos de praias do rio Acre foram analisados 16 fragmentos líticos, dos quais 15 são formados por duas fases minerais e, apenas 1 apresenta-se constituído por três minerais (Tabela-2).

Tabela-2 Fragmentos líticos do rio Acre e seus respectivos constituintes minerais

| amostras | minerais presentes |
|-----------------|---------------------------|
| 1 | rutilo+ilmenita |
| 2 | magnetita+dolomita |
| 3 | almandina+ilmenita |
| 4 | ilmenita+quartzo |
| 5 | ilmenita+clorita |
| 6 | rutilo+quartzo |
| 7 | ilmenita+rutilo |
| 8 | magnetita+piroxênio |
| 9 | ilmenita+zircão+almandina |
| 10 | rutilo+muscovita |
| 11 | ilmenita + zircão |
| 12 | biotita+ilmenita |
| 14 | plagioclásio+hematita |
| 13 | clorita+ilmenita |
| 15 | sulfeto+jadeíta? |

Amostra-1: grão com forma elipsoidal e aspecto poroso, formado por ilmenita e rutilo. O contato entre os indivíduos se dá de forma gradual ou está mascarado por reações intempéricas (Figura 65).

Amostra-2: grão de ilmenita porosa com pequenos cristalitos anédricos de dolomita, os quais ocorrem disseminados ao longo de todo o grão (Figura 65).

Amostra-3: grão formado por granada do tipo almandina e ilmenita, onde a granada corresponde a 80% do grão e apresenta-se bordejada pela ilmenita, formando contatos retos com esta a côncavos (Figura 65).

Amostra-4: grão irregular formado predominantemente por ilmenita, com um pequeno cristal irregular de quartzo, o qual está alojado em uma de suas bordas, mostrando nítido contato serrilhado (Figura 65).

Amostra-5: fragmento composto por de 90% de clorita com um pequeno enclave de ilmenita (Figura 65).

Amostra-6: fragmento composto por cerca de 90% de rutilo e 10% de quartzo. O rutilo possui forma alongada, com algumas fácies bem definidas e arestas semipolidas. O quartzo se aloja em uma das extremidades do rutilo, possui forma semi-hexagonal e forma contato serrilhado com seu hospedeiro, com uma pequena aréola de alteração (Figura 65).

Amostra-7: fragmento lítico composto por ilmenita e rutilo. O contato entre os grãos não ocorre de forma clara, podendo ser gradativo ou está mascarado por impurezas (Figura 66).

Amostra-8: fragmento composto por piroxênio e magnetita. O piroxênio possui forma anédrica e apresenta poucos sinais de alteração. A magnetita por sua vez, mostra-se como pequenas ripas ou grãos irregulares, confinados no piroxênio. O contato entre os dois minerais se dá de forma abrupta com as ripas e, serrilhado com os grãos (Figura 66).

Amostra-9: grão formado por 80% de ilmenita, 15% de granada e 5% de zircão. A ilmenita é hospedeira dos demais, apresenta-se sob forma elipsoidal, com fácies lisas e com pouca porosidade. A composição química da granada presente é equivalente á da almandina, seus grãos são alongados e marcam contatos retos com a ilmenita. O zircão está presente sob a forma de um pequeno cristal irregular, localizado em uma das bordas do hospedeiro (Figura 66).

Amostra-10: consiste em um fragmento bimineralico composto, em proporções praticamente iguais, por muscovita e rutilo. A muscovita apresenta-se como pequenas plaquetas

que formam contatos retos e serrilhados com o rutilo. O rutilo possui forma irregular, mostrando leves tendências euedrais em suas porções mais centrais (Figura 66).

Amostra-11: grão formado predominantemente por ilmenita envolta em óxido de ferro granular. O zircão ocorre como pequenos cristalitos que ora se encontram entre óxido de ferro granular e outras diretamente sobre a ilmenita (Figura 66).

Amostra-12: grão formado quase que em sua totalidade por ilmenita, com forma arredondada e aspecto alterado. A biotita ocorre discretamente sobre a superfície da ilmenita, com placas moderadamente orientadas (Figura 66).

Amostra-13: fragmento composto por 60% de ilmenita e 40% de clorita. A ilmenita mostra-se porosa e anédrica, enquanto a clorita é formada por pequenas plaquetas com sinais de reação nas bordas. O contato entre os grãos ocorre de forma abrupta e reta (Figura 67).

Amostra-14: fragmento composto por plagioclásio e óxido de ferro. O plagioclásio encontra-se sob forma anédrica, com feições intempéricas na superfície, marcada pela formação de pequenas placas irregulares. O óxido de ferro possui composição semelhante à hematita e apresenta-se subédrico com pouco sinal de abrasão em sua superfície. Seu contato se dá de forma reta com o plagioclásio (Figura 67).

Amostra-15: grão arredondado formado por mineral com constituição química semelhante a da jadeíta, com pequenos cristalitos de sulfeto de ferro (Figura 67).

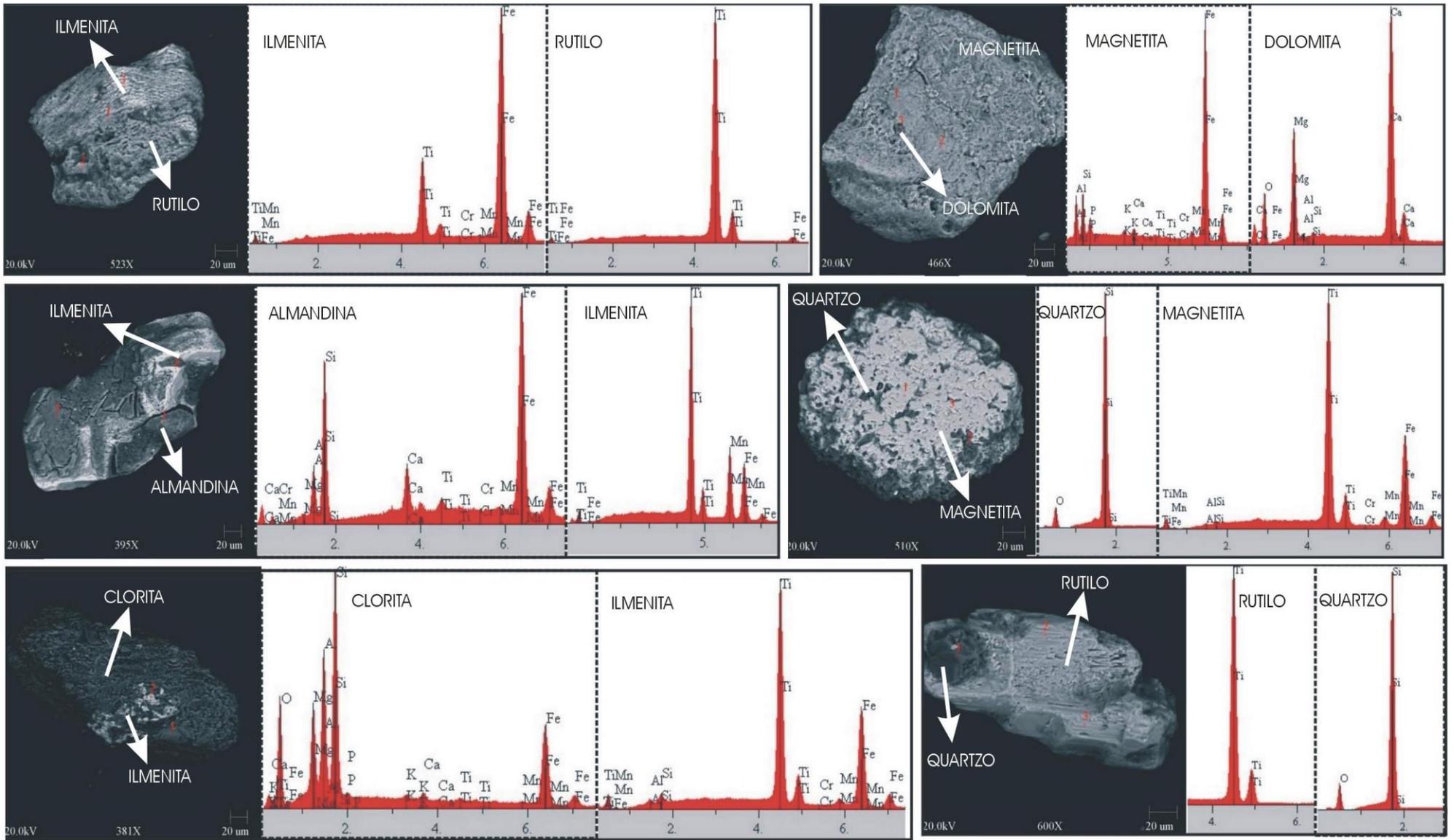


Figura-65 Imagens MEV e espectros SED dos fragmentos líticos do rio Acre mostrando as formas dos grãos, seus constituintes minerais e as relações de contato que estes formam entre-se; diferentes estágios de alteração também são observados em indivíduos de espécies diferentes pertencentes a um mesmo grão, mais visíveis no de magnetita+ dolomita e no de ilmenita +clorita.

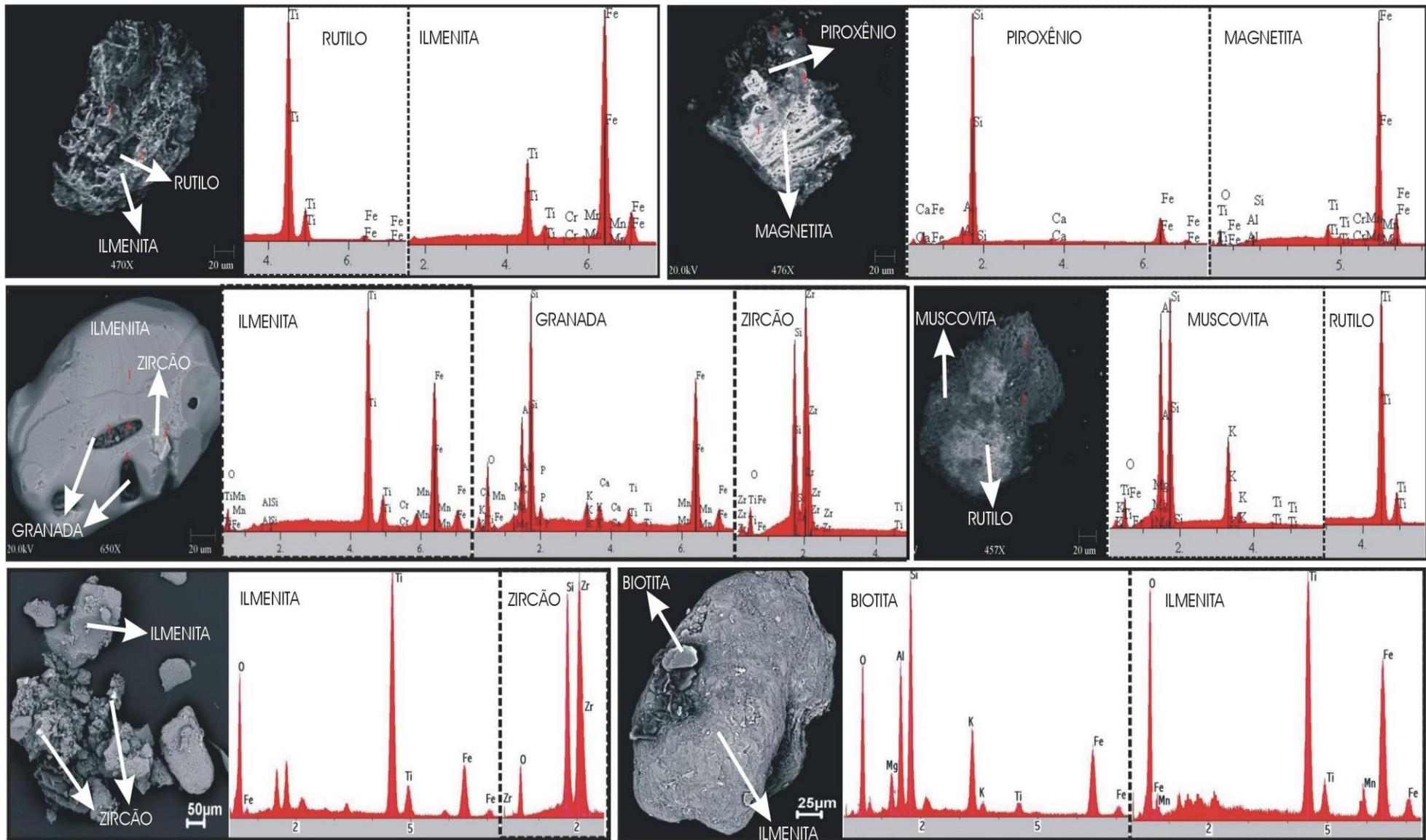


Figura-66 Imagens de MEV e espectros SED mostrando os fragmentos correspondentes as amostras de 7-12; alguns grãos mostram nítidos contatos retos entre suas fases minerais, enquanto em outros, os contatos ocorrem de forma discreta ou gradual, podendo estar mascarados por impurezas como óxido de ferro.

