

# MINERALOGIA, GEOQUÍMICA, FERTILIDADE E ORIGEM DOS SEDIMENTOS DE PRAIA (BARRA EM PONTAL) DAS BACIAS DOS RIOS PURUS E JURUÁ NOS TERRENOS DO ESTADO DO ACRE\*

Henrique Diniz Farias de Almeida<sup>1</sup>

Marcondes Lima da Costa<sup>2\*\*</sup>

<sup>1</sup>Então, 2005, aluno de pós-graduação do PPGG/UFPA

<sup>2</sup>Então professor do PPGG/UFPA, hoje professor titular voluntário do mesmo, [marcondeslc@gmail.com](mailto:marcondeslc@gmail.com)\*\*

*\* Trabalho defendido como dissertação de mestrado pelo primeiro autor em Belém, Pará, em 10 de junho de 2005, sob a orientação do Prof. Dr. Marcondes Lima da Costa, apoiado financeiramente pelos projetos de pesquisa financiados pelo CNPQ (SelenMerAs ,Proc. 476874-1 e Geosedintama, Proc. 471109/2003-7) coordenados pelo segundo autor junto ao Programa de Pós-graduação em Geologia e Geoquímica (PPGG) da Universidade Federal do Pará (UFPA). A dissertação foi avaliada e aprovada pela banca examinadora, constituída pelos professores Dr. Cláudio Riccomini (IG-USP), Dr. José Augusto Correa Martins (IG-UFPA), além do orientador, Dr. Marcondes Lima da Costa (IG-UFPA). Mesmo considerando 19 anos após a sua finalização, preferiu-se manter o conteúdo técnico integral, fazendo algumas alterações gramaticais. Acredita-se que a divulgação deste trabalho duas décadas após a sua conclusão, ainda seja de real importância para as ciências geológicas, para agricultura e para o meio-ambiente tanto no Acre, como além de suas fronteiras. Parte do conteúdo deste trabalho já foi publicado em Almeida et al. (2003, 2007), Costa et al. (2003), entre outros,*

*\*\* Autor para correspondência*

## ABSTRACT

The Acre state is in the southwestern part of the Brazilian Amazon region with an area of 164.123.738 km<sup>2</sup> and a low population density (5.52 inhabitants/km<sup>2</sup> for 2021). The geological context is mainly related to recent units that outcrop at the Acre basin and associated with the Solimões Formation, besides old alluvial terraces that follow main drainages. The Solimões Formation comprises fossil-bearing clayey siltstones intercalated to fine sandstones. The old alluvial terraces are composed by sand, silt, clay, and occasionally fossil fragments. The area of

the Acre state is crossed by two main hydrographic basins: The Purus and Juruá rivers in the eastern and western part, respectively. Both rivers are the so-called “white-water rivers”. They exhibit a typical dendritic drainage pattern and are extremely meandering what give rise to lakes formed after abandoned meanders. During dry season, several beaches (point bars) are exposed on river's meanders, frequently used for swimming but also playing a very important role in the small-scale agriculture. These beaches are also used for planting corn (*Zea-Mays*) and beans (*Vigna unguiculata* (L) Walp). The main purpose of this work is to investigate the mineralogical and geochemical aspects of those beach sediments to understand their high fertility and to identify their primary source. Fourteen stations were selected for sampling purposes throughout the river valley close to BR-364 highway. Laboratory analyses were carried out as follow: grain sizes, x-ray diffraction, scanning electron microscopy and optical microscopy of heavy minerals concentrates; sediment whole chemistry (major and traces elements analyses including rare-earth elements) by means of ICP-MS; macronutrients (P, Mg, Ca, and K) besides available Na and Al and organic matter. The river sediments are mainly fine-grained, angular sub-angular and selected moderately. Mineralogical assemblage is represented by quartz, clay minerals (smectite, illite and kaolinite) and feldspars (K-feldspars and albite). The heavy minerals contents ranged from 0.5 to 4.6% and are mainly represented by zircon, epidote, kyanite, tourmaline, garnet, rutile, apatite, staurolite, ilmenite and hematite. Chemical results shown that the sediments are mainly composed by SiO<sub>2</sub>, besides minor amounts of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>O, CaO and MgO, what is compatible with mineralogical composition. High SiO<sub>2</sub> contents are mainly related to quartz and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> contents reflects the presence of clay minerals. Contents for alkaline and alkali-earths are relatively high for such beach environment related to feldspars and smectites. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> is related to apatite and can also be adsorbed on smectite. Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> contents are mainly associated to smectite and a minor amount to ilmenite and hematite, the most common opaque minerals found in the beach sediments. Strong correlation coefficients were observed between Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and most major and trace elements, except for Zr, Hf, Ni and As. On the other hand, strong negative correlation was obtained between SiO<sub>2</sub> and major and trace elements what points to the importance of smectites as scavenger of trace elements in such environment. The chemical results were compared with the mean of the Upper Crust and post-Archean Australian Shales (PAAS) and show that they are impoverished in MgO, CaO, Na<sub>2</sub>O and K<sub>2</sub>O in comparison with the former and MgO, in comparison with the latter. Such impoverishment is higher in samples enriched on

sand fraction. The same comparison was carried out with the Chinese Changliang and Huanghe river sediments, showing impoverishment in CaO and MgO in comparison with the Changjiang River and MgO, CaO, Na<sub>2</sub>O and Sr, in comparison with the Huanghe River. The small value obtained for the Chemical Index of Alteration (CIA) shows that these sediments have experienced small degree of chemical weathering and consequently, physical weathering has prevailed in the source area. The beach sediments also exhibit high immature index as evidenced by the following very low ratios: SiO<sub>2</sub> / Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (11,64) and K<sub>2</sub>O/ Na<sub>2</sub>O (2,08). Rare-earth elements were normalized to the Upper Crust and to the PAAS patterns. They show similar patterns of LREE depletion and HREE enrichment. On the other hand, normalized to the chondrites present enrichment in LREE and horizontalization of the HREE, with similar standards of distribution between each other, presenting typical Eu negative anomalies of granitic and intermediary nature rocks. Analytical results for macronutrients exhibited high concentrations for P, Mg, Ca and K, and low contents of available Na and Al. Organic matter contents in below 1%. The sediments show high cation exchange capacity, base saturation over 70% and low Na and Al saturation. Accordingly, those sediments can be interpreted as representing a redistribution of the recent Miocene sediments (Solimões Formation) and the own sediments that were deposited in old alluviums. Chemical and mineralogical characteristics with a silty granulometry indicate that beach sediments are like the eutrophic cambisols.

## **INTRODUÇÃO**

O estado do Acre se localiza no extremo sudoeste da Amazônia brasileira e ocupa uma área de 164.123,738 km<sup>2</sup> e conta com uma população estimada em de 924.000 habitantes em 2022, cuja capital Rio Branco, responde por 364 756 habitantes (2022).

Os terrenos do Acre são ocupados em grande parte por unidades geológicas jovens da Bacia do Acre, representadas pela Formação Solimões e os Terraços Aluviais antigos que acompanham as principais drenagens. A Formação Solimões, de idade Miocênica a Pleistocênica, é constituída predominantemente por argilitos e siltitos em geral fossilíferos, intercaladas por arenitos finos depositados em sistema fluviolacustres, cujas áreas fontes se encontravam nos contrafortes andinos (Latrubesse *et al.* 1994). Os Terraços Aluviais antigos são constituídos por areia, silte e argila.

As praias, descrição popular para os depósitos de barras em pontal, têm composição granulométrica sedimentar semelhante a dos Terraços, porém de deposição atuais, expostas normalmente nos meandros dos rios durante a estiagem.

Até a presente data não foram identificados bens minerais de valor econômico nos terrenos do estado do Acre, nem mesmo de hidrocarbonetos.

Por outro lado, os solos apresentam potencial para o uso agrícola, fato, aliás, observado por Lima Figueiredo em 1928, durante inspeção das fronteiras do Brasil com o Peru e Bolívia entre Santa Rosa no rio Purus e a foz do rio Abunã, afluente do rio Madeira. Ela destacava a facilidade extraordinária de crescimento e produção de cultivares como milho (*Vigna unguiculata (L) Walp*) e feijão (*Zea-mays*) cultivados por seringueiros, tanto em terra firme como em praias e barrancos dos rios pesquisados.

No passado a principal atividade econômica do estado do Acre, pela qual se destacou, foi produção de látex de seringueira (*Hevea brasiliensis*), iniciada em 1877, com altos e baixos, tendo o último ápice ocorrido durante a segunda guerra mundial com os chamados soldados da borracha (Tocantins, 1979). A produção atual é de pouca significância na economia do Estado. A partir da década de setenta, com a vinda de pessoas de várias partes do país, principalmente do sul e sudeste, os sulistas, iniciou-se o ciclo da pecuária extensiva, em paralelo o comércio de madeira, tornando-se a atividade econômica mais importante. Recentemente iniciou-se a agricultura diversificada com o cultivo da soja, do café, milho, do açaí, cacau, cupuaçu e mandioca. É atualmente o maior produtor de castanha do Pará (fruto da *Bertolletia Excelsa*), que é exportada para Bolívia, o maior exportador de *Brazilian nut* do mundo.

A maior parte da população está concentrada nas cidades localizadas às margens dos principais rios que drenam os terrenos do Acre, como a capital Rio Branco, à margem do rio Acre, e Cruzeiro do Sul no rio Juruá, além de Sena Madureira, Feijó, Tarauacá, Xapuri, Brasileia, entre outras.

A atividade agrícola moderna está avançando, principalmente na porção oriental, e aquela praticada na forma de roçados e nas praias e barrancos dos rios, perdendo espaço, sendo praticada apenas pelos ribeirinhos. A utilização das praias que são expostas na concavidade dos rios durante a estação menos chuvosa, para a agricultura de pequeno ciclo de verão, parece perder importância. Nestes locais os ribeirinhos cultivam principalmente feijão (*Vigna unguiculata (L) Walp*) e milho (*Zea mays*) (Figura 1), além de melancia, amendoim, entre outros. A utilização

dessas praias para produção agrícola contrasta com a maioria das praias dos outros rios da Amazônia, que sob intemperismo de clima tropical quente úmido, fornece resíduo rico em areias siltsosas dominadas por quartzo, faltando-lhes os minerais com potencialidade para disponibilizar nutrientes aos cultivares.

O presente trabalho tem como objetivo a caracterização granulométrica, mineralógica, química, e de fertilidade dos sedimentos de praias ao longo dos rios Purus e Juruá e seus tributários dentro dos terrenos do Estado do Acre, com vistas entender a sua aptidão agrícola e discutir a sua possível origem.



Figura 1 - Cultivo de milho e feijão em sedimentos do rio Purus, Estado do Acre.

## **LOCALIZAÇÃO E ACESSO**

A área de estudo está localizada na região central e ocidental do estado do Acre, entre as cidades de Sena Madureira e Cruzeiro do Sul (Figura 2). Atualmente o Acre por meio de Rio Branco está interligado via aérea com Brasília em voos diários da LATAM e GOL, em parte com Manaus, por vezes com São Paulo. A GOL interliga Rio Branco e Cruzeiro do Sul em alguns dias da semana. As conexões aéreas com o Acre e dentro deste são muito inconstantes. Serviços de Taxi Aéreos estão disponíveis principalmente em Rio Branco e Cruzeiro do Sul. A única rodovia federal que o liga com o Brasil é a BR 364, que cruza o estado no sentido quase leste-oeste. Neste

trecho se mantém em tráfego contínuo desde 2010, embora em geral com qualidade regular a sofrível, em especial durante o período chuvoso, de janeiro a maio.

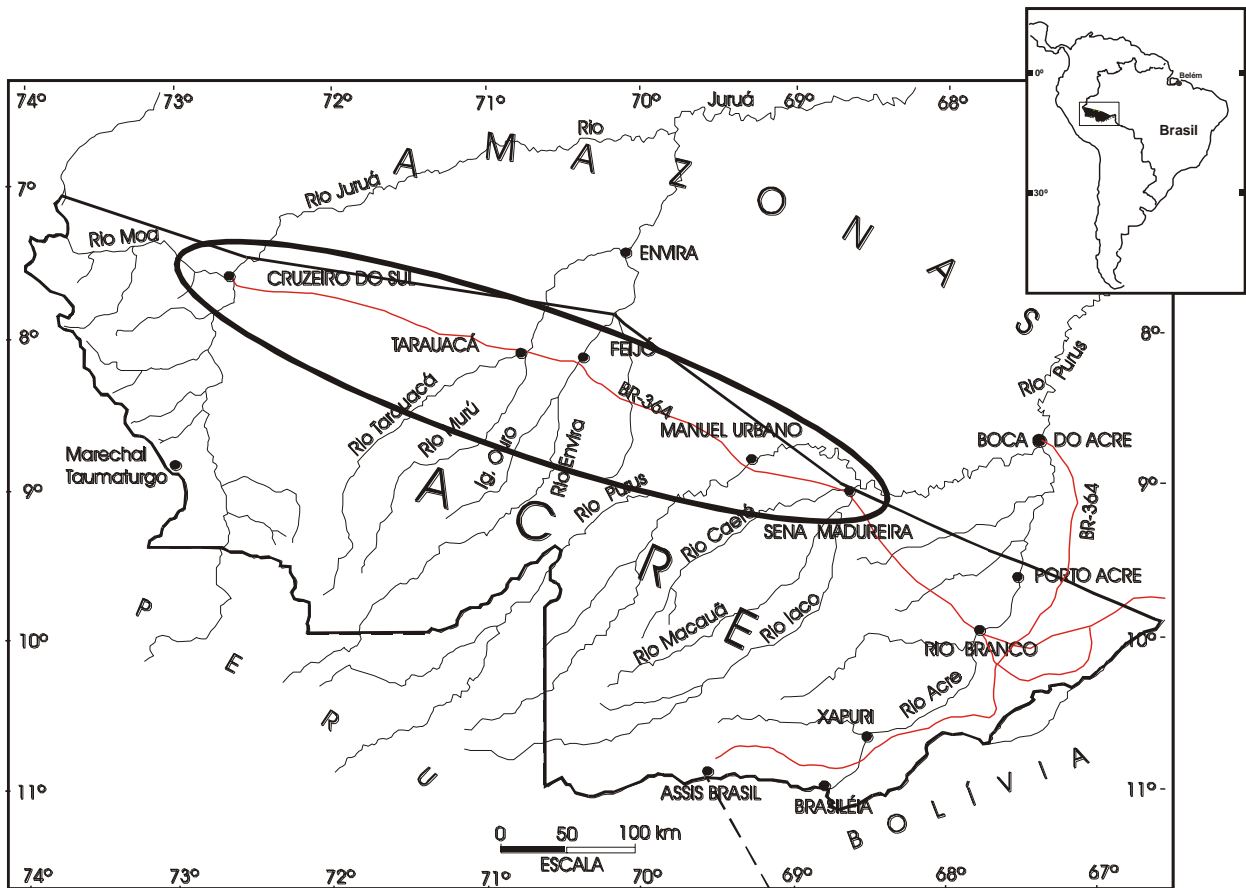


Figura 2- Localização do estado do Acre, suas principais cidades e da área de estudo.

## SEDIMENTOS RECENTES NA ÁREA DE PESQUISA

### CONHECIMENTO ATUAL

Os principais rios que drenam o estado do Acre, Purus e Juruá, fazem parte da grande bacia amazônica de drenagem que tem os rios Solimões e Amazonas como os principais cursos d'água. Uma característica que salta aos olhos do observador é a grande quantidade de material em suspensão transportado por esses rios, principalmente no período chuvoso, fazendo com que suas águas apresentem aspecto barrento, correspondendo aos rios de água branca na concepção de Sioli (1984).

Os sedimentos transportados por estes rios e depositados como barra em pontal, mais conhecida como praias, e/ou em suas planícies de inundação têm como uma das principais fontes os litotipos da Formação Solimões, portanto retrabalhos por estes. A formação Solimões praticamente recobre toda a superfície do Acre, estende-se para a bacia do Solimões e países vizinhos, como Colômbia, Bolívia e Peru, onde recebe outras denominações (Brasil 1976, 1977). Assim que os seus litotipos estão sendo esculpido, erodido e os sedimentos gerados redepositados pelos rios que drenam os terrenos do estado.

Vários trabalhos foram publicados sobre os sedimentos transportados pelos rios que formam as bacias de drenagem do Solimões-Amazonas (Brasil), Ucayali-Marañon, Madre de Dios (Peru) e Orinoco (Colômbia) e cuja composição tem forte contribuição de rochas de idade terciária, que afloram nos Andes orientais ou nas proximidades, incluindo a Formação Solimões. Entre esses trabalhos se destacam os de Gibbs (1967, 1977); Potter (1977, 1994); Franzinelli & Potter (1983,1985); De Celles & Hertel (1989); Savage & Potter (1991); Kalliola *et. al.* (1993); Konhauser *et. al.* (1994); Gaillardet *et. al.* (1997); Vital & Stattegger (2000); Costa *et. al.* (2003) e Almeida *et. al.* (2003).

Gibbs (1967, 1977) mostraram que as concentrações de sólidos em suspensão desses rios de água barrenta ou água branca variam consideravelmente conforme as estações seca e chuvosa, chegando a ser 3,5 vezes mais concentrados na estação chuvosa, nos rios Purus e Juruá. Para o rio Purus Gibbs *op.cit.* obteve concentrações de 20 ppm na estação seca e 69 ppm na chuvosa, enquanto para o rio Juruá 23 ppm na seca e 80 ppm na chuvosa. Mineralogicamente esses sólidos em suspensão são compostos de quartzo, argilominerais (montmorillonita e caulinita), mica, clorita e minerais pesados (anfíbólio, anatásio, biotita, rutilo, turmalina e zircão). Gibbs pesquisou ainda o transporte de metais de transição (Cr, Mn, Fe, Co, Ni e Cu) em sedimentos de suspensão do rio Amazonas na região de Macapá, que recebe contribuição de rochas da Formação Solimões, e constatou que Cr, Co e Cu são transportados preferencialmente adsorvidos em fases minerais, Mn como hidróxido em películas de recobrindo material sólido, Fe como fase mineral e película de metal recobrindo partículas de material sólido e o Ni como película metálica sobre partículas de material sólido.

Para Gaillardet, *et al.* (1997) os sedimentos em suspensão do rio Amazonas entre Manaus, no estado do Amazonas, e Santarém, no Pará, apresentaram no período chuvoso, concentrações

elevadas de K (17.500 ppm), Na (12.080 ppm), Fe (55.023ppm), Co (21,1ppm), Cr (77ppm), Ni (55ppm) e os terras raras (Nd 43,5ppm, Sm 8,3ppm, Eu 17ppm e Yb 3,9ppm).

Nos arredores de Manaus, Konhauser *et al.* (1994) pesquisaram sedimentos de fundo, bem como os de planície de inundação do rio Solimões e encontraram concentrações de MgO, CaO, K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O e P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> maiores que para os valores observados para os sedimentos do rio Negro, com mineralogia semelhante a encontrada por Gibbs (1967), porém com plagioclásio e K-feldspatos.

Franzinelli & Potter (1983, 1985) pesquisaram os sedimentos transportados pelos principais rios da bacia Amazônica quanto à composição química, características texturais e petrográficas. Seus estudos mostraram que os sedimentos dos afluentes andinos do rio Solimões, incluindo os rios Purus e Juruá, tem alto grau de imaturidade. Para tal afirmação utilizaram a proporção entre quartzo, feldspatos e fragmentos de rocha e as baixas razões de SiO<sub>2</sub> / Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e K<sub>2</sub>O / Na<sub>2</sub>O. Afirmam ainda que os sedimentos desses rios são angulosos, moderadamente selecionados com granulometria entre 0,20 a 0,41mm e valor mediano de 0,31mm.

Potter (1994) estendeu essas pesquisas para as areias da América do Sul e caracterizou uma área a leste dos Andes, desde a Venezuela até a Argentina, incluindo áreas drenadas pelos rios das bacias do Solimões, Ucayali e Marañon, a qual denominou de Associação de Transição. Os sedimentos imaturos dessa Associação possuem em média 32% de fragmentos de rochas metamórficas e vulcânicas, representando a transição entre os sedimentos altamente imaturos dos rios dos Andes ocidentais, e os sedimentos de elevada maturidade dos rios que drenam terras brasileiras.

A imaturidade desses sedimentos foi também identificada por Vital & Stattegger (2000), que estudando os sedimentos do rio Amazonas, da foz do rio Xingu até Macapá, encontraram como índice de alteração químico (IAQ) para as areias o valor médio de 68, próximo ao encontrado para os sedimentos dos rios Marañon e Solimões com quartzo dominante, enquanto para os sedimentos finos valores de 70 a 75, dominados por argilominerais. Em adição estes autores observaram que concentração dos elementos maiores em geral depende da granulometria, SiO<sub>2</sub> aumenta para os grossos e Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e outros elementos maiores aumentam com a quantidade de finos.

Nos países vizinhos ao Acre pesquisas realizadas por DeCelles & Hertel (1989) na bacia do rio Madre de Dios, Kronberg & Hoorn (1990) no rio Caquetá e Savage & Potter (1991) no rio Guaviare, confirmaram a imaturidade desses sedimentos, identificando entre seus componentes



fragmentos de rochas vulcânicas, sedimentares e metamórficas de baixo e alto grau, bem como a presença de minerais instáveis como K-feldspato, plagioclásio, anfibólio e piroxênio. A imaturidade desses sedimentos reflete a riqueza de bases extraível (Ca, Mg, K e Na), o que implica em fertilidade natural, como observado por Kalliola *et al.* (1993) nos sedimentos do rio Ucayali, no Peru e por Costa *et al.* (2003) e Almeida *et al.* (2003) nos rios formadores das bacias dos rios Purus e Juruá, no Estado do Acre, onde são intensamente utilizados pelos ribeirinhos para agricultura de pequeno ciclo de verão, principalmente milho (*Zea mays*) e feijão (*Vigna unguiculata* (L) Walp).

## **GEOLOGIA**

No Estado do Acre os terrenos em geral são de baixa altitude com topo aplainado, estão cobertos por floresta úmida aberta e drenados por duas grandes bacias hidrográficas, Purus e Juruá. Do ponto de vista geológico são terrenos jovens e os seus litotipos em sua maioria (mais que 80%) fazem parte da Formação Solimões (Brasil, 1976). Sedimentos mais jovens que acompanham as drenagens atuais, formando terraços, também constituem estes terrenos, além de uma pequena ocorrência de tipos mais antigos, do paleozóico (Carbonífero) e do mesozóico (Cretáceo) localizados na serra do Divisor, a oeste do estado, na fronteira com o Peru (Figura 3).

No Brasil Rego (1930) descreveu argilas e areias sempre pardas, castanhas ou azuladas, ocorrendo ao longo dos rios Javari, Solimões, Acre e Purus denominando-as de Série Solimões. A Formação Solimões é encontrada também nos países vizinhos (Bolívia, Peru e Colômbia). Na região do rio Marañon no Peru, representada por argilas plásticas e arenosas, cinza-escuras ou claras, contendo grandes depósitos de linhito, mas denominada de Formação Pebas (Oliveira & Leonardos, 1943).

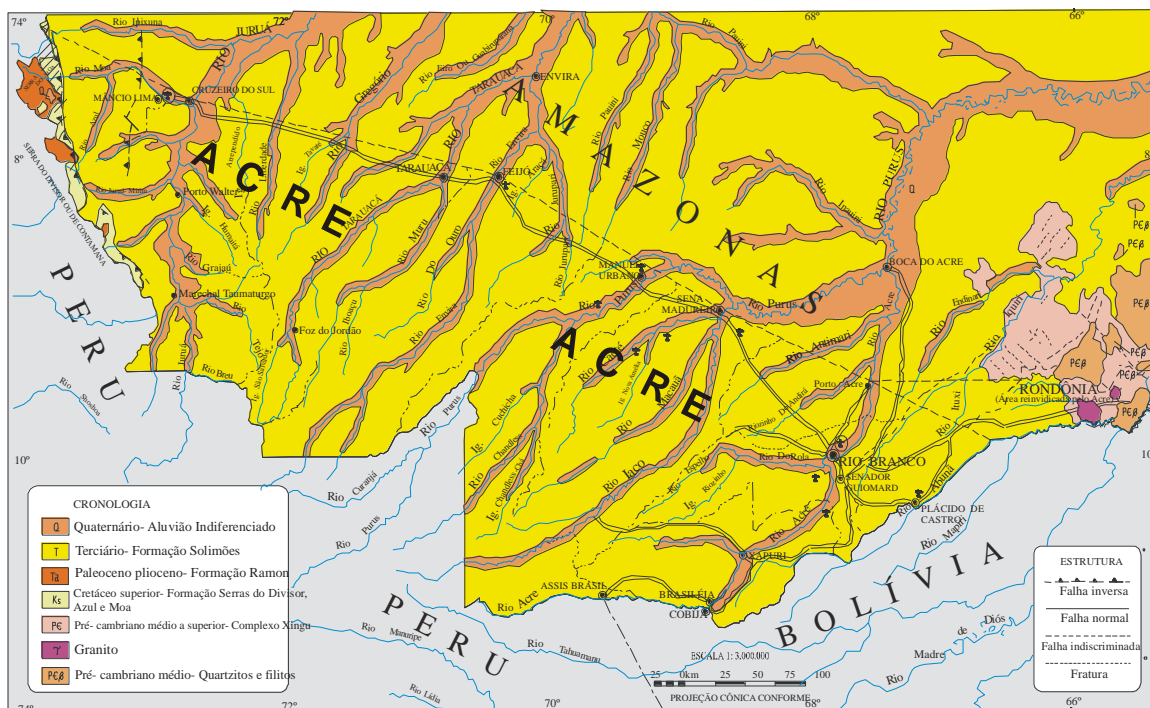


Figura 3- Mapa geológico do Estado do Acre e adjacências. Fonte Atlas Geográfico Ambiental do Acre (1991).

Os sedimentos desta unidade recobrem totalmente a bacia sedimentar do Acre (Silva 1988) e foram depositados em parte diretamente sobre o embasamento cristalino CPRM<sup>1</sup> apud Kronberg *et al.* (1998), cuja espessura pode alcançar até 2200 metros. Espessura similar de 1815 metros foi encontrada no furo 1 – RM – 1 – AC, perfurado pela Petrobrás em 1982, nos arredores da cidade de Cruzeiro do Sul (Feijó & Souza, 1994). Mosmann *et al.* (1986) afirmam que esta unidade se espessa em direção a cadeia andina, chegando a atingir 7000 metros de espessura na bacia de Ucayali, no Peru.

A bacia sedimentar do Acre tem seus limites entre a serra do Divisor ou do Moa a oeste e o arco de Iquitos ou Jutaí, a leste no Estado do Amazonas.

Brasil (1976) considera que a sedimentação dos litotipos da Formação Solimões começou no Plioceno e terminou no Pleistoceno Superior, enquanto Frailey *et al.* (1988) e Kronberg *et al.* (1989) afirmam que a idade desta unidade é pleistocênica superior. Latrubesse & Rancy (1995), baseados em novos dados paleontológicos consideram os níveis mais superiores desta unidade, que afloram no Acre, como pertencente ao Mioceno Superior-Plioceno.

<sup>1</sup> CPRM, 1976. *Mapa de isópacas da Formação Solimões*. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Rio de Janeiro.

Os sedimentos pelíticos e psamíticos da Formação Solimões e os aluviões holocênicos se estendem além das fronteiras do Acre, tendo sido depositados sobre sedimentos miocênicos e pré-miocênicos da bacia do Acre (Costa *et al.* 1989). Esta bacia representa uma zona de subsidência pericratônica, onde foram depositados sedimentos desde o Paleozóico (Carbonífero e Permiano) até o Cenozóico (Neógeno), em ambientes de sedimentação desde nerítico, passando por lacustrino até flúvio-deltáico com contribuição marinha (Feijó & Souza, 1994). Durante o soerguimento da cordilheira Andina Oriental, ela foi bloqueada transformando-se numa bacia continental.

Como consequência houve uma inversão da rede de drenagem, que passa a fluir para nordeste, criando assim ambientes fluviais, responsáveis pela deposição de espessos pacotes argilo-arenosos da Formação Solimões (Brasil, 1976).

Latrubesse *et al.* (1994) consideram que o ambiente deposicional da Formação Solimões esteja representado por megaleques aluviais, com cabeceiras localizadas nos Andes peruanos. Neste ambiente desenvolveram-se grandes lagos e pântanos, onde se estabeleceu fauna diversa de idade miocênica superior-pleistocênica.

Campbell *et al.* (1985) compararam a seqüência sedimentar aflorante no rio Beni, entre Runenabaque e Riberalta (Bolívia), aos sedimentos aflorantes nos rios Acre e Juruá e os considerando de idade holocênica.

A Formação Solimões aflorante é constituída em geral de sedimentos argilosos, siltitos e arenitos finos com estratificação cruzada, com concreções carbonáticas e gipsíferas nas partes argilosas (Figura 4 e 5). Ocasionalmente apresenta material carbonizado contendo pirita e localmente grande acúmulo de fósseis de vertebrados e invertebrados. Estruturas de bioturbação são freqüentes (Hoorn, 1993). A presença de concreções carbonáticas e gipsíferas nos estratos indica que o ambiente de sedimentação ocorreu parcialmente sob clima semiárido (Costa, 2002).



Figura 4- Afloramento de argilitos cinza esverdeado na base passando a marrom e finalmente no topo sedimentos do terraço aluvial. Rio Iaco-Sena Madureira, Acre.



Figura 5- Afloramento de argilitos cinza esverdeado na base passando a marrom com nível de arenito fino esbranquiçado. No topo apresenta sedimentos do terraço aluvial, Rio Purus-Manuel Urbano, Acre.

Após a deposição da Formação Solimões, movimentos na crosta causaram reativação de falhas e fraturas condicionando o controle da drenagem, refletido pelo paralelismo dos rios e mudanças de direções nos seus cursos (Brasil, 1976).

Os sedimentos holocênicos antigos são representados por aluviões que hoje formam Terraços e são constituídos de areia, silte e argila. As praias (barras em pontal) são compostas de sedimentos arenosos finos a siltosos (algo argilosos, devido a presença de fragmentos e agregados de argila), bem recentes, expostas normalmente nas partes convexas dos meandros dos rios (Figura 6).



Figura 6- Praias em meandros do rio Purus, na região do Município de Manuel Urbano, Acre. Nesta fotografia é possível observar meandros abandonados, feição bastante comum que acompanha os principais rios que drenam o estado.

## PAISAGEM

Nos terrenos Acreanos o relevo em geral é representado por pequenos morros ou colinas arredondados, com exceção da região oeste onde se destaca a Serra do Divisor ou do Moa, nos limites entre Brasil e Peru. Nesse contexto, três unidades morfoestruturais foram mapeadas pelo

Projeto Radambrasil durante o levantamento dos recursos naturais das Folhas SC. 19 Rio Branco e SB/SC. 18 Javari/Contamana (Brasil 1976, 1977). As três unidades são denominadas de Depressão Rio Acre – Rio Javari, Planície Amazônica e o Planalto Rebaixado da Amazônia Ocidental (Figura 7).

#### DEPRESSÃO RIO ACRE – RIO JAVARI

Esta unidade morfológica é a de maior distribuição no Acre. Ela está representada por uma grande área rebaixada, com altitude média de 200 metros, formando planícies sobre a Formação Solimões (Figura 7). Caracteriza-se pela generalizada dissecação e topograficamente logo acima da Planície Amazônica. Sua feição morfológica característica é o domínio de colinas de 30 - 40 metros de altura, interflúvios de dimensões não superiores a 250 metros de largura e drenagem pouco entalhada (Brasil, 1996 e 1977).

Predominam Argilossolos vermelhos ou amarelos e Cambissolos (ACRE, 2000), sob os quais se instalou vegetação do tipo Floresta Aberta, com eventuais áreas de Floresta Densa (Brasil, 1976 e 1977).

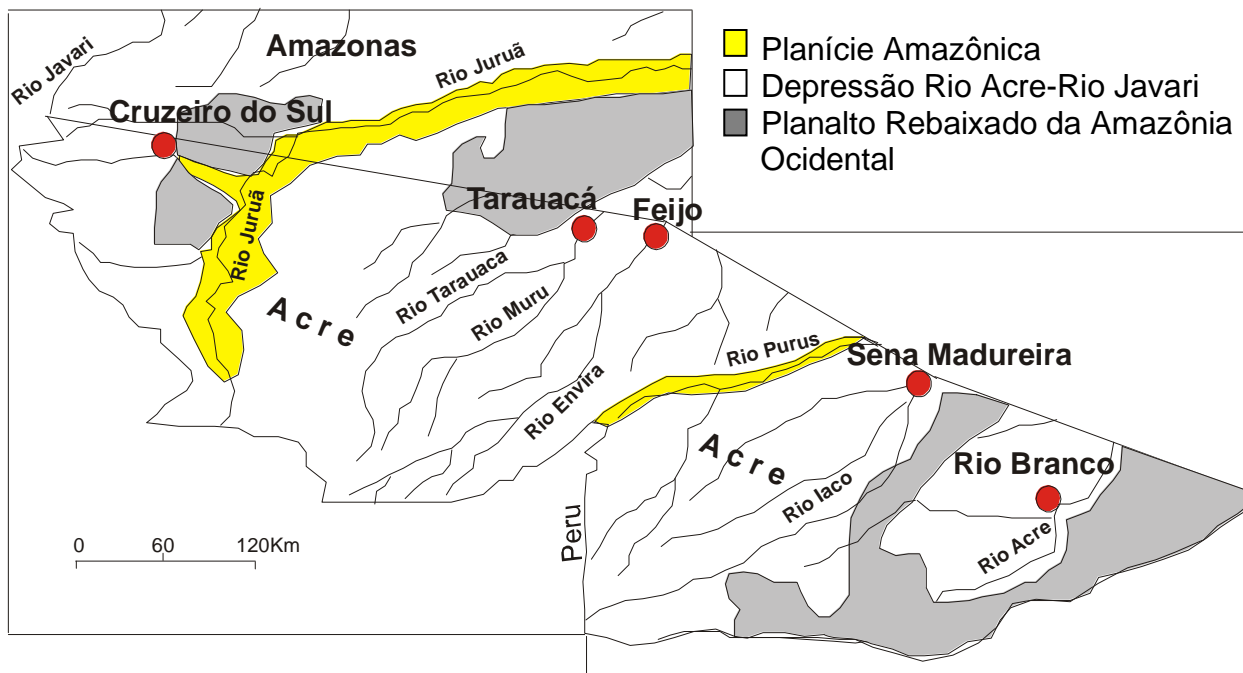


Figura 7- Distribuição das principais unidades morfoestruturais do estado do Acre. Fonte Projeto Radambrasil (1976, 1977).

## PLANÍCIE AMAZÔNICA

A Planície Amazônica se estende ao longo dos cursos dos rios Purus, Juruá e parte do rio Moa (Figura 7). Desenvolve-se sobre os sedimentos holocênicos, que são atingidos ainda pelas grandes cheias dos rios. Essa planície deixa antever dois níveis de terraços fluviais: os Altos, identificados pela presença de meandros abandonados, antigos lagos que estão assoreados, e os Baixos, em que são observados meandros abandonados como lagos verdadeiros (Brasil, 1976 e 1977).

## PLANALTO REBAIXADO DA AMAZÔNIA OCIDENTAL

É a segunda unidade morfoestrutural em distribuição no estado do Acre (Figura 7), com maior preponderância nas porções sudoeste e noroeste do estado. As formas características dessa unidade são os interflúvios tabulares, com colinas porção oeste. Apresenta altitudes de 250 a 300 metros, cobertura de Floresta Densa e subordinadamente Floresta Aberta. A drenagem secundária é relativamente aprofundada, densa, de padrão dendrítico a subdendrítico. Nesta unidade há predominância de Latossolos vermelhos amarelados (Brasil, 1976 e 1997).

## DRENAGEM

O estado do Acre é drenado por duas grandes bacias hidrográficas: a do rio Purus, no centro sudeste e a do rio Juruá no centro noroeste (Figura 8). São rios em sua maioria de águas brancas, com exceção dos afluentes da margem esquerda do rio Juruá, como o rio Mõa, que são de águas claras na classificação de Sioli (1984).

Os dois principais rios, Purus e Juruá, e seus principais afluentes de primeira ordem, nascem em sua maioria no vizinho Peru, na região do Alto de Fitzcarrald. Porém, abaixo de suas nascentes, os cursos destes rios tomam direções paralelas entre si, com direção geral SW-NE e sentido NE, com exceção ao rio Juruá, entre sua nascente e a Cidade de Cruzeiro do Sul, cuja direção é N – S, e a partir desta cidade toma a direção SW-NE, como os outros rios formadores destas bacias de drenagem (Figura 8).

O rio Purus possui extensão de 3210 km (Figueiredo, 1944) e seus afluentes principais, rios Iaco, Acre e o Chandless estão localizados na margem direita. O rio Juruá, com 3280 km de extensão (ACRE, 2000), assim como o rio Purus, tem seus principais afluentes também localizados na margem direita, a exemplo do rio Tarauacá com seus afluentes da margem direita

Muru e Envira e o rio Gregório. São rios que apresentam vales de fundo achatado, principalmente os que drenam a unidade morfoestrutural Depressão Rio Acre – Rio Javari. Aqueles que drenam o Planalto Rebaixado da Amazônia Ocidental (rio Acre e Iaco), os de menor ordem e as nascentes tendem a apresentar vales em “V” ou menos achatados (Brasil, 1976 e 1977).

No período chuvoso (entre os meses de novembro e abril) estes rios chegam a alcançar profundidades de 14 metros, enquanto no período de estiagem (entre os meses de maio e outubro) atingem até 0,60 metros como em alguns trechos do rio Purus (Figueiredo, 1944). A velocidade de corrente é variável, dependendo do período de cheia e vazante, bem como cachoeiras, tronqueiras e de um fenômeno conhecido como os “repiquetes”, que são cheias irregulares, repentinas, que acontecem no período chuvoso. Nas nascentes a velocidade pode chegar a 2,2 metros por segundo, diminuindo a quase se anular na foz dos rios (Figueiredo, 1944).

Os rios no Estado do Acre desenvolvem padrão de drenagem do tipo dendrítico, com controle estrutural que é indicado pela retinização dos trechos entre meandros, deslocamento de seus leitos e por vezes rios tendo seu curso dentro de grabens, como o rio Moa, próximo a Cruzeiro do Sul. Além do mais os rios que drenam este estado são fortemente meandantes, desenvolvem inúmeros lagos em forma de ferradura a partir de meandros abandonados e, expõe inúmeras praias (barras em pontal) no período de estiagem, quando são utilizadas pelos ribeirinhos para agricultura temporária.