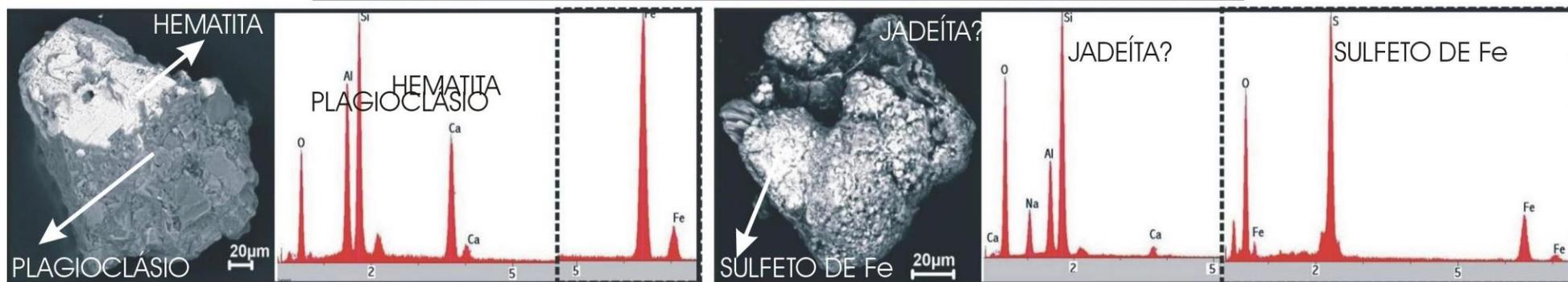
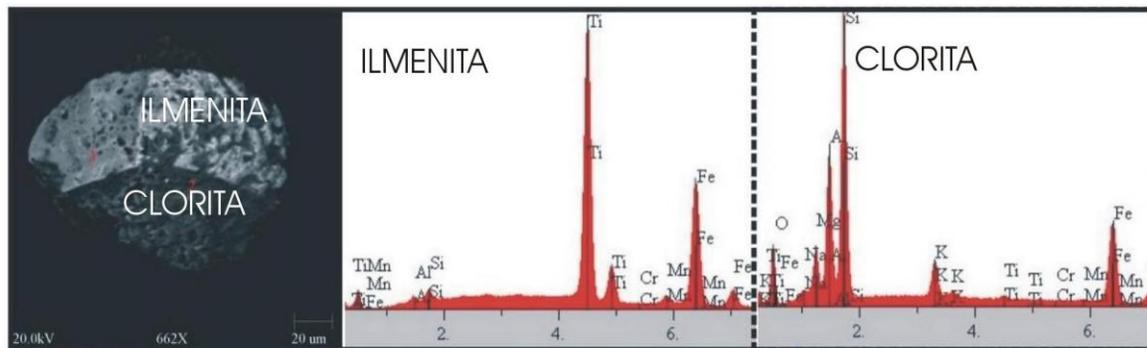


Figura-67 Imagens MEV e espectros SED das amostras 13-15, mostrando os tipos de contatos entre os constituintes minerais dos grãos e suas formas de ocorrência e proporção relativa com se mostram.

Geocronologia do zircão

Rio Purus

As análises geocronológicas foram realizadas em 53 grãos de zircão do rio Purus, extraídos aleatoriamente das frações entre 0,0062 e 0,250 mm. Deste total, apenas 33 apresentaram resultados compatíveis com as exigências do método.

Depois de extraídos, os grãos foram montados em lâmina de imersão e fotografados. Em seguida, suas fotografias foram organizadas em planilhas com suas respectivas legendas. Em sua maioria, as idades foram obtidas pela ionização do Pb, quando não possível, utilizou-se dos resultados de sua evaporação. As características analíticas encontram-se estampadas no Anexo-I.

As idades obtidas a partir da análise dos 33 grãos podem ser agrupadas em pelo menos seis idades, ou intervalos de idades distintas. Com intuito de otimizar a apresentação dos dados, adota-se no presente trabalho os termos: 'A' para a idade de 1500 Ma; 'B' para idades entre 900–1200 Ma; 'C' para a idade de 733 Ma; 'D' para idades entre 524–606 Ma; 'E' para idades 303–453 Ma; e 'F' para idades entre 151–210 Ma.

A idade 'A' é representada por apenas um grão. Este possui forma elipsoidal, é bem arredondado e apresenta uma pequena inclusão de um mineral alongado (Figura 68).

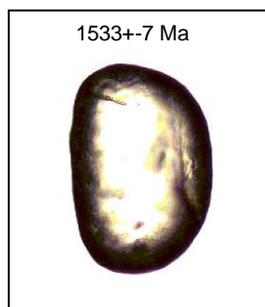


Figura-68 Grão de zircão bem arredondado pertencente à idade 'A'.

O grupo de zircões pertencentes ao intervalo 'B' é o mais abundante, perfazendo um total de 19 grãos. Apresenta-se principalmente sobre formas alongadas, com grãos subangulosos e fragmentados. Em menor quantidade, ocorrem grãos arredondados e subarredondados, estes,

com dimensões inferiores aos demais. Além disso, é comum a presença de inclusões fluidas e sólidas representadas por bolhas e minerais alongados, respectivamente (Figura 69).

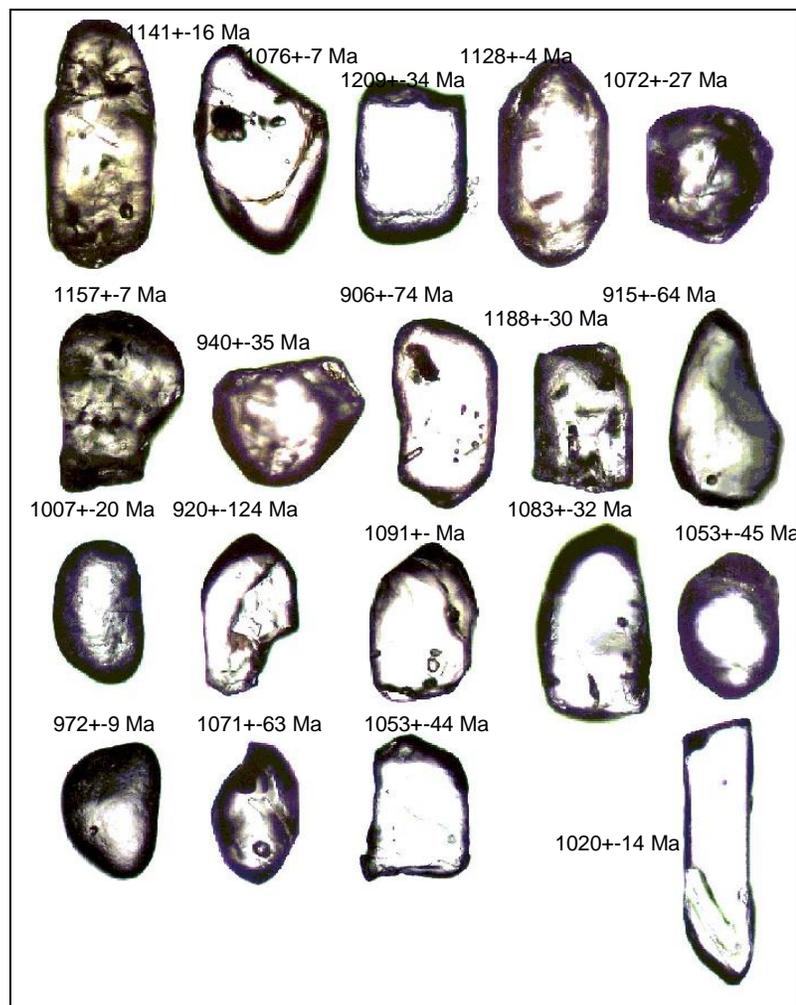


Figura-69 Conjunto de grãos pertencentes ao intervalo 'B', mostrando a predominância de grãos alongados e subangulosos.

A idade 'C' também possui apenas um representante. Este constitui um pequeno grão de forma elipsoidal, é bem arredondado, porém apresenta irregularidades em uma de suas extremidades (Figura 70).

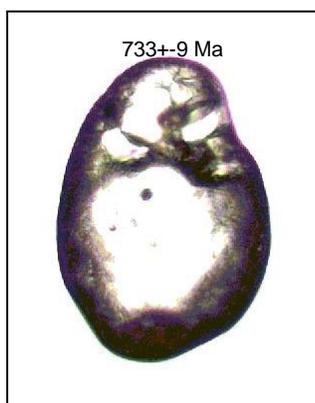


Figura-70 Grão de zircão bem arredondado representante da idade 'C'.

O intervalo 'D' é representado por 5 grãos, sendo 3 bem arredondados e 2 subarredondado. Embora apresente um grão alongado, esse grupo caracteriza-se por possuir 4 grãos sub-eqüidimensionais (Figura 71).

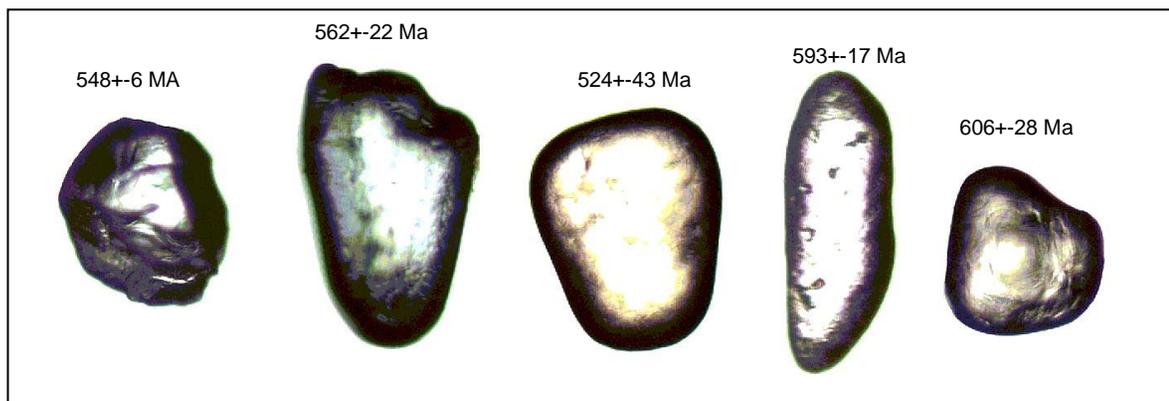


Figura-71 Conjunto de grãos pertencentes ao intervalo 'D', onde é nítido o domínio de grãos bem arredondados e subarredondados.

O conjunto de grãos do intervalo 'E' é formado por quatro indivíduos, que no geral são subangulosos, e apresentam inclusões fluidas (Figura 72).

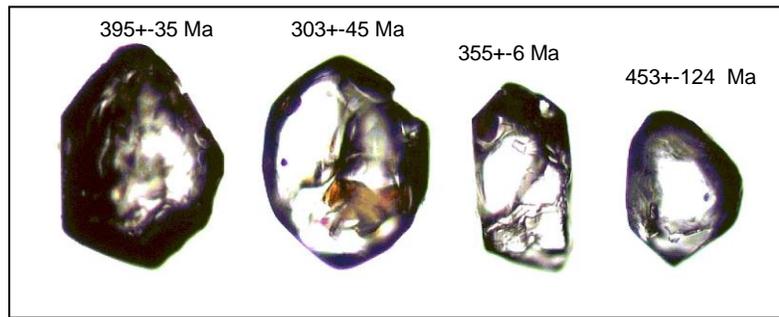


Figura-72 Zircões pertencentes ao intervalo 'E' com poucos sinais de abrasão mecânica.

O intervalo F' é representado por 3 grãos: dois angulosos e um subarredondado. Estes apresentam inclusões fluidas e sólidas (Figura 73).

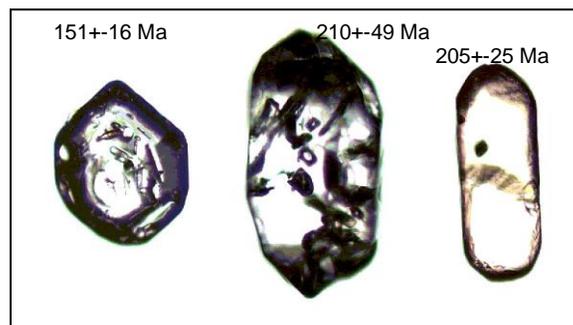


Figura-73 Grãos representantes do intervalo 'F'.

Rio Acre

No rio Acre foram selecionados 74 grãos para a análise geocronológica, destes, apenas 28 atenderam as solicitações impostas pelo método. Entre outros problemas, muitos grãos

apresentaram quantidade de Pb total abaixo do limite de detecção do aparelho ou, em outros casos, alto teores de Pb²⁰⁴, o que resultou na eliminação de suas idades - quando obtidas - na fase de tratamento dos dados (Anexo- II).

Os procedimentos adotados desde a seleção dos grãos até o momento de tratamento dos dados foram iguais a aqueles utilizados para os zircões do rio Purus. Aqui também, optou-se pelo uso de letras para representar idades ou intervalos de idades ocorrentes, onde: 'G' foi usado para representar idades entre 2700-3000 Ma; 'H' para a idade de 2111 Ma; 'I' para o intervalo entre 800 e 1400 Ma; e 'j' para idades entre 180 e 540 Ma.

O intervalo 'G' é representado por quatro indivíduos, dos quais dois são bem arredondados e um é subanguloso (Figura 74).

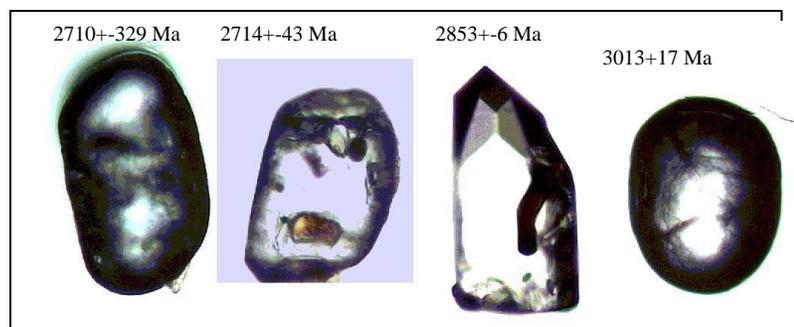


Figura-74 Conjunto de grãos pertencentes ao intervalo 'G'; com exceção do terceiro grão da esquerda para direita, todos são bem arredondados mostrando grande retrabalhamento mecânico.

A idade 'H' representa apenas um grão, o qual ocorre com forma semiesférica e com alto grau de arredondamento (Figura 75).

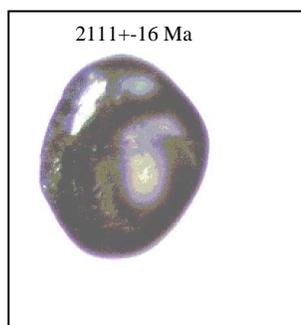


Figura-75 Único grão representante da idade 'H'

O intervalo 'I' é o mais abundante, com um total de 17 grãos, dos quais 8 são subarredondados, 5 são bem arredondados e 3 angulosos. A maioria exibe-se com forma alongada e com marcantes inclusões em formas de bolhas, por vezes ocorrem minerais inclusos (Figura 76).

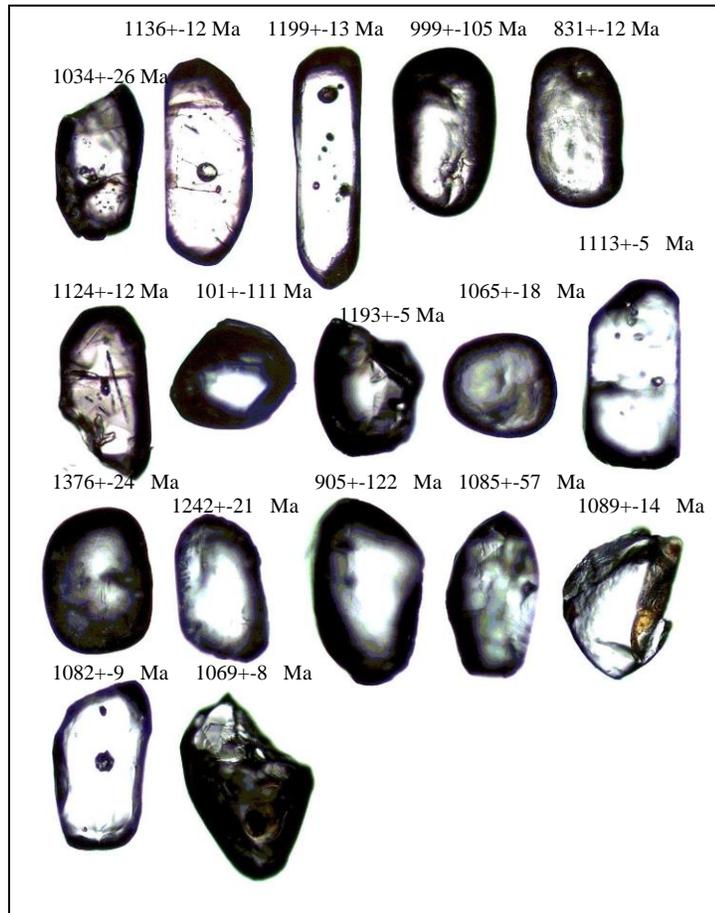


Figura-76 Conjunto de grãos representativos do intervalo 'I'; com predominância de grãos arredondados e subarredondados

O intervalo 'J' apresenta 6 indivíduos, que em sua maioria consistem em pequenos grãos facetados, com algumas inclusões escuras (Figura 77).

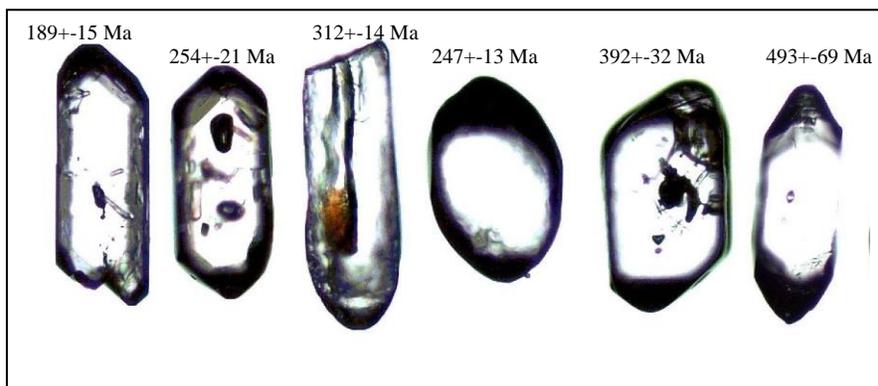


Figura-77 Zircões representantes do intervalo 'J'; o agrupamento desse conjunto é atribuído a pouca frequência de grãos que pudessem representar intervalos mais curtos de idades.

7.0 - DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

7.1-Litologias fontes e suas possíveis localizações geográficas

Com os dados obtidos no presente trabalho foram identificadas duas assembléias principais de minerais pesados: a primeira, representante de rochas metamórficas, principalmente de metapelitos, constituída por aluminossilicatos (cianita, andalusita, sillimanita, granada e micas) e epidoto; e a segunda, composta por minerais de rochas ígneas ácidas a intermediárias, onde, zircão, turmalina e apatita são os principais representantes, seguidos por minerais que podem ocorrer tanto em rochas ígneas, quanto em metamórficas .

A assembléia de aluminossilicatos, juntamente com o epidoto são os constituintes mais frequentes em ambos os rios estudados, sofrendo apenas variações percentuais entre os minerais principais. No rio Purus os aluminossilicatos representam cerca de 46% do total de minerais pesados, ao passo que no rio Acre, estes, apresentam-se em torno de 60% (Tabelas 3 e 4).

A diferença entre estes valores pode ser atribuída a problemas amostrais e/ou ao caráter heterogêneo da Formação Solimões. No primeiro caso, destaca-se o fato de que a amostragem dos sedimentos do rio Purus foi realizada apenas em torno da cidade de Sena Madureira (baixo curso do rio), ao passo que no rio Acre, essa, ocorreu de forma mais sistemática, tendo sido coletados sedimentos desde a jusante (Assis Brasil), até montante da área estudada (Porto Acre) (Figura 1). Interligado á esse possível problema de amostragem, variações na abundância relativa dos minerais pesados da Formação Solimões são evidenciadas na frequência de minerais como a do epidoto, que no alto curso do rio Acre mostra-se abundante, com sensível diminuição em porções mais jusantes.

Outro fator que deve contribuir para essa pequena disparidade entre os sedimentos de praias estudadas é a influência dos sedimentos dos terraços quaternários, os quais são mais expressivos no rio Purus. Embora estes sedimentos tenham sua origem na Formação Solimões, estes, apresentam maior maturidade textural e mineralógica, uma vez que foram mais expostos às condições de erosão, transporte e deposição, que os extraídos diretamente da Formação Solimões.

Tabela-4 Freqüência dos minerais pesados no rio Purus.

| Minerais | Freqüência (%) |
|-----------------|-----------------------|
| epidoto | 19,5 |
| cianita | 17,5 |
| zircão | 14,5 |
| andalusita | 8,0 |
| turmalina | 7,4 |
| sillimanita | 5,6 |
| estauroлита | 4,5 |
| granada | 4,5 |
| apatita | 4,3 |
| anfíbólio | 3,7 |
| clorita | 2,7 |
| muscovita | 2,4 |
| rutilo | 2,2 |
| biotita | 1,0 |
| serpentina | 0,6 |
| anatásio | 0,4 |
| piroxênio | 0,2 |
| cassiterita | 0,2 |
| total | 99,9 |

Tabela-4 Freqüência dos minerais pesados no rio Acre.

| Minerais | Freqüência (%) |
|-----------------|-----------------------|
| andalusita | 22,7 |
| cianita | 22,6 |
| zircão | 12,2 |
| epidoto | 7,8 |
| sillimanita | 5,2 |
| turmalina | 5,2 |
| muscovita | 4,7 |
| granada | 3,3 |
| clorita | 3,3 |
| apatita | 2,9 |
| anfíbólio | 2,7 |
| biotita | 2,5 |
| estauroлита | 1,7 |
| titanita | 1,0 |
| anatásio | 0,6 |
| serpentina | 0,5 |
| rutilo | 0,4 |
| piroxênio | 0,1 |
| total | 99,9 |

A presença dessa assembleia representada, em sua maioria, por epidoto e aluminossilicatos, sugere que as fontes primárias dos sedimentos de praias dos rios Purus e Acre eram constituídas principalmente de rochas pelíticas metamorfizadas, e secundariamente por rochas ígneas ácidas a intermediárias. Essas rochas são encontradas ao longo do Cráton

Amazônico (Figura 78), e nas porções andinas e sub-andinas do Peru e da Bolívia. As primeiras, representadas pela Sequência Metavulcanosedimentar Nova Brasilândia (SMNB), que é integrada ao contexto geológico do Cinturão Guaporé (Santarém *et al.* 1992). Essa sequência é composta por anfibolitos, metagabros, gnaisses, metassedimentos, xistos e granitos (Rizzotto *et al.* 1999). O mesmo autor descreve a presença de sillimanita, titanita, granada, muscovita, hornblenda, piroxênio, biotita, ilmenita, turmalina e zircão nas paragêneses destas rochas. Sendo os quatro primeiros os acessórios mais abundantes em quartzo-mica-xisto, paragnaisses e gnaisses, e os seis últimos, em anfibolitos e metagabros, além de ocorrerem em proporções significantes no Granito Rio Branco e nas rochas da Suíte Rio Pardo (Figura 79).