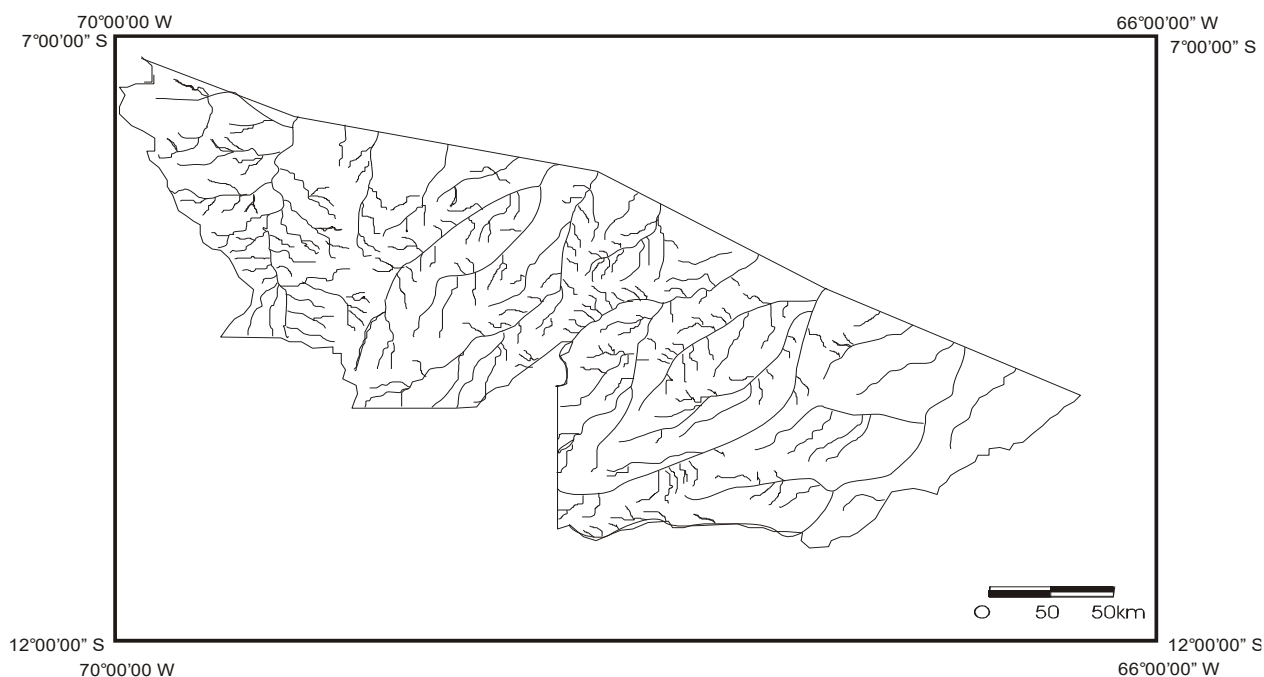


Figura 8- Drenagem do Estado do Acre, mostrando seu caráter dendrítico e direção geral SW-NE.



## **CLIMA, SOLO E VEGETAÇÃO**

### **CLIMA**

O clima é quente úmido, com duas estações: seca e chuvosa. A seca entre os meses de maio e outubro, com maior intensidade entre junho e agosto, é denominada de verão. A estação chuvosa, que se caracteriza por chuvas freqüentes, estende-se de novembro a abril e é conhecida como inverno, da mesma forma como em toda Amazônia. Um fenômeno muito comum no estado, em termos de variação de temperatura, é a “friagem”, que é o resultado do avanço da frente polar, impulsionada pela massa de ar polar atlântica que avança pela planície do Chaco e chega a Amazônia ocidental, provocando queda brusca de temperatura chegando até 10°C (ACRE 2000). A precipitação anual varia entre 1600 e 2750 mm, com tendência a aumentar no sentido sudeste – noroeste, onde as chuvas são abundantes e distribuídas ao longo do ano, e mascarando o verão sem uma estação seca característica. Em geral os meses de menores precipitações são junho, julho e agosto.

A temperatura média anual está em torno de 24,5°C e é uniforme em todo o estado, com a máxima chegando a 32°C. A mínima, por outro lado, varia em função de exposição aos sistemas extras polares, como exemplo 10°C em Cruzeiro do Sul (ACRE 2000).

### **SOLO**

No Acre os solos apresentam grande variabilidade espacial e foram identificados pelo menos nove classes (Figura 9). Predominam os Argilossolos (Amarelo e Vermelho) e Cambissolos, com menor ocorrência de Latossolos e os Gleissolos (ACRE, 2000).

Os Argilossolos Amarelos são os de maior expressão em área, ocorrem desde Sena Madureira até o limite noroeste do estado, enquanto os Cambissolos têm maior exposição na parte central entre os rios Tarauacá e Iaco enquanto os Argilossolos Vermelhos se concentram na porção sudeste, entre Sena Madureira e o rio Abunã.

Latossolos Vermelhos e os Gleissolos têm áreas de ocorrência menores, os primeiros aparecem com maior freqüência numa faixa N - S desde Rio Branco, passando por Senador Guiomard até Capixaba. Os Gleissolos acompanham as principais drenagens, impostos sobre os terraços aluviais antigos e as planícies de inundação dos rios formadores das bacias de drenagens dos rios Purus e Juruá.

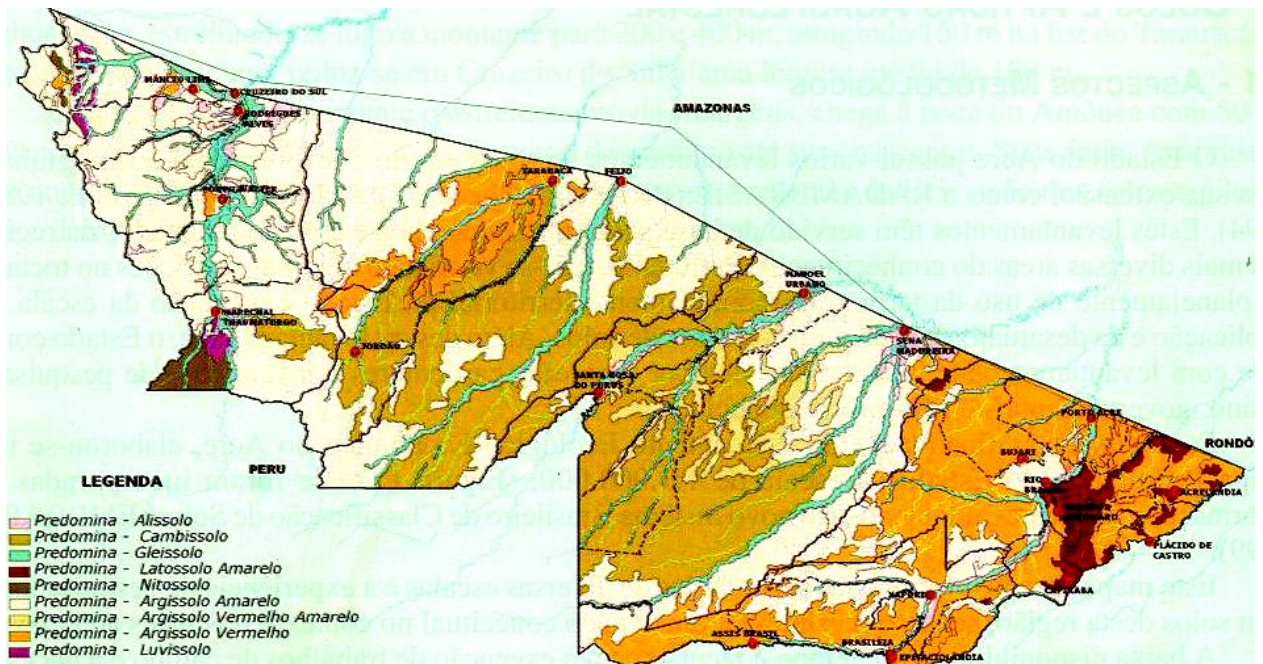


Figura 9 - Mapa pedológico do Estado do Acre, mostrando a predominância de argilossolos e cambissolos. Fonte: ACRE (2000).

## VEGETAÇÃO

Foram reconhecidos dois grandes domínios de cobertura vegetal: a Floresta Ombrófila Aberta e a Floresta Ombrófila Densa. Estes dois grandes grupos estão em geral associados às grandes feições morfoestruturais, a Depressão Rio Acre – Rio Javari e o Planalto Rebaixado da Amazônia Ocidental, respectivamente (ACRE, 2000).

A Floresta Ombrófila Densa ocupa áreas de maior umidade relativa e maior precipitação, que apresentam relevos colinosos, em cristas ou tabulares em domínio das litologias da Formação Solimões e dos terrenos mais antigos que forma a Serra do Divisor, enquanto a Floresta Ombrófila Aberta ocupa grande parte das áreas dissecadas de relevo colinoso ou ondulado da Formação Solimões, bem como áreas da Planície Amazônica (Brasil, 1976 e 1977).



Figura 10 - Principais tipos de vegetação do Estado do Acre. A-Floresta Densa e B-Floresta Aberta.

### **AS PRAIAS (BARRAS EM PONTAL)**

Na Amazônia brasileira os depósitos de sedimentos recentes dos rios (barra em pontal) que drenam seu território, quando expostos no período de estiagem, são denominados de “praias” pelos seus habitantes. Elas são usadas mais intensamente para o lazer das comunidades que

vivem em seu entorno. Porém no Estado do Acre, e em parte no sudoeste do Amazonas, elas alteram o modo de vida dos ribeirinhos, pois além de serem utilizadas para o lazer passam a representar também um microambiente em que se desenvolve vida animal e vegetal, que é fonte de alimento. As praias apresentam extensões variadas, desde poucas dezenas de metros a 500 metros, com largura também variável entre 10 e 100 metros aproximadamente. São mais frequentes na porção central e noroeste do estado, onde predomina um relevo aplainado e rios altamente meandantes com largas planícies de inundação. O aproveitamento principal destas praias, que são expostas principalmente nas partes convexas dos meandros dos rios, além dos seus estirões, tem sido para a produção de alimentos, por meio do cultivo de milho e feijão entre os meses de junho e agosto, com boa produtividade. As praias, portanto, fazem parte de uma paisagem harmônica, formada entre a calha dos rios e os barrancos, na qual se destaca uma vegetação zonada, que em geral começa com capim de orvalho (*Brachiaria decumbens*) passando a capim canarana (*Icostus spicatus*), daí para as flecheiras (*Digitarias insularis*) e no alto do barranco para embaubeira (*Cecropia pachystachya*).

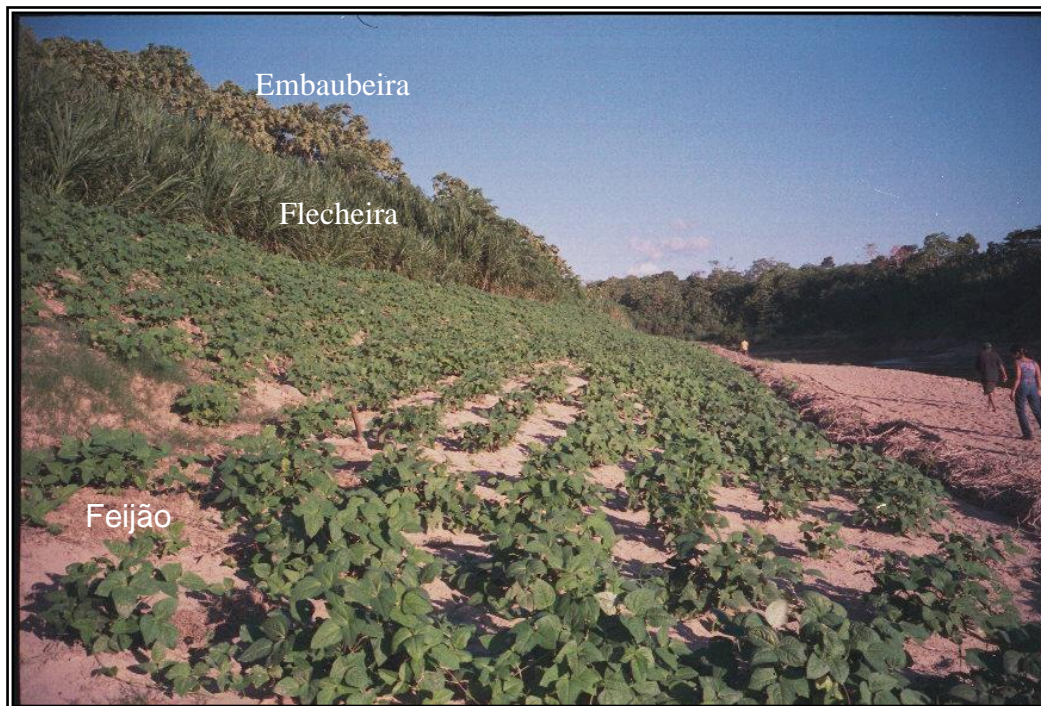


Figura 11 - Um exemplo de praia dos rios do Acre cultivada com feijão. Ao fundo (parte mais alta) é possível observar vegetação tipo flecheira e embaubeira.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **PRÉ-CAMPO**

Durante esta etapa foram realizadas pesquisas bibliográficas sobre a geologia do Estado do Acre e terrenos adjacentes, bem como aspectos sociais, econômicos e ambientais e preparação dos materiais para trabalhos de campo, bem como daquelas com conteúdo para suporte comparativo e discursivo, desenvolvidas em outras regiões do País e do Mundo.

### **TRABALHOS DE CAMPO**

O levantamento de campo com a amostragem dos materiais utilizados nesta pesquisa ocorreu no período de 23 de julho a 2 de agosto de 2002, época de estiagem, consistindo na coleta de sedimentos de praia cultivadas com milho (*Zea-mays*) e feijão (*Vigna unguiculata (L) Walp*), e descrição de barrancos nas estações estudadas. Todas as estações foram geofenciadas.

Foram investigadas 14 estações localizadas, sendo que em cada localidade considerou-se pelo menos uma à montante e outra à jusante de cada cidade próxima (Figura 12). Ao total foram coletadas 20 amostras de sedimentos de praia (barras em pontal) e 19 amostras de sedimentos de barranco (anexo 1). As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, etiquetadas e transportados para o Instituto de Geociências da UFPA, ao qual pertence o PPGG, em Belém do Pará. Os estudos aqui apresentados foram realizados em paralelo com os colegas José Arimatéia do Rego e Milta Mariane, como parte de suas dissertações de mestrado na mesma instituição, que se dedicaram aos cultivares e suas relações com os sedimentos de praia.

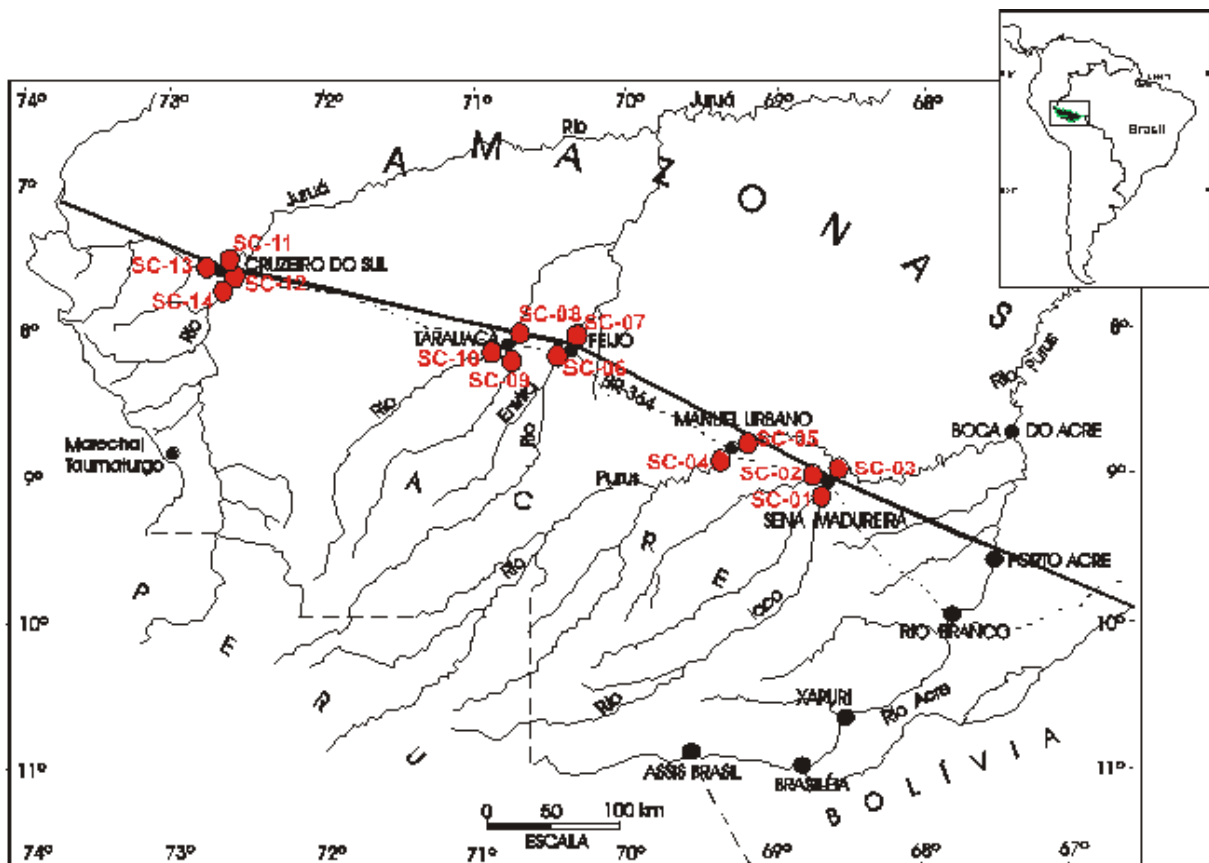


Figura 12 – Localização e identificação das amostras de sedimentos coletadas nos rios do Estado do Acre.

## LABORATÓRIO

### Secagem das amostras análises granulométricas

As amostras de sedimentos praianos foram secas a temperatura ambiente para análises subsequentes. As primeiras foram as descrições mesoscópicas e em seguida as granulométricas, que consistiram na separação das frações areia, silte e argila e observação em lupa binocular dos grãos destes sedimentos para verificar a seleção e o arredondamento. Por se tratar de sedimentos finos, em sua maioria, utilizou-se um conjunto de peneiras com granulometria, 0.35, 0.25, 0.177, 0.125, 0.088 e 0.062 mm para separação granulométrica, exceção da amostra SC-13 do rio Moa cujos sedimentos são formados de areia, em que houve necessidade de acrescentar peneiras de 2.00, 1.00, 0.710 e 0.50 mm. Quanto à separação de silte e argila na granulometria < 0.062mm, foi utilizado o método de pipetagem e a quantidade de argila foi encontrada diminuindo do peso inicial da amostra o peso do material (silte) sedimentado no fundo do tubo da centrífuga.

As frações obtidas da separação granulométrica foram pesadas e em seguida construídos histogramas e as respectivas curvas acumulativas, representando cada uma das 14 estações amostradas.

Estas análises foram realizadas no Laboratório de Sedimentologia e Minerais Pesados do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará-IG/UFPA, ao tempo do desenvolvimento era ainda Centro de Geociências-CG.

### Análises mineralógicas

As identificações mineralógicas foram realizadas com auxílio da difração de raios-X (DRX), microscópio óptico e microscopia eletrônica de varredura (MEV) com espectrometria de raios X de energia dispersiva (Figuras 13 e 14).

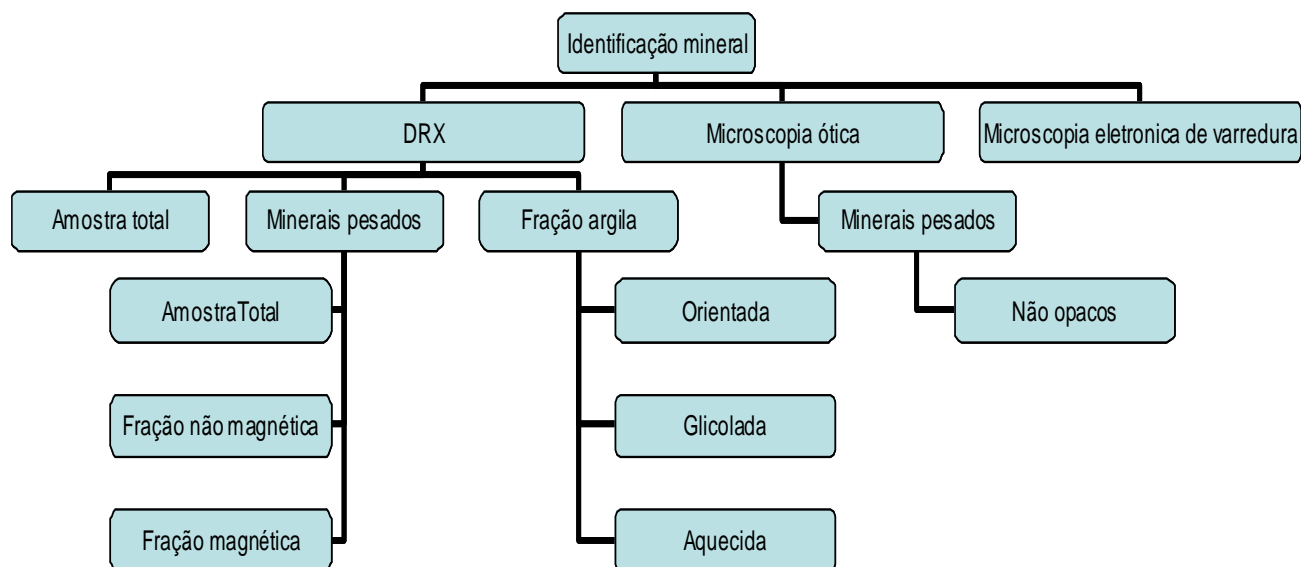


Figura 13- Fluxograma mostrando o esquema a que foram submetidas as amostras para a identificação mineral.

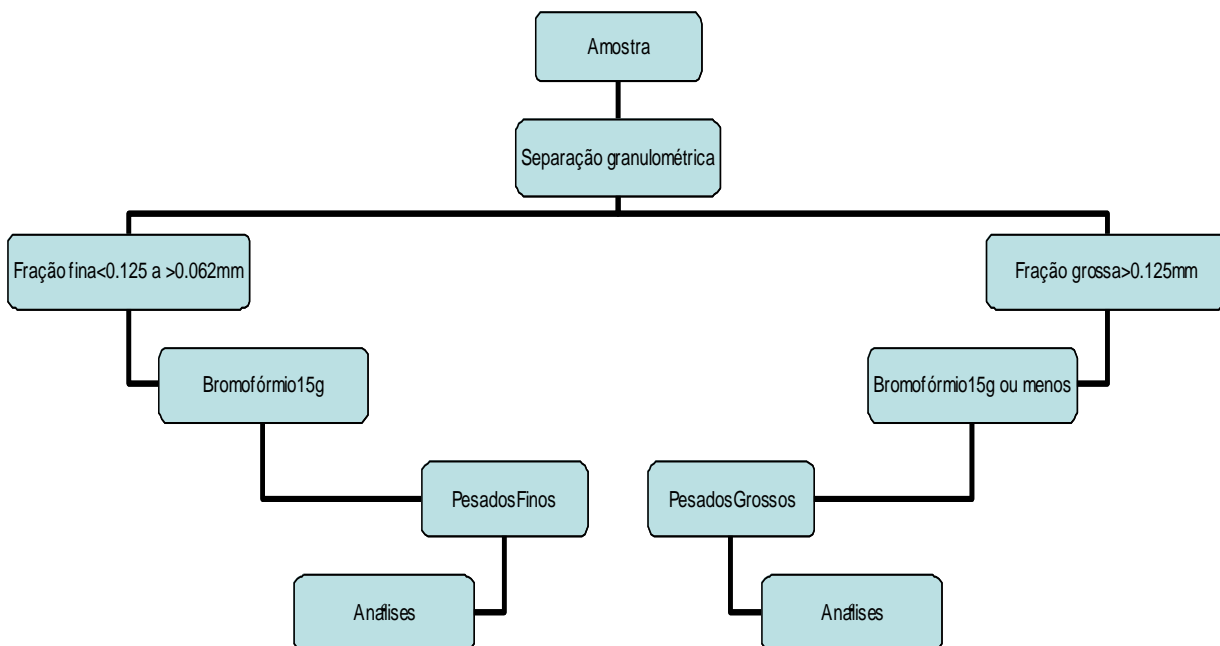


Figura 14 - Esquema utilizado para obtenção de minerais pesados, nas frações fina e grossa, utilizada na identificação mineral.

### **Análises por Difração de raios-X**

As análises por difração de raios-X foram realizadas em 14 amostras totais, 12 da granulometria argila e 15 amostras de minerais pesados, fração fina (0.125 - 0.062mm).

Os procedimentos para a confecção de lâminas orientadas estão indicados na Figura 15.

O equipamento empregado foi um difratômetro da marca PHILIPS, modelo PW 3710 BASED, do Instituto de Geociências da UFPa, equipado com anodo de cobre ( $\lambda_{CuK\alpha_1}=1,54060\text{\AA}$ ), com monocromador e gerador de tensão e corrente ajustados para 45kV e 40 mA, respectivamente. Os registros foram realizados no intervalo de exposição de  $5^\circ$  a  $65^\circ 2\theta$  para amostra total e  $3^\circ$  a  $33^\circ 2\theta$  para as amostras de argilas orientadas, glicoladas e aquecidas, cuja confecção das lâminas são apresentadas na figura 15. A identificação dos minerais foi feita com auxílio do software APD (PHILIPS), nos registros digitais obtidos, e o software MINERVA,



como banco de dados dos minerais encontrados (baseados no ICDD-International Center for Diffraction Data).

Por outro lado, à identificação dos argilominerais, foi feita comparando os espaçamentos basais ( $d$ ) das reflexões de primeira ordem nos difratogramas de amostras orientadas, glicoladas e aquecidas a 550°C entre si e sua posição  $2\theta$  conforme Tabela 1. Além disso, foi feita determinação semiquantitativa dos argilominerais para avaliar suas distribuições pela área em estudo. O método utilizado para essa determinação foi o apresentado por Gomes (1988).

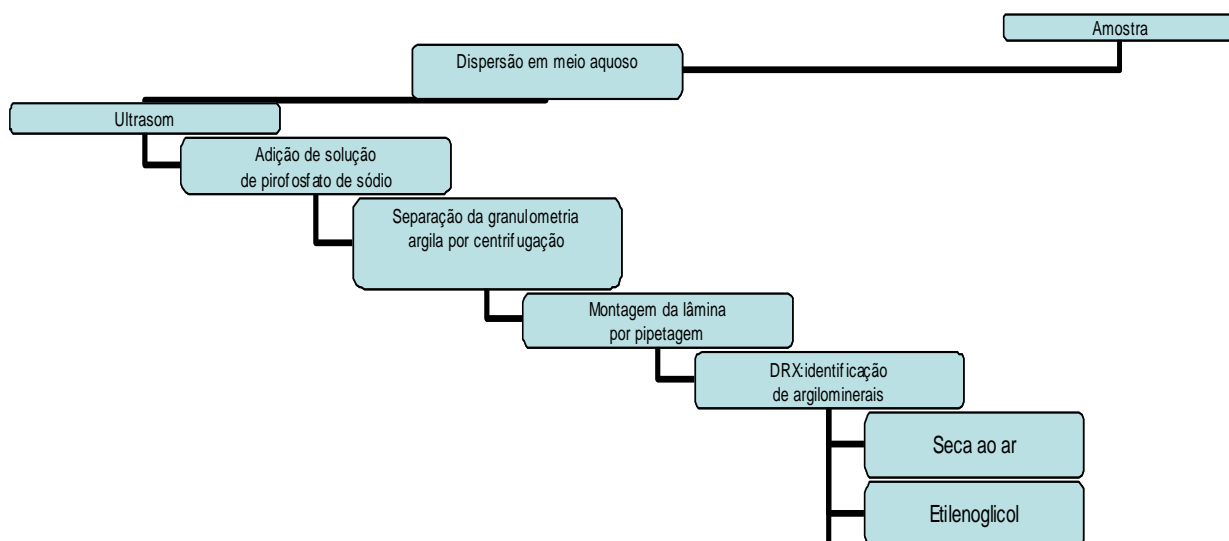


Figura 15- Esquema mostrando a obtenção e preparação da fração argila, para a identificação de argilominerais por difração de raios-X (DRX).

Tabela 1- Distâncias basais em Å e posição  $2\theta$  utilizadas para identificação de argilominerais.

Argilomineral	Orientada/ $2\theta$	Glicolada/ $2\theta$	Aquecida/ $2\theta$
Esmectita**	15 Å / $6^0$	16,9 Å/ $5,2^0$	10 Å / $8,4^0$
Illita*	10 Å / $8,4^0$	10 Å/ $8,4^0$	10 Å / $8,4^0$
Caulinita**	7,1 Å / $12,5^0$	7,1 Å / $12,5^0$	desaparece

Fonte: Adaptada\*\*de Moore & Reynolds (1997) e \*Carrol (1974)

### **Análises por Microscopia ótica de grãos de minerais pesados.**

A identificação de minerais pesados utilizando microscópio ótico foi feita, com lâminas confeccionadas na fração fina e outra da fração grossa, conforme a Figura 14.

Sobre uma lâmina de vidro, foi colocado bálsamo do Canadá e em seguida os grãos de minerais pesados, com auxílio de um bastão foram distribuídos uniformemente. Em seguida os grãos foram recobertos com lamínula, e submetidas *secura* por 48 horas.

Essas análises foram realizadas no Laboratório de Mineralogia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará, pelo bolsista de Iniciação Científica Marcos Soares de Oliveira.

### **Análises por microscopia eletrônica de varredura-MEV**

Para as análises com este método os grãos minerais foram colocados em um suporte de alumínio e, em seguida, levados a estufa com temperatura controlada ( $\sim 30^{\circ}\text{C}$ ) para secagem e então metalizados com ouro com auxílio do EMITEC K550, sob vácuo de  $3 \times 10^{-1}$  bar e corrente de 25mA. Logo depois foram analisados com auxílio do microscópio eletrônico de varredura LEO VP 1450, com operação totalmente controlada via software, quando se obtiveram imagens e análises químicas semiquantitativas, com um sistema de espectrometria de dispersão de raios-X (SED 500 DP). Essas análises foram realizadas no laboratório de microscopia eletrônica de varredura do Museu Paraense Emílio Goeldi.

### **Análises químicas**

Em amostras selecionadas de sedimentos de praia foram determinados os elementos maiores, menores e traços, no Laboratório de Análises Químicas e de Absorção Atômica do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará-IG/UFPA e nos laboratórios ActLabs e ACME, no Canadá. Os métodos adotados, os elementos analisados e os laboratórios empregados são apresentados na Tabela 2. Assim, enquanto as análises realizadas no Actlabs são de amostras totais, as do ACME são parciais devido à extração com água régia. Por outro lado, as análises visando conhecer o conteúdo de nutrientes responsáveis pela fertilidade dos sedimentos das praias foram realizadas no Laboratório de Análises de Solo do Museu Paraense Emílio Goeldi, pelo bolsista de Iniciação Científica Alciney M. Costa. Para tal empregou-se o método apresentado por Tomé Jr. (1997) e mostrado na Tabela 3.

**Tabela 2-Métodos, elementos e laboratórios utilizados.**

<b>MÉTODOS</b>	<b>ELEMENTOS ANALISADOS</b>	<b>LABORATÓRIOS</b>
Gravimetria	Si e Perda ao fogo	IG
Complexiometria (EDTA)	Al	IG
Colorimetria	Ti e Fe	IG
Absorção Atômica	Ca, Mg, Mn, Na, K, P, Cu, Zn, Ni, Co, e Pb	IG
ICP-MS (Fusão)	SiO <sub>2</sub> , TiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , MnO <sub>2</sub> , MgO, CaO, Na <sub>2</sub> O, K <sub>2</sub> O, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , Perda ao fogo, Sr, Y, Sc, Zr, Be e V	Actlabs
ICP-MS (Fusão)	V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, As, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Ag, In, Sn, Sb, Cs, Ba, Hf, Ta, W, Tl, Pb, Bi, Th, U e Terras Raras	Actlabs
ICP-MS (Água Régia)	Al, Fe, Ti, Mg, Ca, Na, K, Mn, P, Mo, Cu, Pb, Zn, Ag*, Ni, Co, As, U, Au*, Th, Sr, Cd, Sb, Bi, V, La, Cr, B, W, Sc, Tl, S, Hg*, Se, Te, Ga, Hf, Nb, Rb, Sn, Ta, Zr, Y, Ba, Be, Li, Ce, In, Re*	ACME
Fire Assay-Gravimetria	Au e Ag	Actlabs
Fire Assay - ICP-OES	Pd, Pt e Au	Actlabs

IG – Instituto de Geociências da UFPA

Actlabs – Activation Laboratories Ltd (Canadá)

ACME – ANALYTICAL LABORATORIES LTD (Canadá)

**Tabela 3- Métodos analíticos para determinação de nutrientes nos sedimentos praianos do Acre.**

<b>MÉTODOS</b>	<b>ELEMENTOS</b>	<b>ABERTURAS</b>
Colorimetria	P assimilável	Extrator Mehlich-1(H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.0125M + HCl 0.05M)
Volumetria de Complexação	Ca <sup>2+</sup> e Mg <sup>2+</sup> e Al <sup>3+</sup> trocáveis	Extrator KCl 1N pH 7,0
Fotometria de Chama.	K <sup>+</sup> trocável e Na <sup>+</sup>	Extrator Mehlich-1(H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.0125M + HCl 0.05M)
Volumetria de Neutralização	Acidez Potencial (H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup> )	Extrator Acetato de Cálcio 0,5M pH 7,0
Volumetria de oxi-redução	Carbono orgânico e Matéria orgânica	

Para as análises de fertilidade foi utilizado 1 g para determinação de carbono orgânico e matéria orgânica, 10 g para P disponível, 10 g para Mg, Ca e Al e 10 g para acidez potencial.

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **ASPECTOS GRANULOMÉTRICOS DOS SEDIMENTOS**

Os histogramas de frequência granulométricos (Figuras 16 a 23) demonstram que os sedimentos de praia (barra em pontal) são constituídos predominantemente de areia fina e silte, com exceção da amostra SC-13 (Figura 23), localizada no rio Moa, constituída de areia. O padrão exibido pelos sedimentos desta amostra provavelmente deve-se à contribuição de gnaisses, anfibolitos, quartzitos e arenitos conglomeráticos aflorantes na Serra do Divisor, drenados pelo rio Moa, que é afluente pela margem esquerda do rio Juruá ou mesmo a arenitos conglomeráticos feldspáticos que capeiam os sedimentos sílticos argilosos da Formação Solimões, como aqueles observados nos morros da Cidade de Cruzeiro do Sul. É possível observar também que os sedimentos dos rios da bacia do Purus (Figuras 16 a 18) apresentam tendência à distribuição tanto unimodal (Figura 16) como bimodal (Figuras 17 e 18), com predominância de areia fina sobre silte, e que nos sedimentos dos rios da bacia do Juruá (Figuras 19 a 23) a fração granulométrica silte é predominante com distribuição unimodal. A diferença entre a distribuição granulométrica dos sedimentos dos rios dessas duas bacias pode estar refletindo a variação faciológica da Formação Solimões, ou seja, na região entre os rios Purus e o Juruá os litotipos desta unidade são sílticos argilosos com finas camadas de arenitos, enquanto entre o rio Purus e o rio Iaco as camadas de arenito são mais abundantes e espessas, contribuindo com mais areia que os anteriores.

Os grãos constituintes destes sedimentos são em sua maioria angulosos a subangulosos (Figuras 24 e 25), porém as imagens obtidas com auxílio do microscópio eletrônico de varredura ressaltam a presença de grãos minerais arredondados a subarredondados, principalmente os minerais resistentes, como quartzo, zircão, magnetita, ilmenita e turmalina (Figura 26). Isto mostra que embora os sedimentos dos rios do Acre apresentem alto grau de imaturidade, tem contribuição de sedimentos mais antigos com alguma história de reciclagem.

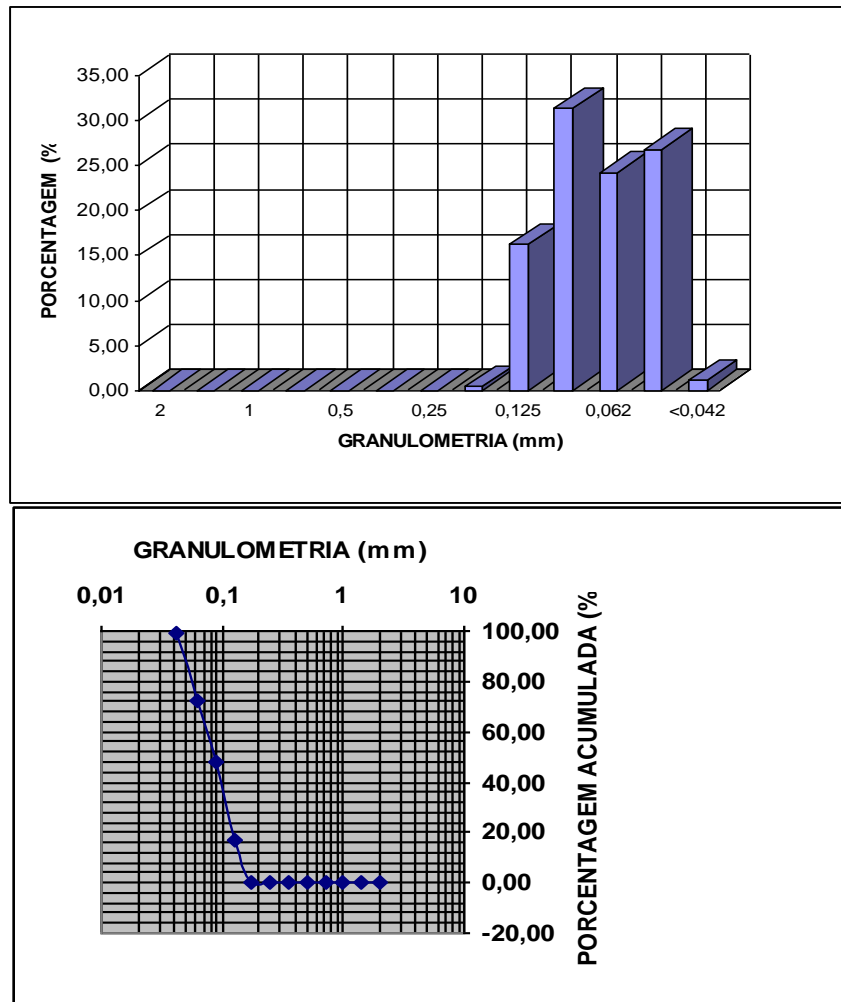


Figura 16- Distribuição granulométrica dos sedimentos do rio Iaco nos arredores de Sena Madureira-Acre, mostrado pelo histograma e curva de frequência acumulada da amostra SC-01, ressaltando a predominância de areia fina.