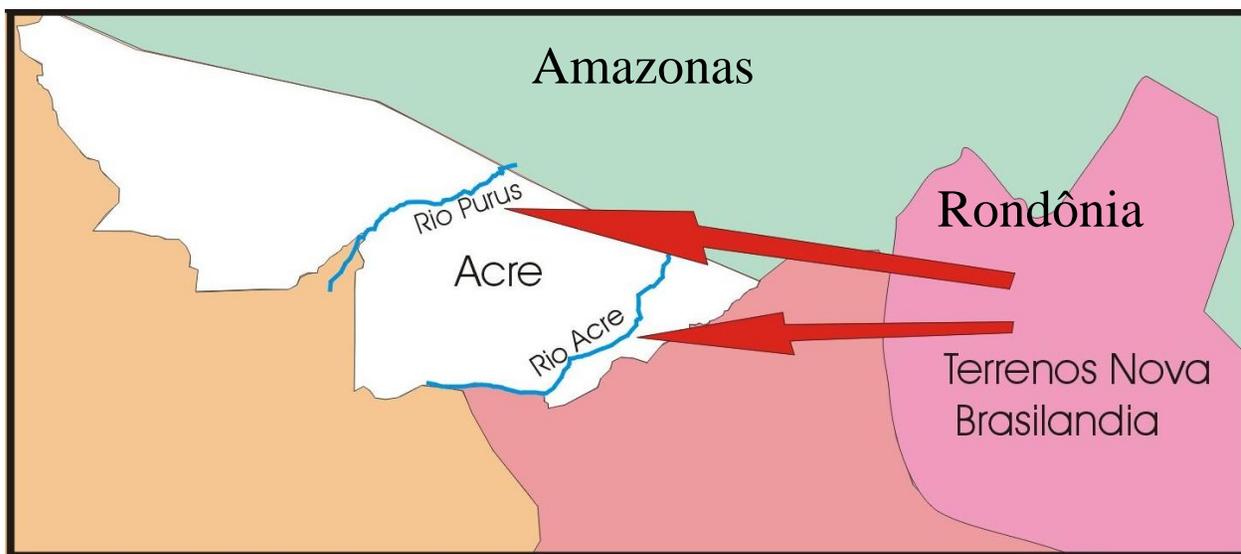
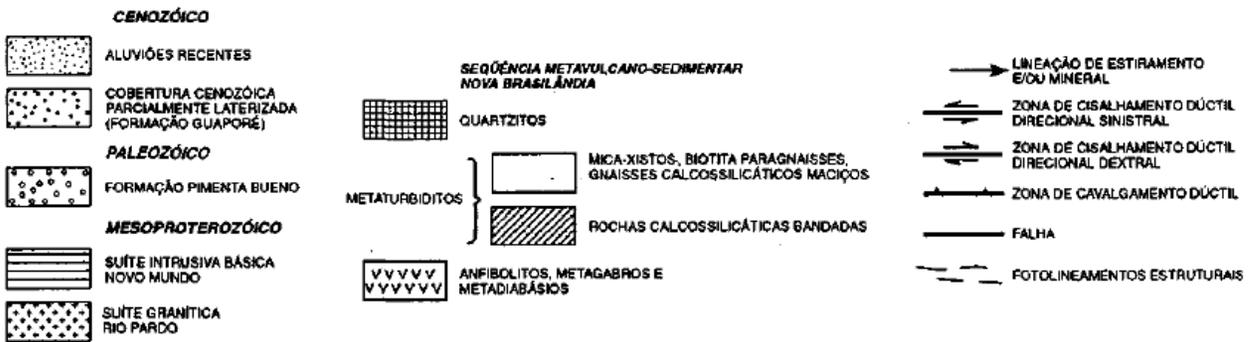
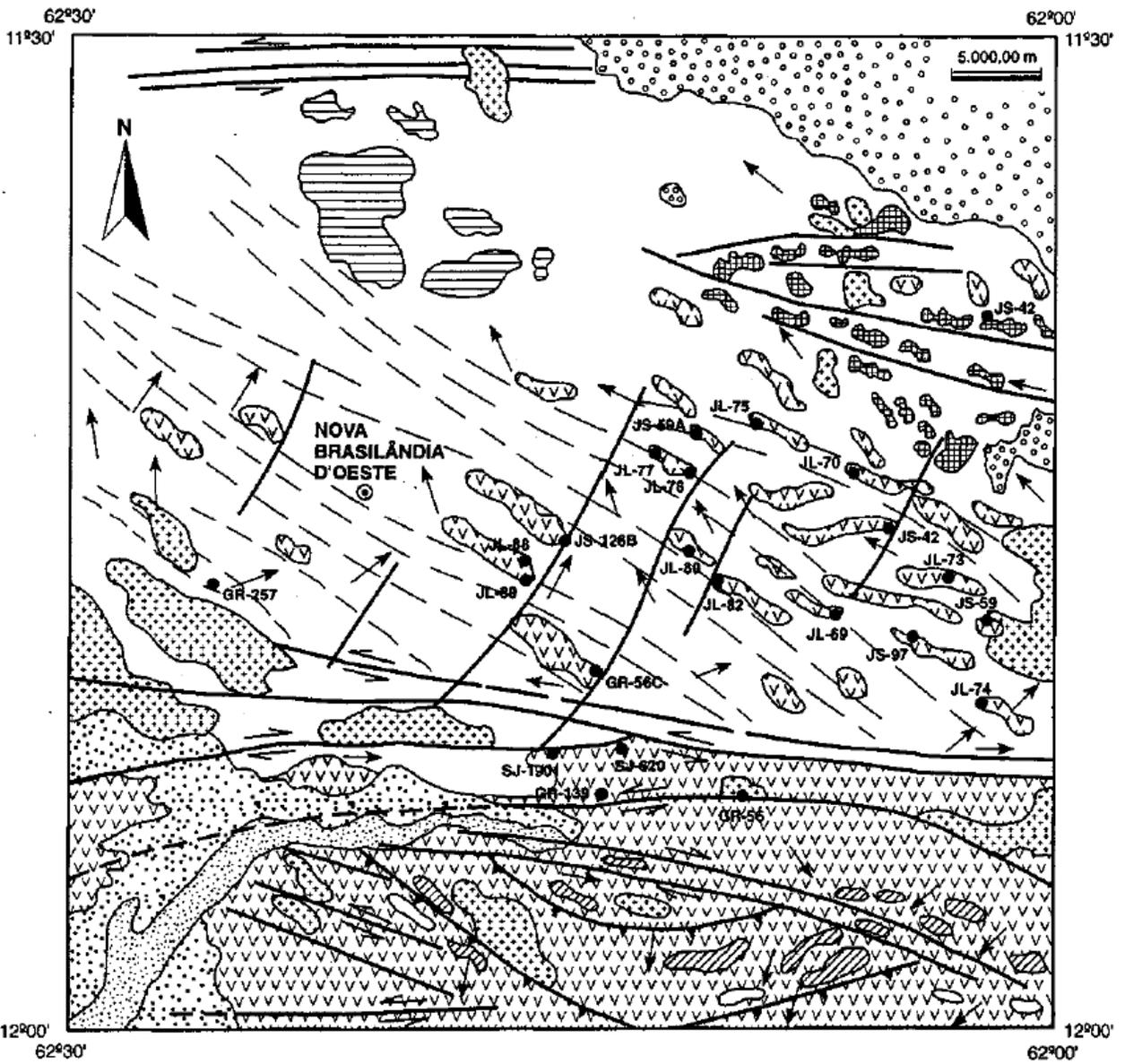


Figura-78 Localização do Estado do Acre, mostrando suas relações geográficas com o Terreno Nova Brasilândia; as setas não indicam o trajeto dos sedimentos até as bacias dos rios Purus e Acre e sim os locais mais prováveis de suas origens.



A hipótese de que a SMNB tenha sido uma das principais fontes primárias para os sedimentos de praias dos rios estudados é também confirmada pela presença de fragmentos líticos, cujas associações mineralógicas mostram características petrográficas semelhantes às das rochas estudadas por Rizzotto, e ainda, por idades aparentes de zircões detríticos de ambos rios, que são correspondentes às obtidas por Rizzotto *et al* (1999), Tohver *et al* (2001) e Van *et al* (1998), para a Orogenia Sunsas, variando entre 900 e 1300 Ma, com maior frequência centrada em torno 1100 Ma, idade esta considerada por muitos autores como o auge da Orogenia Sunsas (Figuras 80 e 81).

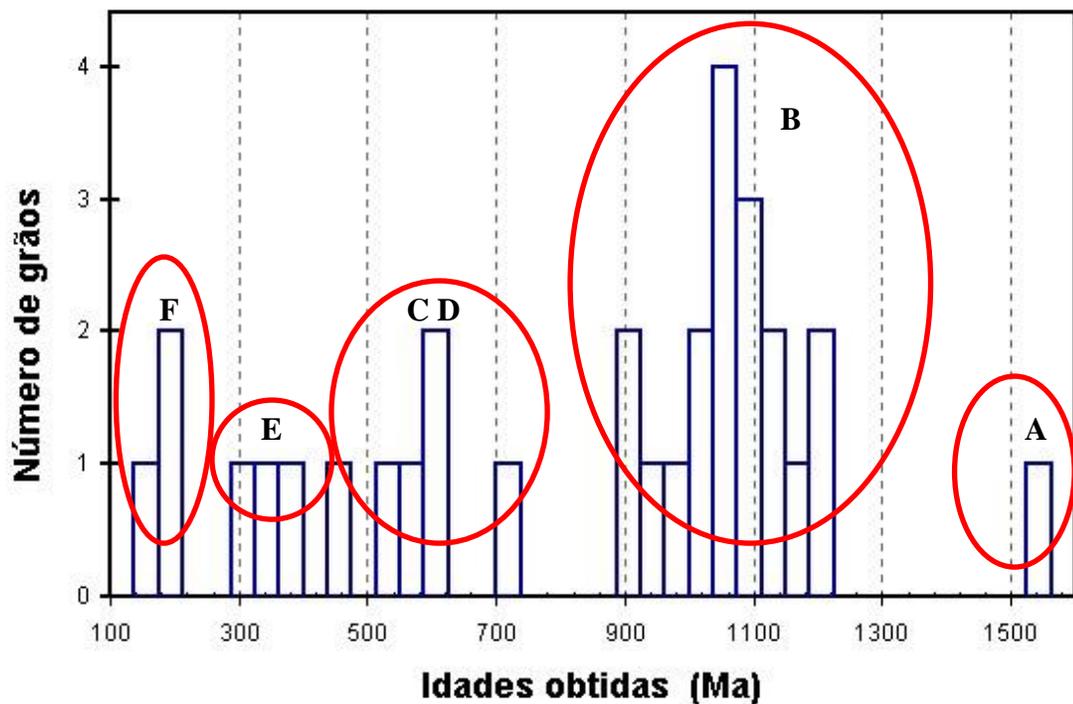


Figura-80 Histograma das idades obtidas nos zircões do rio Purús; em (B) têm se as idades relativas a Orogenia Sunsas; (E) e (F) idades de rochas da porção oriental andina; (C) e (D) vestígios de rochas do Brasileiro e (A) possível contribuição de rochas afetadas pelo o Evento Transamazônico, como aquelas da porção meridional do Peru.

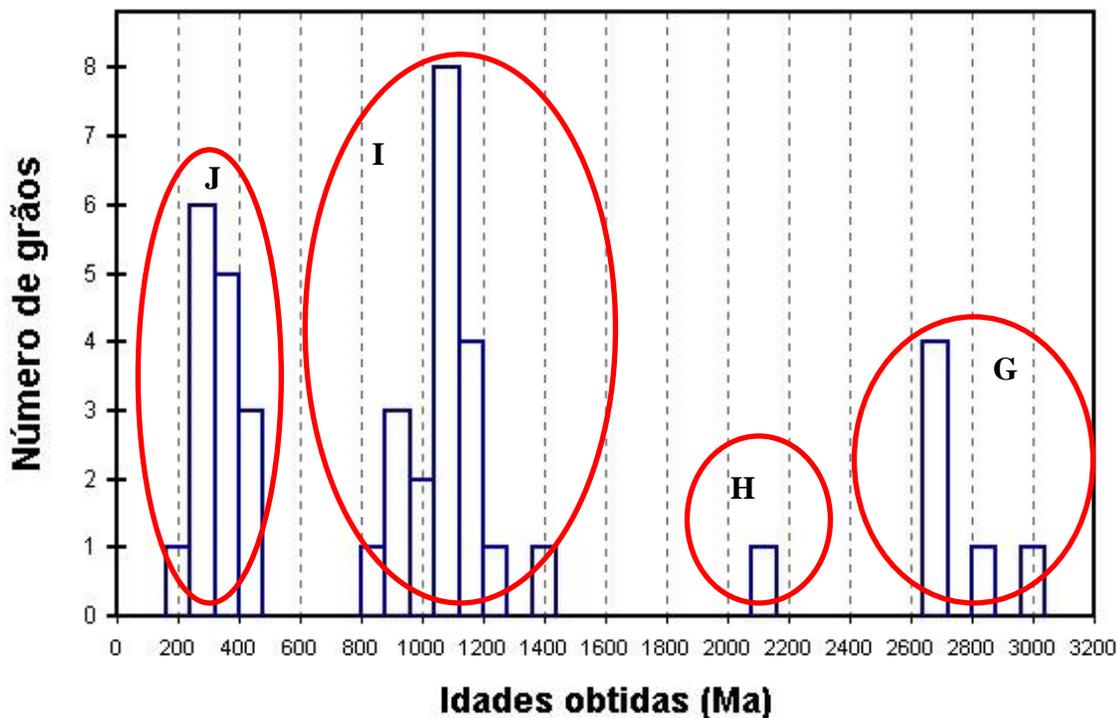


Figura-81 Histograma das idades obtidas nos zircões do rio Acre; em (I) idades conhecidas na Orogenia Sunsas; (J) idades das regiões central e oeste dos Andes; (G) e (H), possíveis idades do embasamento andino ou de rochas do Cráton Amazônico.

A variedade no grau de arredondamento nos minerais inferidos à SMNB, aponta para possíveis diferenças em suas trajetórias até a bacia do Acre, onde os grãos subarredondados representariam fontes mais distais, ao passo que os subangulosos e angulosos seriam provenientes de áreas localizadas mais a sudoeste, podendo então representar rochas do embasamento das margens nordeste e sudeste da proto Bacia do Acre, que foram encobertas pelos membros superiores da Formação Solimões.

Todavia, as paragêneses das rochas supracitadas não contemplam todas as fases minerais encontradas nos sedimentos estudados, nem tão pouco as idades obtidas nos grãos de zircão. Minerais como andalusita, cianita, estauroilita e rutilo, não são descritos nessas rochas e ocorrem com significativo conteúdo nas praias dos dois rios, principalmente a andalusita e a cianita que se apresentam como os dois mais abundantes no Purus e, o segundo e o quarto mais frequentes no Acre.

Embora deva se levar em conta os efeitos do intemperismo e do transporte sobre a concentração de minerais pesados, e a hipótese desses minerais ocorrerem nas rochas da SMNB e

não terem sido detectados pelos autores, dificilmente esses minerais responderiam com tal abundância, e ainda, outros minerais como a sillimanita, com características de resistência ao intemperismo e à abrasão hidráulica semelhantes aos seus polimorfos, deveriam responder de forma análoga a esses. Diante de tais fatos, presume-se que as rochas da porção oeste do Crato Amazônico não foram as únicas fontes primárias para os sedimentos de praias do Acre e do Purus.

As regiões do Peru e da Bolívia, assim como os demais segmentos andinos, constituem um complexo cenário geológico, onde ocorrem rochas sedimentares, ígneas e metamórficas confinadas a uma estreita faixa alongada e, compartimentada por diversos elementos estruturais (Figura 82). Nos terrenos sub-andinos dominam bacias sedimentares de idades ordovicianas a terciárias, que foram preenchidas por sedimentos arenosos e argilosos, com menor ocorrência de conglomerados, os quais estão distribuídos na base do Eoceno e no topo do Oligoceno (Jaillarde & Soler, 1996). Nas porções mais centrais da cordilheira e no seu contraforte ocidental ocorrem metassedimentos deformados, além de rochas ígneas e metamórficas de baixo a alto grau, estas últimas, representam o embasamento do Proto-Andes e afloram em áreas restritas (Figura 83).

Além de correlacionáveis as rochas da SMNB, os dados obtidos no presente trabalho mostram também fortes indícios de contribuição de rochas andinas e sub-andinas para os sedimentos de praias dos rios Purus e Acre. Tal suspeita se confirma nas assembleias de minerais pesados e nas idades aparentes de zircões detríticos.

Entre os terrenos andinos que apresentam potenciais características para fontes primárias dos sedimentos estudados, destaca-se a Cordilheira Leste do Peru e da Bolívia, onde Lancelot et al (1978) registraram as idades 253 e 238 Ma em dois plútons graníticos intrudidos em xistos de médio a alto grau metamórfico. O mesmo autor relata a presença de zircão e apatita na assembleia mineral dos granitos e, de andalusita e biotita nas auréolas de contato criadas por suas intrusões nos xistos. Tanto as idades obtidas nos granitos, quanto as suas assembleias minerais e as de suas encaixantes, são correlacionáveis aos sedimentos estudados, sobretudo, a presença de andalusita de metamorfismo de contato que pode justificar a frequente ocorrência de quiastolita entre os aluminossilicatos identificados.

A nordeste e sudeste do distrito de Lima (Peru), Mukasa (1986) estudou a ocorrência de um magmatismo intrusivo de composição predominantemente monzogranítica e granodiorítica, com idades de colocação entre 37 e 188 Ma, sendo a última, frequente nos sedimentos estudados,

principalmente no rio Purus. Embora seja mera especulação, presume-se que os zircões, os quais, ao serem analisados apresentaram altos teores de Pb^{204} sejam decorrentes dessas rochas mais jovens ou tenham sofrido influência termal de suas intrusões.

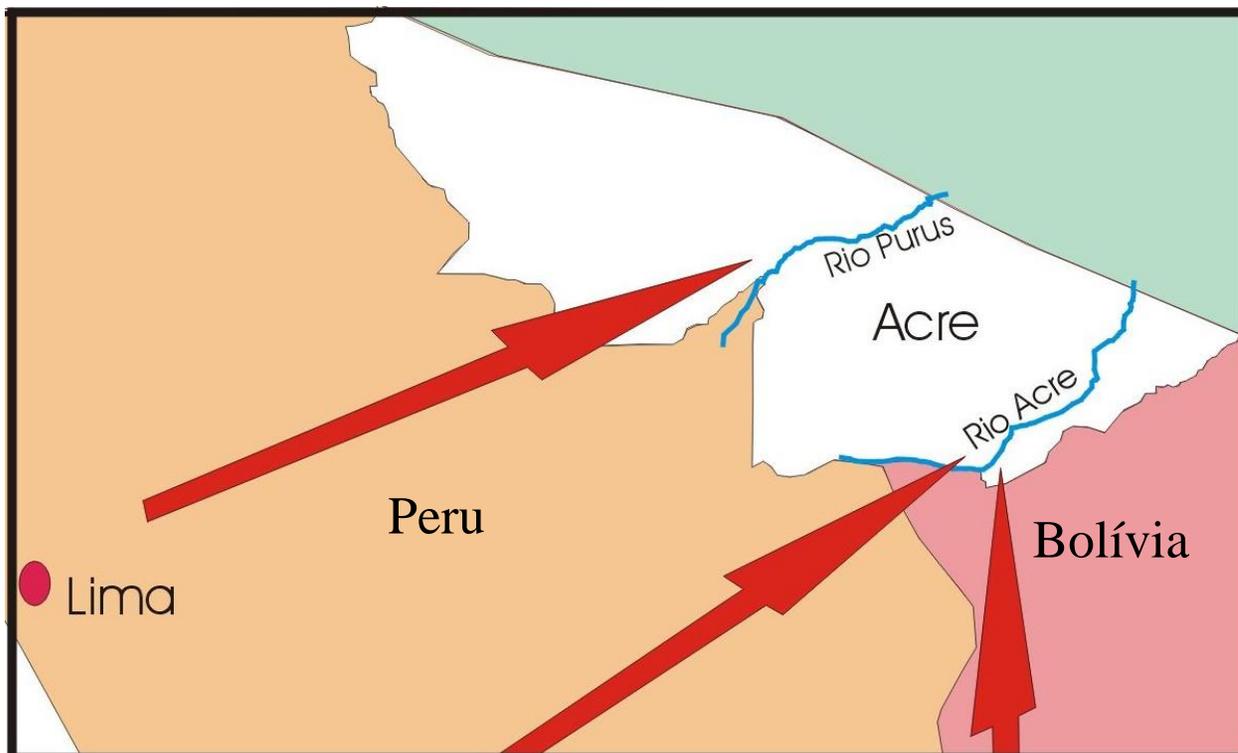


Figura-82 Localização do Estado do Acre mostrando as possíveis áreas fontes localizadas no Peru e na Bolívia, aqui também as setas só mostram os locais de origem dos sedimentos e não suas trajetórias até as bacias dos rios.

No Maciço de Arequipa, porção meridional do Peru, ocorrem gnaisses de fácies granulitos, migmatitos graníticos, xistos e anfibolitos (Cobbing et al 1977). Com base em dados de Sr^{87}/Sr^{88} , esses autores definiram uma isócrona de 1811 ± 39 Ma para as rochas gnáissicas e, admitiram a hipótese dos granitos terem sido colocados do final do Pré-cambriano ao início do Paleozóico. Segundo esses mesmos autores, o Maciço de Arequipa apresenta características petrológicas e geocronológicas similares às de núcleos transamazônicos do Brasil, Guiana e Uruguai. Embora, em muitos aspectos essas rochas possam constituir potenciais fontes para os sedimentos estudados, como por exemplo, a possibilidade de existência de zircões proterozóicos e arqueanos em suas assembleias e, a abundante presença de granada, estauroлита e sillimanitas

em suas paragêneses, fatores geomorfológicos e geográficos, assim como a morfologia apresentada pelos grãos, torna tal hipótese quase que descartável. Entretanto, tem se no presente trabalho a clareza de que, apesar das pesquisas geocronológicas e petrológicas, nas últimas décadas terem experimentado apreciáveis avanços, quer seja no advento de novas metodologias, ou no aperfeiçoamento das existentes, tais pesquisas ainda representam muito pouco se comparadas a magnitude e a complexidades dos terrenos andinos. Desta forma, levanta-se a possibilidade da existência de terrenos com características similares às do Maciço de Arequipa em regiões mais próximas a área estudada quando foram gerados seus sedimentos.

Uma outra forma de explicar a presença de zircões com idades proterozóicas e arqueanas nos sedimentos de praias dos rios Purus e Acre, ressuscitaria a teoria de Almeida (1974), a qual baseada em fotointerpretação e em aspectos geomorfológicos concluiu que o rio Amazonas, antes do soerguimento andino, corria em direção contrária á atual - leste para oeste. Desta forma, os zircões de idades proterozóicas e Arqueanas, em conjunto com grãos bem arredondados de turmalina, encontrados nos sedimentos estudados, poderiam ser oriundos de áreas localizadas na porção leste do Cráton Amazônico, a exemplo da região de Carajás, no sudeste do Pará.