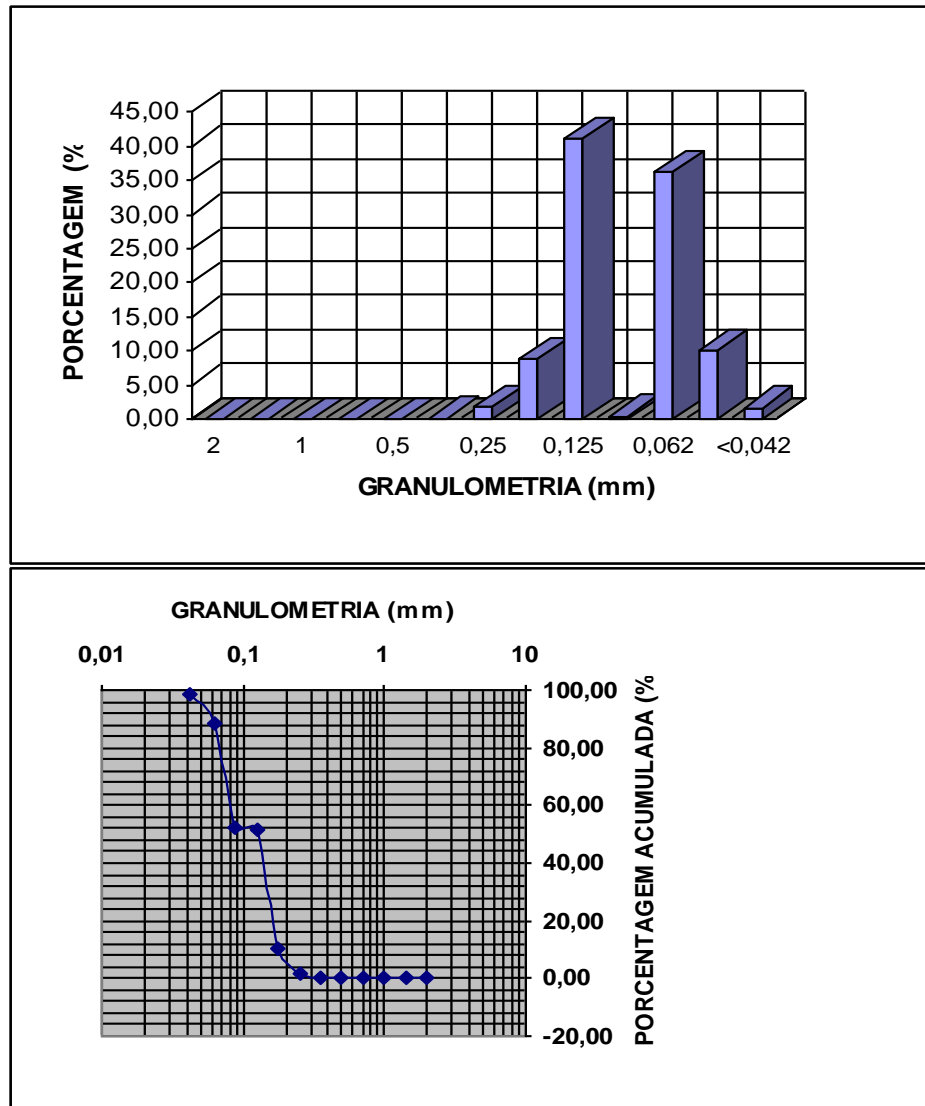


Figura 17- Distribuição granulométrica dos sedimentos do rio Caeté nos arredores de Sena Madureira-Acre, mostrado pelo histograma e curva de frequência acumulada da amostra SC-02, ressaltando a bimodalidade e predominância de areia fina.

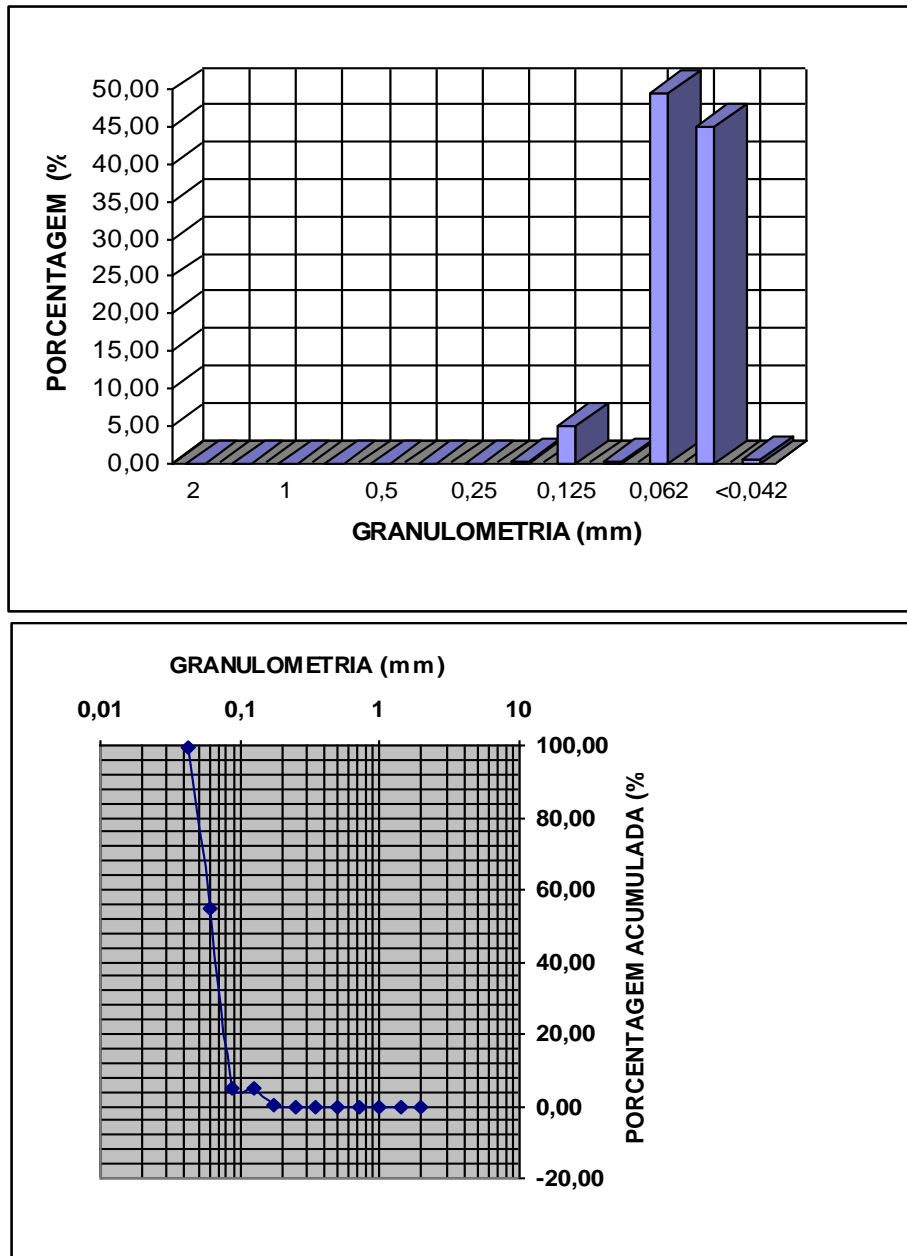


Figura 18- Distribuição granulométrica dos sedimentos do rio Purus nos arredores de Manuel Urbano-Acre, mostrado pelo histograma e curva de frequência acumulada da amostra SC-04, ressaltando tendência a bimodalidade e predominância de areia fina.



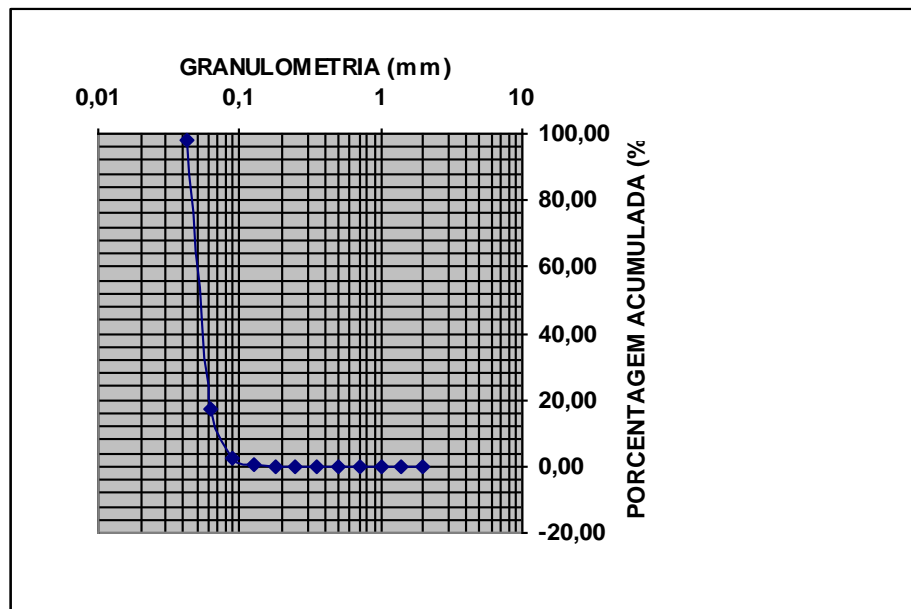
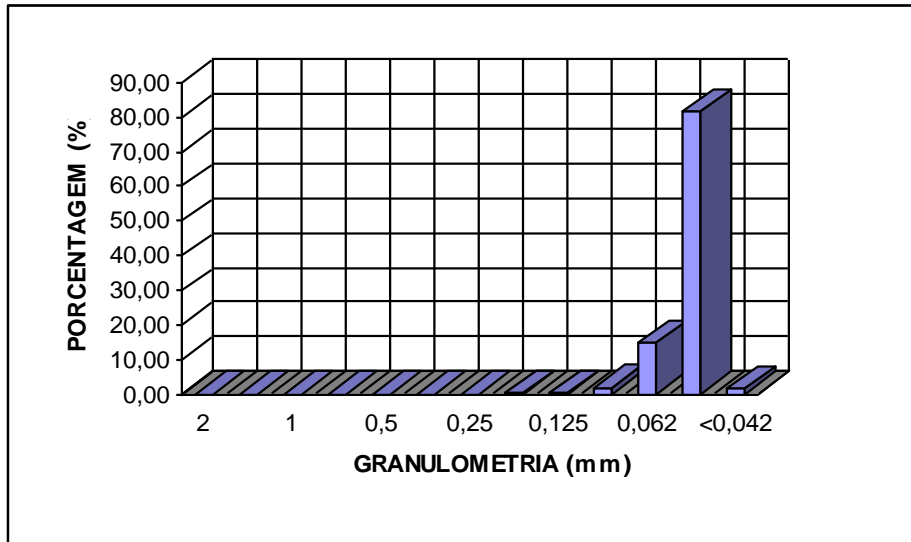


Figura 19- Distribuição granulométrica dos sedimentos do rio Envira nos arredores de Feijó-Acre, mostrado pelo histograma e curva de frequência acumulada da amostra SC-06, ressaltando a predominância de silte.

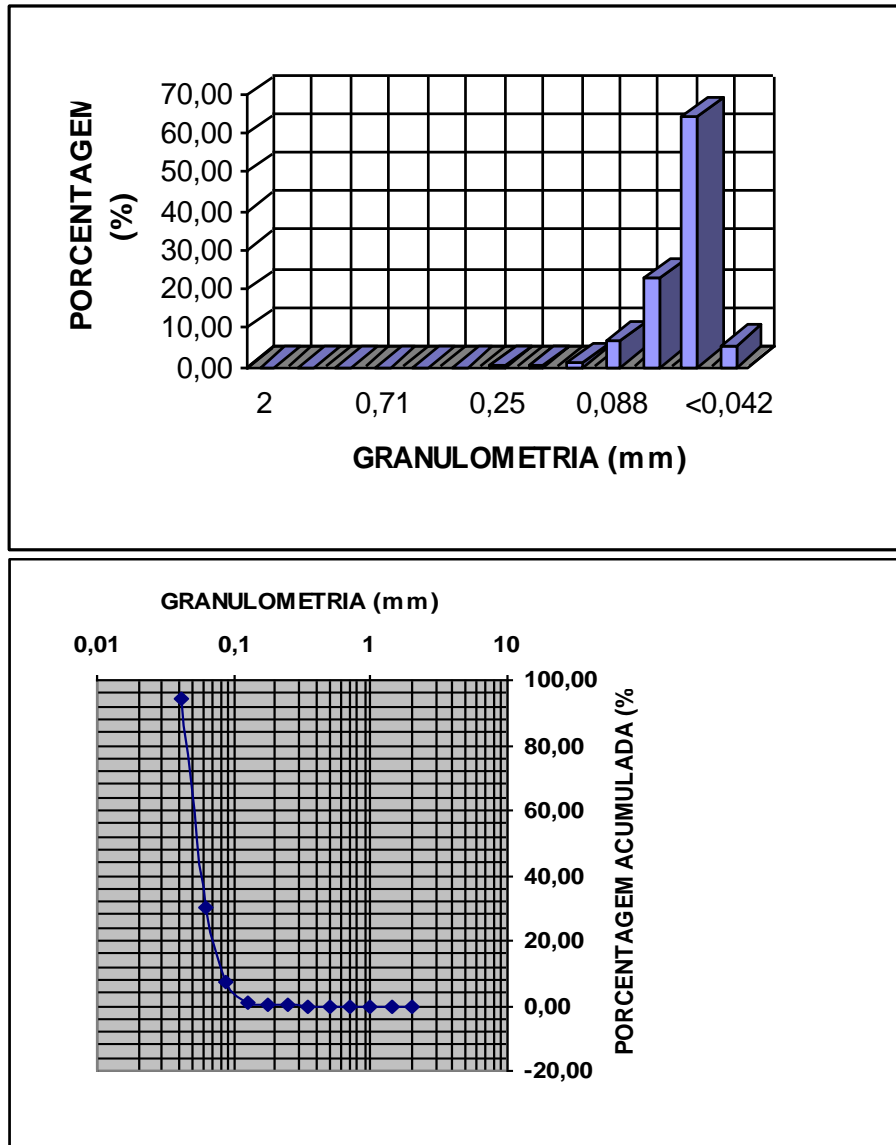


Figura 20- Distribuição granulométrica dos sedimentos do rio Tarauacá nos arredores Tarauacá-Acre, mostrado pelo histograma e curva de frequência acumulada da amostra SC-08, ressaltando a predominância de silte.

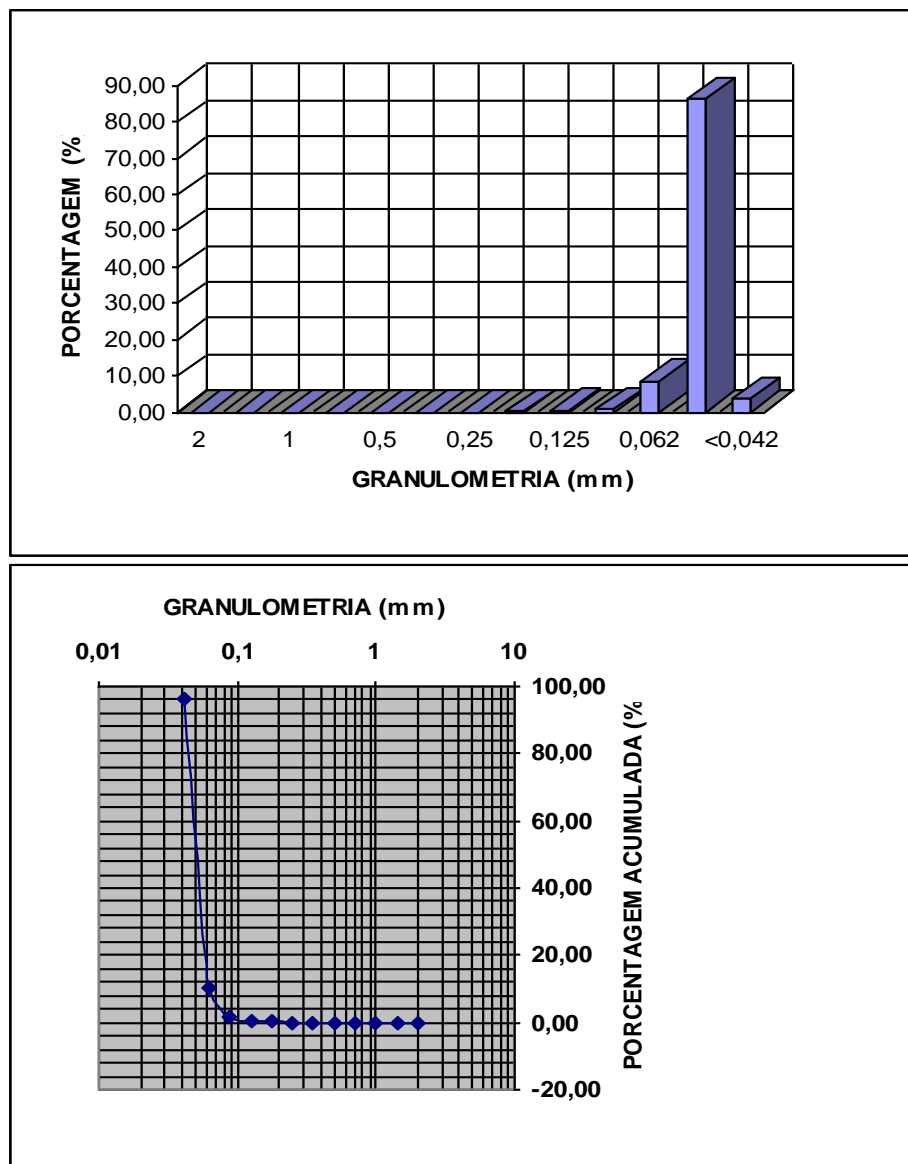


Figura 21- Distribuição granulométrica dos sedimentos do rio Juruá a jusante de Cruzeiro do Sul-Acre, mostrado pelo histograma e curva de frequência acumulada da amostra SC-11, ressaltando a predominância de silte.

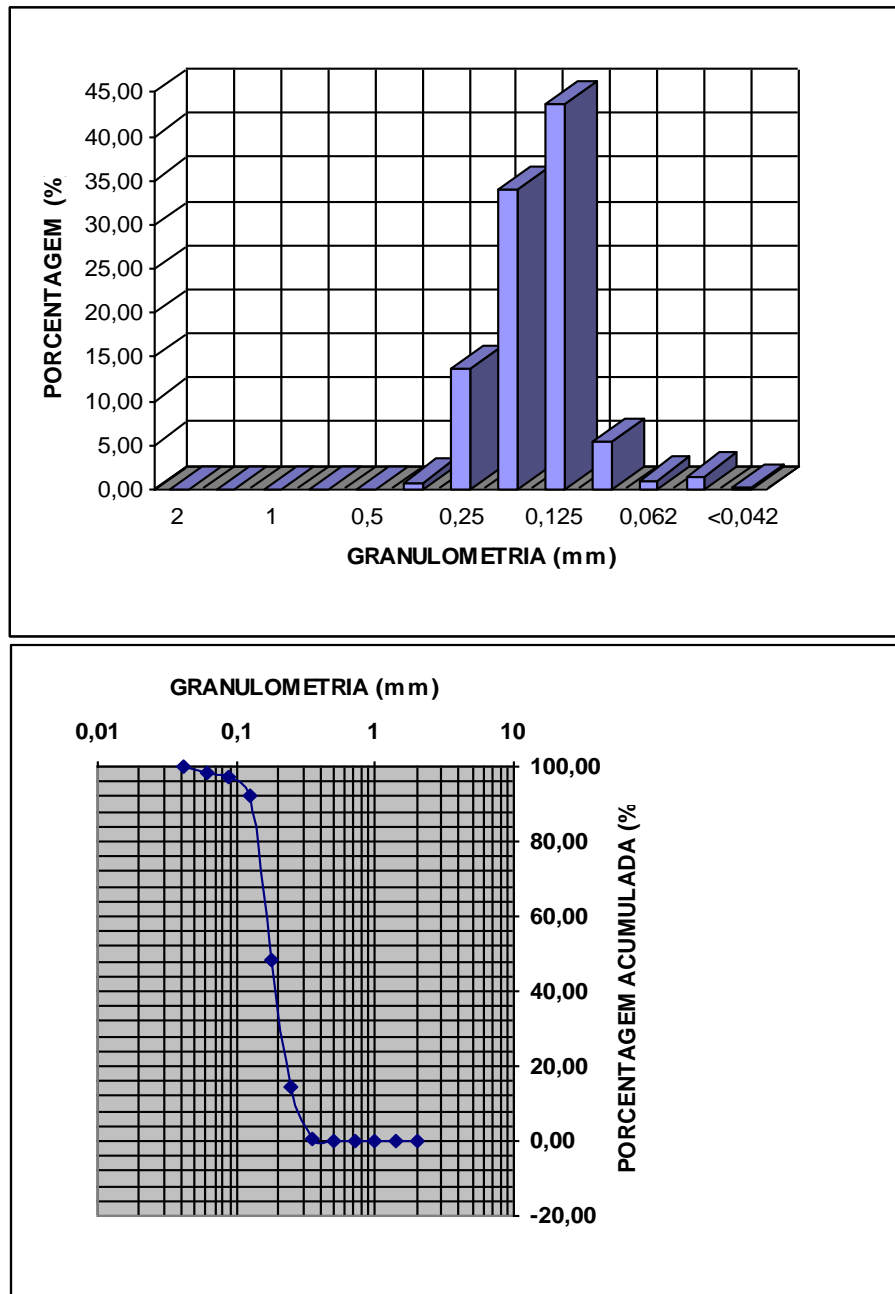


Figura 22- Distribuição granulométrica dos sedimentos do rio Juruá a jusante do rio Moa, nos arredores de Cruzeiro do Sul-Acre, mostrado pelo histograma e curva de frequência acumulada da mostra SC-12, ressaltando a predominância de areia.

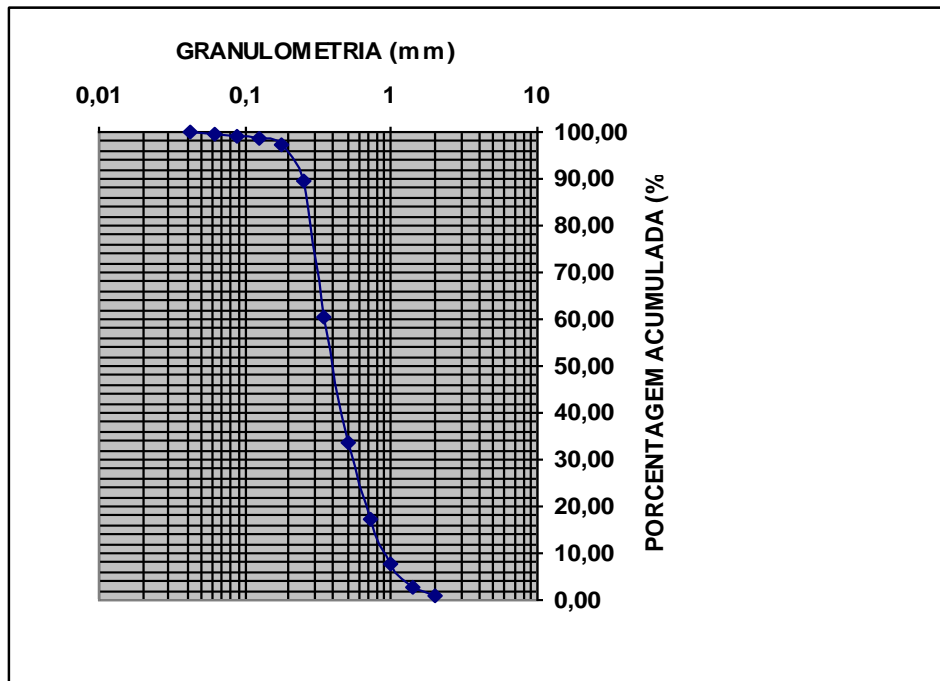
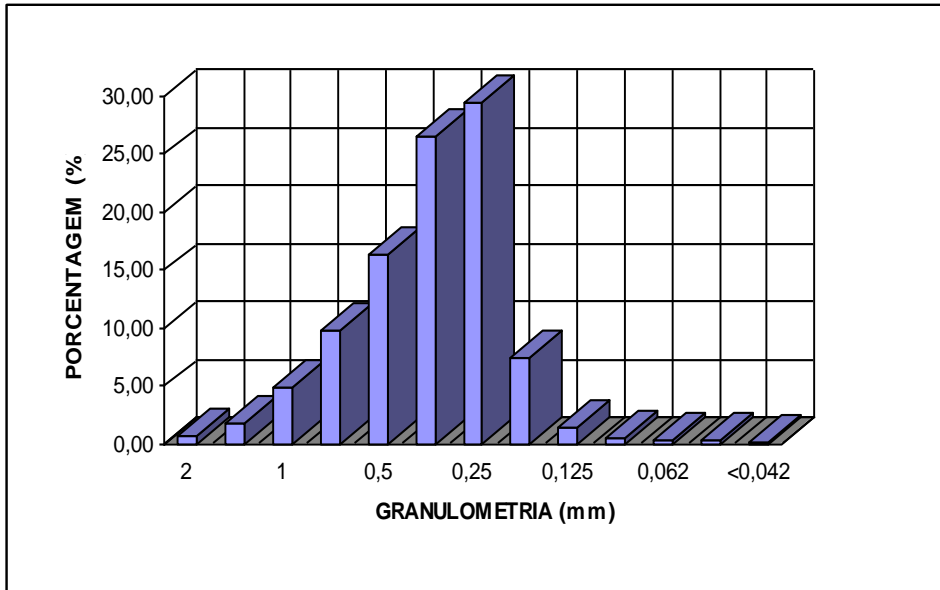


Figura 23- Distribuição granulométrica dos sedimentos do rio Môa na região de Cruzeiro do Sul-Acre, mostrado pelo histograma e curva de frequência acumulada da amostra SC-13, ressaltando a predominância de areia grossa.

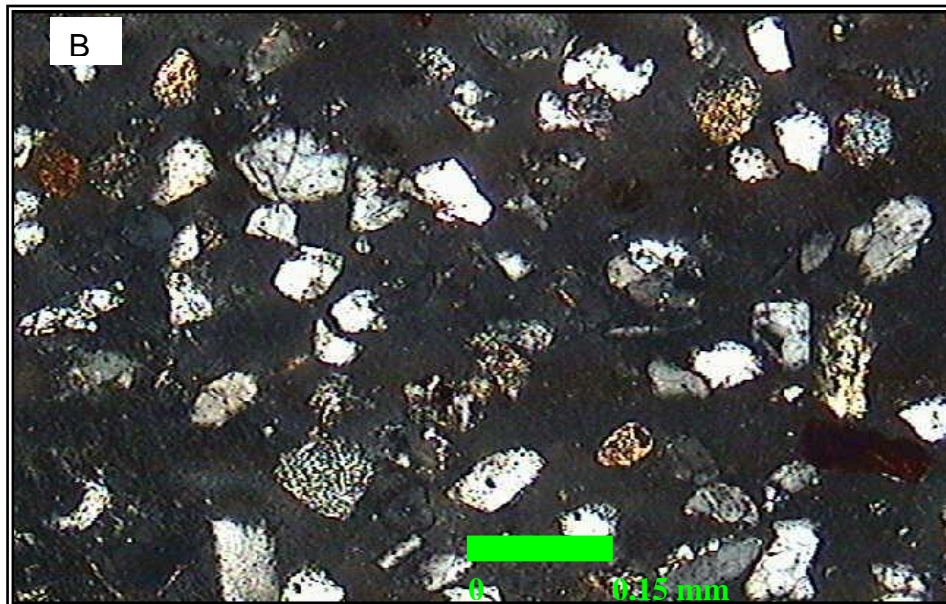
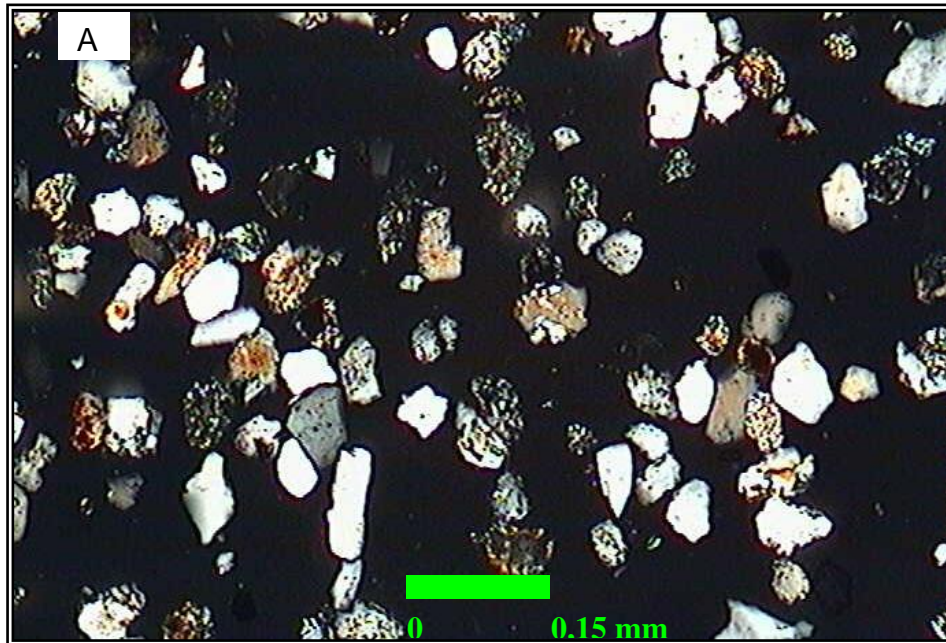


Figura 24- Granulometria dos sedimentos de praia do rio Purus (SC-04). Estado do Acre, mostrando a predominância de grãos angulosos. A- grãos tamanho silte, B- grãos tamanho areia e silte. Imagens de microscópio ótico com aumento de 10 X.

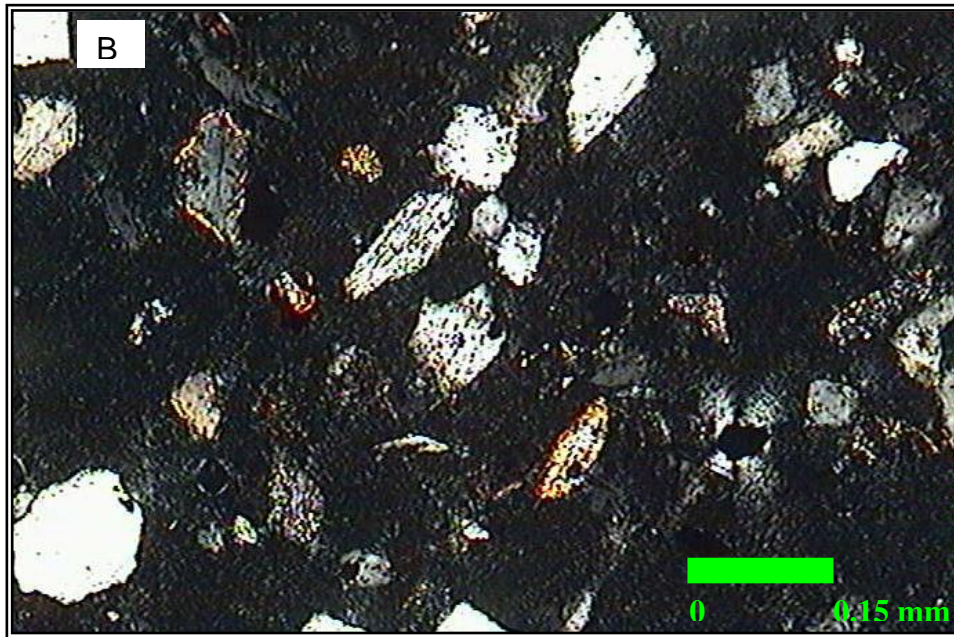
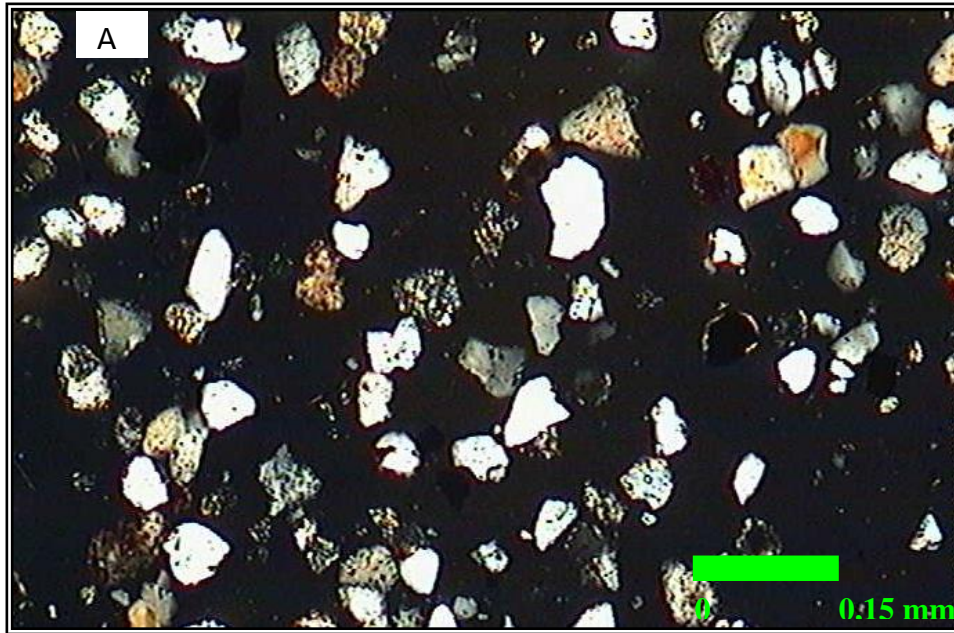


Figura 25- Granulometria dos sedimentos de praia do rio Juruá (SC-12). Estado do Acre, mostrando a predominância de grãos angulosos. A - Grãos tamanho silte, B - Grãos tamanho areia e silte. Imagens de microscópio ótico com aumento de 10X.

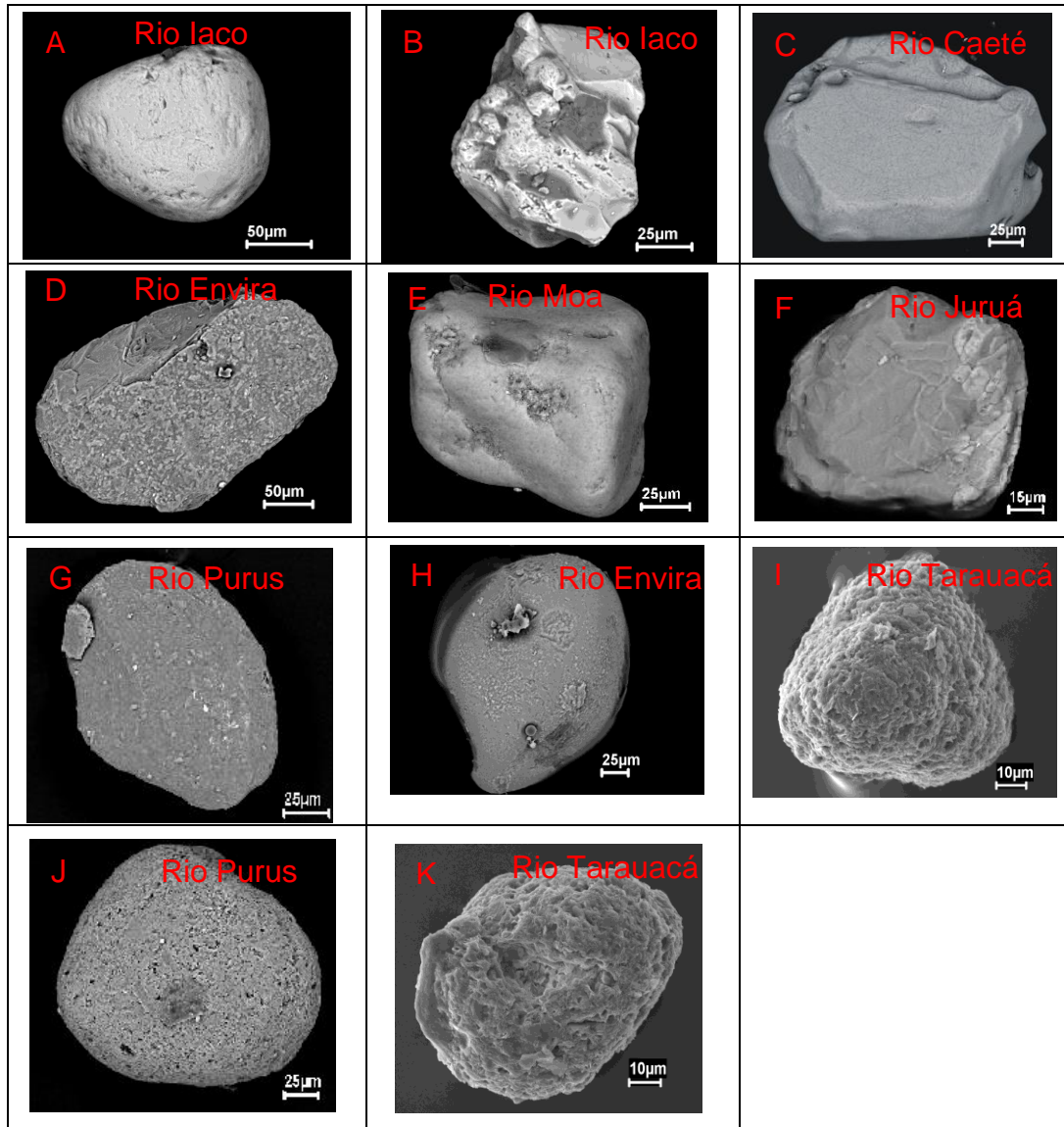


Figura 26- Imagens de microscópio eletrônico de varredura de grãos arredondados a subarredondados constituintes dos sedimentos de praia dos rios do Acre. A-zircão, B-magnetita, C-magnetita, D-quartzo, E-ilmenita, F-ilmenita, G-quartzo com microinclusões de hematita, (pontuações claras), H-quartzo, I-grão tamanho silte dominado por esmectica, J e K- grão tamanho areia muito fina dominado por esmectita.