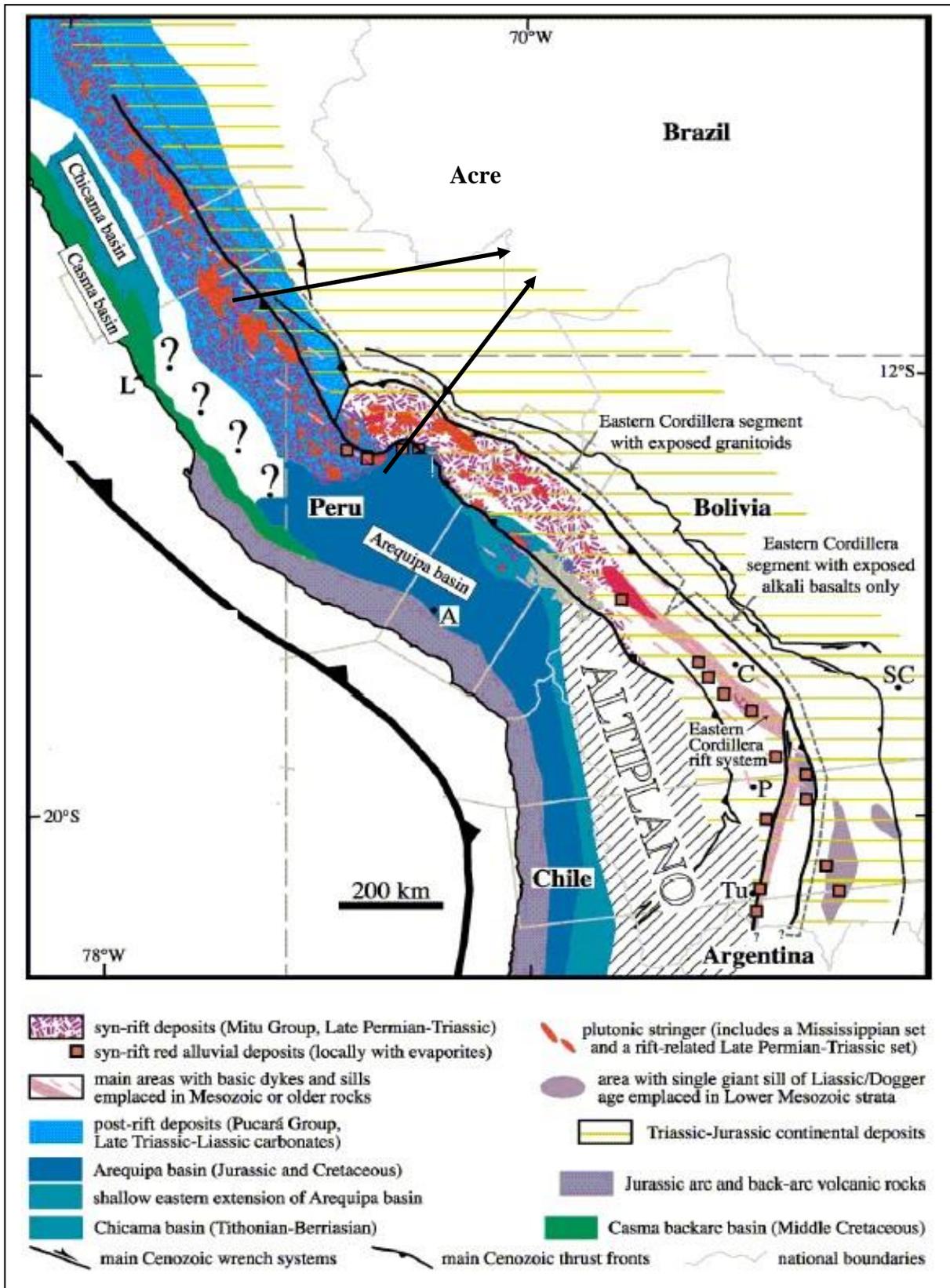
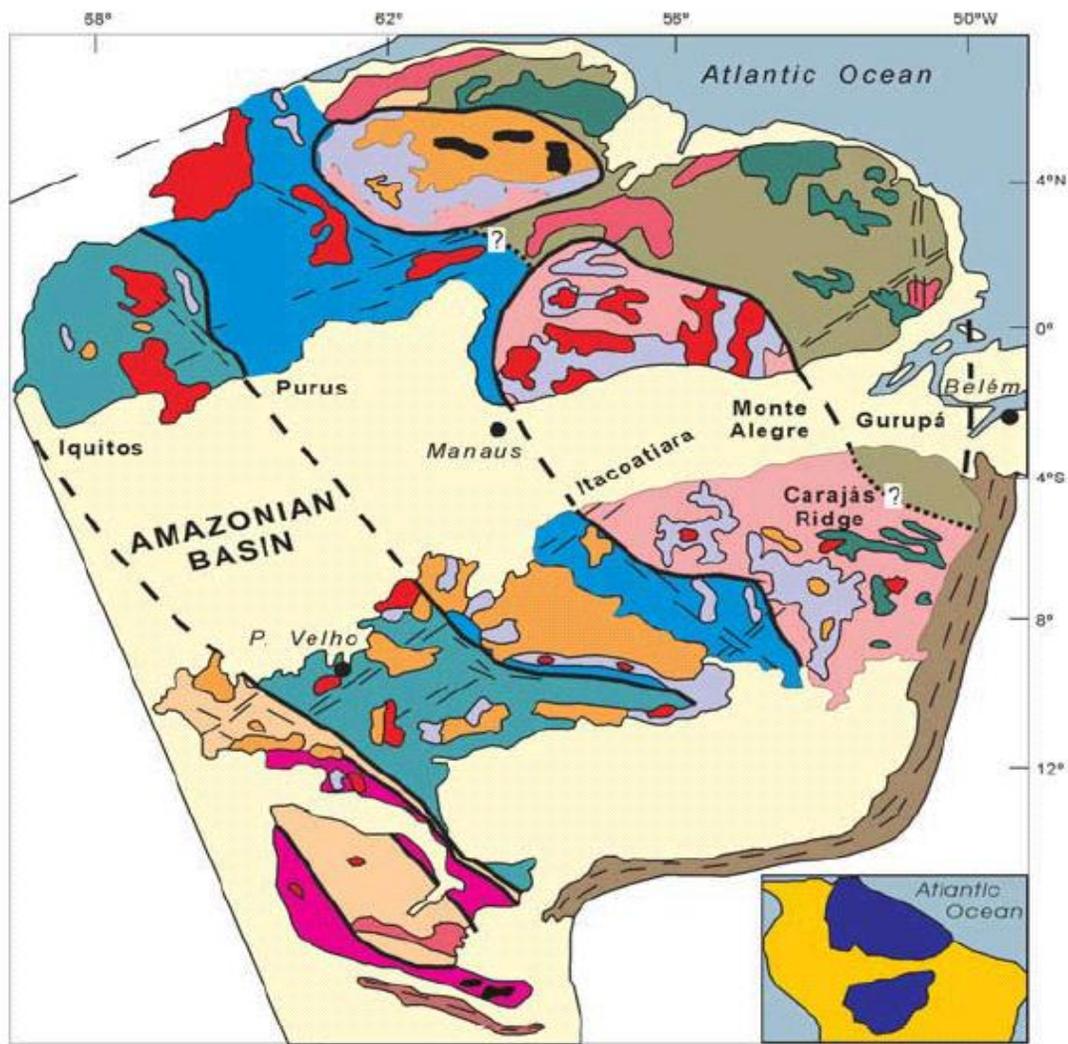


Figura-83 Mapa geológico simplificado da cordilheira andina, mostrando seus diversos compartimentos litoestruturais (Sempere et al., 2002); as setas indicam a localização das possíveis rochas fontes para os sedimentos estudados.

Entre outros autores, Silva (1999), alegando uma série de contradições de ordem geomorfológica e genética, questiona as conclusões de tal trabalho. Embora, os dados adquiridos no presente trabalho sejam de pouca representatividade numérica, estes, em parte, mostram-se coerentes com a inversão do rio Amazonas, pois a sequência de idades obtida nos zircões proterozóicos e arqueanos encontra-se representada nas províncias geocronológicas do Crato Amazônico (Figura 84). E ainda, com exceção de um grão, todos os demais indivíduos representantes dessas idades são bem arredondados, o que evidencia transporte a grandes distâncias e retrabalhamento em outros ciclos sedimentares.

Em sùmula, considerando os presentes dados e comparando-os com aqueles obtidos na Formação Solimões pelo Projeto Radambrasil *op cit.*, o qual com base em medidas de estratificação cruzada sugeriu áreas fontes localizadas a sudoeste do Estado do Acre, fica claro que as principais fontes primárias para os sedimentos dos rios Purus e Acre foram rochas localizadas na parte oriental do Cráton Amazônico e nas porções andinas e sub-andinas do Peru e da Bolívia, e, que tais rochas são predominantemente de origem metamórficas (xistos e metassedimentos) e ígneas ácidas a intermediárias. Contudo, insere-se neste complexo cenário, discretos registros de rochas de origem máfica e ultramáfica, as quais se confirmam nas serpentinas encontradas em ambos os rios e pela abundante presença de minerais do grupo da esmectita, que segundo Viana et al (2003) e Almeida et al (2003), correspondem a grande parte dos argilominerais presentes nas praias dos rios estudados.



GEOCHRONOLOGICAL PROVINCES

- Central Amazonian
>2.3 Ga
- Maroni - Itacalunas
2.2 - 1.95 Ga
- Ventuari-Tapajós
1.95 - 1.8 Ga
- Rio Negro - Juruena
1.8 - 1.55 Ga
- Rondonian - San Ignácio
1.5 - 1.3 Ga
- Sunsás
1.25 - 1.0 Ga

GEOLOGICAL UNITS

- Phanerozoic Covers
- Granitoids
- Precambrian Sedimentary Covers
- Acid - Intermediate
Volcanic Covers
- Basic Volcanism
- Greenstone Belts
- Granulitic Complex
- Neoproterozoic Mobile Belt
- Basement Structural High

Figura-84 Províncias geocronológicas do Cráton Amazônico, mostrando suas idades, as quais, em parte, foram registradas nos zircões detríticos dos rios estudados (Tassinari & Macambira, 1999)

7.2 - Intemperismo e condições de transporte:

A assembléia de minerais pesados dos dois rios estudados é constituída por minerais ultraestáveis (zircão, turmalina e rutilo), estáveis (granada, estauroлита, andalusita, sillimanita, cianita) e instáveis (apatita, epidoto, anfibólio, micas), o que juntamente com padrão morfológico dos grãos, permite caracterizar os sedimentos da área estudada como predominantemente imaturos. Contudo, a presença de indivíduos de mesma espécie mineral a exemplo da turmalina, zircão, ilmenita e da apatita, com diferentes aspectos morfológicos, mostrando desde grãos angulosos até bem arredondados, sugere mudanças climáticas, sedimentos retrabalhados em outros ciclos e diferenças na localização da área fonte primária. Em se tratando de sedimentos recentes, extraídos de substratos miocênicos que é a Formação Solimões, ambos os casos devem ser considerados.

Segundo Suguio (2001), do Plioceno ao Quaternário, as condições climáticas reinantes no planeta sofreram graduais mudanças, passando de clima moderadamente quente e úmido para clima frio, com precipitação média. Embora essas mudanças sejam reconhecidas em grande parte do globo terrestre, incluindo porções do território brasileiro, a área estudada parece não ter sido submetida tais oscilações climáticas, pois, a presença de minerais altamente instáveis ao intemperismo químico como o epidoto, anfibólio, muscovita e biotita, que sob condições de clima úmido sofrem a perda parcial ou total de seus elementos e transformam-se em argilominerais, indica condições de clima com tendência a árido. Entre outros, Costa et al (1989) também chegou a essa conclusão, baseando-se na frequente presença de veios de gipsita que cortam as unidades da Formação Solimões.

Como demonstrado no item anterior, as principais áreas fontes para os sedimentos de praias estudados localizavam-se na porção oeste do Crato Amazônico e nos Andes do Peru e da Bolívia. Comparando as distâncias percorridas por esses sedimentos, desde suas áreas fontes, até seu atual sítio deposicional (as praias dos rios Purus e Acre), não se verifica grande diferença, o que reflete diretamente no domínio de grãos subanguloso a subarredondados em relação aos arredondados. Diante disso, conclui-se que as condições de transportes de sedimentos das duas principais áreas fontes não apresentavam grandes adversidades, ou seja, ocorriam sob condições mecânicas e climáticas similares. Por outro lado, os grãos arredondados de zircão, ilmenita e turmalina, os quais indicam sedimentos retrabalhados em outros ciclos sedimentares e/ou

proveniência de áreas fontes muito distantes dos rios estudados, registram em suas superfícies variações climáticas e sinais de abrasão mecânica. As primeiras, evidenciadas em grãos de ilmenita com formas esqueléticas, como aqueles demonstrados nas imagens de MEV de ambos os rios, enquanto os sinais de abrasão ocorrem na maioria dos grãos em forma de ranhuras e de fraturas.

No atual sítio de deposição desses minerais, que são as praias dos rios Purus e Acre, as condições físico-químicas são favoráveis à suas permanências, pois segundo Rego et al (2003), ambos rios apresentam águas de pH básico, o que permite a preservação de minerais susceptíveis às intempéries como epidoto, anfibólio, micas e apatita. Desta forma, a degradação desses minerais ocorre de forma lenta e gradual o que deve contribuir para o rejuvenescimento inorgânico das praias onde se pratica agricultura de subsistência.

Agradecimentos

Aos meus pais e irmãos pelo apoio incondicional nos momentos difíceis e pelas alegrias compartilhadas nos dias felizes.

À Nivia, minha namorada, pela paciência e ajuda durante sete longos anos,

Ao Dr. Marco Antonio Galarza do Laboratório de Geologia Isotópica da UFPA (Pará-Iso), pelo apoio nas análises geocronológicas e tratamento dos dados.

Aos meus colegas e amigos do GMGA (Grupo de Mineralogia e Geoquímica Aplicada) pela harmoniosa convivência, pelos momentos de descontração e pelo apoio mútuo “quando o bicho tava pegando” (entregas de trabalhos para congressos e relatórios de bolsas). Ainda, pertencentes à esse grupo: Henrique Almeida, pela amizade e discussões inerentes ao trabalho; Alciney Costa, pela amizade e por se mostrar muito prestativo; e à Patrícia, que com bom humor e eficiência sempre que solicitada mostrou-se presente.