## MINERALOGIA

### **Minerais principais (os mais abundantes)**

Os principais minerais identificados por difração de raios-X, em amostra total, nos sedimentos de praia dos rios Purus e Juruá e afluentes, foram quartzo, feldspatos e argilominerais, sendo o quartzo o mineral mais abundante. Os feldspatos estão representados por K-feldspato e albita, e os argilominerais por esmectita, illita e caulinita em ordem decrescente (Figuras 27 a 29). Exceção se faz aos sedimentos do rio Moa, estação SC-13, formados essencialmente de quartzo (Figura 29). As análises realizadas por microscopia eletrônica de varredura (MEV/SED) (imagens e análises químicas semiquantitativas) confirmaram a presença destes minerais (Figuras 30 e 31). Esses resultados demonstram a forte relação dos sedimentos de praia (exceto do rio Moa) com a Formação Solimões, drenada que é por esses rios, e composta pela mesma mineralogia segundo Costa (1988 e 1989).

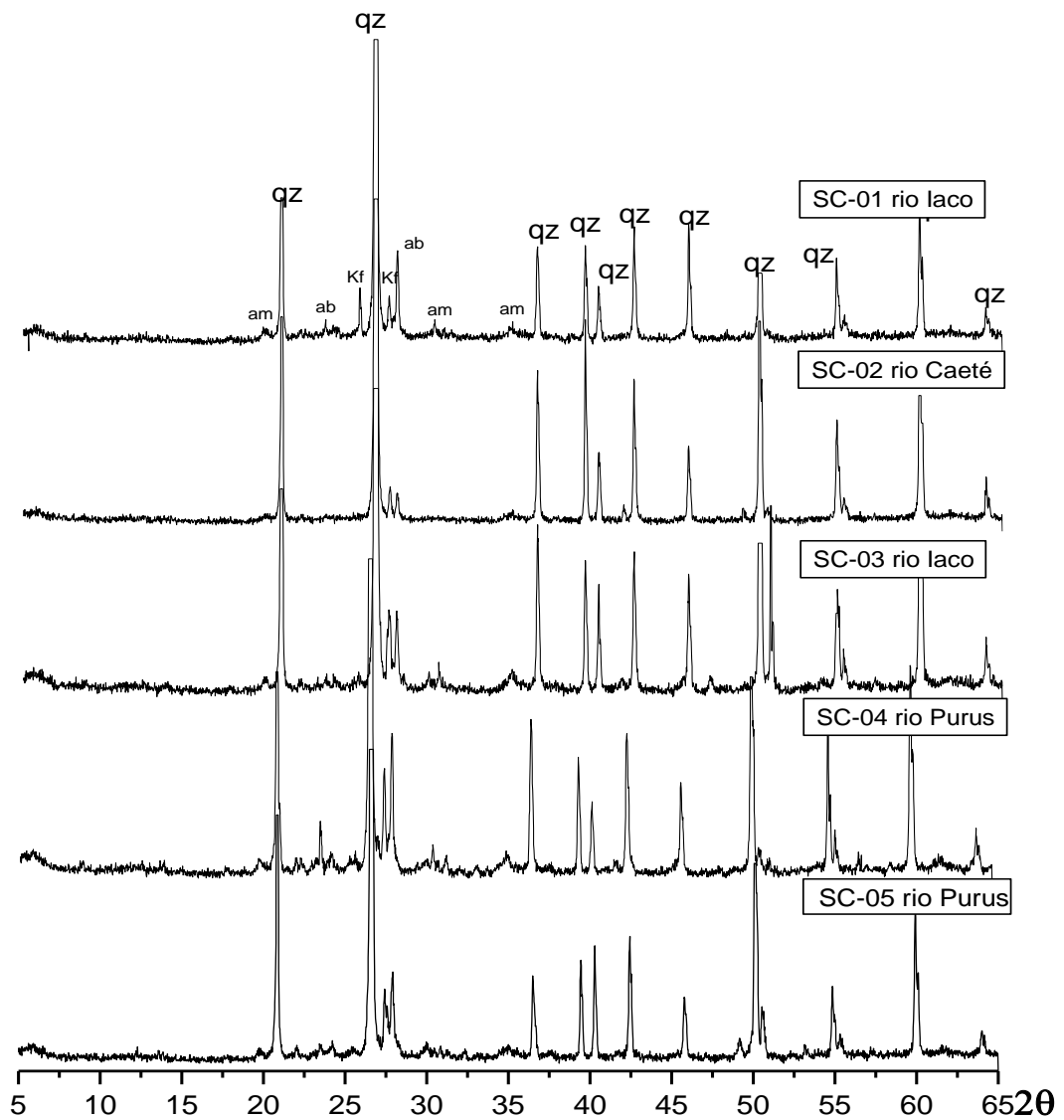


Figura 27 - Minerais identificados por difração de raios-X em amostras de sedimentos praianos dos rios Iaco, Figura 27- Minerais Caeté e Purus, na região das cidades de Sena Madureira e Manuel Urbano, Estado do Acre. qz-quartzo, ab-albita, kf-K-feldspato, am-argilomineral e SC-01 rio Iaco-estação amostrada.

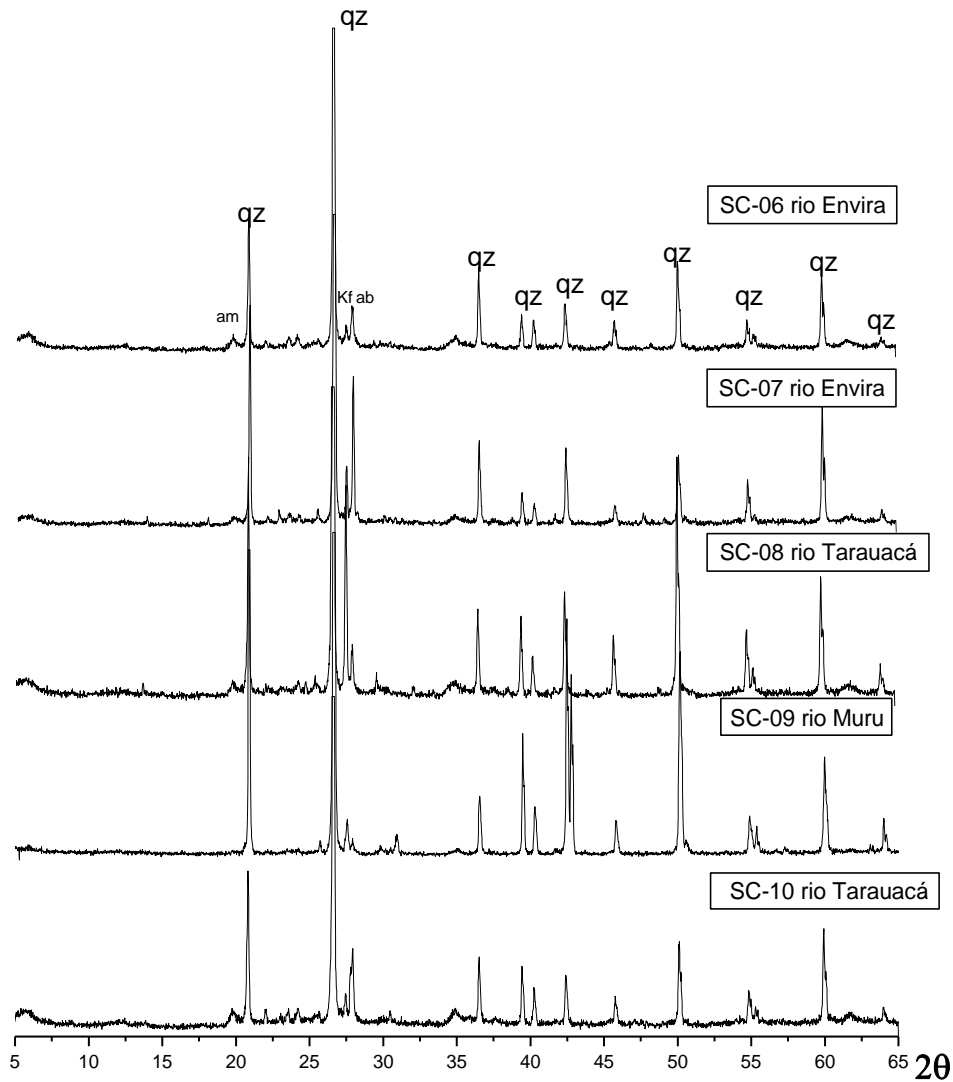


Figura 28 - Minerais identificados por difração de raios-X em amostras de sedimentos praianos dos rios Envira e Tarauacá, nos arredores das cidades de Feijó e Tarauacá, Estado Acre. qz-quartzo, ab-albita, kf-K-feldspato, am-argilomineral e SC-09 rio Muru-estação amostrada.

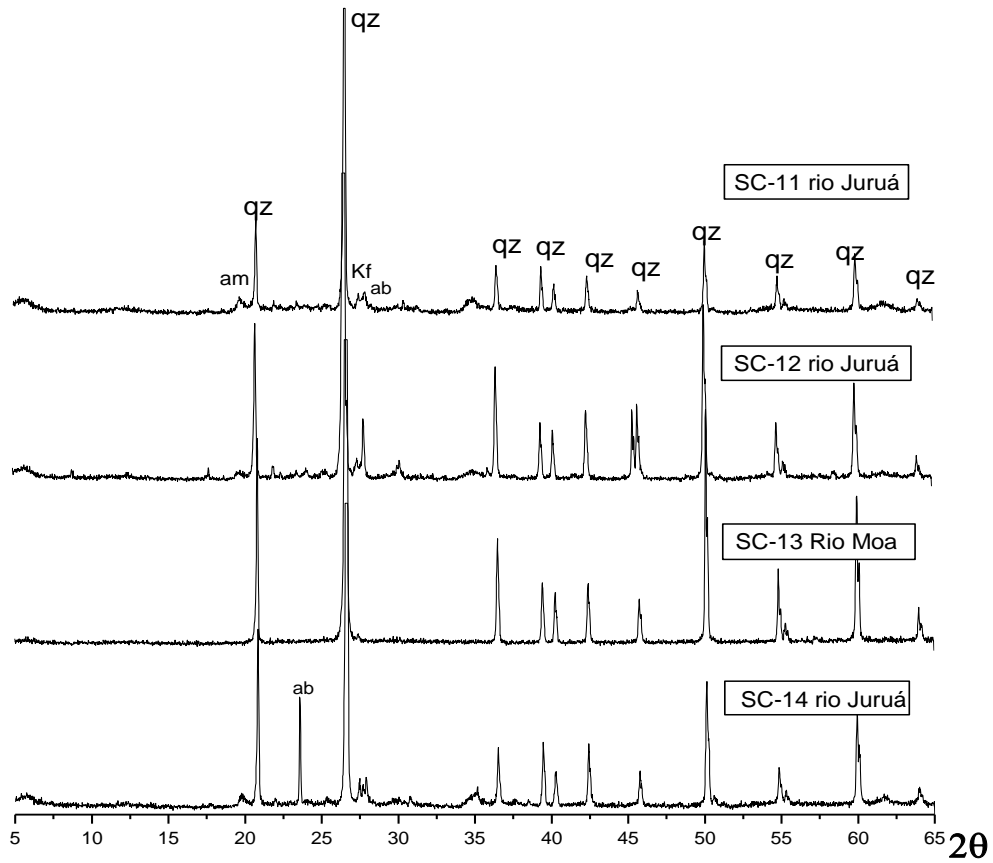


Figura 29 - Minerais identificados por difração de raios-X em amostras de sedimentos praianos dos rios Juruá e Moa, nos arredores de Cruzeiro do Sul, Estado do Acre. qz-quartzo, ab-albita, kf-K-feldspato, am-argilomineral e SC-13 rio Moa-estação amostrada.

**Quartzo** - em imagens de MEV apresenta-se como grãos irregulares angulosos, sub-angulosos, sub-arredondados e arredondados apresentando, inclusões de outros minerais (Figura 30).

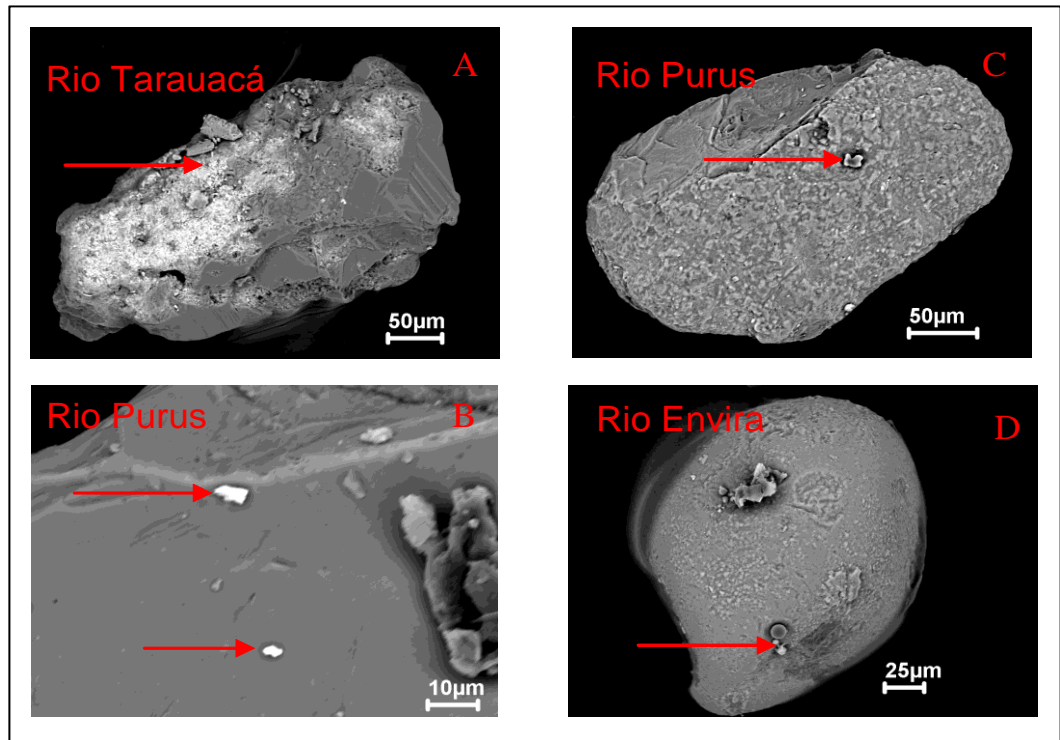


Figura 30 - Imagens de MEV de quartzo dos sedimentos dos rios formadores das bacias dos rios Purus e Juruá: A-quartzo recoberto por hematita, B-quartzo com inclusões de cassiterita, C e D-quartzo com inclusões de ilmenita.

**Feldspatos** - nas imagens de MEV/SED mostram-se em grãos irregulares, em geral angulosos, como mostrado na Figura 31.

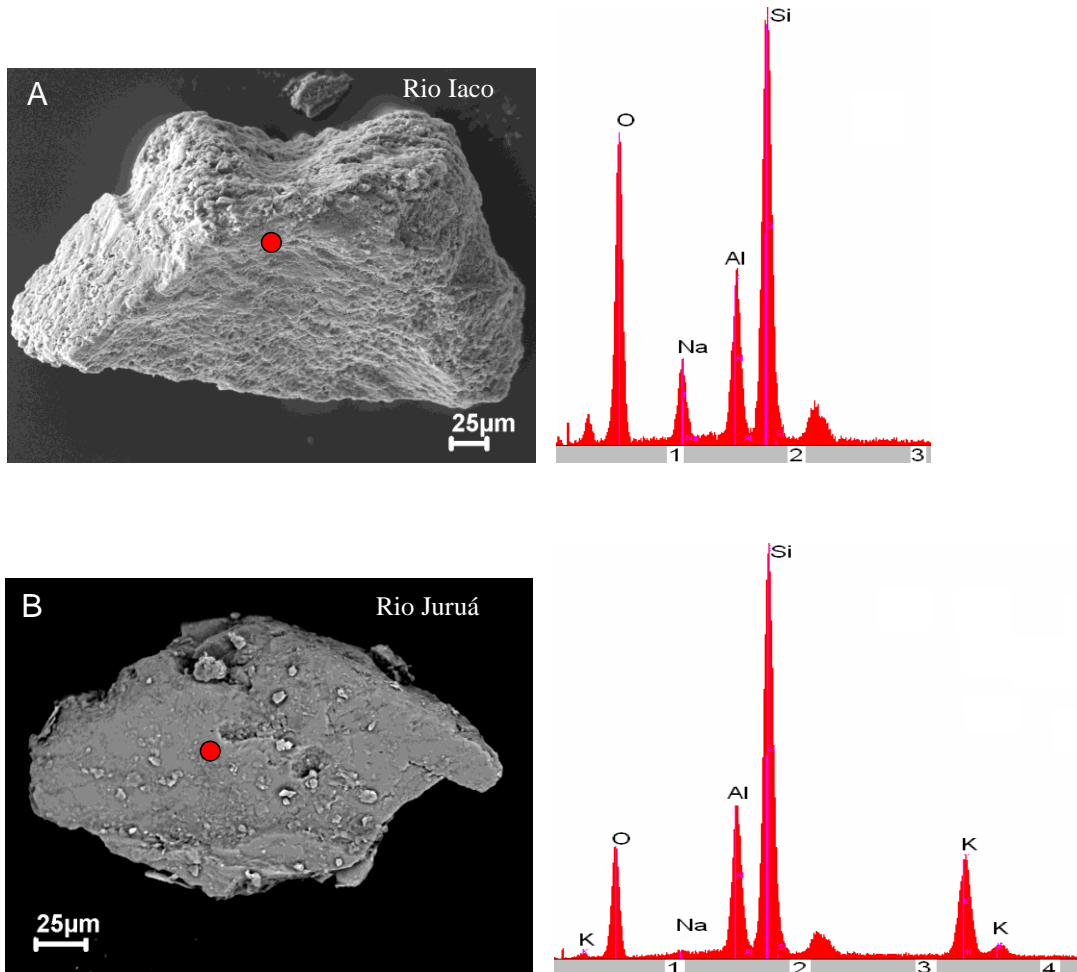


Figura - 31 Fragmentos de feldspatos nos sedimentos dos rios do Acre com suas respectivas composições químicas semiquantitativas. A- albita e B- K-feldspato.

## **Os argilominerais**

As análises realizadas por difração de raios-x em lâmina orientada (Figuras 32 a 34), bem como por microscopia eletrônica de varredura (MEV/SED) (Figuras 35 e 36), mostram que os argilominerais estão presentes tanto na fração argila quanto em fragmentos de rocha do tamanho silte e areia fina, sendo esmectita, illita e caulinita os minerais de maior ocorrência. A esmectita é o mais abundante (Figura 37), com maior destaque entre a região central do Acre (rio Purus, SC-04 e o rio Juruá SC-12), região de maior exposição da fácies argilosa da Formação Solimões e maior quantidade da fração silte nos sedimentos de praias dos rios estudados (Figuras 19 a 21). A illita é menos abundante, e apresenta distribuição inversa a da esmectita, com sua concentração maior nos sedimentos praianos dos rios Iaco (Figuras 16 e 18) e Caeté (Figura 17). A esmectita tem maior ocorrência nos sedimentos com maior conteúdo de silte, enquanto illita é mais freqüente nos sedimentos com maior conteúdo de areia fina. A caulinita por outro lado é o argilomineral menos abundante nestes sedimentos e seu conteúdo aumenta quando diminui o de esmectita mais illita (Figura 32).

As análises químicas semiquantitativas indicam que as esmectitas contém Fe, Ca, Mg e Ti, sugerindo que estas sejam do tipo montmorilonita – nontronita (Figura 35).

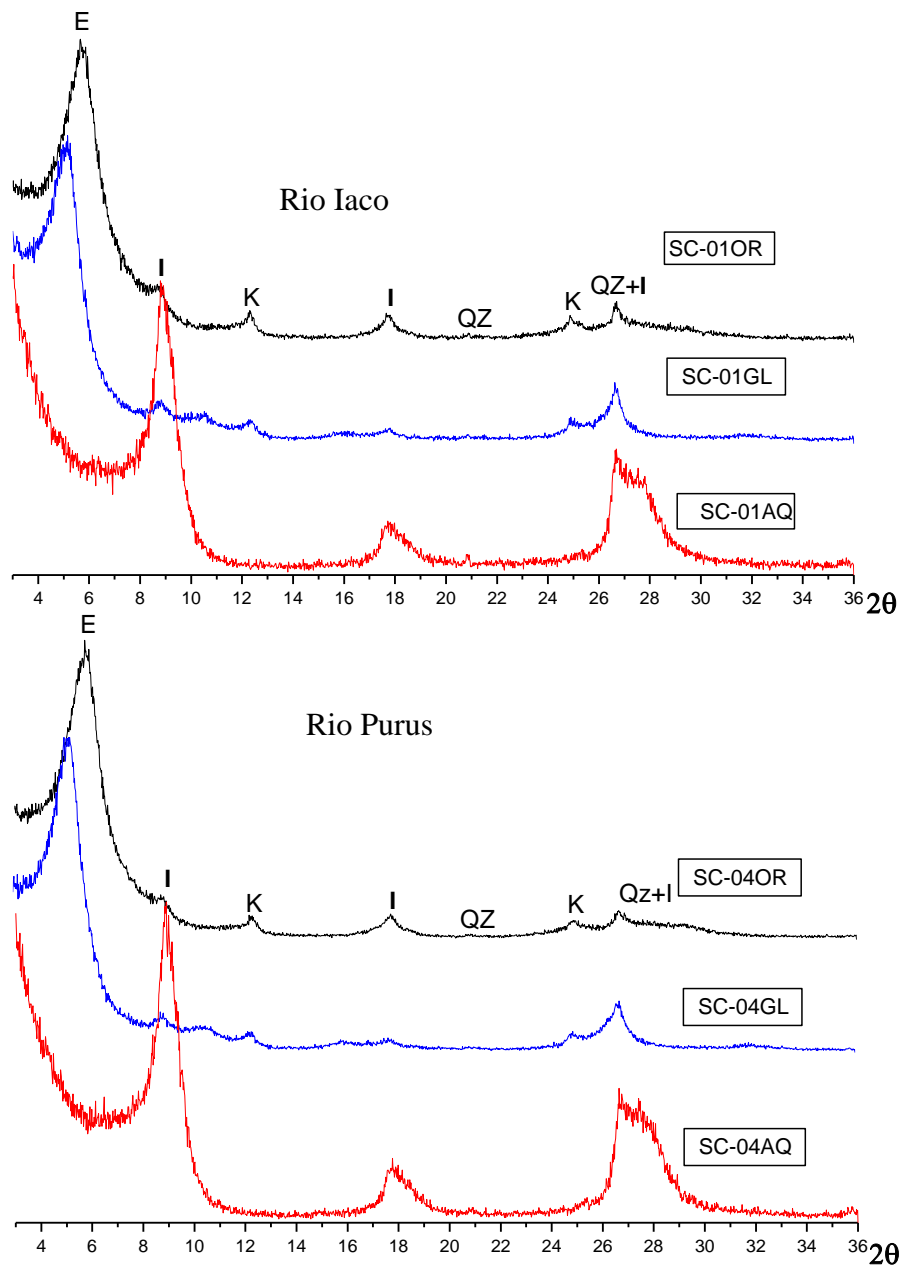


Figura 32- Minerais identificados por difração de raios-X, na granulometria argila, nos sedimentos praianos dos rios Iaco e Purus, Estado do Acre. E-esmectita, K-caulinita, I-illita, qz-quartzo, OR-orientada, AQ-Aquecida, GL-glicolada e SC-04-estação amostrada.



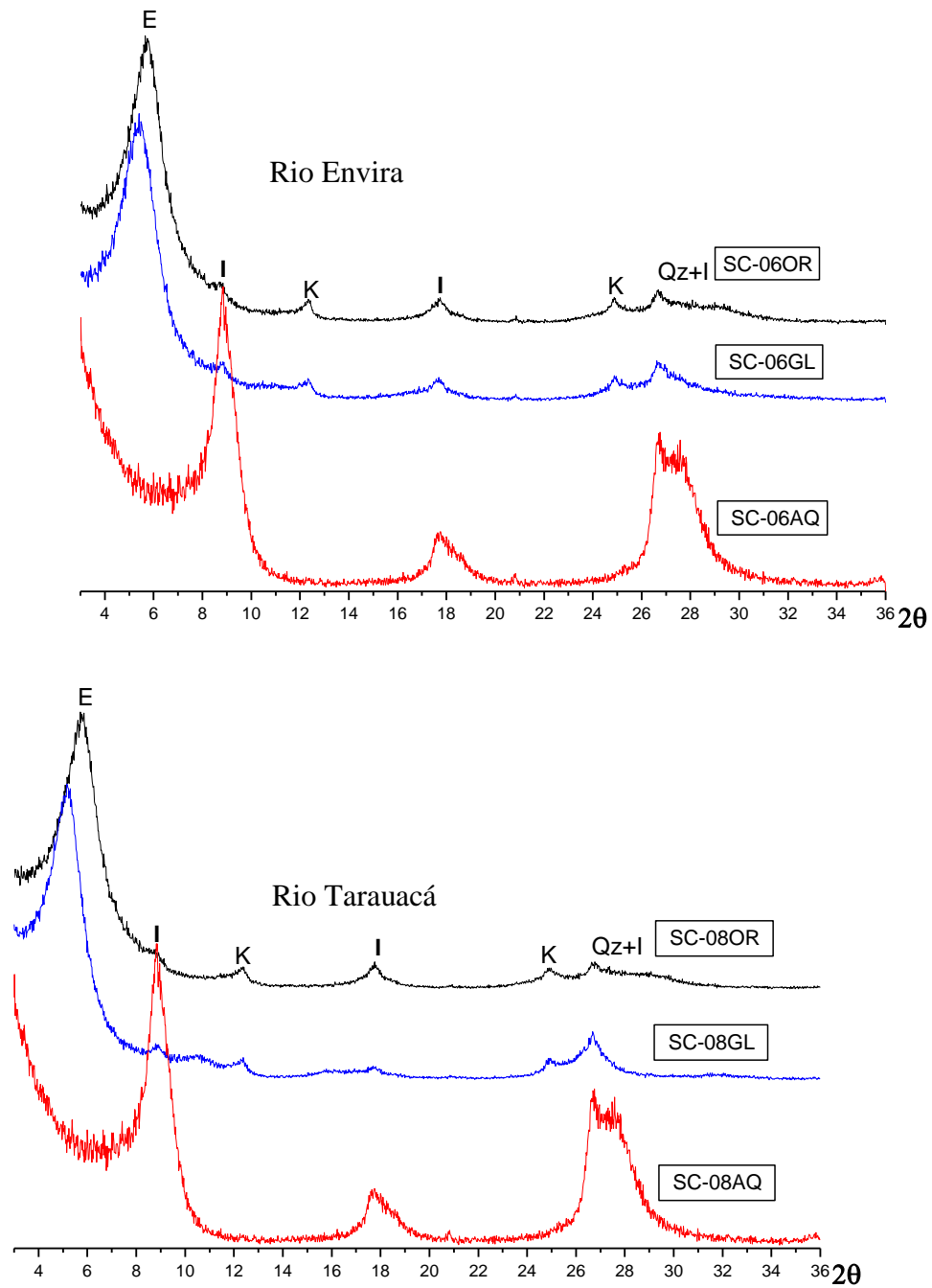


Figura 33- Minerais identificados por difração de raios-X, na granulometria argila dos sedimentos praianos dos rios Evvira e Tarauacá, Estado do Acre. E-esmectita, I-illita, K-caulinita, qz-quartzo, OR-orientada, GL-glicolada, AQ-aquecida e SC-08-estação amostrada.

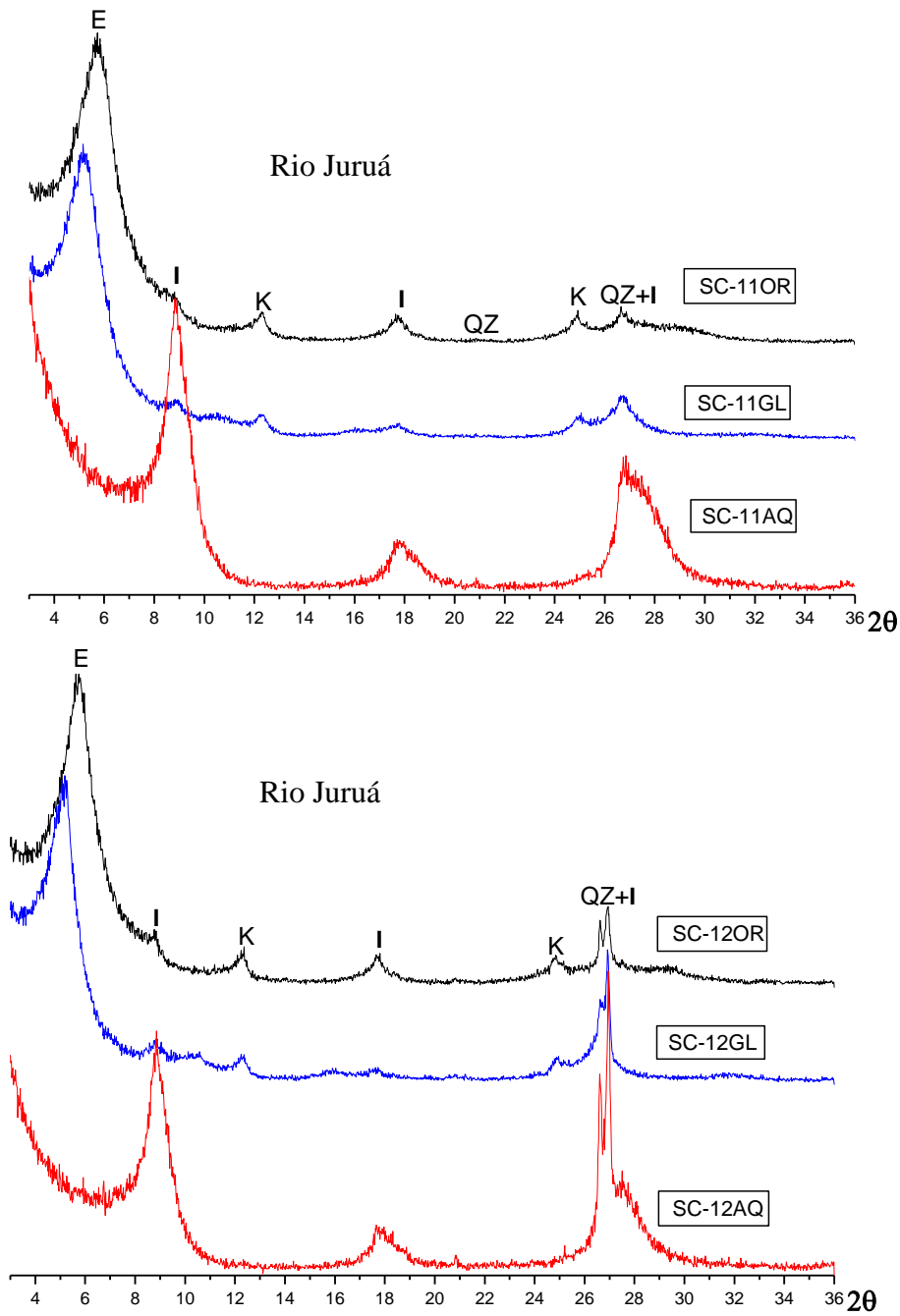


Figura 34- Minerais identificados por difração de raios-X, na fração argila dos sedimentos praianos do rio Juruá, Estado do Acre. E-esmectita, I-illita, K-caulinita, qz-quartzo, OR-orientada, GL-glicolada, AQ-aquecida .SC-12-estação amostrada.

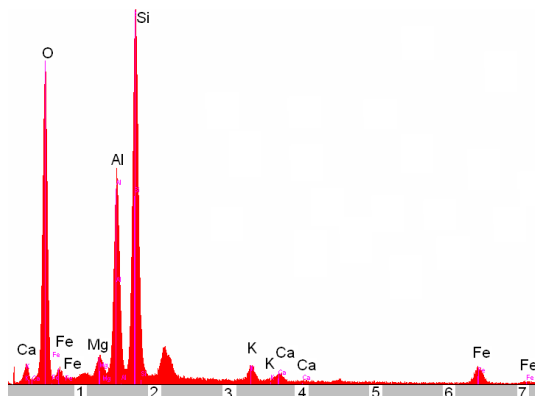
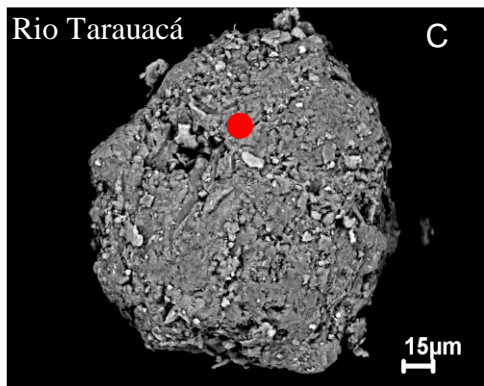
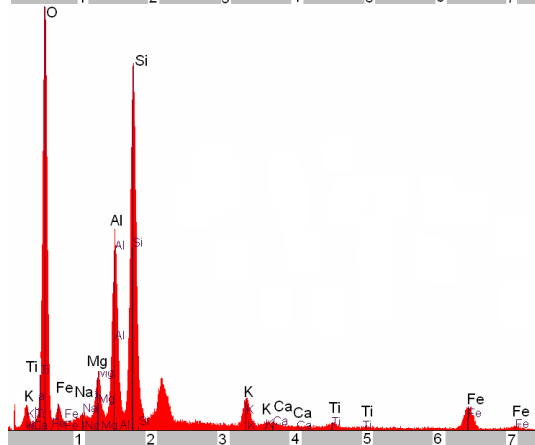
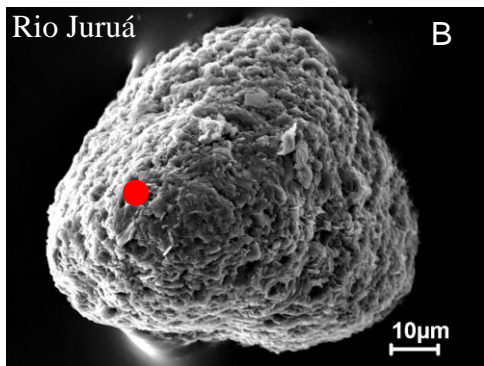
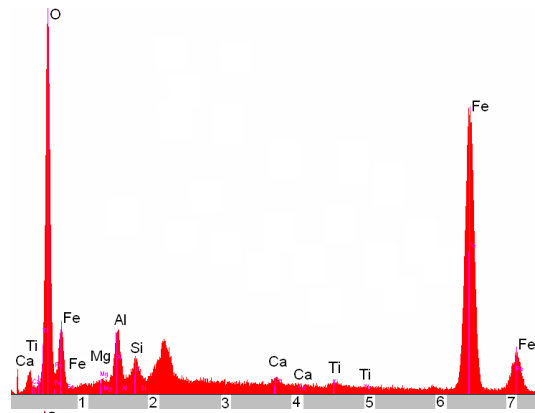
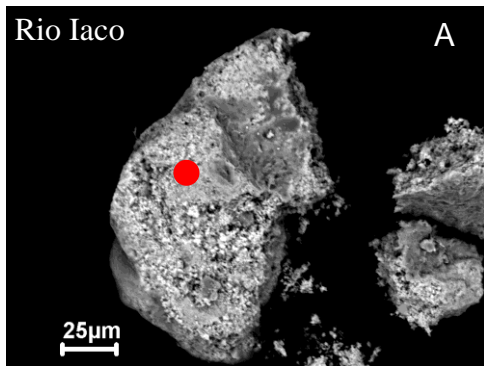
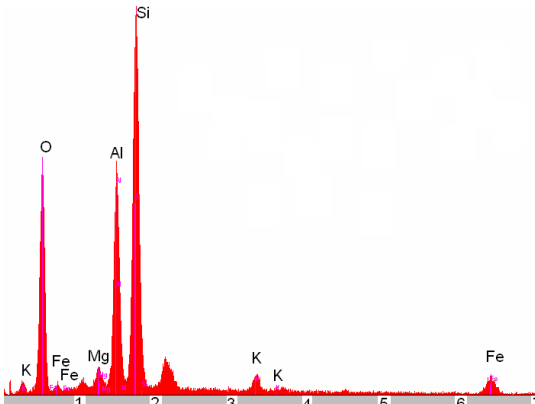
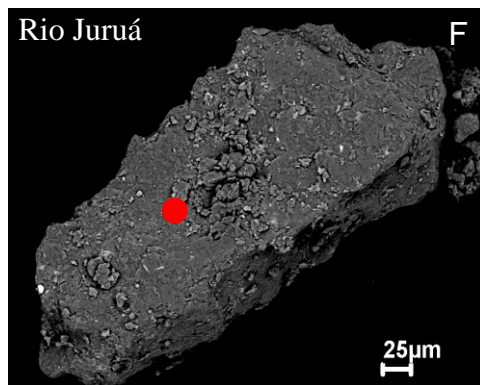
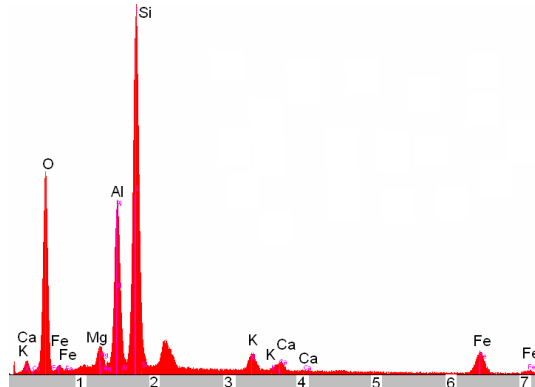
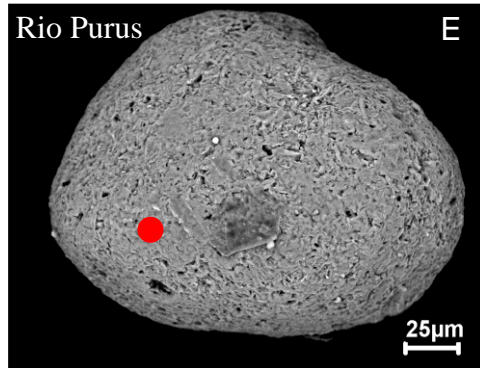
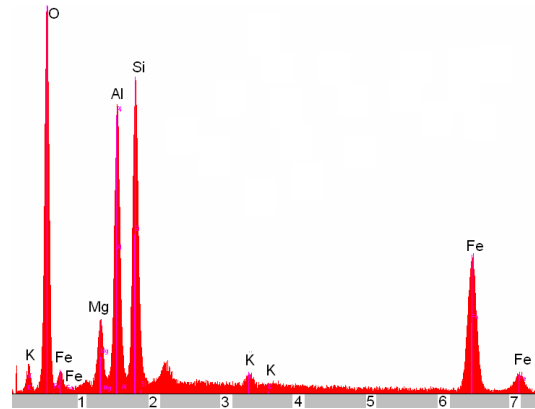
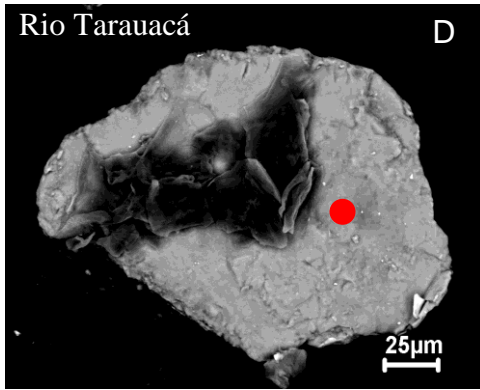


Figura 35- Fragmentos de argilito do tamanho areia fina de composição esmectítica nos sedimentos dos rios estudados: A, C e D-esmectita com inclusões de hematita; B e E-esmectita e F-esmectita com inclusões de monazita.