Ao Dr. Cláudio Lamarão pelo apoio nas análises de microscopia eletrônica e pelas discussões científicas pertinentes, que enriqueceram este trabalho.

Ao Sr. Silveira Júlio de Souza, grande amigo meu e de minha família que em muitos momentos, principalmente os mais difíceis pelos quais já passamos, portou-se como pessoa digna de todas as boas considerações possíveis.

Aos meus amigos da graduação, incluindo os formandos, aqueles que já se encontravam na instituição quando aqui cheguei e os que posteriormente passaram a integrar o nosso quadro, os meus mais sinceros agradecimentos.

Ao senhor Boneco de Olinda (Wagner Silva), meu grande amigo e parceiro em diversos trabalhos de equipe e que contribuiu nas discussões do presente trabalho.

Ao Paulinho (Desaix Paulo), outro grande amigo, pelas inúmeras vezes em que precisei recorrer aos seus conhecimentos tecnológicos e as suas inquestionáveis demonstrações de paciência.

Ao José Maria, outra pessoa excepcional que durante todo esse tempo mostrou-se como um grande amigo, disponível a ajudar em momentos difíceis.

À “galera da proveniência” (Wendel, Bruno, Pablo, Camelo) pela amizade, pela ajuda nos momentos mais difíceis e principalmente, pela companhia durante os sábados, domingos, feriados e madrugadas no Pará-Iso.

Finalmente ao CNPq pelo apoio financeiro nas atividades analíticas e pela bolsa cedida a mim através do Projeto SelenMerAs. Da mesma forma pela bolsa de produtividade em Pesquisa e apoio financeiro concedidos ao prof. Marcondes Lima da Costa, que apoiaram o desenvolvimento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

ADDAD, J. 2001. *Minerais Pesados: uma ferramenta para prospecção, proveniência, paleogeografia e análise ambiental*. São Paulo, 80 p.

ALMEIDA, H.D.F.; COSTA, M.L.; REGO, J.A.R.; COSTA, A.M.; MARTINS, M.M.M.; OLIVEIRA, M.S. & ANGÉLICA, R.S. 2003. Contribuição mineralógica e química à fertilidade dos sedimentos praianos no Estado do Acre. *In: IX CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA. Resumo expandido*. Belém-Pará, p.174-176.

- ALMEIDA, L.F.G. 1974. A drenagem festonada e o seu significado fotogeológico. *In:* CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28, Porto Alegre, 1974. *Resumo expandido*. Porto Alegre, RS, SBG. Boletim 1. p.175-197.
- ALMEIDA, H.D.F., COSTA, M.L., REGO J.A.R., COSTA, A.M. MARTINS, M.M.M. OLIVEIRA, M.S ANGELICA. R.S. 2004. MINERALOGIA E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS SEDIMENTOS PRAIAIS DOS RIOS QUE DRENAM O ESTADO DO ACRE: IMPLICAÇÕES SOBRE O CLIMA NA ÁREA FONTE E IMPORTÂNCIA PARA AGRICULTURA E O AMBIENTE. 42. Congresso Brasileiro de Geologia, Araxá, 2004. CD-ROM. 2p.
- AVELAR V.G. 2002. *Geocronologia Pb-Pb em zircão e Sm-Nd em rocha total da porção centro-norte do Estado do Amapá – Brasil: implicações para a evolução do setor oriental do Escudo das Guianas*. Belém, CPGG-UFPA. 212 p. (Tese de Doutorado).
- BARROS, A. M; ALVES, E. D. O; ARAUJO, J. F. V; LIMA, M. I. C. & FERNANDES, C.A C. 1977. Geologia. *In: Projeto RADAMBRASIL. Folha SB/SC .18 Javari/ Contamana*. Rio de Janeiro. (Levantamento de Recursos Naturais, 13) 103 p.
- BASU, A., HOOD, L. 1985. Provenance significance of detrital opaque oxide minerals in Lake Erie sands near Sandusky, Ohio (abstract). *Geological Society of America, Abstract & Program*, 75 (5): 279.
- CAMPBELL, K. E.; FRAILEY, C. D.; ARELLANO, J. 1985. *The geology of the Rio Beni: further evidence for Holocene flooding in Amazonia*. Contributions in Science. Natural History Museum of Los Angeles County; no 364, 1- 18 p.

- CAPUTO, M. V., RODRIGUES, R. e VASCONCELOS, D. N. N., 1971. *Litoestratigrafia da Bacia do Amazonas*. Belém. PETROBRÁS- Sistema de informação de exploração. p. 130-4054.
- CAPUTO, M. V., RODRIGUES, R. e VASCONCELOS, D. N. N., 1972. Nomenclatura Estratigráfica da Bacia Amazônica - Histórico e Atualização. *Soc. Bras. Geol., Anais XXVI Congresso Brasileiro de Geologia*, v. 3, p. 35-46.
- CAPUTO, M. V., 1984. Stratigraphy, Tectonics, Paleoclimatology and Paleogeography of Northern Basins of Brazil. University of California, Santa Bárbara. (PETROBRÁS. Sist. De Informação em Exploração), 586p. (Tese de Doutorado).
- CAPUTO, M. V., 1985. Origem do Alinhamento Estrutural do Juruá - Bacia do Solimões. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 2. Belém. *Anais...Pará. SBG, V. 1, p 242-258*.
- COBBING, E. J., OZARD, J. M. & SNELLING, N. J., 1977. Reconnaissance geochronology of the crystalline basement rocks of the Coastal Cordillera of southern Peru. *Geological Society of America Bulletin*, v.88, p. 241-246.
- CORRÊA, L. M. 1967, *A borracha da Amazônia e a II Guerra Mundial*. Série Euclides da Cunha, Manaus. 126 p.
- COSTA, M. L & COSTA, W. A. M. 1988. Os fosfatos do Acre- *Anais do XXXV CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, Belém- Pa, V. 1. 242- 255 p.
- COSTA, M. L; COSTA, W. A. M; SANTOS, A. J. M. 1989. Exploração Geoquímica para fosfatos no Estado do Acre. *Anais do II Congresso Brasileiro de Geoquímica*, Rio de Janeiro- RJ, 29- 37 p.
- FOLK, R. 1977. *Petrology of sedimentary rocks*, 154p.

- FRAILEY, C. D.; LAVINA, E. L.; RANCY, A. SOUZA FILHO, J. P. 1988. A proposed Pleistocene/ Holocene lake in the Amazon basin and its significance to amazonian geology and biogeography. *Acta Amazonica*. 119- 143 p.
- GALLOWAY, W.E.; HOBDDAY, D.K. 1983. *Terrigenous clastic depositional systems*. Ed.Springer Verlag. New York. 423 p.
- GRIGSBY, J.D., 1992. Chemical fingerprinting in detrital ilmenite: A viable alternative in provenance research: *Journal of Sedimentary Petrology*, v.62, no.2, p.331-337.
- HOORN, C. 1993. Marine incursions and the influence of Andean tectonics on the Miocene depositional history of northwestern Amazonia: results of a palynostratigraphic study. In: Paleogeography, Palaeoclimatology, Paleogeography. *Elsevier Science Publishers B.V.*, Amsterdam. p 267- 309.
- JAILLARD, E., SOLER, P., 1996. Cretaceous to early Paleogene tectonic evolution of the northern Central Andes (0– 18_S) and its relations to geodynamics. *Tectonophysics*. p. 41– 53.
- KOBER, B.1986. Whole-grain evaporation for $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -age-investigations on single zircons using a double- filament thermal ion source. *Contrib. Mineral. Petrology*, p.482-490.
- KOBER, B. 1987. Single zircon evaporation combined with Pb^+ emitter-bedding for $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ -age investigations using thermal ion mass spectrometry, and implications to zirconology. *Contrib. Mineral. Petrography*, 96: p.63-71.
- KRONBERG, B. I.; FRANCO, J. R.; BENCHIMOL, R. E.; HAZENBERG, G.; DOHERTY, W.; VANDERVOET, A . 1989.Geochemical variations in Solimoes Formation Sediments (Acre basin, western Amazonia). *Acta Amazonica*. p. 319- 333.

- KRONBERG, B. I; FRALICK, P. W.; BENCHIMOL, R. E. 1998. Late Quaternary sedimentation and palaeohydrology in the Acre foreland basin, SW Amazonia. *Basin Research*. Vol. 10. 311- 323 p.
- LANCELOT, J.R., LAUBACHER, G., MAROCCO, R., RENAUD, U., 1978. U/Pb radiochronology of two granitic plutons from the Eastern Cordillera (Peru): extent of Permian magmatic activity and consequences. *Geologische Rundschau* 67, 236– 243.
- LATRUBESSE, E. M & RAMONELL, C. G.- 1994. A Climatic Model for Southwestern Amazonia in Last Glacial Times. *Quaternary International*. Vol. 21 163-169 p.
- LATRUBESSE, E. M.; BOCQUENTIN, J.; SANTOS, J. C. R.; RAMONELL, C. G. 1997. Palaeoenvironmental Model for the Late Cenozoic of Southwestern Amazonia: Paleontology and Geology. In : *Acta Amazônica*. Vol. 27. nº 2. 103- 117p.
- LATRUBESSE, E. M. & RANCY, A.2000. Neotectonic influence on tropical rivers of southwestern Amazon during the late quaternary: the Moa and Ipixuna river basins, Brazil. *Quaternary International*. Vol. 72. 67-72 p.
- LATRUBESSE, E. M. 2000. The late Pleistocene in Amazonia: A paleoclimatic approach. In: *Southern Hemisphere Paleo and Neoclimates*; (Smolka, P. and Volkheimer, W., editors). Springer Verlag- Alemanha. 209- 224 p.
- MARTINS, M.M.M.; COSTA, M.L.; JESUS, J.M.; SÁ, G.C.; SANTOS, E.O. & BRABO, E.S. 2003. Mercúrio em sedimentos praianos, folhas de feijão e cabelos de humanos amostrados ao longo dos rios Acre, Iaco, Caeté e Purus no Estado do Acre e sua importância ambiental. In: IX CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA. *Resumo expandido*. Belém-Pará, p.94-96.

- MUKASA, S.B., 1986. Zircon U–Pb ages of super units in the Coastal Batholith of Peru: implications for magmatic and tectonic processes. *Geological Society of America Bulletin* 97, 241–254.
- OLIVEIRA, M.S., COSTA, M.L., LAFON, J.M. ALMEIDA, H.F.D., VIANA, E.C.A 2005. Contribuição À Proveniência Dos Sedimentos De Praias (Barras Em Pontal) Dos Rios Purus E Acre Com Base Na Análise Geocronológica Pelo Método Pb/Pb Em Zircões Detríticos. X CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA E II SIMPÓSIO DE GEOQUÍMICA DOS PAÍSES DO MERCOSUL, PORTO DE GALINHAS-PE. CD-ROM. 4p. Il.
- REGO, J.A.R.; COSTA, M.L.; JESUS, I.M.; SÁ, G.C.; SANTOS, E.O. & BRABO, E.S. 2003. O mercúrio em praias cultivadas dos rios Envira, Tarauacá e Juruá no Estado do Acre. *In: IX CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA. Resumo expandido*. Belém-Pará, p.170-171.
- RIZZOTTO, G. J. 1999 *Petrologia e ambiente tectônico do Grupo Nova Brasilândia- RO*. Porto Alegre, 136 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- SANTARÉM, P.C.; SCANDOLARA, J.E.; SILVA, C.R.; MENEZES, R.G. 1992. O Cinturão de Cisalhamento Guaporé nos Estados de Mato Grosso e Rondônia: dados preliminares. *In: SBG, Cong. Brás. Geol., 37, São Paulo, Boletim de Resumo Expandido, 1:321-322*.
- SEHA- Secretaria Executiva de Hidrovias e Aerovias do Estado do Acre. *Banco de Dados Institucional*. Rio Branco, 2000.
- SEMPERE, T.; CARLIER, G.; SOLER, P.; FORNARI, M.; CARLOTTO, V.; JACAY, J.; ARISPE, O.; NÉRAUDEAU, D.; CÁRDENAS, J. & ROSAS, S. 2002. Late Permian-Middle Jurassic lithospheric thinning in Peru and Bolivia, and its bearing on Andean-age tectonics. *Tectonophysics*. 345, 153-181.