(continuação da Figura 35)



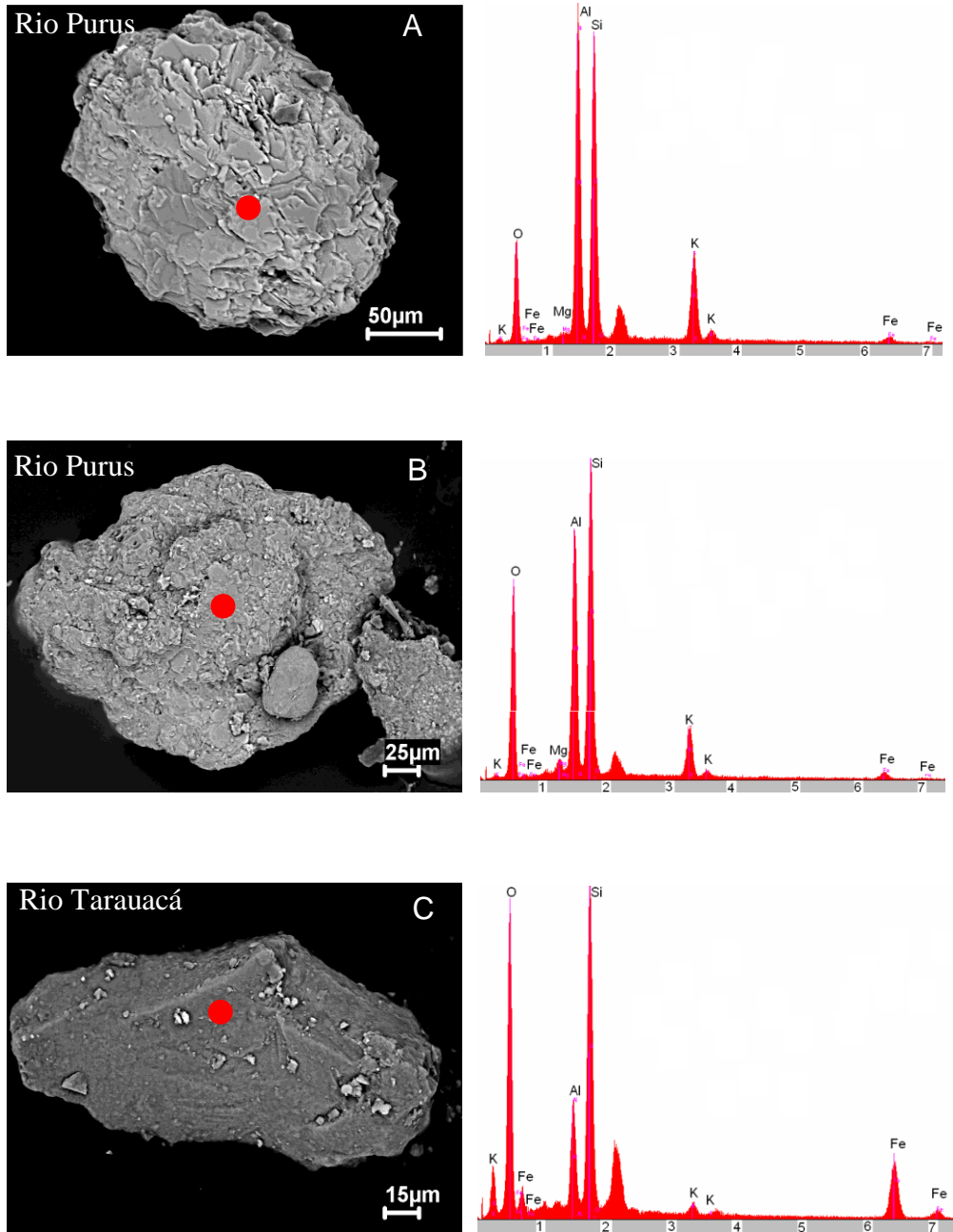


Figura 36 - Fragmentos de argilito do tamanho areia fina de composição da illita nos rios estudados: A-illita; B-illita com inclusões de cromita e C-illita com inclusões de hematita.

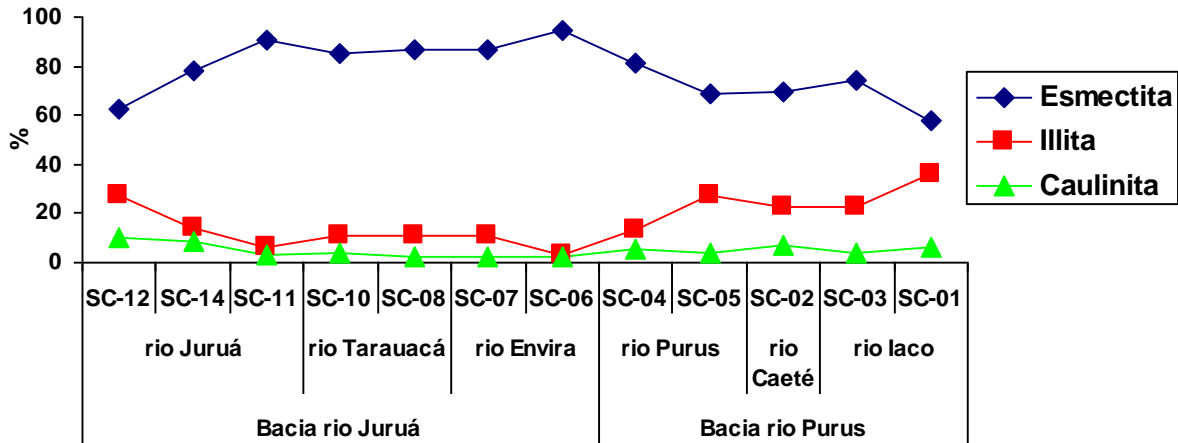


Figura 37- Distribuição dos argilominerais identificados nos sedimentos praianos dos rios estudados no Estado do Acre.

### Minerais pesados

O conteúdo de minerais pesados, em amostra total, nos sedimentos praianos dos rios estudados variou de 0,53 (SC-08 rio Tarauacá) a 4,60% (SC-09 rio Muru), em peso, próximo a cidade de Tarauacá, mas em geral encontra-se entre 0,8 e 1,2 % com média de 0,9%, (Figura 38). O conteúdo anômalo da amostra SC-09, no rio Muru, provavelmente é influenciado pelo local de amostragem, que foi próximo ao encontro deste rio com o rio Tarauacá, local de baixa velocidade de corrente e propício para o acúmulo de minerais pesados.

Excetuando os valores do rio Muru, o conteúdo médio de minerais pesados é praticamente idêntico para os rios das bacias dos rios Juruá e Purus.

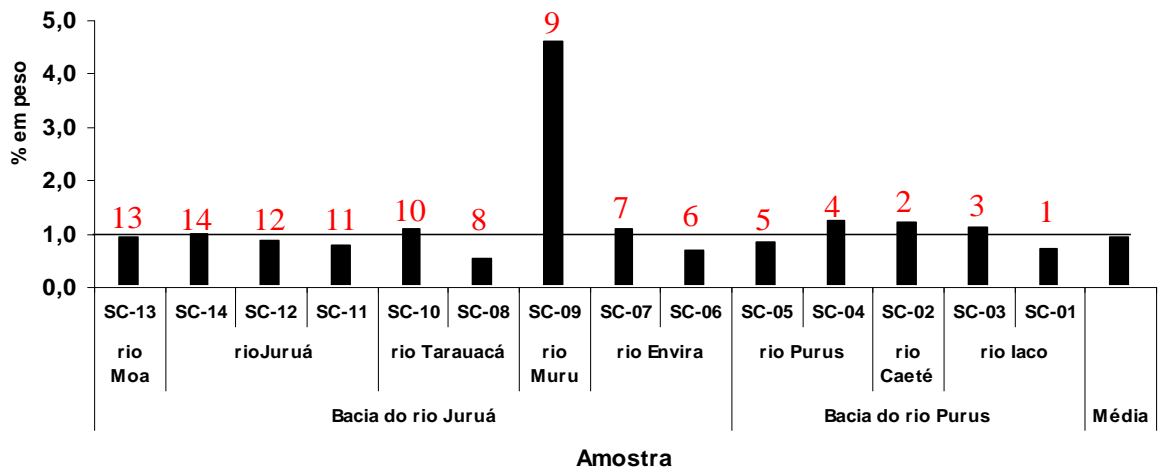
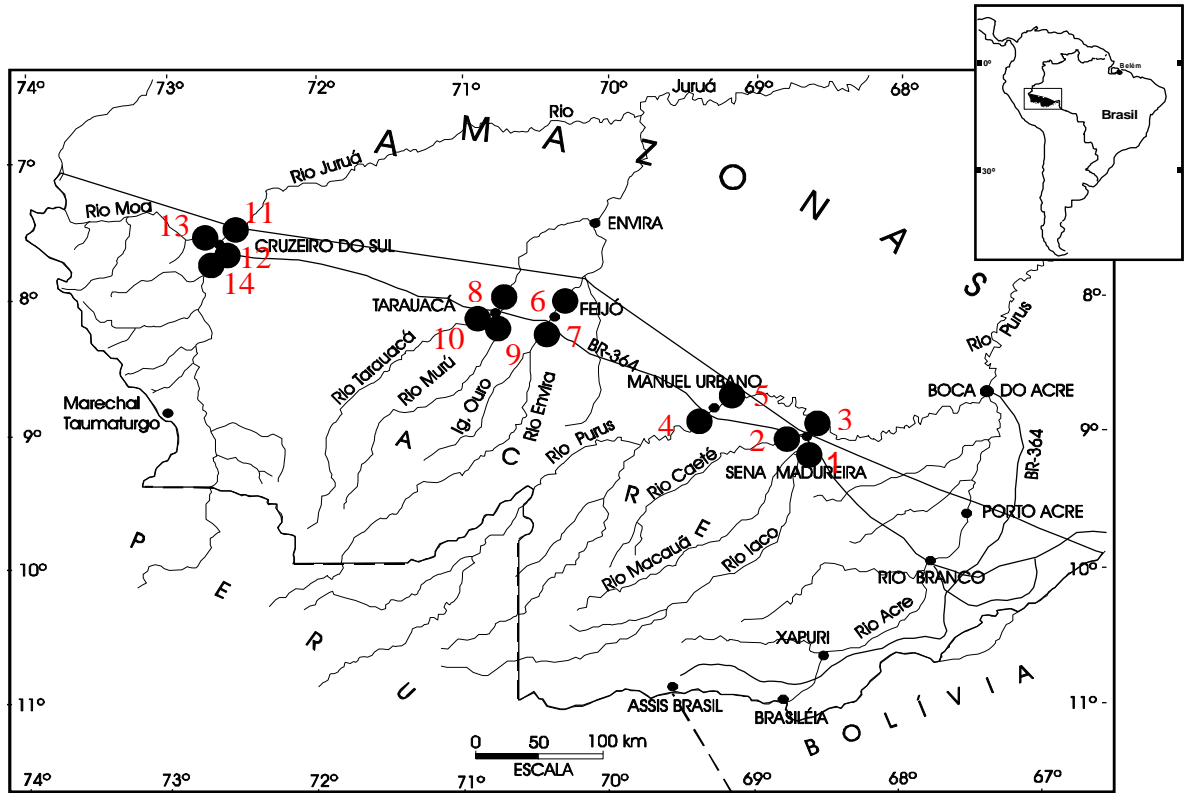


Figura 38- Frequência de minerais pesados por amostra nos sedimentos dos rios do Acre. Pontos cheios no mapa representam a localização das amostras.

## Minerais pesados identificados por difração de raios-X

### Amostra total

Os minerais identificados na fração areia fina (0,062-0,125 mm) das amostras coletadas foram albита, epidoto, hematita, zircão, rutilo, anatásio e quartzo (Figuras 39 e 40). A presença de quartzo, albита e possivelmente argilominerais entre os minerais pesados destes sedimentos deve-se a presença de fragmentos líticos poliminerálicos com ilmenita e óxido de ferro, tornando-os mais densos que o bromofórmio, substância utilizada para a separação de minerais pesados.

Os resultados inicialmente obtidos nestas análises conforme mostram os difratogramas de raios-X não permitiram identificar diferenças mineralógicas marcantes entre as amostras dos vários rios analisados.

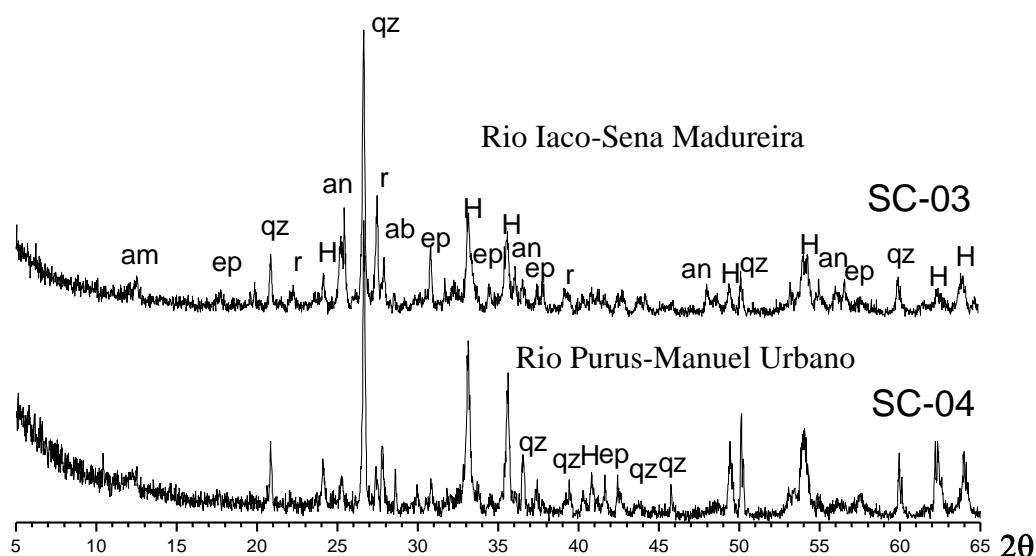


Figura 39- Minerais identificados por difração de raios-X, na fração areia fina dos sedimentos praianos dos rios Iaco e Purus, nos arredores das cidades de Sena Madureira e Manuel Urbano, Estado do Acre. H-hematita, ep-epidoto, an-anatásio, qz-quartzo, z-zircão, am-argilominerais, r-rutilo, ab-albita e SC-03 estação amostrada.



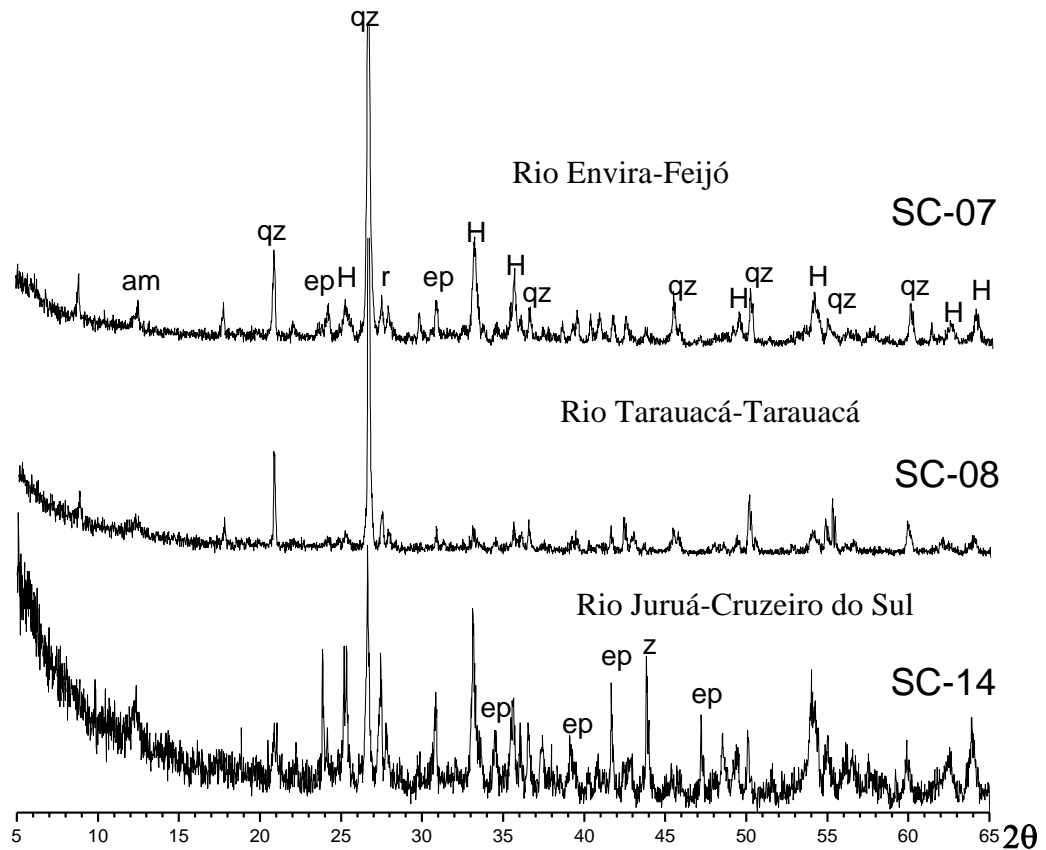


Figura 40- Minerais identificados por difração de raios-X na fração fina dos sedimentos praianos dos rios Envira, Tarauacá e Juruá, nos arredores das cidades de Feijó, Tarauacá e Cruzeiro do Sul respectivamente, Estado do Acre. H-hematita, z-zircão, ep-epidoto, am-argilominerais, r-rutilo, qz-quartzo. SC-14 estação amostrada.

### Fração magnética

Os minerais pesados identificados, na fração fina magnética foram hematita e ilmenita. A presença de minerais não magnéticos como o quartzo, epidoto e rutilo nesta fração evidenciam

uma das características dos sedimentos dos rios do Acre, que é apresentarem grãos líticos poliminerálicos, nos quais são comuns associações ou agregados minerais em grãos singulares, ou ainda como películas de hematita (Figura 41) ou então como inclusões, a exempl de ilmenita.

Os difratogramas de raios-X destas amostras (Figuras 42 e 43) mostram que as frações magnéticas divergem não só nas quantidades de minerais opacos, mas também nas proporções.

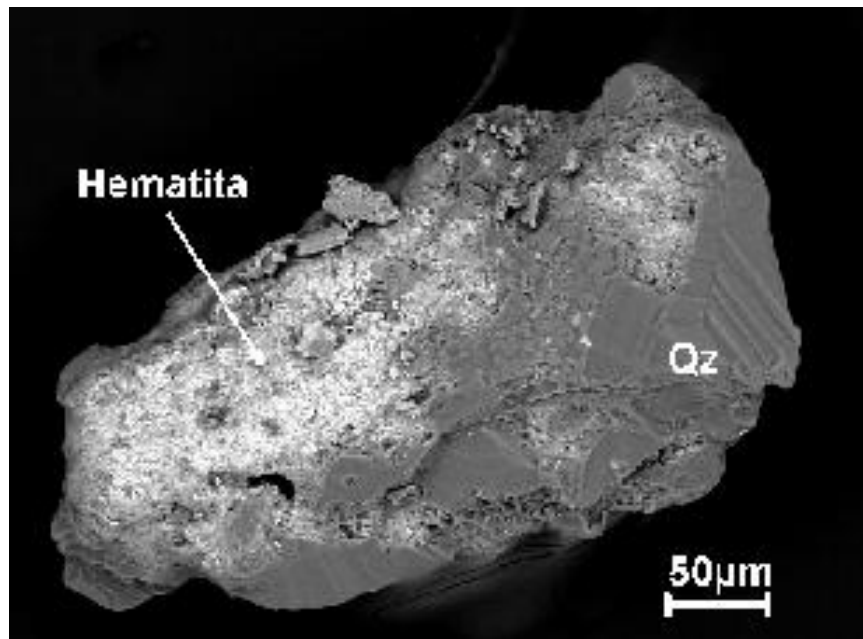


Figura 41- Grão de quartzo (Qz) recoberto parcialmente por película de hematita nos sedimentos do rio Iaco, estação SC-03, Sena Madureira.

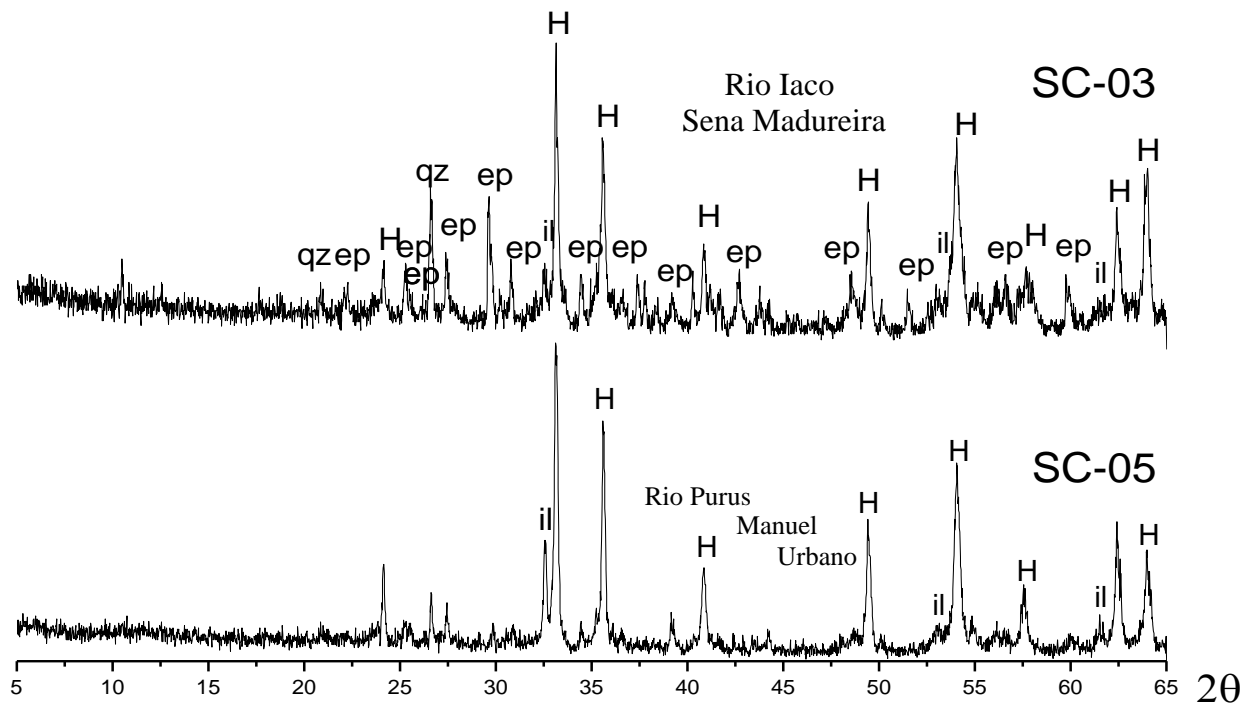


Figura 42- Minerais identificados por difração de raios-X, na fração fina magnética dos sedimentos praianos dos rios Iaco e Purus, às proximidades das cidades de Sena Madureira e Manuel Urbano. Estado do Acre. H-hematita, il-Ilmenita, ep-epidoto, qz-quartzo. SC-05 - estação amostrada.

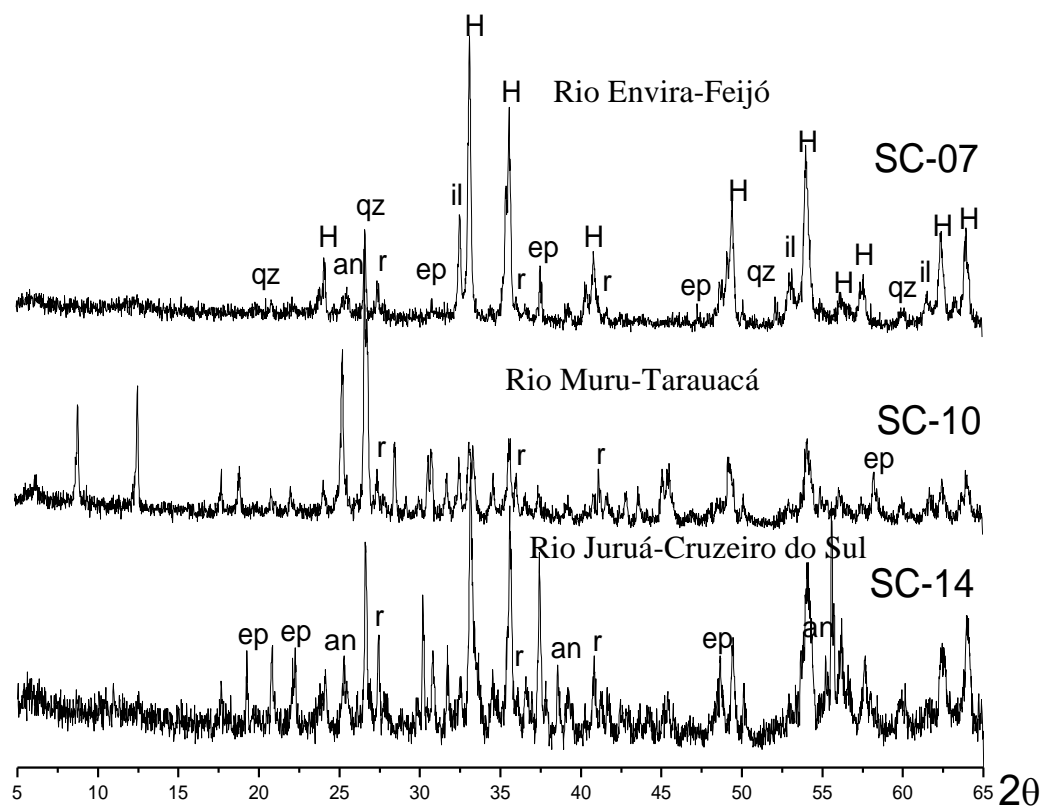


Figura 43- Minerais identificados por difração de raios-X na fração fina magnética dos sedimentos praianos dos rios Envira, Tarauacá e Juruá, nos arredores das cidades de Feijó, Tarauacá e Cruzeiro do Sul, Estado do Acre. H-hematita, il-ilmenita, qz-quartzo, ep-epidoto, r-rutilo, an-anatásio. SC-10 estação amostrada.

### Fração não magnética

Esta fração fina não magnética foi usada no sentido de identificar os minerais por ventura existentes nos sedimentos e que não foram identificados por difração de raios-X em amostra total. Nesta foram identificados os seguintes minerais: quartzo, epidoto, albita, rutilo, mica, anfibólio e possivelmente granada (figura 44 e 45). Diferenças marcantes foram verificadas na mineralogia dos rios pesquisados, pois no rio Tarauacá a presença de mica é bem destacada, enquanto no rio Juruá anfibólio e granada aparecem com maior destaque.

A presença de quartzo e albita, entre estes minerais pesados, é explicada da mesma forma como anteriormente feito para as demais frações, pela ocorrência de grãos multiminerálicos ou líticos.

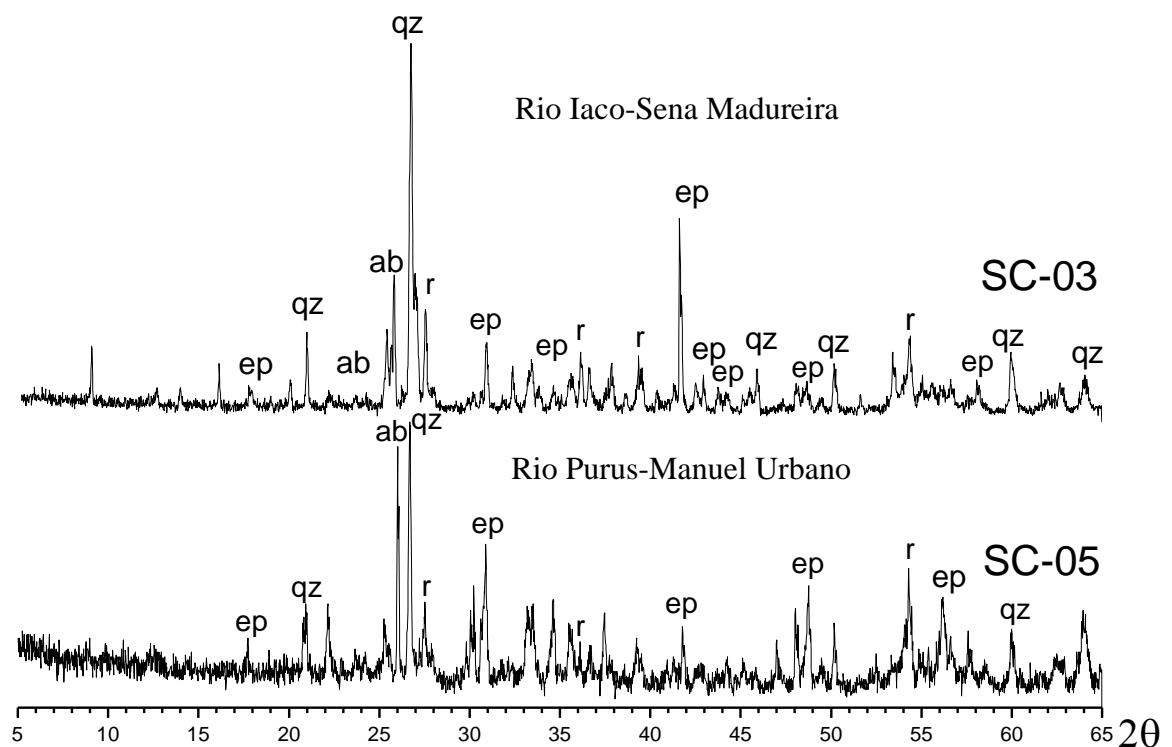


Figura 44- Minerais identificados por difração de raios-X, na fração fina não magnética dos sedimentos praianos dos rios Iaco e Purus, próximo às cidades de Sena Madureira e Manuel Urbano, Estado do Acre. ep- epidoto, r-rutilo, qz- quartzo, ab-albita. SC-05 estação amostrada.

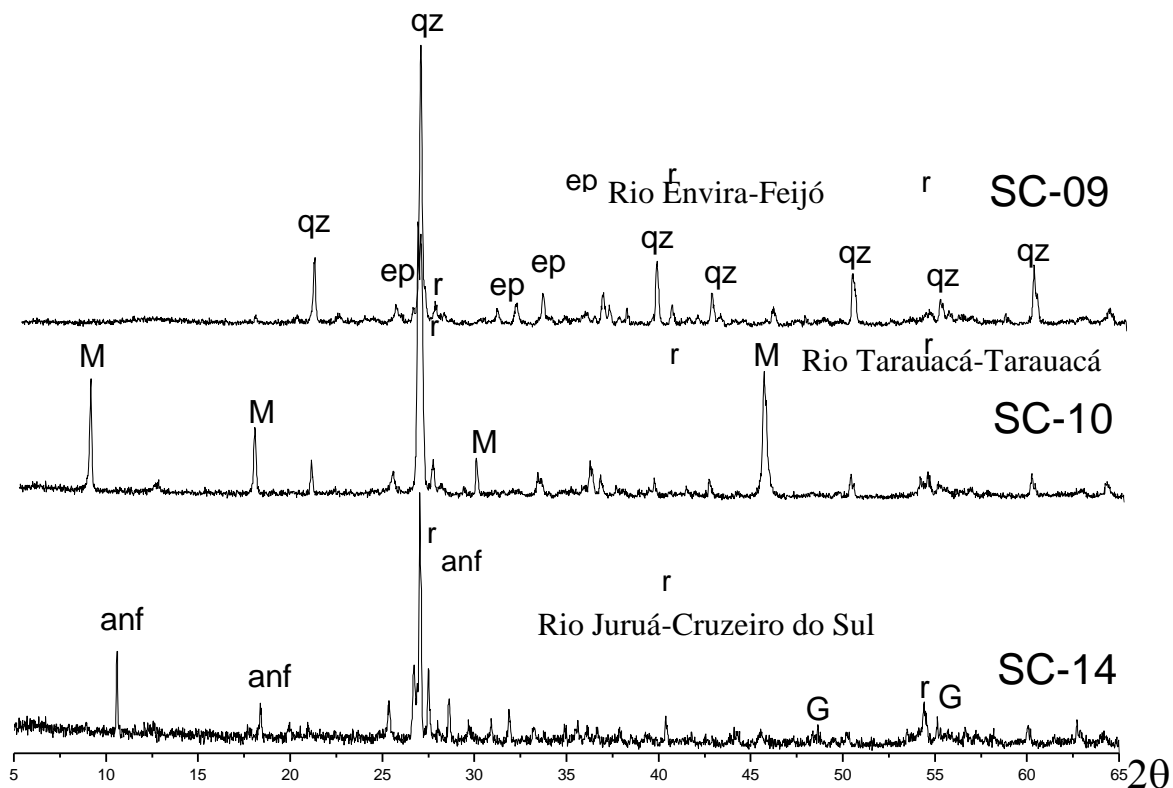


Figura 45- Minerais identificados por difração de raios-X, na fração fina não magnética dos sedimentos praianos dos rios Envira, Tarauacá e Juruá, nos arredores das cidades de Feijó, Tarauacá e Cruzeiro do Sul respectivamente. Estado do Acre. ep-epidoto, r-rutilo, qz-quartzo, anf-anfibólio, M-Mica, G-Granada e SC-09 estação amostrada.

#### *Minerais pesados identificados por microscopia ótica*

Os dados de difração de raios-X apresentados anteriormente permitiram ampliar e certificar as identificações mineralógicas feitas por microscopia ótica.

Os minerais identificados nos sedimentos dos rios do Acre por ordem decrescente de abundância foram: epidoto, cianita, zircão, muscovita, turmalina, andaluzita, granada, estauroлита, silimanita, clorita, anfibólio, apatita e estauroлита, além de biotita, rutilo, anatásio, hiperstênio, serpentina, cassiterita, titanita e vesuvianita, aqui incluídos como outros minerais (Figura 46).

Epidoto, cianita, zircão, muscovita, turmalina e andaluzita perfazem mais que 70% do total dos pesados.

Na fração areia fina (0,062-0,125mm) os minerais encontrados em ordem decrescente de abundância foram: epidoto, zircão, cianita, turmalina, granada, muscovita, anfibólio, estauroлита, silimanita, apatita, clorita, andaluzita, biotita, rutilo e anatásio, além dos outros minerais (hiperstênio, serpentina, cassiterita, titanita e vesuvianita) antes citados (Figura 47A). Em termos de abundância, esta fração difere da total pela menor quantidade de muscovita e maior de epidoto e zircão.

Na fração areia grossa (0,125-0,250mm), embora estudadas 4 amostras por falta de material suficiente para análise, os minerais identificados, com raras exceções, foram os mesmos, porém com maior abundância de muscovita, seguida de cianita, epidoto, andaluzita, zircão, silimanita, turmalina, biotita, clorita, apatita, granada, rutilo, anfibólio e serpentina (Figura 47B). Portanto a fração grossa tende a concentra micas e cianita e a fração fina epidoto e zircão, embora em termos gerais epidoto, cianita, zircão e micas sejam os principais minerais.

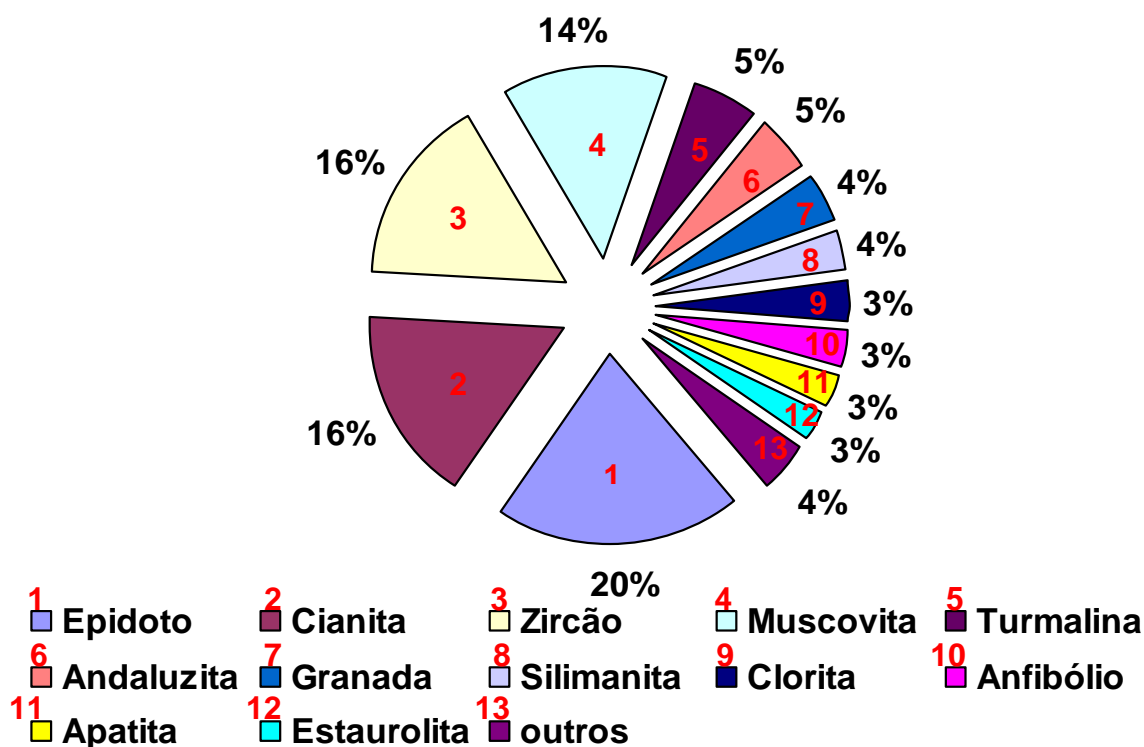


Figura 46- Distribuição de minerais pesados não opacos em amostra total, fração fina+grossa, nos sedimentos dos rios formadores das bacias dos rios Purus e Juruá no Estado do Acre.

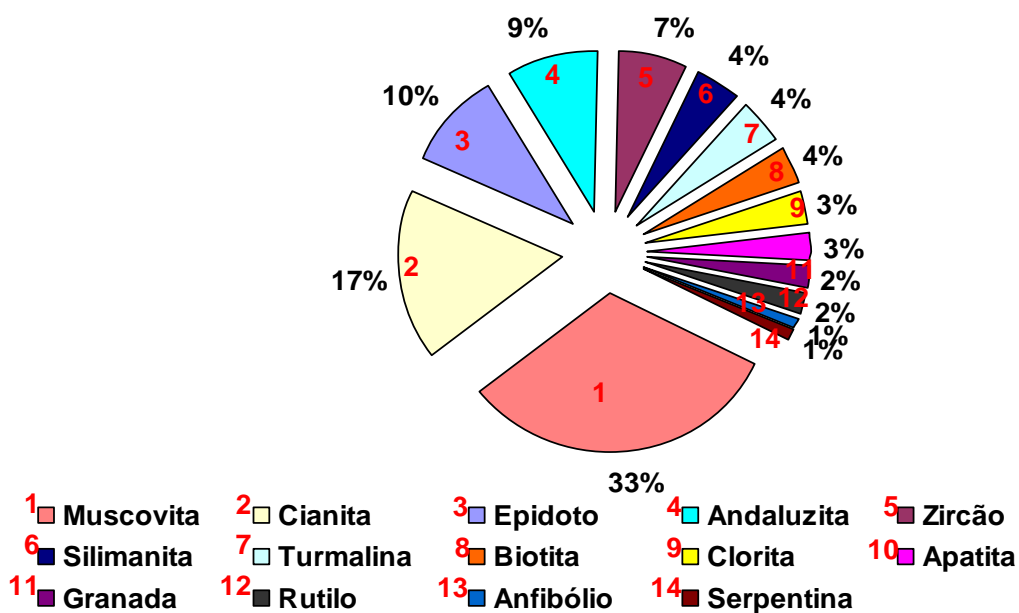
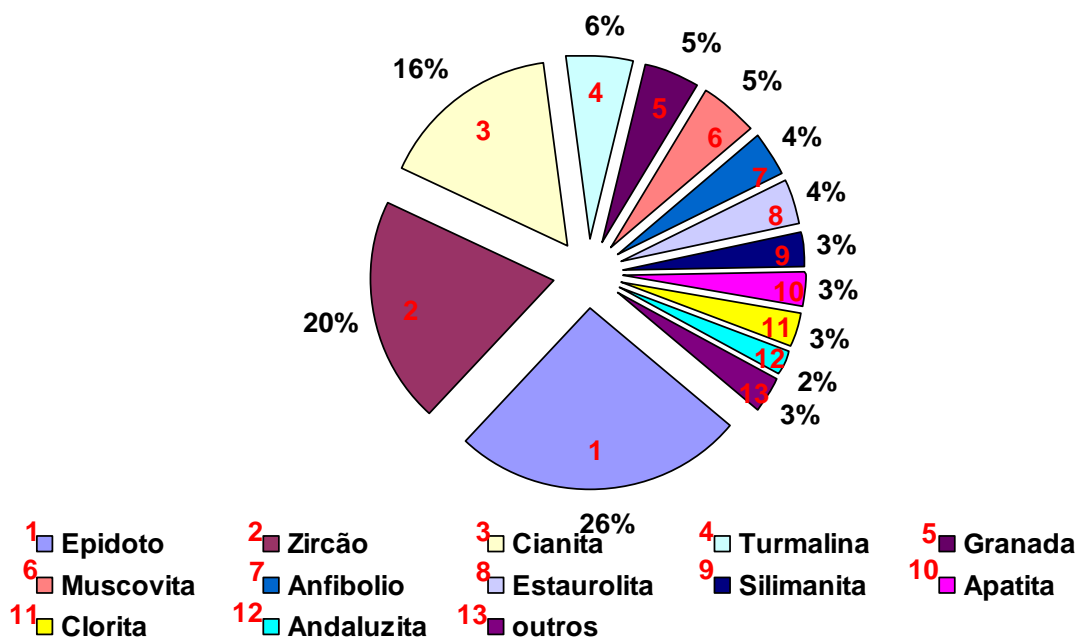


Figura 47- Distribuição de minerais pesados não opacos nas frações areia fina (A, acima) e grossa (B, abaixo) dos sedimentos praianos dos rios formadores das bacias dos rios Purus e Juruá no Estado do Acre.



A distribuição geográfica dos minerais mais freqüentes (epidoto, zircão, cianita, turmalina, granada e muscovita), tomando como referência a fração fina mostra que o epidoto ocorre com maior abundância nos sedimentos dos rios Juruá (SC-11), Tarauacá (SC-10) e Envira (SC-07), decrescendo no sentido do rio Envira (Figura 48). Na bacia do rio Purus apenas a amostra do rio Iaco (SC-01) apresenta valor alto e próximo aos da bacia do Juruá.

Zircão inversamente ao epidoto ocorre com maior freqüência nos sedimentos do rio Purus (SC-04) e no rio Caeté (SC-02). Na bacia do rio Juruá apenas a amostra do rio Moa (SC-13) é rica em zircão, onde, por sinal, é a sua maior freqüência (Figura 48).

Cianita é o terceiro mineral mais abundante, embora tenha distribuição nas duas bacias é na do rio Purus que se mostra mais abundante. Este mineral apresenta tendência a diminuir de conteúdo do rio Iaco (SC-10), bacia do rio Purus, para o rio Moa (SC-13), bacia do rio Juruá (Figura 48).

Turmalina e granada mostram distribuição semelhante e inversa a da muscovita. Os dois primeiros ocorrem com maior freqüência nos sedimentos dos rios da bacia do rio Purus, enquanto muscovita é mais abundante nos sedimentos dos rios da bacia do rio Juruá, estando no rio Tarauacá (SC-10) sua maior freqüência (Figura 48).

Os demais minerais com ocorrência menor que 4% têm distribuição em geral irregular nas duas bacias, exceção do anfibólio, andaluzita e sillimanita que se mostram mais abundantes nos sedimentos dos rios que formam a bacia do rio Purus (Figura 48).

Na fração grossa (Figura 49), muscovita destaca-se nos sedimentos dos rios Tarauacá (SC-10) e Envira (SC-07) como o principal mineral, seguido de cianita, enquanto cianita, epidoto e andaluzita se destacam no rio Caeté (SC-02), e cianita, epidoto, zircão e turmalina são os minerais mais abundantes nos sedimentos do rio Iaco (SC-03) como mostra a Figura 49.

Os resultados obtidos mostram que cianita, zircão e epidoto são os minerais não opacos mais abundantes nos sedimentos de praia dos rios formadores da bacia do rio Purus, enquanto epidoto é o mineral dominante nos sedimentos dos rios da bacia do rio Juruá, exceção ao rio Moa, que é dominado pelo zircão.

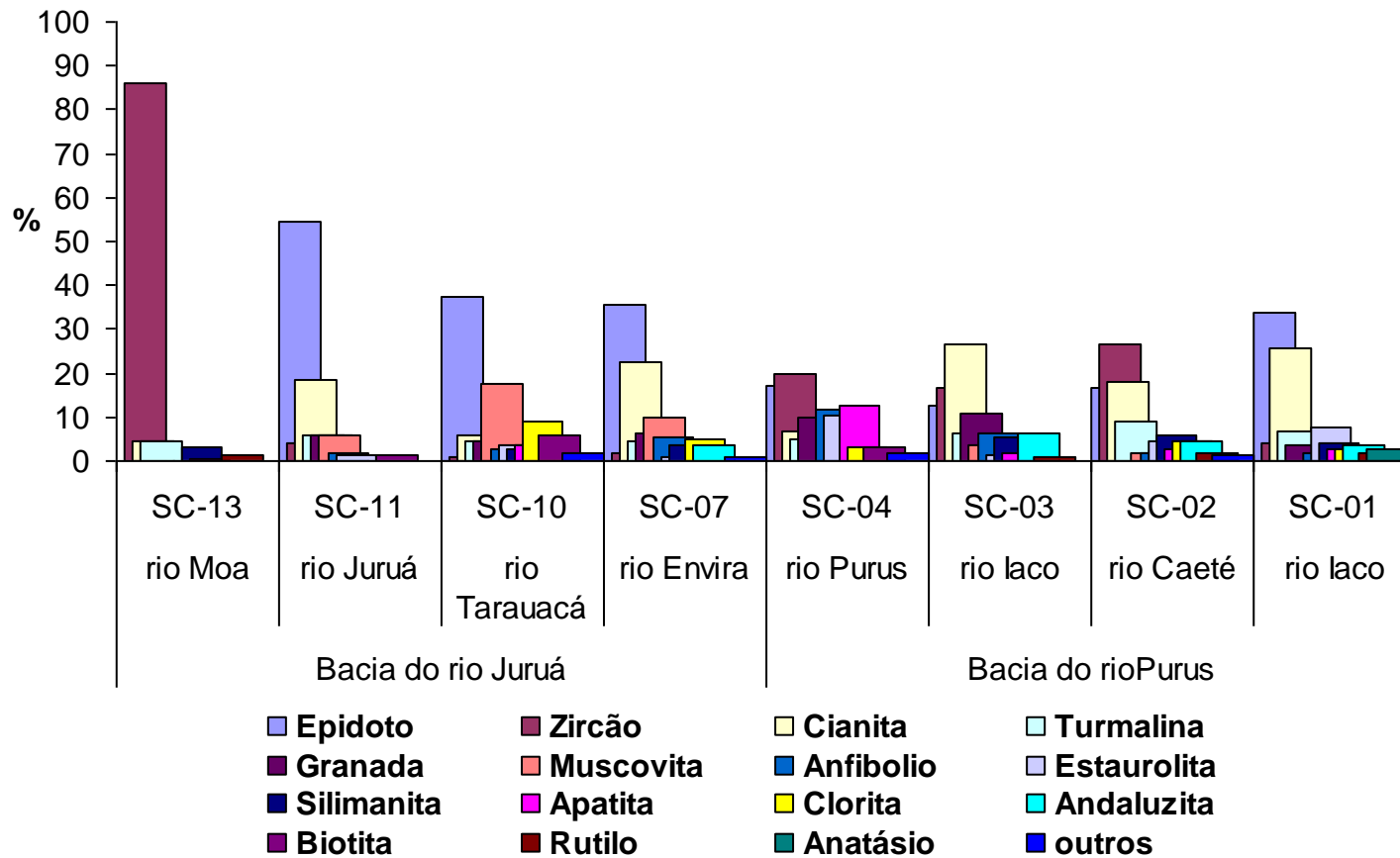


Figura 48- Frequência dos minerais pesados não opacos na fração fina dos sedimentos dos rios formadores das bacias dos rios Purus e Juruá no estado do Acre.

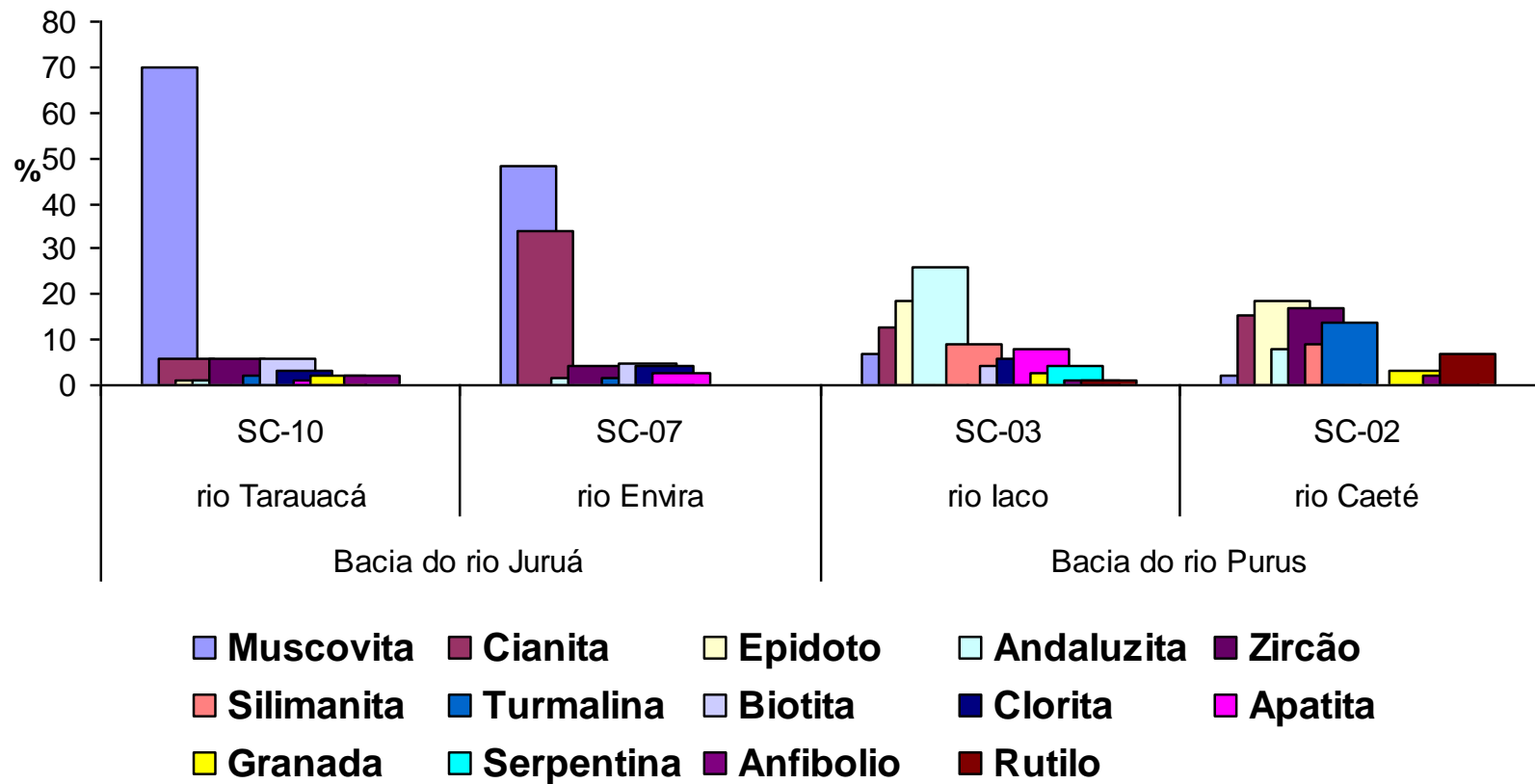


Figura 49- Frequência dos minerais pesados não opacos na fração grossa dos sedimentos dos rios Tarauacá, Envira, Iaco e Caeté no estado do Acre.

*Descrição dos minerais pesados não opacos*

**Epidoto** - Seus grãos têm cores verdes e verde-amarelados, são predominantemente irregulares, angulosos, algo corroídos nas bordas e concentram-se na fração fina. É comum encontrar grãos parcialmente cobertos por material que sob o microscópio ótico se apresenta como material escuro (Figura 50). Nas imagens de MEV/SED, apresenta-se maciço, corroído, esponjoso e alguns bastante fraturados (Figura 51). São quimicamente similares e constituídos de Si, Ca e Fe indicando composição tipicamente do membro epidoto.

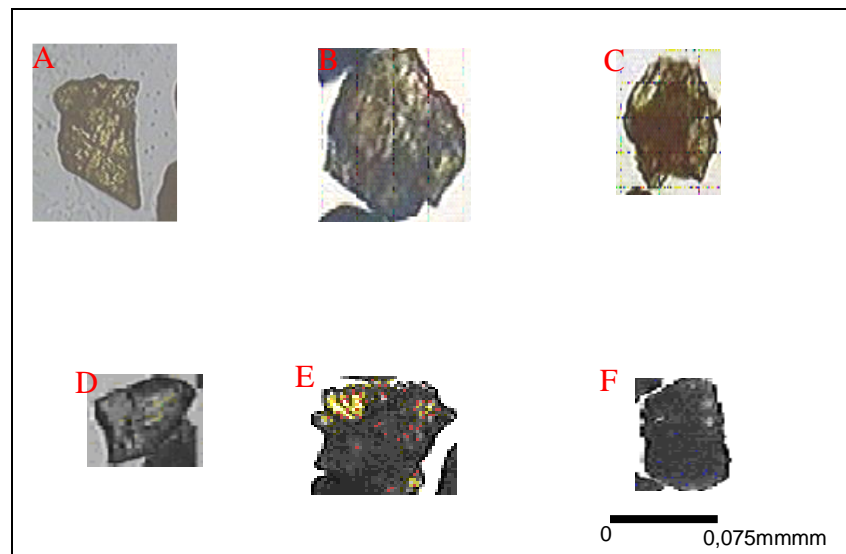
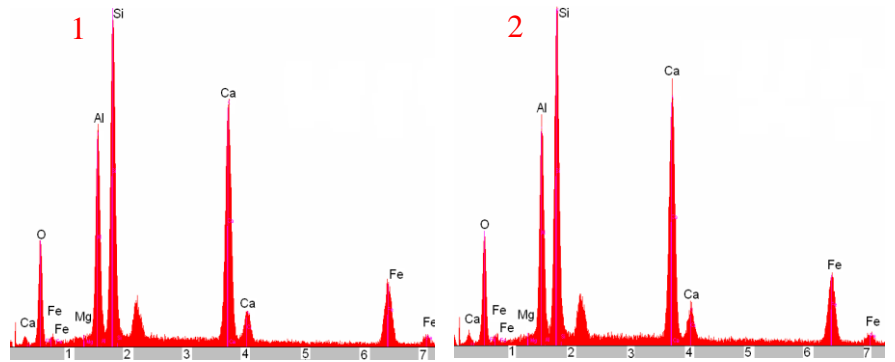
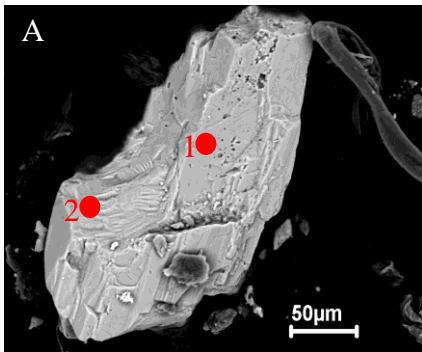
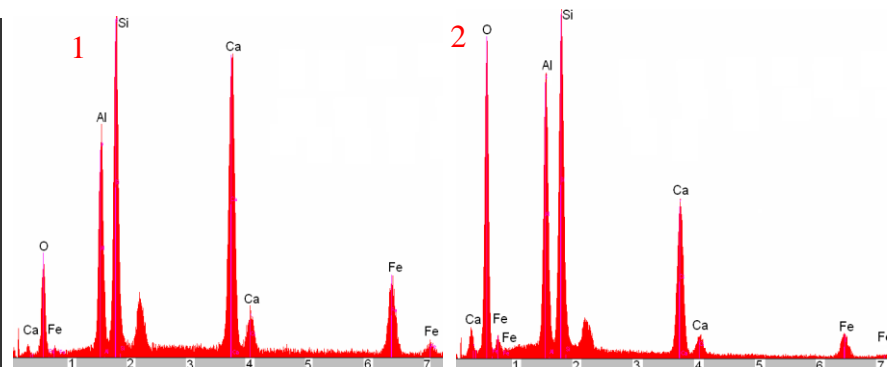
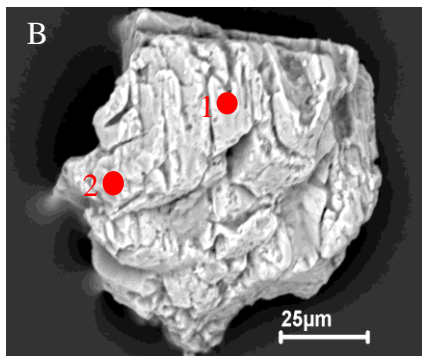


Figura 50- Fotomicrografias de epidoto mostrando grãos irregulares, angulosos, fraturados (A, B, D e E), alguns com bordas corroídas (C, E e F).

## Rio Tarauacá



## Rio Iaco



## Rio Juruá

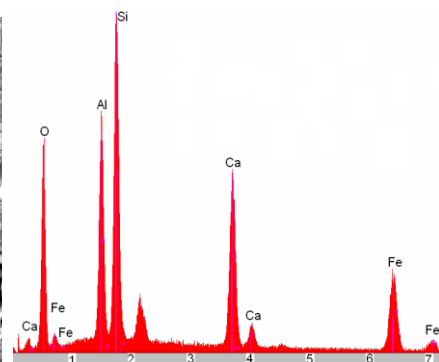
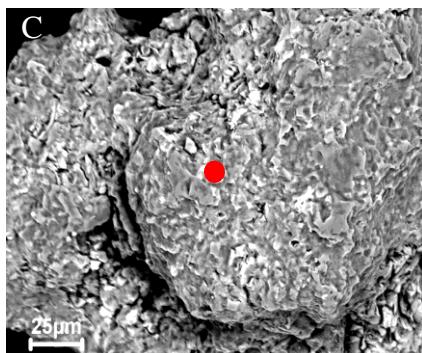
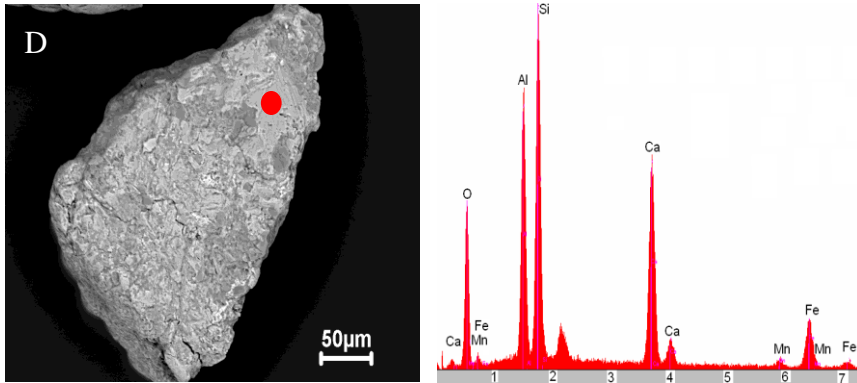


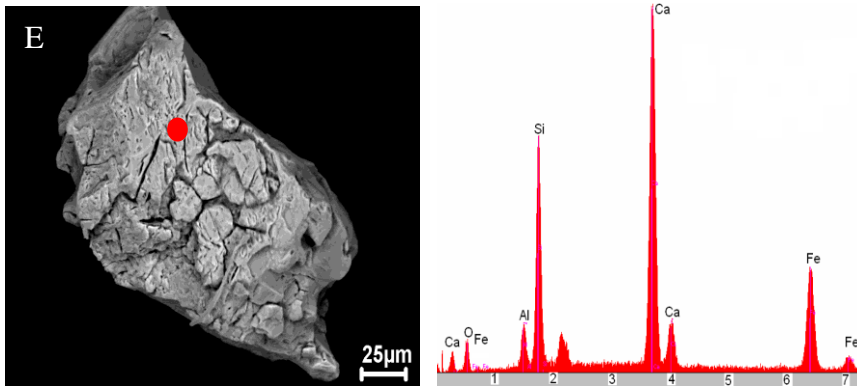
Figura 51- Imagens de microscopia eletrônica de varredura (MEV) com respectivos SED de grãos de epidoto dos sedimentos de praia dos rios do Acre: A e D formas alongadas, angulosas e maciças; B e F formas angulosas, com sinais de dissolução; C forma angulosa com aspecto esponjoso; F forma angulosa e fraturada com microcavidades irregulares.

(continuação da Figura 51)

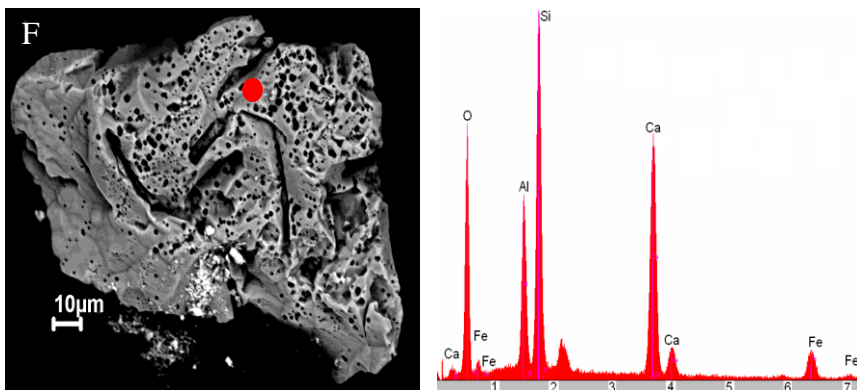
### Rio Tarauacá



### Rio Purus



### Rio Juruá



**Cianita** - Ocorre geralmente como grãos de forma irregular, alongados, angulosos a sub-angulosos com alguns grãos sub-arredondados tanto na fração fina como na grossa. Pode apresentar “partição” perpendicular ao maior comprimento (Figura 52).

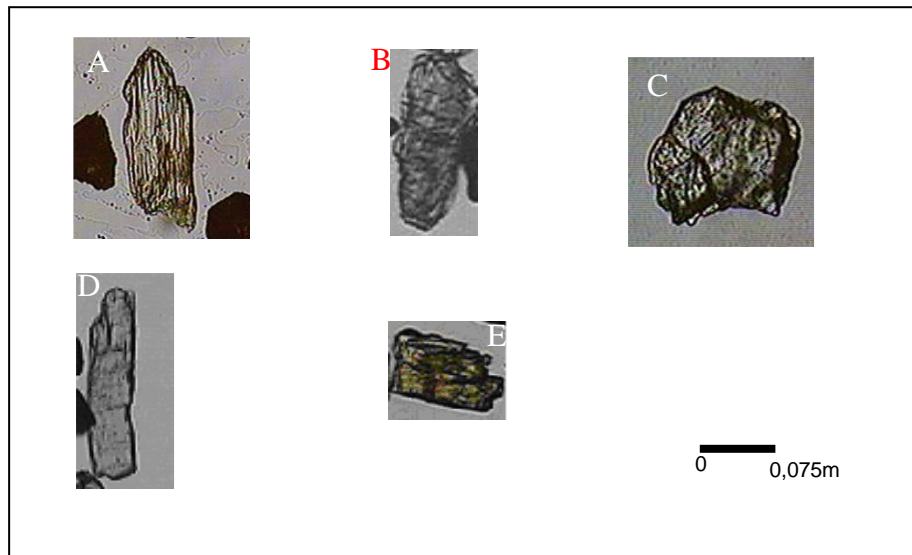


Figura 52- Fotomicrografias de cianita dos sedimentos dos rios do Acre. (A), (B) e (D) grãos irregulares, alongados e angulosos; (C) grão sub-anguloso apresentando fraturas; (E) grão irregular, anguloso com bordas denteadas.

**Zircão** - Ocorre geralmente como grãos refletindo forma de cristais prismáticos euédricos e subeuédricos com terminações piramidais ou bipiramidais (Figuras 53A e 54A e B). Ocorrem também como grãos sub-arredondados a sub-angulosos (Figura 53C) a arredondados (Figuras 53B e D e 54C). Por vezes com película de xenotima como mostra imagem de MEV/SED da Figura 54A (análise 2).

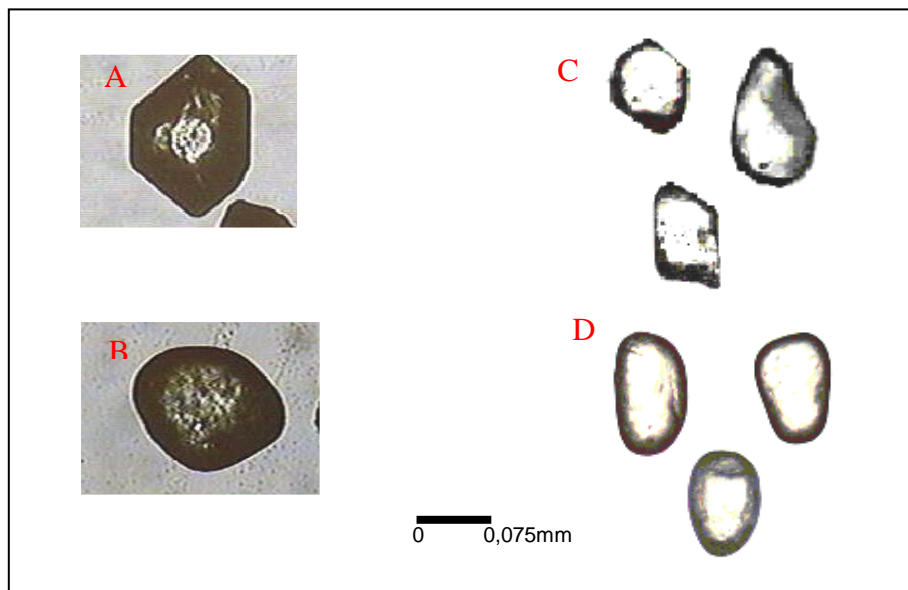
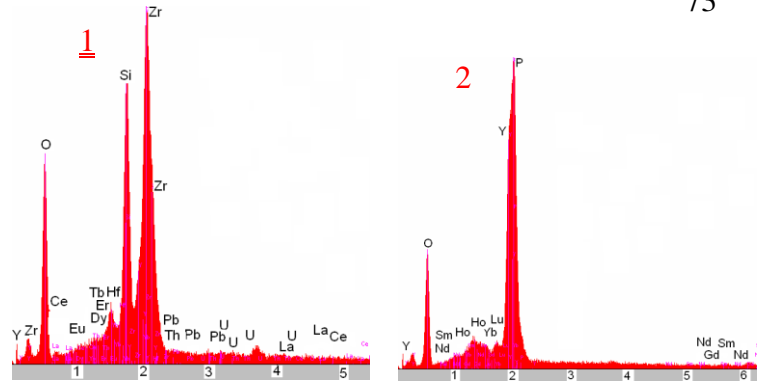
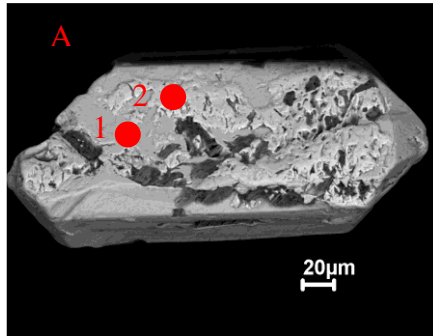


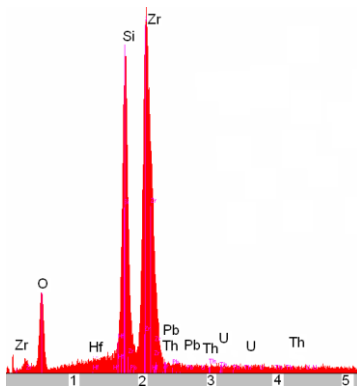
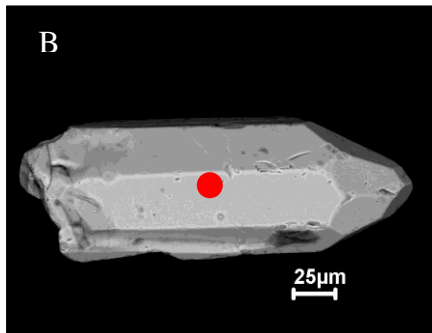
Figura 53- Fotomicrografias de zircões dos sedimentos dos rios do Acre: (A) forma prismática euédrica; (B) e (D) formas arredondadas e (C) formas sub-arredondadas a sub-angulosas subédricas.



## Rio Juruá



## Rio Muru



## Rio Tarauacá

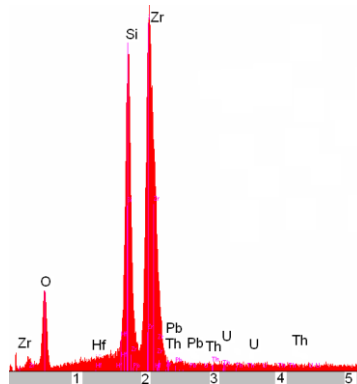
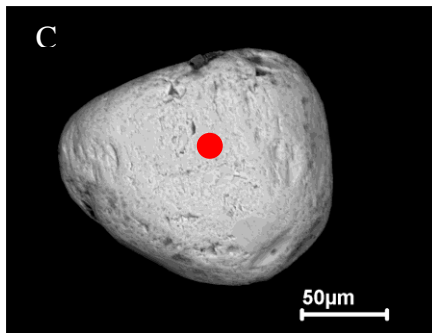


Figura 54- Imagens de MEV de zircão com seus respectivos espectros SED: (A) grão com forma prismática bipiramidal envolto por película de xenotima conforme análise de MEV/SED, (B) grão com terminação piramidal e (C) grão arredondado.

**Muscovita** - Encontra-se predominantemente na fração grossa, em agregados de plaquetas com contorno sub-anguloso e arredondado, bordas corroídas com padrão serrilhado (Figura 55). Em imagens de MEV mostra-se como “grãos” sub-arredondados ou como placas, algumas vezes com evidência de corrosão nas bordas (Figura 56).

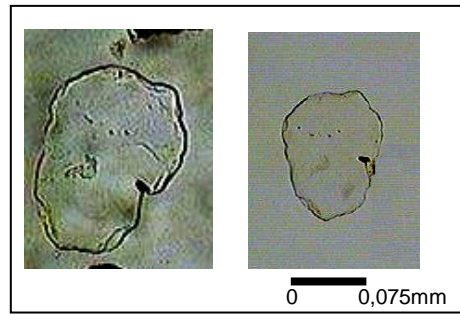


Figura 55- Fotomicrografias de muscovita mostrando plaquetas com contornos irregulares e tendência a arredondamento.

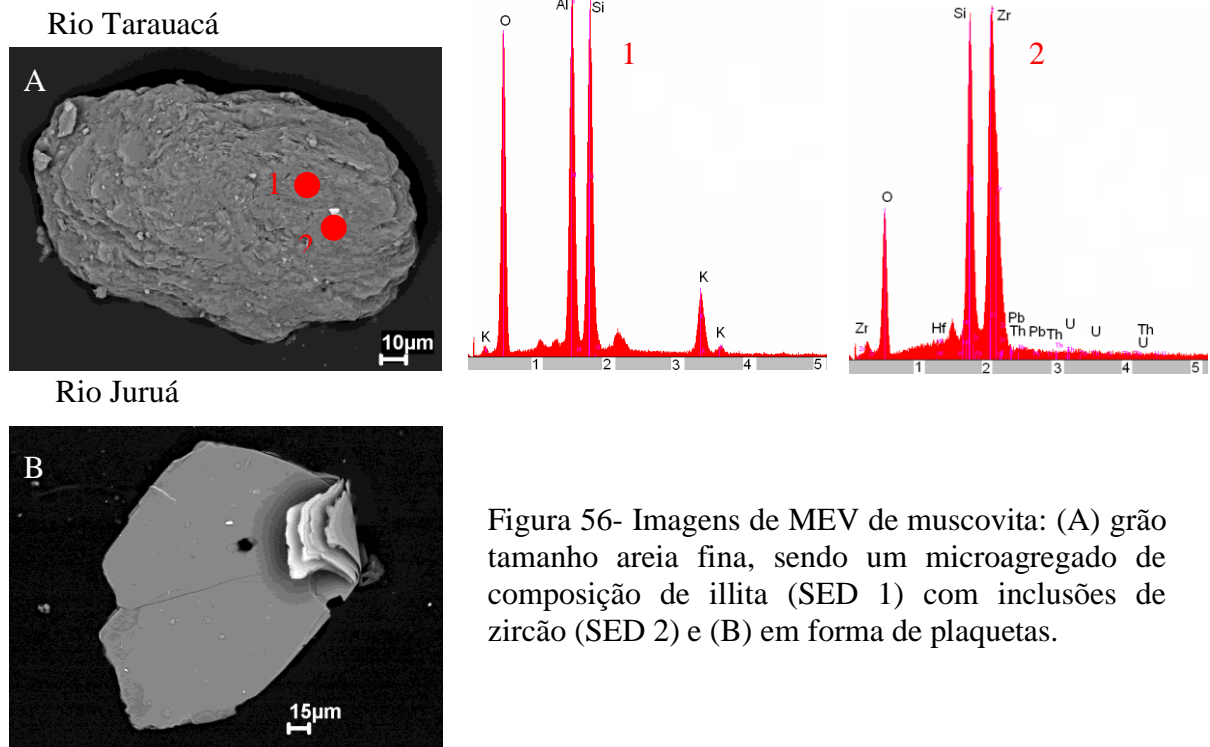


Figura 56- Imagens de MEV de muscovita: (A) grão tamanho areia fina, sendo um microagregado de composição de illita (SED 1) com inclusões de zircão (SED 2) e (B) em forma de plaquetas.

**Turmalina** – Ocorre nas cores, marrons - esverdeados e verdes-oliva como grãos em forma de cristais subédricos (Figura 57C), euédricos (Figura 58A), bem como grãos arredondados (Figuras 57A e 58C) e a angulosos (Figura 57B e 58B). As análises semiquantitativas de MEV/SED sugerem tratar-se de turmalinas de Ca, Fe e (Ti), possivelmente de feruvita.