- SILVA, L.L., 1999. Um grave problema estratigráfico na região do Alto Solimões. *CONTRIBUIÇÕES À GEOLOGIA DA AMAZÔNIA*. Manaus-Amazonas, v.2, p.449-463.
- SUGUIO, K. (1973). *Introdução à sedimentologia*. São Paulo, Edgard Blücher, Ed. da Universidade de São Paulo. 317p.
- SUGUIO, K. 1980. *Rochas Sedimentares: propriedades, gênese e importância econômica*. São Paulo. Ed. Edgard Blücher Ltda. 500p.
- SUGUIO, K. 1999. As mudanças paleoclimáticas da Terra e os seus registros, com ênfase no Quaternário. *CONTRIBUIÇÕES À GEOLOGIA DA AMAZÔNIA*. Manaus-Amazonas, v.2, p.25-56.
- TASSINARI, C.C.G. 1976. Geologia, *In: Projeto RADAMBRASIL*, Folha SC. 19, Rio Branco. Rio de Janeiro (Levantamento de Recursos Naturais, 12), 116p.
- TASSINARI, C.C.G., MACAMBIRA, M.J.B. 1999. Geochronological provinces of the Amazonian craton. *Episodes* 22, 174_ 182.
- TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M.C.; FAIRCHILD, T.R. & TAIOLI, F. 2001. *Decifrando a Terra*. São Paulo. Ed. Oficina de Textos. 558p.
- TOCANTINS, L. 1979. *Formação Histórica do Acre. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira*, Vol. I, II e III.
- TOHVER, E.; VAN DER PLUIJM, B. A.; SCANDOLARA, J. E.; RIZZOTTO, G. J. (2001) A reassessment of the tectonics and paleogeography of the Grenville-aged Sunsas-Aguapeí belt, SW Amazon Craton: new paleomagnetic and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ data. In: WORKSHOP ON GEOLOGY OF THE SW AMAZONIAN CRATON: STATE OF THE ART, São Paulo, 2001. *Extended Abstracts*. São Paulo, IGc. p. 151-153.

VAN SCHMUS, W. R.; GERALDES, M. C.; KOZUCH, M.; FETTER, A. H.; TASSINARI, C. C. G.; TEIXEIRA, W. U/Pb and Sm/Nd constraints on the age and origin of proterozoic crust in southwestern Mato Grosso, Brazil: Evidence for a 1450 Ma magmatic arc in SW Amazonia. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TECTONICS, 1998. Ouro Preto. *Extend Abstract...* Ouro Preto, 1998, p. 121-125.

VIANA, E.C.A.; COSTA, M.L.; OLIVEIRA, M.S.; COSTA, A.M. & ANGÉLICA, R.S. 2003. Aspectos granulométricos, mineralógicos e químicos de areias de praia (Barra em pontal) do Rio Acre e sua relação com a fertilidade. In: IX CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA. *Resumo expandido*. Belém-Pará, p.287-289.

Anexo I

Tabela-5 Características do procedimento analítico adotado na análise geocronológica dos zircões detríticos do rio Purus; Abreviaturas: ion= idades obtidas por ionização; ev= idades obtidas pela evaporação; # = idades eliminadas devido à alta relação Pb^{204}/Pb^{206} ; *= idades eliminadas subjetivamente.

| Zircão | Análise | Temperatura | Razões | $^{204}Pb/^{206}Pb$ | Idade | 2 σ |
|----------|---------|-------------|--------|---------------------|-----------------|------------|
| PURUS/1 | ion | *1480 | 0/14 | 0,000052 | 1115 | 12 |
| | ion | *1500 | 0/12 | 0,000053 | 1123 | 5 |
| | ion | 1520 | 12/12 | 0,000045 | 1141 | 16 |
| PURUS/2 | ion | *1500 | 0/16 | 0,000025 | 1546 | 8 |
| | ion | 1550 | 10/10 | 0,000050 | 1533 | 7 |
| PURUS/3 | ion | #1500 | 0/16 | 0,000662 | 1035 | 6 |
| | ev | 1550 | 16/16 | 0,000030 | 1076 | 12 |
| PURUS/6 | ev | 1500 | 16/16 | 0,000204 | 151 | 16 |
| PURUS/7 | ev | 1500 | 4/4 | 0,000000 | 548 | 6 |
| PURUS/9 | ev | *1450 | 0/14 | 0,000055 | 1019 | 12 |
| | ev | *1500 | 0/8 | 0,000000 | 1186 | 69 |
| | ev | 1500 | 8/8 | 0,000000 | 1209 | 34 |
| PURUS/10 | ion | *1450 | 0/14 | 0,000112 | 1078 | 52 |
| | ev | *1500 | 0/16 | 0,000015 | 1111 | 9 |
| | ion | 1530 | 12/12 | 0,000023 | 1128 | 4 |
| PURUS/12 | ion | 1500 | 10/14 | 0,000277 | 395 | 35 |
| PURUS/14 | ion | 1500 | 12/12 | 0,000086 | 1071 | 7 |
| | ion | 1550 | 6/6 | 0,000206 | 1072 | 27 |
| PURUS/15 | ion | *1500 | 0/6 | 0,000276 | 503 | 65 |
| | ion | 1550 | 12/12 | 0,000064 | 562 | 22 |
| PURUS/16 | ion | 1500 | 16/16 | 0,000239 | 1167 | 7 |
| PURUS/18 | ion | #1550 | 0/14 | 0,000804 | 940 | 35 |
| PURUS/19 | ev | #1450 | 0/4 | 0,000551 | 778 | 45 |
| | ev | 1500 | 22/22 | 0,000070 | 733 | 9 |
| PURUS/21 | ion | 1450 | 0/16 | 0,000448 | 906 | 74 |
| PURUS/22 | ion | *1450 | 0/16 | 0,000299 | 1061 | 16 |
| | ev | *1500 | 0/4 | 0,000000 | 617 | 18 |
| | ion | 1550 | 6/6 | 0,000369 | 524 | 43 |
| PURUS/24 | ion | 1450 | 0/6 | 0,000406 | 1188 | 30 |
| PURUS/25 | ev | *1450 | 0/8 | 0,000068 | 1323 | 319 |
| | ev | 1500 | 8/8 | 0,000000 | 938 | 268 |
| | ion | #1500 | 0/8 | 0,000412 | 915 | 64 |
| PURUS/34 | ev | 1450 | 6/6 | 0,000000 | 1007 | 20 |
| PURUS/35 | ev | *1450 | 0/8 | 0,000161 | 216 | 47 |
| | ion | 1500 | 4/18 | 0,000352 | 205 | 25 |
| PURUS/36 | ev | 1450 | 4/4 | 0,000000 | 593 | 17 |
| PURUS/37 | ev | *1450 | 4/4 | 0,000106 | 253 | 34 |
| | ion | 1500 | 8/8 | 0,000242 | 303 | 45 |
| PURUS/38 | ev | 1550 | 8/8 | 0,000336 | 920 | 124 |
| PURUS/41 | ev | *1450 | 0/6 | 0,000000 | 1112 | 12 |
| | ion | 1500 | 8/8 | 0,000157 | 1091 | 12 |
| PURUS/46 | ion | *1450 | 0/6 | 0,000307 | 919 | 26 |
| | ion | 1550 | 4/4 | 0,000000 | 1053 | 45 |
| PURUS/47 | ion | *1450 | 0/6 | 0,000167 | 1121 | 22 |
| | ion | 1550 | 8/8 | 0,000242 | 1083 | 32 |
| PURUS/48 | ion | 1500 | 8/8 | 0,000153 | 972 | 9 |
| PURUS/49 | ion | 1550 | 8/8 | 0,000232 | 453 | 105 |
| PURUS/50 | ion | 1450 | 8/8 | 0,000136 | 1071 | 63 |
| PURUS/51 | ion | #1450 | 0/20 | 0,001112 | 223 | 14 |
| | ion | 1500 | 10/10 | 0,000111 | 225 | 39 |
| | ion | 1550 | 8/8 | 0,000161 | 210 | 49 |
| PURUS/52 | ev | 1550 | 4/4 | 0,000000 | 1053 | 44 |
| PURUS/54 | ev | 1500 | 16/16 | 0,000100 | 355 | 6 |
| PURUS/55 | ion | 1500 | 6/6 | 0,000136 | 1020 | 14 |

Anexo-II

*Tabela-6 Características do procedimento analítico adotado na análise geocronológica dos zircões detríticos do rio Acre; Abreviaturas: ion= idades obtidas por ionização; ev= idades obtidas pela evaporação; # = idades eliminadas devido à alta relação Pb^{204}/Pb^{206} ; *= idades eliminadas subjetivamente.*

| Zircão | Análise | Temperatura | Razões | $^{204}Pb/^{206}Pb$ | Idade | 2 σ |
|------------|---------|-------------|--------|---------------------|-----------------|----------------|
| RIOACRE/8 | ion | 1550 | 8/8 | 0,000188 | 999 | 105 |
| RIOACRE/9 | ion | 1500 | 10/10 | 0,000062 | 831 | 12 |
| RIOACRE/10 | ion | #1450 | 0/14 | 0,001318 | 1081 | 39 |
| | ev | 1550 | 14/14 | 0,000033 | 1124 | 18 |
| RIOACRE/12 | ion | 1500 | 8/8 | 0,000156 | 1198 | 13 |
| RIOACRE/13 | ev | 1500 | 20/20 | 0,000056 | 1136 | 12 |
| RIOACRE/15 | ion | *1450 | 0/8 | 0,000126 | 1046 | 7 |
| | ev | 1500 | 24/24 | 0,000072 | 1118 | 10 |
| RIOACRE/17 | ion | 1500 | 10/10 | 0,000173 | 3013 | 17 |
| RIOACRE/29 | ev | 1460 | 4/4 | 0,000000 | 2853 | 6 |
| RACRE/34 | ev | 1450 | 8/8 | 0,000000 | 1001 | 111 |
| RACRE/35 | ion | *1450 | 0/8 | 0,000165 | 2690 | 107 |
| | ion | 1500 | 8/8 | 0,000052 | 2710 | 39 |
| RACRE/42 | ev | 1500 | 6/6 | 0,000000 | 2714 | 43 |
| RACRE/43 | ion | 1450 | 6/6 | 0,000145 | 2111 | 16 |
| RACRE/44 | ion | *1450 | 0/12 | 0,000000 | 379 | 6 |
| | Ion | 1500 | 14/14 | 0,000336 | 189 | 15 |
| RACRE/47 | Ion | *1450 | 0/8 | 0,000018 | 913 | 397 |
| | Ev | 1500 | 8/8 | 0,000000 | 1193 | 5 |
| RACRE/49 | Ion | 1500 | 4/4 | 0,000187 | 1065 | 16 |
| RACRE/50 | Ion | *1450 | 0/16 | 0,000018 | 1109 | 7 |
| | Ion | 1500 | 12/12 | 0,000000 | 1113 | 5 |
| RACRE/51 | Ion | 1450 | 24/24 | 0,000063 | 1376 | 24 |
| RACRE/52 | Ion | 1500 | 4/4 | 0,000000 | 1242 | 21 |
| RACRE/55 | Ion | 1500 | 8/8 | 0,000344 | 905 | 122 |
| RACRE/59 | Ion | 1450 | 6/6 | 0,000271 | 1085 | 57 |
| RACRE/60 | Ion | *1450 | 0/6 | 0,000184 | 436 | 22 |
| | ion | 1500 | 16/16 | 0,000153 | 436 | 69 |
| RACRE/61 | Ion | 1550 | 20/20 | 0,000166 | 254 | 21 |
| RACRE/62 | ion | *1450 | 0/6 | 0,000049 | 254 | 131 |
| | ev | 1500 | 16/16 | 0,00013 | 312 | 14 |
| RACRE/65 | ion | #1450 | 0/6 | 0,002482 | 351 | 17 |
| | ion | 1500 | 14/22 | 0,000381 | 247 | 13 |
| RACRE/66 | ion | 1550 | 8/8 | 0,000269 | 1089 | 14 |
| RACRE/69 | ion | *1450 | 0/20 | 0,000387 | 1011 | 10 |
| | ev | 1500 | 22/22 | 0,00008 | 1082 | 9 |
| RACRE/70 | ion | *1450 | 0/8 | 0 | 364 | 700 |
| | ion | 1500 | 6/6 | 0,000233 | 392 | 32 |
| RACRE/71 | ion | *1450 | 0/8 | 0,000016 | 1020 | 120 |
| | | 1450 | 16/16 | 0,00008 | 1069 | 8 |
| RACRE/72 | ion | 1450 | 6/6 | 0 | 262 | 55 |
| RACRE/74 | ion | *1450 | 0/8 | 0 | 1034 | 26 |
| | | 1450 | 16/16 | 0,000027 | 1031 | 8 |