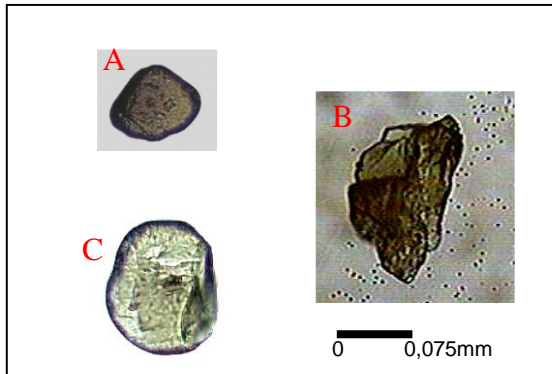


Figura 57- Fotomicrografias de turmalina: (A) grão sub-arredondado, (B) grão anguloso e (C) grão arredondado.

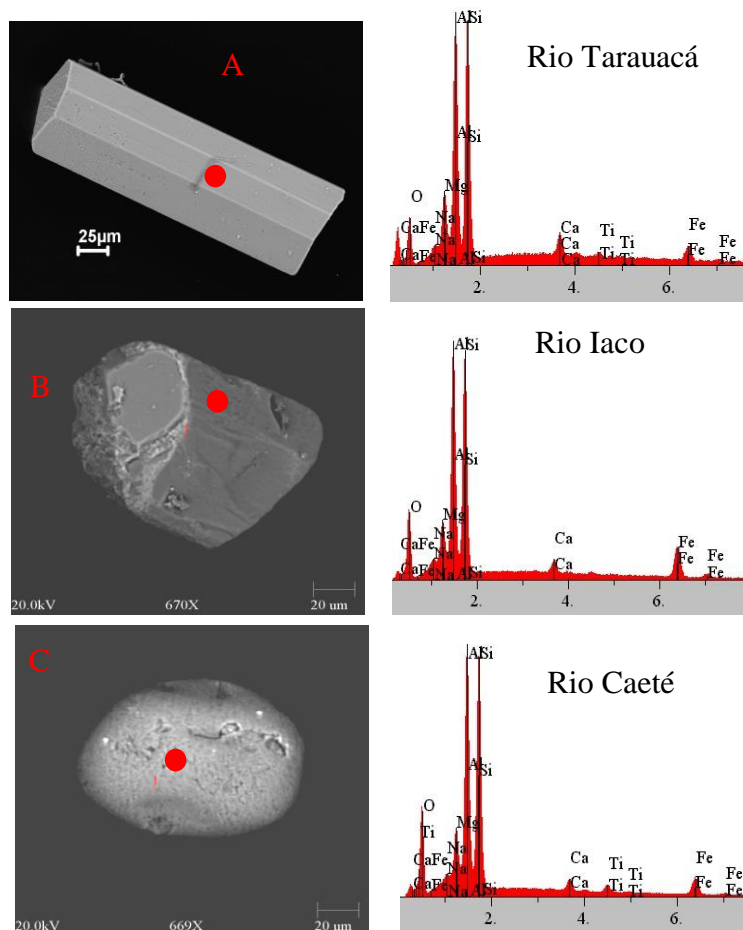


Figura 58- Imagens de MEV de turmalina e seus respectivos SED: (A) grão em cristal prismático alongado (B) grão sub-arredondado e (C) grão arredondado.

**Andaluzita** - Apresenta-se em grãos irregulares sub-angulosos (Figura 59A e B) a angulosos (Figura 59C, D e E). Foi identificada a variedade denominada quiastolita, caracterizada por zona incolor, por vezes alongados com inclusões simétricas de material escuro em forma de cruz (Figura 59A e B).

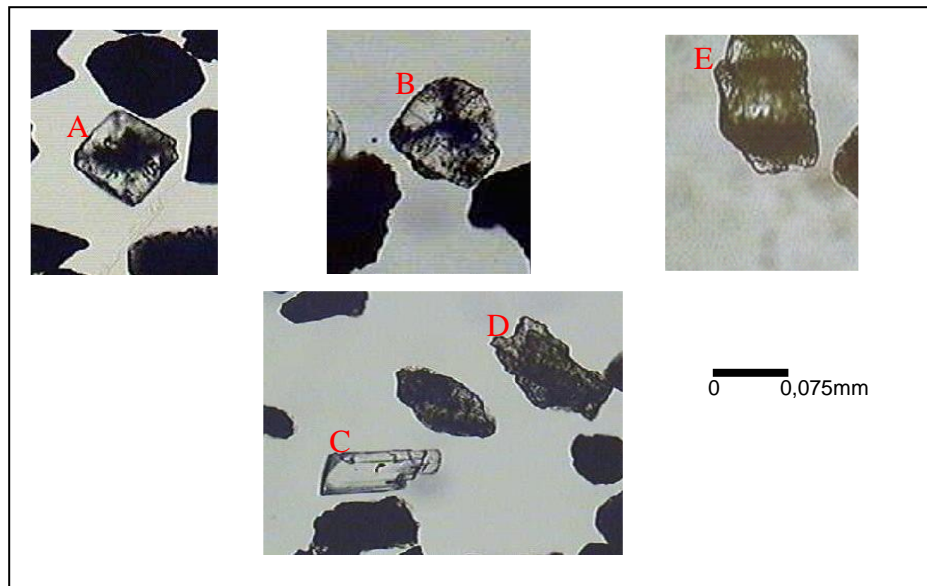


Figura 59- Fotomicrografias de andaluzita dos sedimentos praianos dos rios do Acre: (A) e (B) grão irregular sub angulosos com inclusões escuras, quiastolita; (C) grão altamente anguloso; (D) e (E) grãos irregulares com inclusões escuras.

**Granada** - É encontrada tanto na fração fina quanto na grossa, geralmente com grãos transparentes, com contornos irregulares (Figuras 60 e 61). Análise semiquantitativa de MEV/SED indica tratar-se de almandina (Figura 61).

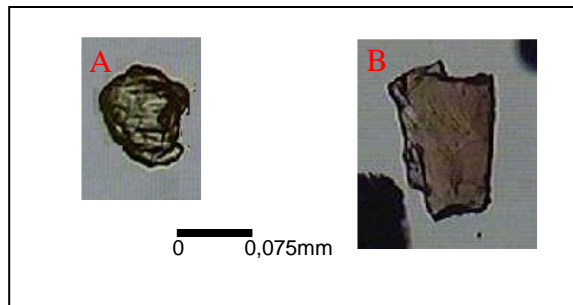


Figura 60- Fotomicrografias de granada: (A) grão sub-arredondado e (B) grão anguloso alongado.

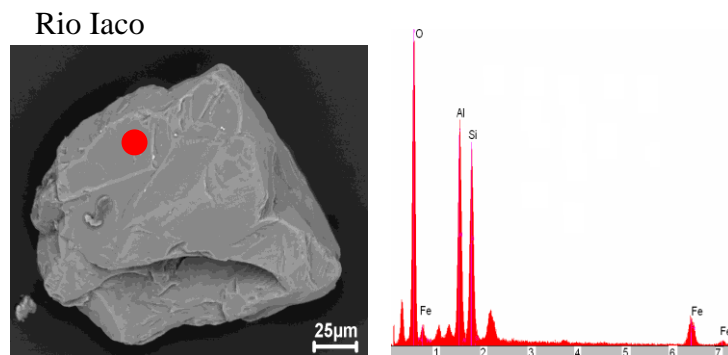


Figura 61- Imagens de MEV de um grão subanguloso de granada com seu respectivo SED, indicando tratar-se de almandina.

**Silimanita** - Apresenta-se em grãos transparentes e alongados, sub-angulosos a sub-arredondados (Figura 62). Ao MEV observou-se um grão prismático alongado com inclusões de zircão (Figura 63).

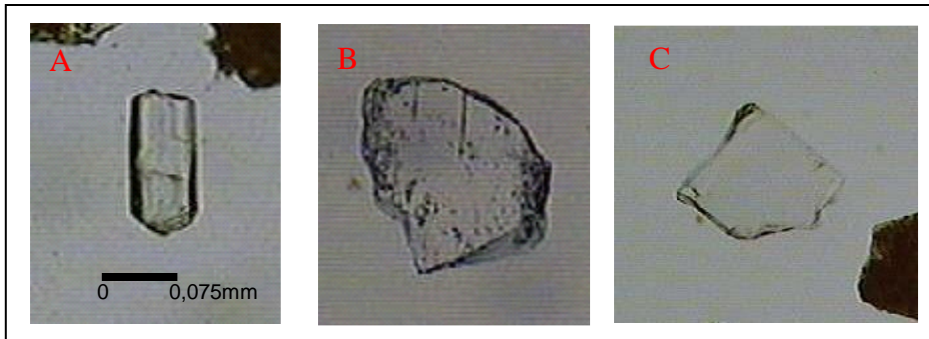


Figura 62- Fotomicrografias de silimanita dos sedimentos praianos dos rios do Acre: (A) grão irregular anguloso, (B) grão sub-anguloso e (C) grão anguloso achatado.

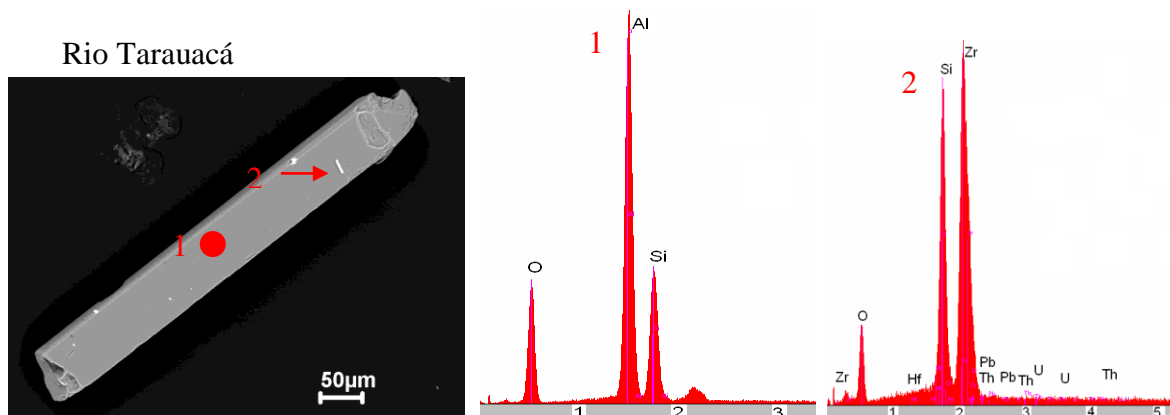


Figura 63- Imagens de MEV/SED de um grão de silimanita prismático alongado (análise 1), com inclusões de cristalitos de zircão (pontuações claras; análise 2).

**Clorita** - Ocorre nas cores esverdeada e acinzentada, como grãos tabulares ou placoss de contornos angulosos e sub-arredondado, com corrosão em suas bordas (Figura 64). Na imagem de MEV/SED mostra-se recoberto por óxido de ferro (Figura 65).

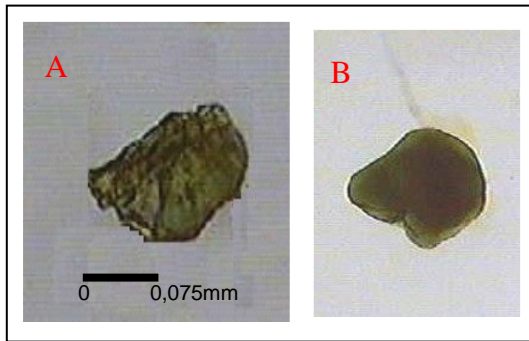


Figura 64- Fotomicrografias de clorita dos sedimentos dos rios do Acre: (A) grão angular tabular e (B) grão arredondado.

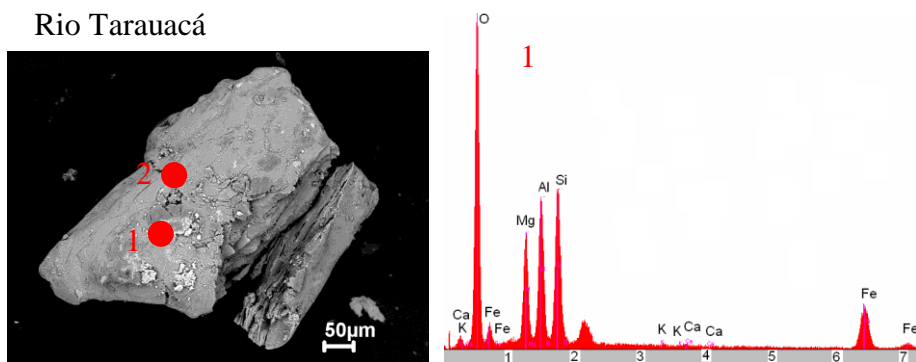
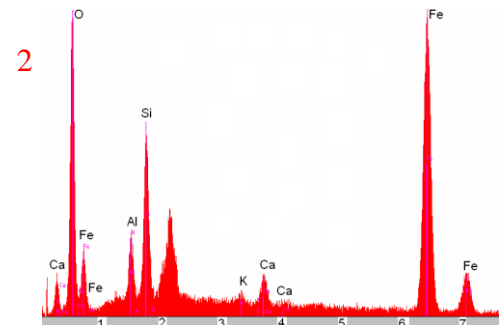


Figura 65- Imagem de MEV/SED de um grão angular de clorita recoberto por óxido de ferro.



**Anfibólio** - Apresenta-se na cor verde acastanhada, em grãos irregulares alongados, angulosos, sub-angulosos e sub-arredondados, com sinais de corrosão (Figura 66). Na imagem de MEV/SED aparecem alguns grãos nas formas sub-arredondadas (Figura 67). As análises simequantitativas sugerem tratar-se de hornblenda (Figura 67A), ferroactinolita (Figura 67B) e cummingtonita (Figura 67C).

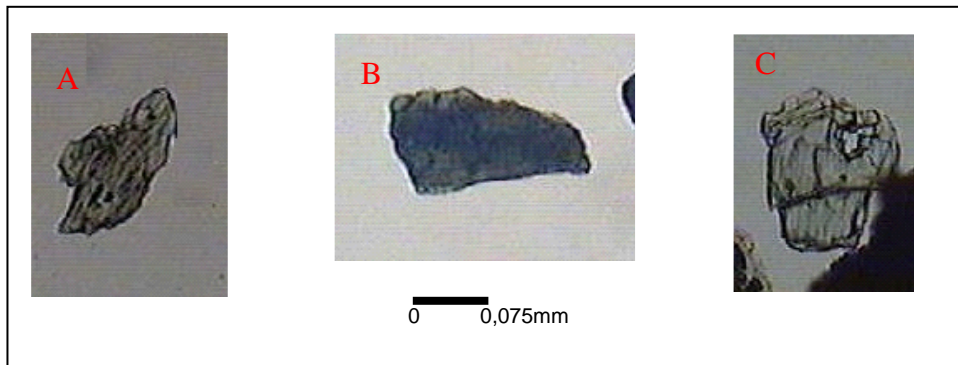


Figura 66- Micrografias de anfibólio dos sedimentos dos rios acreanos: (A)- alongado e anguloso, (B)- grão na forma achatada e angulosa e (C)- grão anguloso e fraturado.



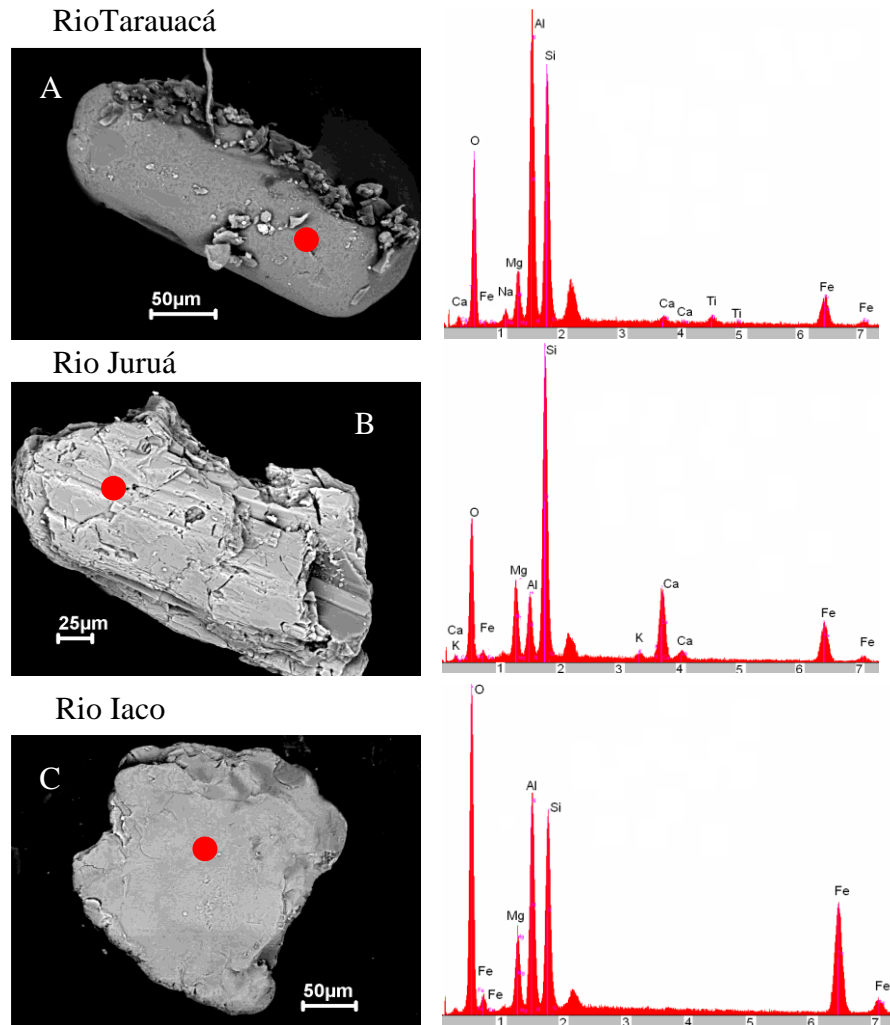


Figura 67- Imagens de MEV/SED de anfibólio dos sedimentos de praia dos rios do Acre: (A)- grão alongado e sub-arredondado, (B)- grão alongado e anguloso e (C) grão sub-anguloso e achatado.

**Apatita** - Encontra-se preferencialmente na fração grossa em grãos irregulares, alongados, angulosos a sub-angulosos, as vezes sub-arredondados (Figura 68).

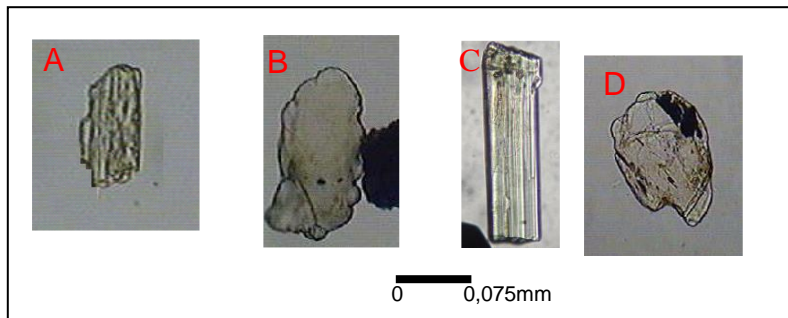


Figura 68- Micrografias de apatita nos sedimentos dos rios acreanos: (A)- grão alongado e anguloso, (B)- grão sub-anguloso, (C)- grão fibroso e alongado e (D)- grão sub-anguloso e fraturado.

**Estauroлита** - Ocorre nas duas granulometrias, porém com mais frequência na fração fina. Seus grãos são amarelados, irregulares na forma alongada, e predominantemente angulosos a sub-angulosos (Figura 69).

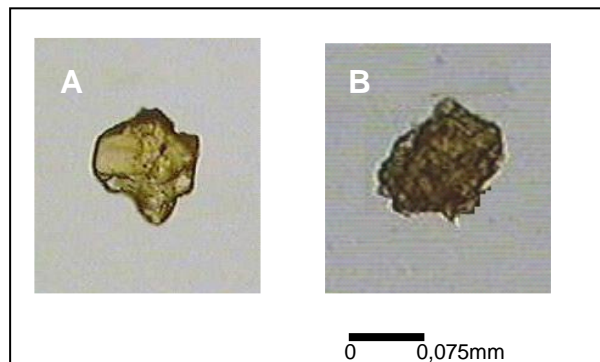


Figura 69- Micrografias de estauroлита dos sedimentos dos rios acreanos: (A)- grão anguloso e (B)- grão anguloso e fraturado.

**Biotita** - Ocorre sob a forma de plaquetas, sub-arredondadas a arredondadas, castanhos-avermelhadas, geralmente com bordas corroídas. Sua maior ocorrência está na fração grossa (Figura 70).

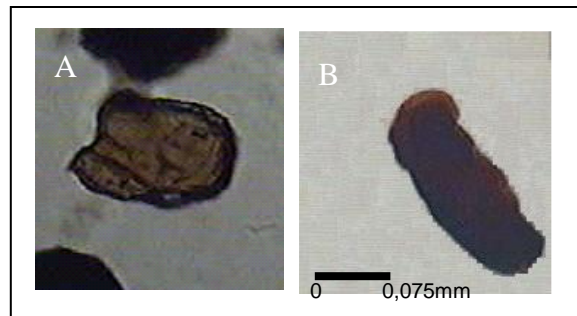


Figura 70- Micrografias de biotita dos sedimentos dos rios acreanos: (A)- forma sub-arredondada achatada e (B) grão alongado apresentando algum arredondamento.

**Rutilo** - Ocorre como grãos angulosos à sub-angulosos avermelhados (Figura 71). Na imagem de MEV/SED mostra-se alongado e fraturado (Figura 72).

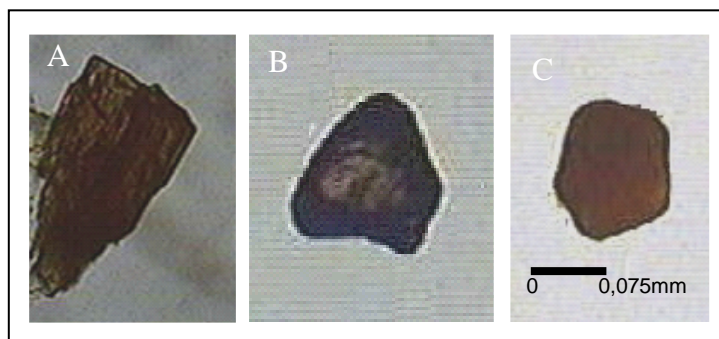


Figura 71- Micrografias de rutilo nos sedimentos de praia dos rios do Acre: (A)- grão alongado, (B)- grão sub-anguloso e C grão sub-arredondado.

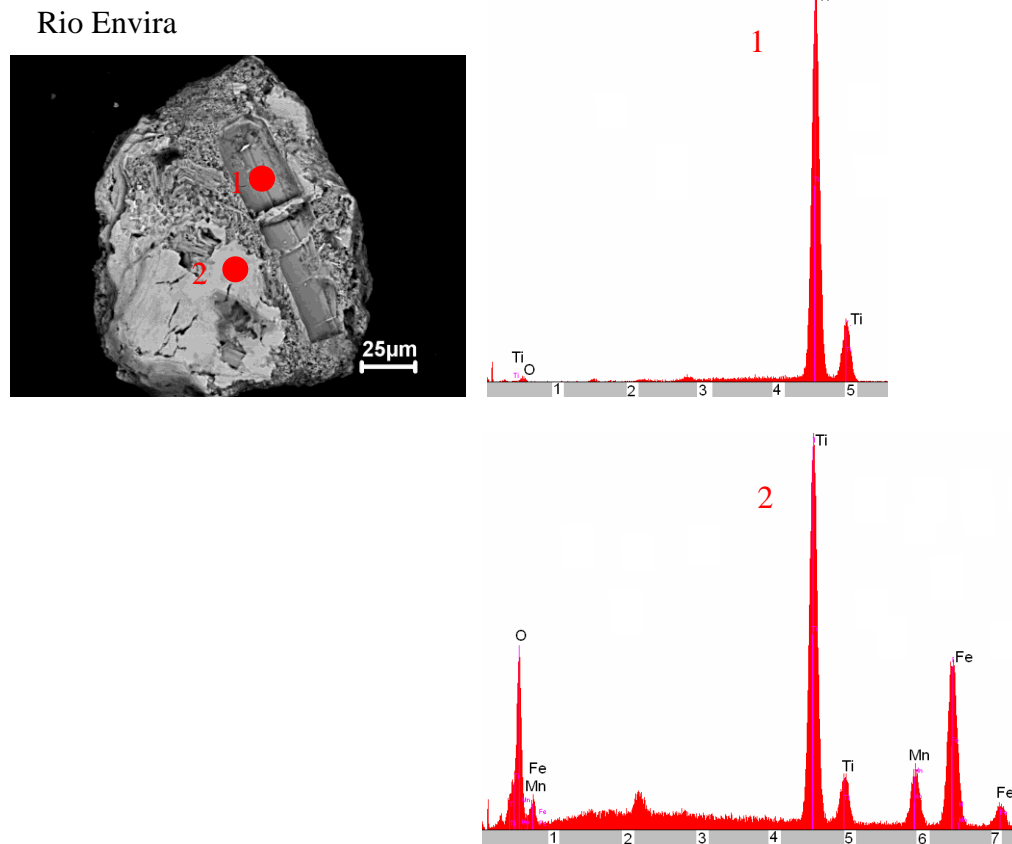


Figura 72- Imagem de MEV/SED de um grão do tamanho areia fina de ilmenita (2) com rutilo (1).

Foram analisadas ainda, serpentina, piroxênio, titanita, anatásio e cassiterita que aparecem raramente nos sedimentos dos rios acreanos, no geral ocorrem como grãos angulosos (Figuras 73 e 74).

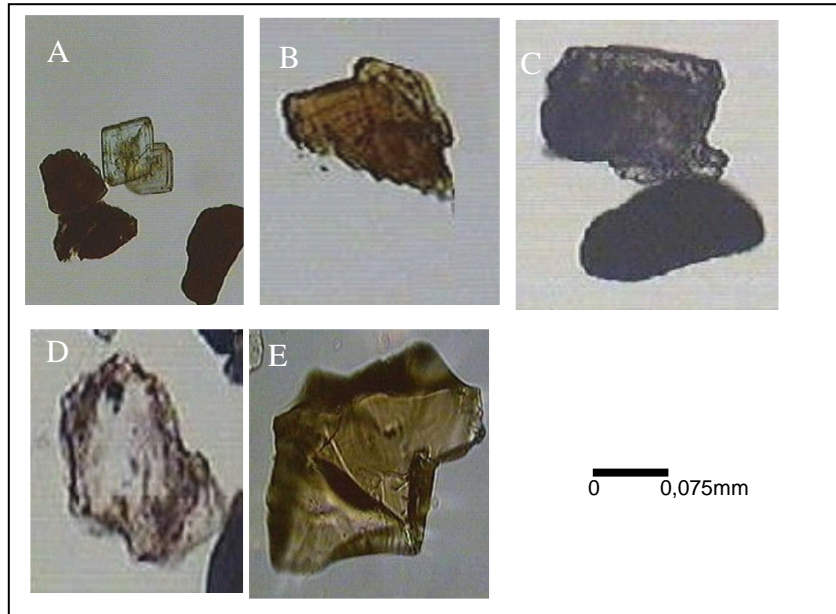


Figura 73- Micrografias de minerais angulosos nos sedimentos dos rios acreanos: (A) anatásio, (B) piroxênio, (C) cassiterita, (D) serpentina e (E) titanita.

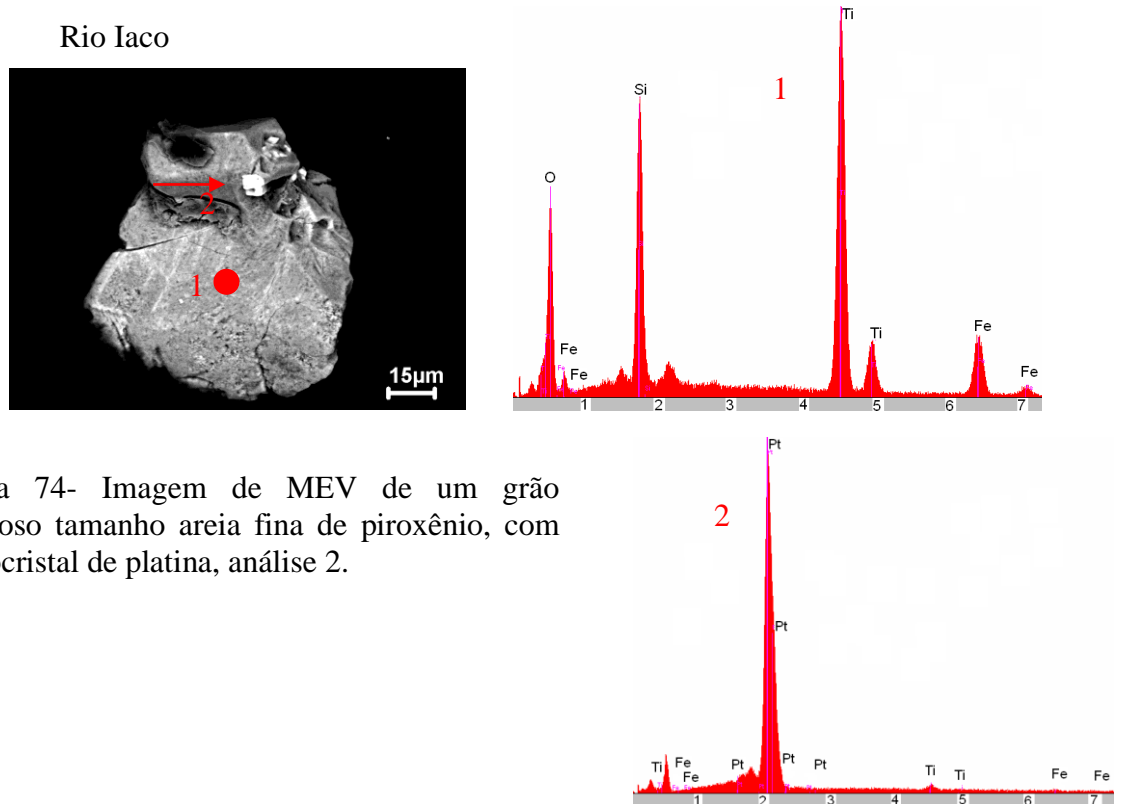


Figura 74- Imagem de MEV de um grão angular tamanho areia fina de piroxênio, com microcristal de platina, análise 2.

### *Minerais opacos*

Os minerais opacos identificados nos sedimentos dos rios do Acre foram: ilmenita, hematita e magnetita. Os dois primeiros além de identificados por microscopia eletrônica de varredura (MEV/SED) o foram também por difração de raios-X (Figuras 42 e 43), enquanto magnetita somente por MEV/SED.

Ilmenita (Figura 75) além de encontrada como inclusão em fragmentos líticos (Figuras 30 e 43) foi também encontrada em grãos isolados, angulosos, com superfície corroída (A), como cristal piramidal bem formado (B), como grão anguloso com fratura conchóide (C) e como grão arredondado (D).

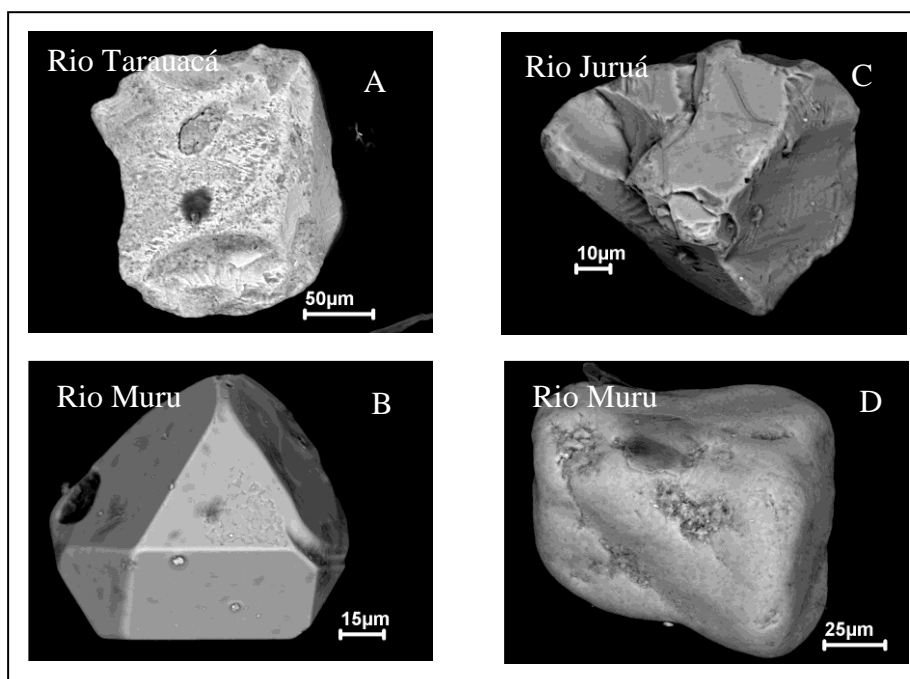


Figura 75- Imagens de MEV de ilmenita dos sedimentos dos rios acreanos estudados.

**Hematita e magnetita** - a hematita assim como a ilmenita, também foi encontrada em inclusões poliminerálicas (Figura 76), além de grãos isolados, enquanto magnetita somente em grãos. Em imagens de MEV a hematita se apresenta em grãos angulosos, corroídos com aspecto esponjoso (Figura 76A) e a magnetita em grão subanguloso apresentando algum brilho na superfície (Figura 76B).

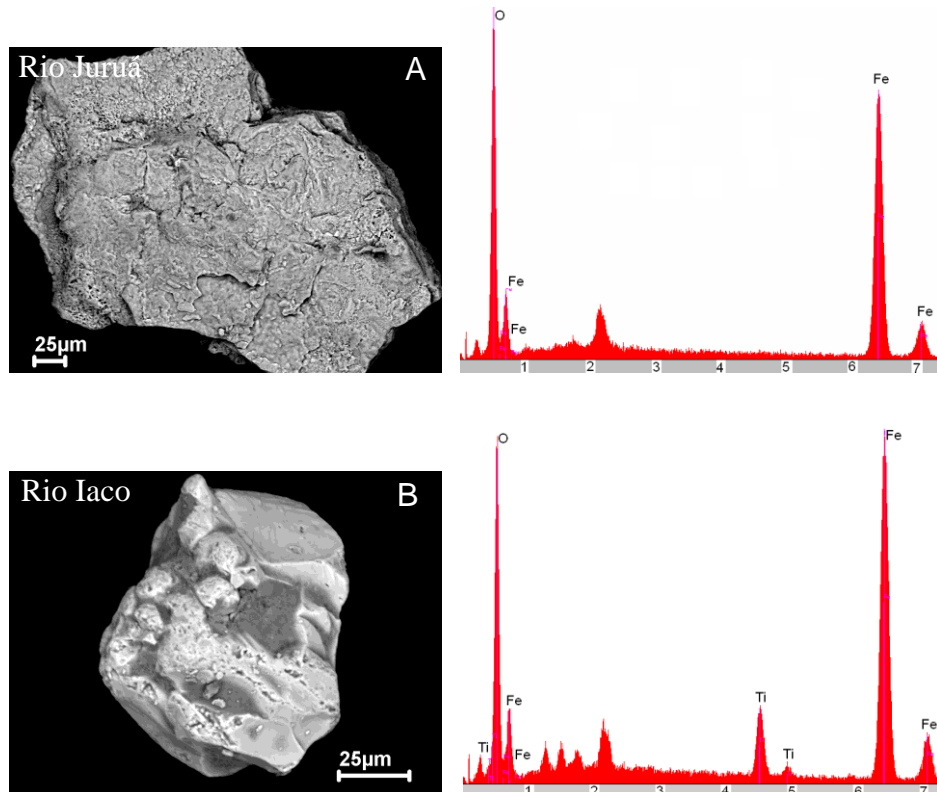


Figura 76- Imagens de MEV/SED (A) grão de hematita anguloso e (B) grão de magnetita subanguloso.

### **Considerações sobre áreas fontes**

Os minerais pesados identificados nos sedimentos dos rios que drenam o estado do Acre podem ser divididos em dois grandes grupos: o primeiro constituído por aluminossilicatos (cianita, Andaluzia, silimanita, granada e micas), epidoto e anfibólio, representando rochas metamórficas, principalmente metapelitos; e o segundo, composto por minerais como zircão, turmalina e apatita constituintes de rochas ácidas e intermediárias, seguidos por minerais de pequena ocorrência que podem pertencer tanto a rochas metamórficas como a ácidas e intermediárias.

Tomando como referência os minerais pesados identificados na fração fina (0,062 – 0,125 mm) e avaliando os mesmos segundo a estabilidade ao intemperismo (Tabela 4) verifica-se que eles ocorrem em diferentes proporções de minerais pesados instáveis, metaestáveis e ultraestáveis nos sedimentos dos rios do Acre, e que a distribuição espacial destes grupos mostrados na Figura 77 ressalta três zonas geográficas: a primeira situada nos rios próximos a Sena Madureira e Manuel Urbano onde tende predominar minerais metaestáveis (cianita, silimanita, estauroлита e andaluzita), seguidos de minerais instáveis (epidoto e anfibólio) e ultraestáveis (zircão, turmalina e rutilo), estes dois últimos na mesma proporção; a segunda na região entre Feijó e Cruzeiro do Sul, com predominância de minerais instáveis (epidoto e anfibólio), seguidos de metaestáveis; e a terceira que representa a região do rio Moa, afluente pela margem esquerda do rio Juruá, com predominância de minerais ultraestáveis (zircão, turmalina e rutilo).

A diferença observada na frequência destes grupos de minerais, nas zonas e entre zonas geográficas, reflete a variação litológica das áreas fontes atuais. As zonas 1 e 2 tem como sua principal fonte, rochas da Formação Solimões de grande variação tanto lateral como vertical. A zona 3, por outro lado tem como fonte além da Formação Solimões, rochas mais antigas que afloram na serra do Divisor incluindo rochas alcalinas que podem ser as principais fontes de zircão, mineral principal nos sedimentos do rio Moa.



Tabela - 4 Concentrações dos principais minerais pesados (%), transparentes, não micáceos dos sedimentos dos rios acreanos, fração fina. Zr=zircão, Tu=turmalina, Ru=rutilo, Ep=epidoto, Anf=anfíbólio, Ci=cianita, Si=silimanita, Es=estauroilita e An=andaluzita.

	Zr	Tu	Ru	(Zr+Tu+Ru)	Ep	Anf	(Ep+Anf)	Ci	Si	Es	An	(Ci+Si+Es+An)
<b>Amostra</b>	%											
SC-01rio Iaco	4,20	6,80	1,70	12,70	34,00	1,70	35,70	25,50	4,20	7,60	3,40	40,70
SC-02rio Caeté	26,50	9,00	2,00	37,50	16,50	2,00	18,50	18,00	6,00	4,6	4,6	33,20
SC-03rio Iaco	16,50	6,50	1,00	24,00	12,80	6,50	19,30	26,50	5,60	1,5	6,5	40,10
SC-04rio Purus	20,00	4,80		24,80	17,00	11,50	28,50	6,80		10,5		17,30
<b>Média</b>	<b>16,80</b>	<b>6,77</b>	<b>1,57</b>	<b>24,75</b>	<b>20,07</b>	<b>5,42</b>	<b>25,50</b>	<b>19,20</b>	<b>5,26</b>	<b>6,05</b>	<b>4,83</b>	<b>32,82</b>
SC-07rio Envira	2,00	4,30		6,30	35,50	5,50	41,00	22,70	3,60	0,7	6,5	33,50
SC-10rioTarauacá	0,90	4,50		5,40	37,30	2,70	40,00	6,00	2,70	3,5		12,20
SC-11rio Juruá	4,00	5,90		9,90	54,50	2,00	56,50	18,50		1,5		20,00
<b>Média</b>	<b>2,30</b>	<b>4,90</b>		<b>7,20</b>	<b>42,50</b>	<b>3,40</b>	<b>45,83</b>	<b>15,73</b>	<b>3,15</b>	<b>3,92</b>	<b>6,50</b>	<b>33,03</b>
SC-13rio Moa	86,00	4,40	1,50	91,90				4,50	3,00			7,50

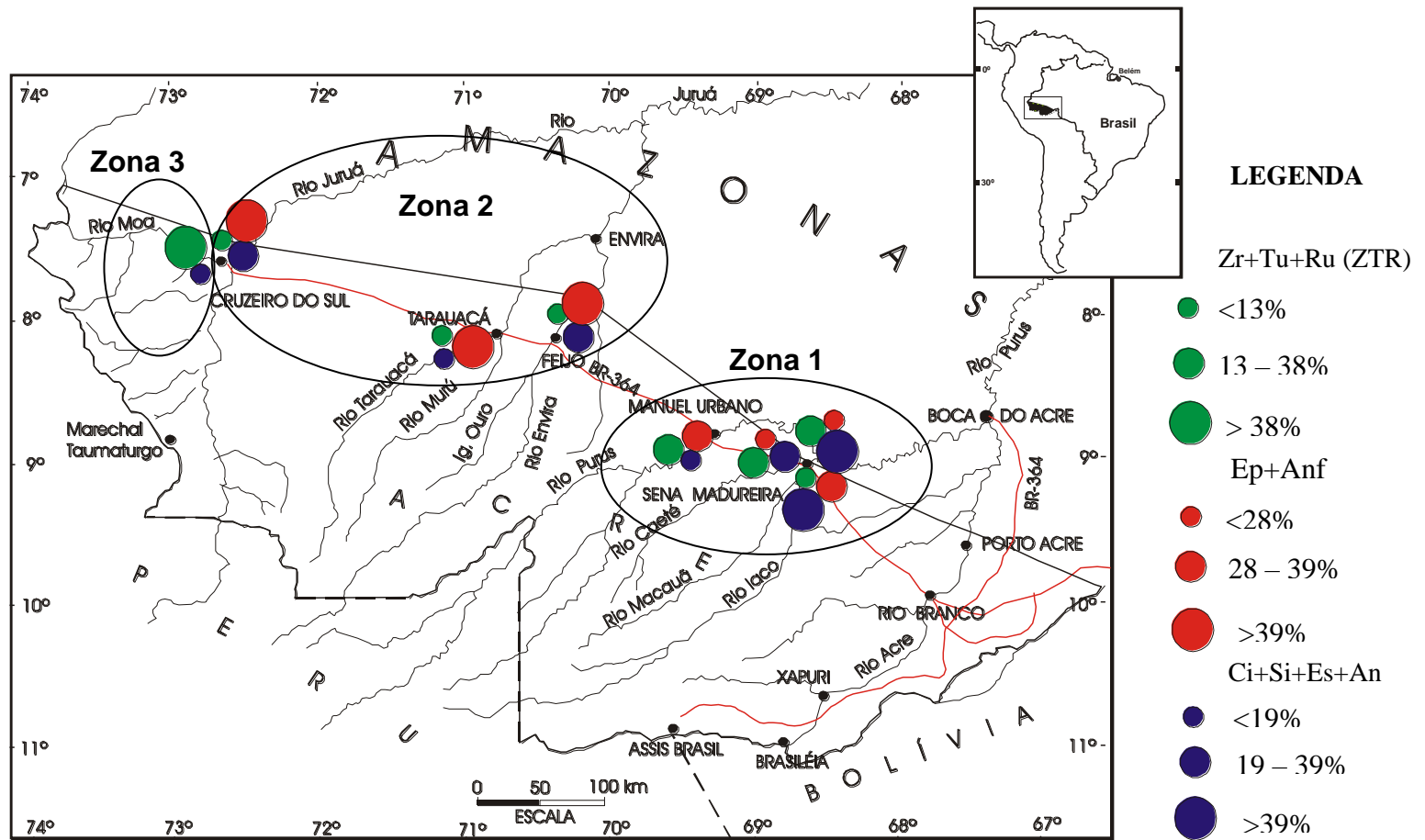


Figura 77- Distribuição dos minerais não opacos ultraestáveis (ZTR), estáveis (Ci+Si+Es+An) e instáveis (Ep+Anf) nos sedimentos dos rios do Acre. Mapa obtido com dados da tabela 4.

A presença de minerais pesados, como epidoto, anfibólio, estauroлита, andaluzita e clorita nos sedimentos dos rios estudados permite caracterizá-los como imaturos. Contudo, a presença de turmalina, zircão, rutilo e ilmenita, com diferentes aspectos morfológicos, desde grãos angulosos até bem arredondados, indica presença de sedimentos retrabalhados em outros ciclos sedimentares. Como se trata de sedimentos recentes, tendo como substratos a Formação Solimões, estas variáveis devem ser consideradas.

Suguio (2001) cita que do Plioceno ao Quaternário as condições climáticas existentes no planeta sofreram mudanças graduais, passando de clima moderadamente quente e úmido para clima frio, com baixa precipitação. Embora essas mudanças sejam reconhecidas em grande parte do globo terrestre, incluindo porções do território brasileiro, a área estudada parece não ter sido submetida a essas oscilações climáticas, pois a presença de minerais altamente instáveis ao intemperismo químico como o epidoto, anfibólio e biotita, que sob condições de clima úmido são alterados parcial ou totalmente e transformados em argilominerais, indica condições de clima com tendência a semiárido a temperado. Entre outros, Costa (2002) também chegou a essa conclusão, baseando-se presença de veios de gipsita que cortam os litotipos da Formação Solimões.

A assembléia mineral constituída, em sua maioria, por zircão, epidoto, aluminossilicatos (cianita, silimanita, estauroлита e andaluzita) e anfibólios, de grande ocorrência nos sedimentos dos rios do Estado do Acre é encontrada na Sequência Metavulcanossedimentar Nova Brasilândia (Pedreira & Bahia, 2000). Esta sequência faz parte do contexto geológico do Cinturão Guaporé (Santarém *et al.* 1992), que é composta por anfibolitos, metagabros, gnaisses, metassedimentos, xistos e granitos, mineralogicamente constituído de silimanita, titanita, granada, muscovita, hornblenda, piroxênio, biotita, ilmenita, turmalina e zircão (Rizzotto *et al.* 1999). Sendo que os quatro primeiros minerais são mais abundantes em quartzo-mica-xisto, paragnaisses e gnaisses, e os seis últimos, em anfibolitos e metagabros, ocorrendo também no Granito Rio Branco e nas rochas da Suíte Rio Pardo. Esta região pode ter sido uma das áreas fontes dos sedimentos de praia (Figura 78).

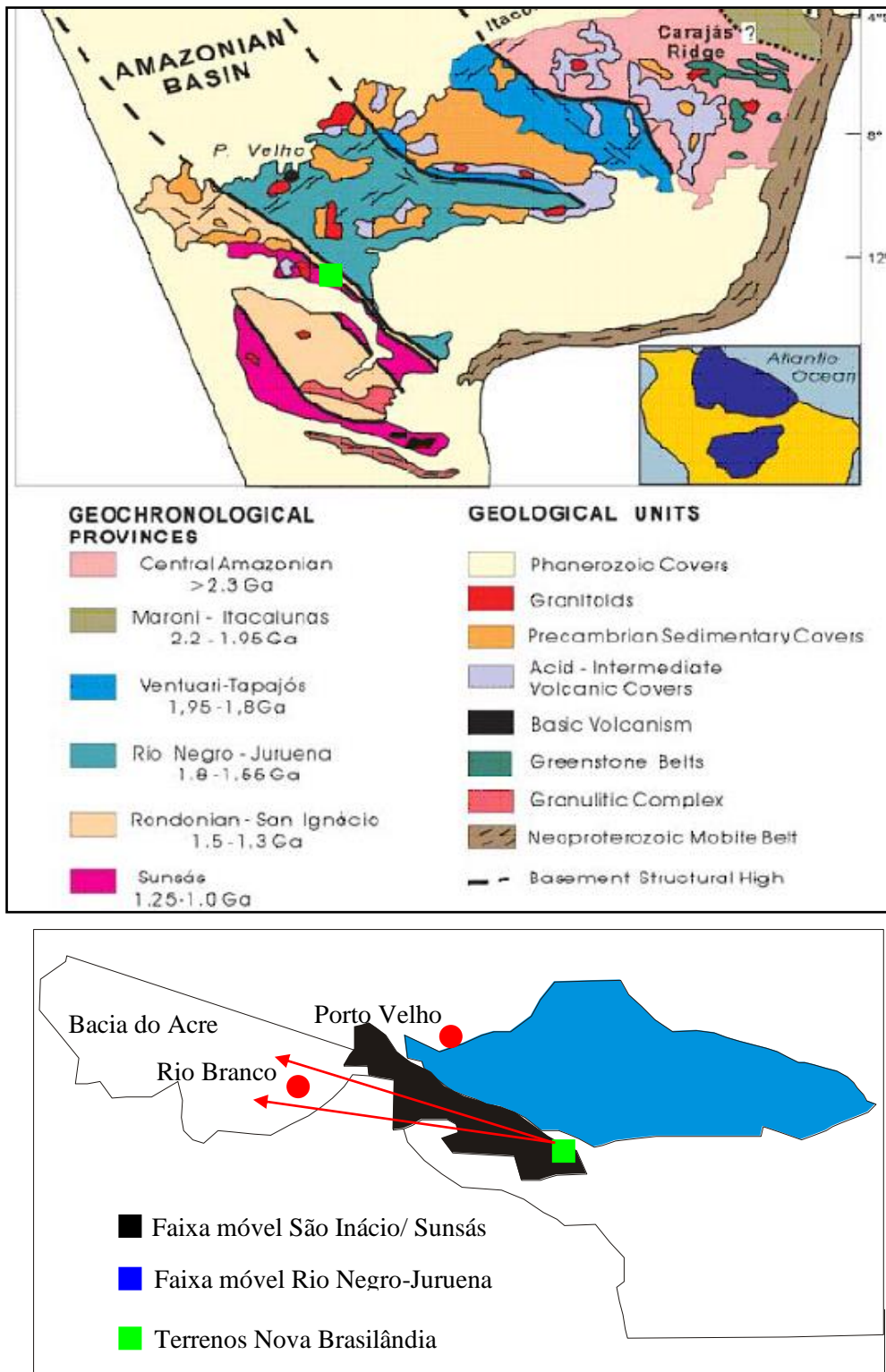


Figura 78- Localização da bacia do Acre, mostrando sua relação geográfica com os Terrenos Nova Brasilândia. As setas não indicam o trajeto dos sedimentos até a bacia e sim os locais mais prováveis de suas origens. Mapa modificado de Tassinari & Macambira (1999).

Por outro lado, a associação de pesados formada por andaluzita, cianita, estauroлита e rutilo, encontrada também nos sedimentos dos rios do Acre, não foi observado nessa região e, portanto, as áreas do Cráton Amazônico, não foram às únicas fontes primárias para estes sedimentos.

Na cordilheira andina oriental, regiões do Peru e da Bolívia rochas de grande complexidade geológica que ocorrem confinadas em uma estreita faixa alongada, podem ter sido outra área fonte dos sedimentos dos rios do Acre (Figura 79). Nestes terrenos dominam rochas metamórficas (De Celles & Hertel, 1989) e sedimentares, seguidas de ígneas vulcânicas e intrusivas (Jaillarde & Soler, 1995). Entre esses terrenos Lancelot *et al.* (1978) registraram a presença de plútons graníticos com idades entre 253 e 238 Ma intrudidos em xistos de médio a alto grau metamórfico, onde são encontrados zircão e apatita, entre os minerais dos granitos, além de andaluzita e biotita nas auréolas de metamorfismo de contato surgidas durante intrusões nos xistos.

Outras áreas fontes primárias de sedimentos para os rios do Acre principalmente para o rio Moa, localizam-se na serra do Divisor ou Moa, fronteira Brasil Peru. Nesta foram mapeadas pelo projeto Radambrasil (1997), gnaisses dioríticos a graníticos, anfibólitos, sienitos e diques de pegmatitos, além de rochas metamórficas como quartzitos e sedimentares como arenitos, siltitos e argilitos. Nestas rochas são registrados minerais como granada, clorita, piroxênio, anfibólio, apatita, zirconita magnetita, turmalina, zircão, epidoto, andaluzita, xenotima, barita, titanita e “leucoxênio”.

Embora as duas áreas fontes principais, oeste do Cráton Amazônico e a região subandina do Peru e da Bolívia, geradoras de sedimentos, estejam distantes do atual sítio deposicional, verifica-se que produziram somente grãos angulosos a subangulosos e raramente arredondados.

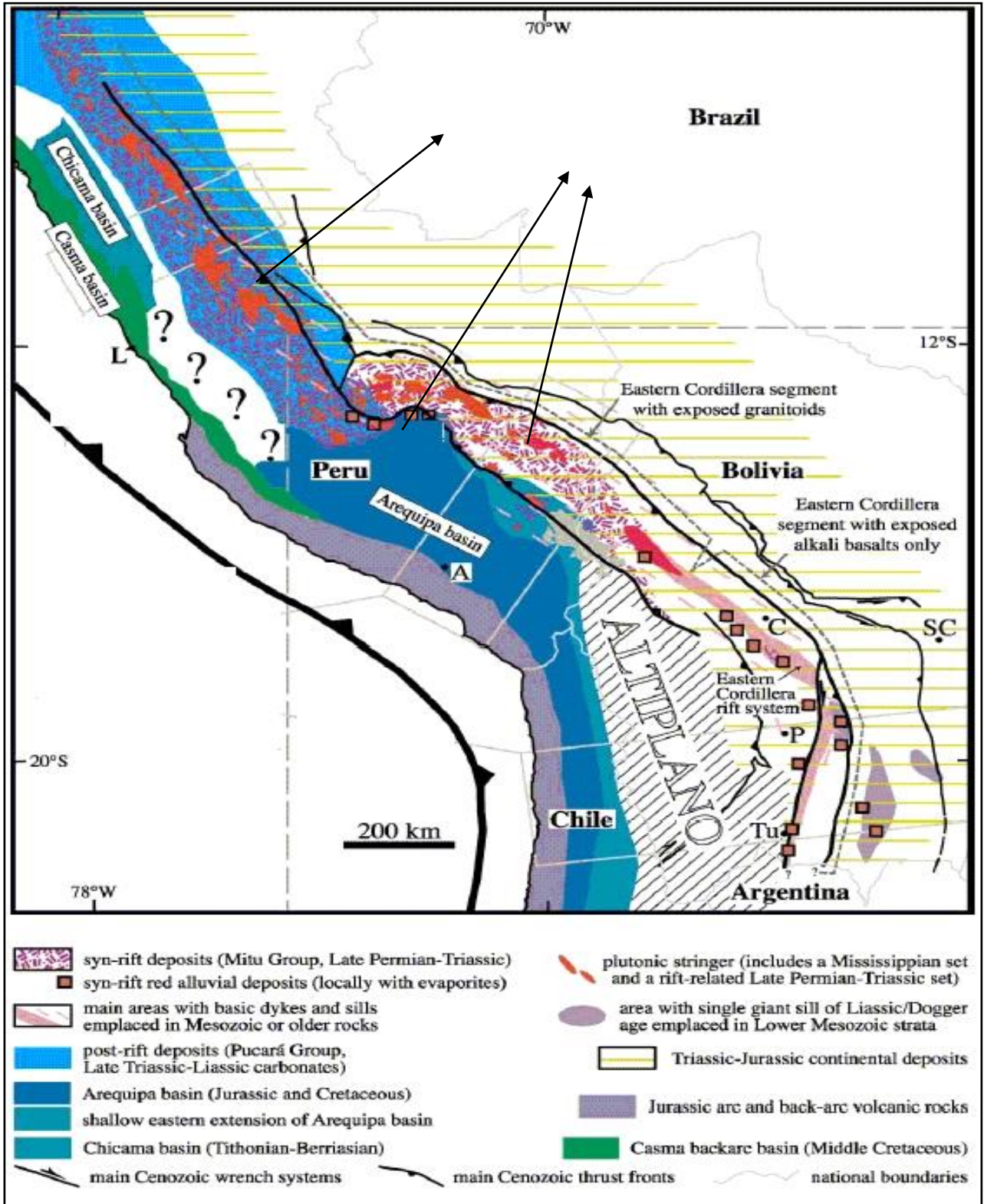


Figura 79- Mapa geológico simplificado da cordilheira andina, mostrando seus diversos compartimentos litoestruturais (Sempere *et al.*, 2002). As setas indicam a localização das possíveis rochas fontes para os sedimentos estudados.

## COMPOSIÇÃO QUÍMICA

### Elementos químicos maiores

Os sedimentos de praias estudados no Estado do Acre são constituídos principalmente de  $\text{SiO}_2$  (68,02 a 98,89%), com média de 81,70 % (Tabela 5); apenas o rio Moa apresenta o valor mais alto (98,89%), revelando o domínio de quartzo. Esses sedimentos apresentam teores significativos de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , variando de 0,41 a 11,88% com média de 7,13%,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (0,13 a 4,37%) com 2,54% de média,  $\text{K}_2\text{O}$  (1,50%),  $\text{Na}_2\text{O}$  (0,72%),  $\text{MgO}$  (0,54%),  $\text{CaO}$  (0,51%) e  $\text{TiO}_2$  (0,61%). Como era de se esperar, os valores mais baixos estão no rio Moa. A presença destes elementos óxidos em valores ainda expressivos é reflexo da mineralogia a base de argilominerais como esmectita e illita, mas pouca caulinita, K-feldspatos, albita, além de quartzo como demonstrado anteriormente. Quando comparados com a composição química da crosta terrestre superior e dos folhelhos australianos pós-arqueanos-PAAS (Figuras 80 e 81), em nível de referência, os sedimentos mostram-se empobrecidos em  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  e  $\text{K}_2\text{O}$  em relação a crosta terrestre superior e  $\text{MgO}$  em relação ao PAAS. Este empobrecimento, como era esperado, é maior naquelas amostras com maior conteúdo da fração areia (SC-02, SC-09 e SC-13), onde predomina quartzo. A amostra SC-13 (rio Moa) foi a que apresentou menor conteúdo, pois como anteriormente revelado, seus sedimentos são compostos essencialmente de  $\text{SiO}_2$ , refletindo sua mineralogia dominada por quartzo.

A Figura 80 também mostra que a maioria dos sedimentos praianos não apresenta grandes variações entre si, principalmente nos rios Iaco, Purus, Envira, Tarauacá e Juruá, com exceção daqueles dos rios Caeté, Muru e principalmente o Moa. A composição química também delinea três padrões: aquele similar à crosta terrestre superior (Iaco, Purus, Envira, Tarauacá e Juruá) e aqueles divergentes com maior empobrecimento em  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  e  $\text{K}_2\text{O}$  (Muru, Caeté e Moa), sendo este último o de maior divergência. Este padrão é também evidenciado quando normalizados aos folhelhos australianos pós-arqueanos (Figura 81).

Esta dependência da composição química com a geografia e, portanto, com a bacia hidrográfica e conseqüentemente com a geologia, pode ser vista através da distribuição dos valores de  $\text{SiO}_2$  mais baixos na região central do Estado (Figura 82), onde se destacam sedimentos mais finos (Figuras 19, 20 e 21), com concentrações mais altas de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (Figura 83), dos álcalis (Figura 84), além de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (Figura 85) e  $\text{TiO}_2$  indicando o domínio de argilominerais (esmectita e illita) e feldspatos. A relação destes óxidos com os minerais está bem indicada nos

diagramas de correlação geoquímica (Figura 86), que mostram antagonismo entre as concentrações de quartzo e argila ( $\text{SiO}_2$  vs  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) e que  $\text{MgO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{CaO}$  e  $\text{MnO}$  devem constituir a esmectita (correlações lineares positivas significativas com  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), e que  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  e  $\text{CaO}$  parecem participar de duas fases (os diagramas de dispersão de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  vs  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  e  $\text{CaO}$  mostram claramente dois domínios, interpretados como illita e feldspatos). A correlação positiva entre  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e  $\text{P}_2\text{O}_5$ , indica adsorção de fósforo em argilas, pois não foram identificados fosfatos de alumínio nos sedimentos estudados.

Embora as concentrações de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  e em parte  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  encontrem-se abaixo dos valores médios para crosta terrestre superior, os valores encontrados são considerados relativamente altos para metais alcalinos e alcalinos terrosos em sedimentos de rios de clima tropical. Porém estas concentrações são menores que os valores médios encontrados por Franzinelli & Potter (1985) para sedimentos dos rios que nascem nos Andes, que têm como fonte rochas semelhantes as da Formação Solimões.



Tabela 5- Composição química dos sedimentos praianos dos rios formadores das bacias dos rios Purus e Juruá, no estado do Acre e dos materiais de referência (% em peso).

Amostra	% em peso											Total
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	P.F	
SC-01	85,80	6,01	2,18	0,061	0,39	0,32	0,64	1,40	0,597	0,06	2,75	100,20
SC-02	91,83	3,21	1,35	0,019	0,20	0,15	0,23	0,69	0,413	0,05	1,88	100,04
SC-03	85,16	6,09	2,27	0,033	0,40	0,33	0,71	1,42	0,66	0,05	2,71	99,83
SC-04	82,29	7,29	2,61	0,035	0,52	0,51	0,99	1,65	0,72	0,06	3,24	99,92
SC-05	82,71	6,94	2,65	0,032	0,48	0,49	0,99	1,73	0,704	0,06	2,88	99,67
SC-06	71,96	10,49	3,61	0,058	0,92	1,05	0,96	1,94	0,748	0,09	7,86	99,69
SC-07	77,92	8,60	2,93	0,036	0,68	0,74	1,03	1,84	0,648	0,08	5,32	99,83
SC-08	78,25	8,37	2,79	0,051	0,65	0,66	0,78	1,83	0,675	0,07	5,47	99,60
SC-09	90,86	4,02	1,26	0,017	0,17	0,24	0,53	1,53	0,346	0,06	1,15	100,18
SC-10	71,40	10,6	3,78	0,069	0,83	0,76	0,73	1,91	0,79	0,09	8,31	99,26
SC-11	68,02	11,9	4,37	0,087	1,03	0,79	0,76	1,78	0,856	0,10	9,74	99,41
SC-12	80,84	7,34	2,56	0,036	0,54	0,46	0,91	1,51	0,658	0,06	4,17	99,08
SC-13	98,89	0,41	0,13	0,003	0,02	0,02	0,02	0,16	0,081	0,03	0,26	100,02
SC-14	77,90	8,62	3,09	0,056	0,67	0,57	0,86	1,64	0,681	0,07	5,65	99,80
<b>Média</b>	<b>81,70</b>	<b>7,13</b>	<b>2,54</b>	<b>0,04</b>	<b>0,54</b>	<b>0,51</b>	<b>0,72</b>	<b>1,50</b>	<b>0,61</b>	<b>0,07</b>	<b>4,39</b>	
D. Padrão	8,51	3,09	1,10	0,02	0,29	0,28	0,30	0,50	0,20	0,02	2,81	
<b>CTS</b>	64,92	14,63	4,42	0,070	2,24	4,12	3,46	3,45	0,520	0,15	n.d	
<b>PAAS</b>	62,80	18,90	6,50	0,11	2,20	1,30	1,20	3,70	1,00	0,16	n.d	
<b>CJ</b>	n.d	13,40	3,24	0,130	2,72	4,45	1,23	2,48	0,950	n.d	n.d	
<b>HH</b>	n.d	10,49	6,12	0,090	1,91	5,61	2,22	2,29	0,600	n.d	n.d	

CTS-crosta terrestre superior (Wedepohl, 1995)

PAAS-folhelhos pós-Arquenos da Austrália (Taylor & McLennan, 1985)

CJ-sedimentos do rio Changjiang, China (Yang *et al* 2003).

HH-sedimentos do rio Huanghe, China (Yang *et al* 2003).

P.F-perda ao fogo

n.d-não determinado

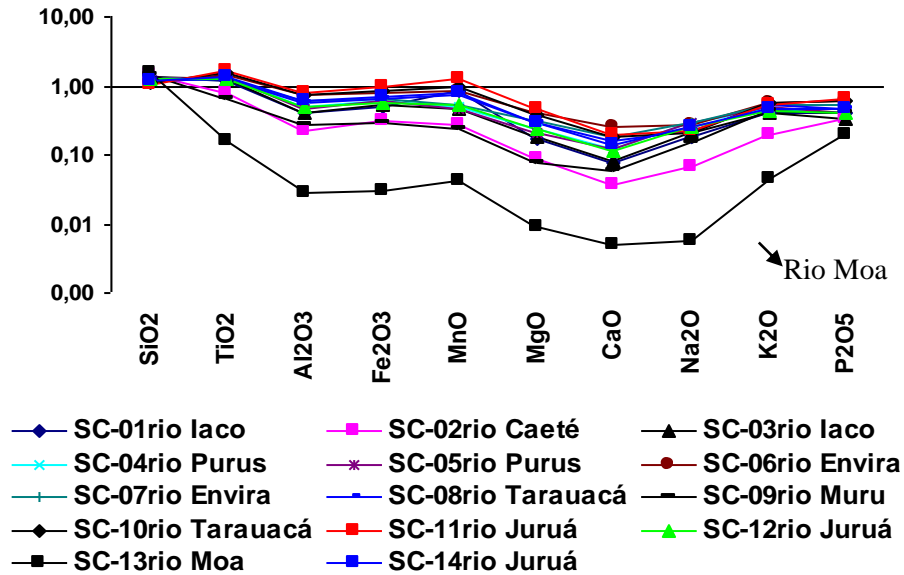


Figura 80 - Concentrações normalizadas a crosta terrestre superior dos elementos analisados nos sedimentos praianos dos rios do Estado do Acre. Dados da crosta: Wedepohl (1995)

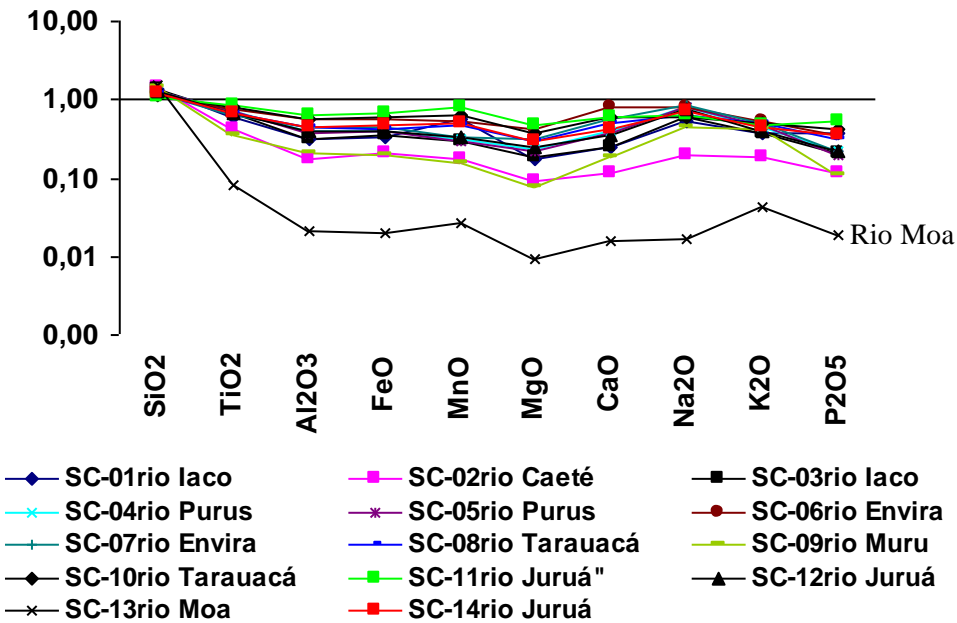


Figura 81 - Concentrações normalizadas a folhelhos australianos pós-arqueano-PAAS, dos elementos analisados nos sedimentos praianos nos rios do Estado do Acre. Dados PAAS: Taylor & McLennam, 1985.

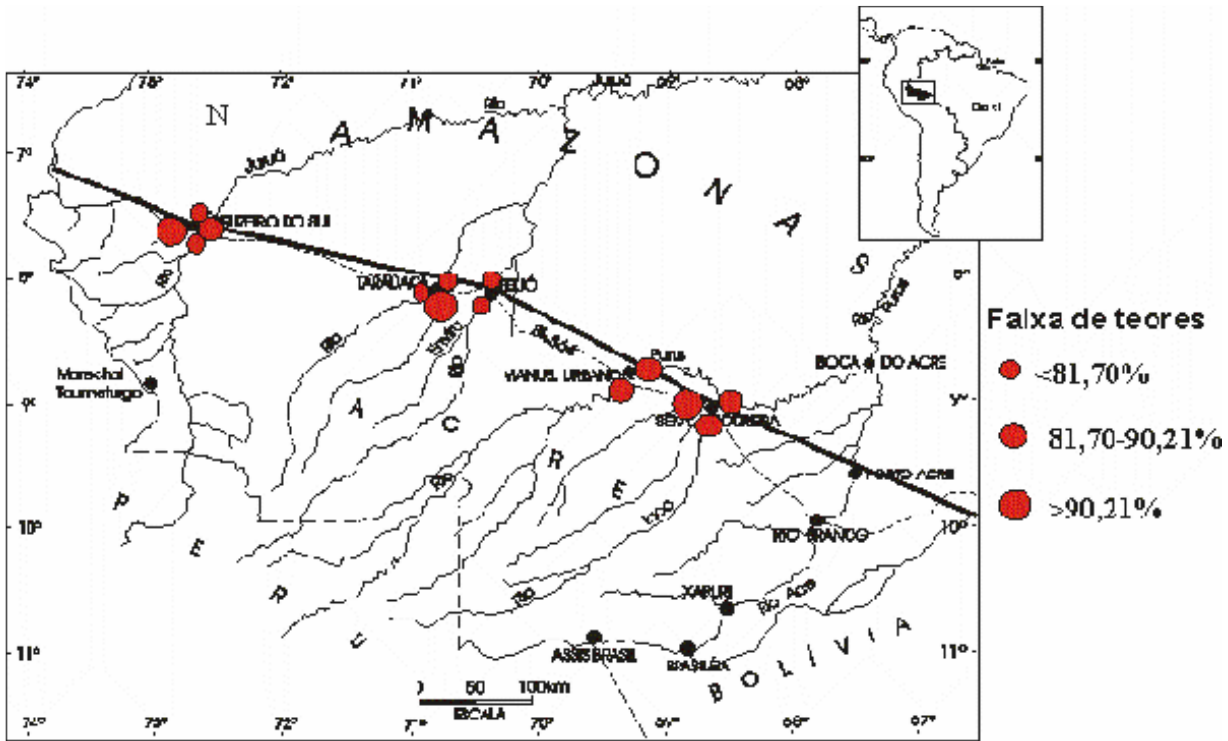


Figura 82- Distribuição das concentrações de  $\text{SiO}_2$  em sedimentos praianos do estado do Acre. Observa-se que os valores na região central do Estado, onde predominam sedimentos finos, estão abaixo da média (81,70%).

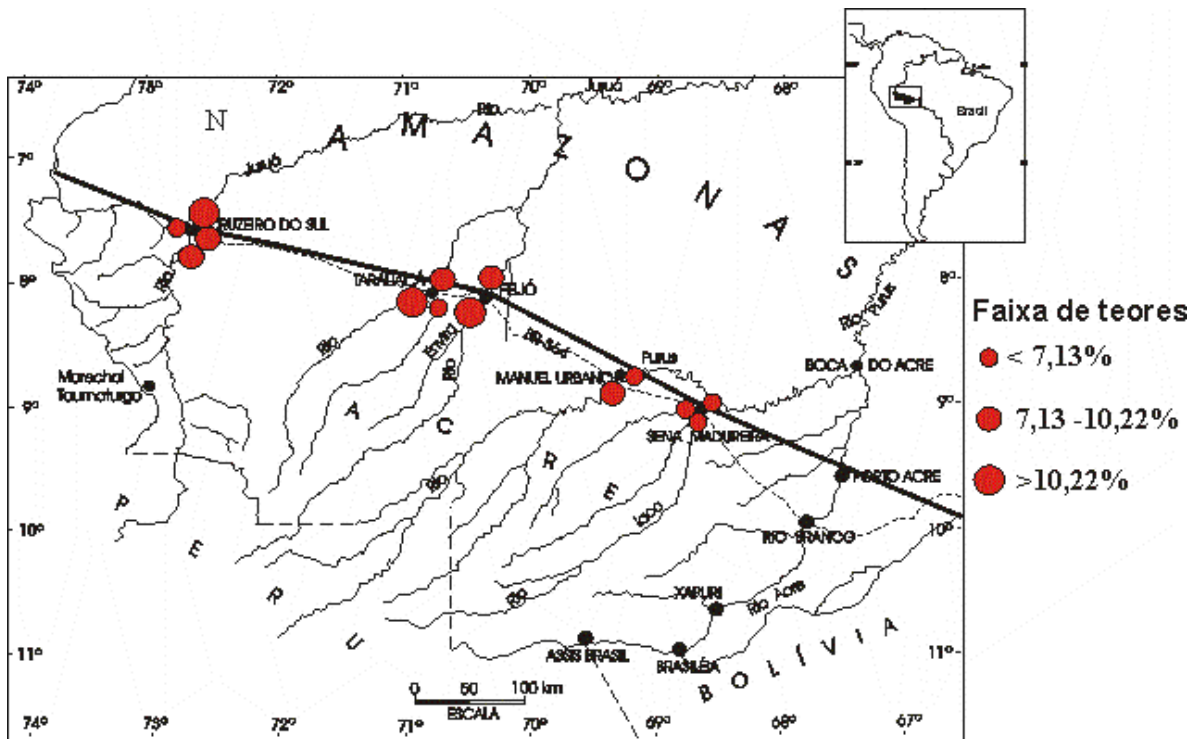


Figura 83- Distribuição das concentrações de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  em sedimentos praianos do estado do Acre. Observa-se que os valores na região central do Estado, em que predominam sedimentos finos, estão acima da média (7,13%).

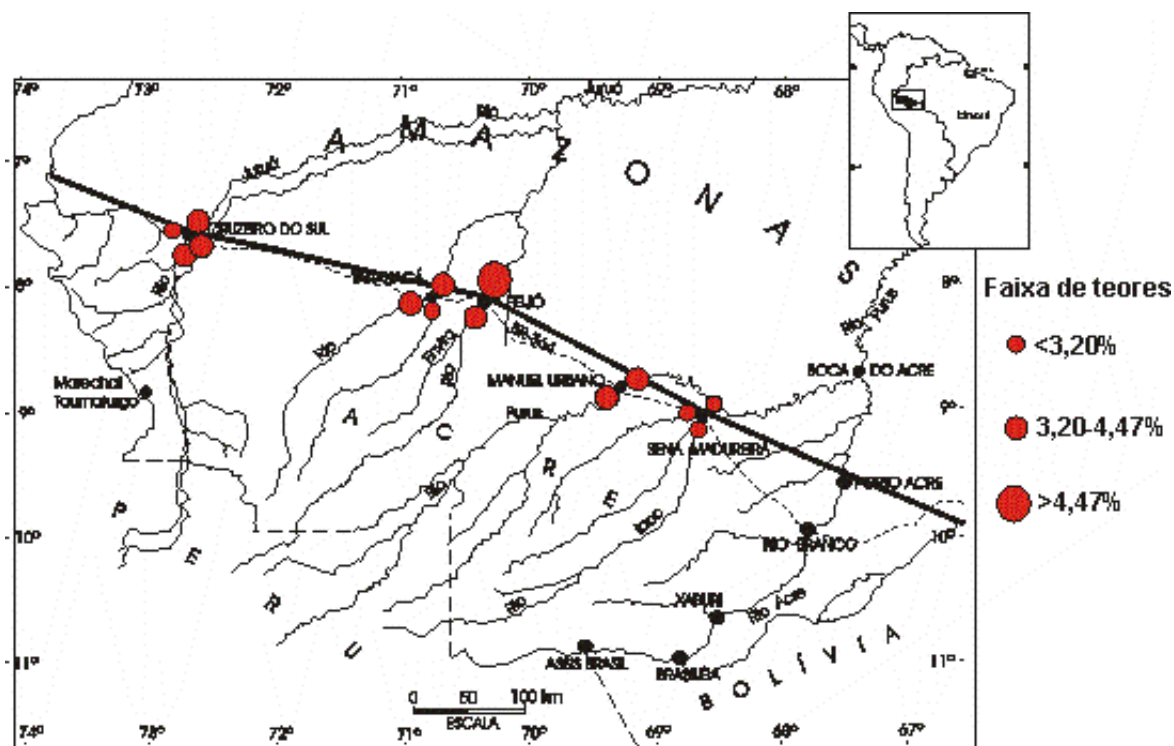


Figura 84- Distribuição das concentrações de álcalis em sedimentos praianos do estado do Acre. Observa-se que os valores na região central do Estado, em que predominam sedimentos finos, estão acima da média (3,20%).

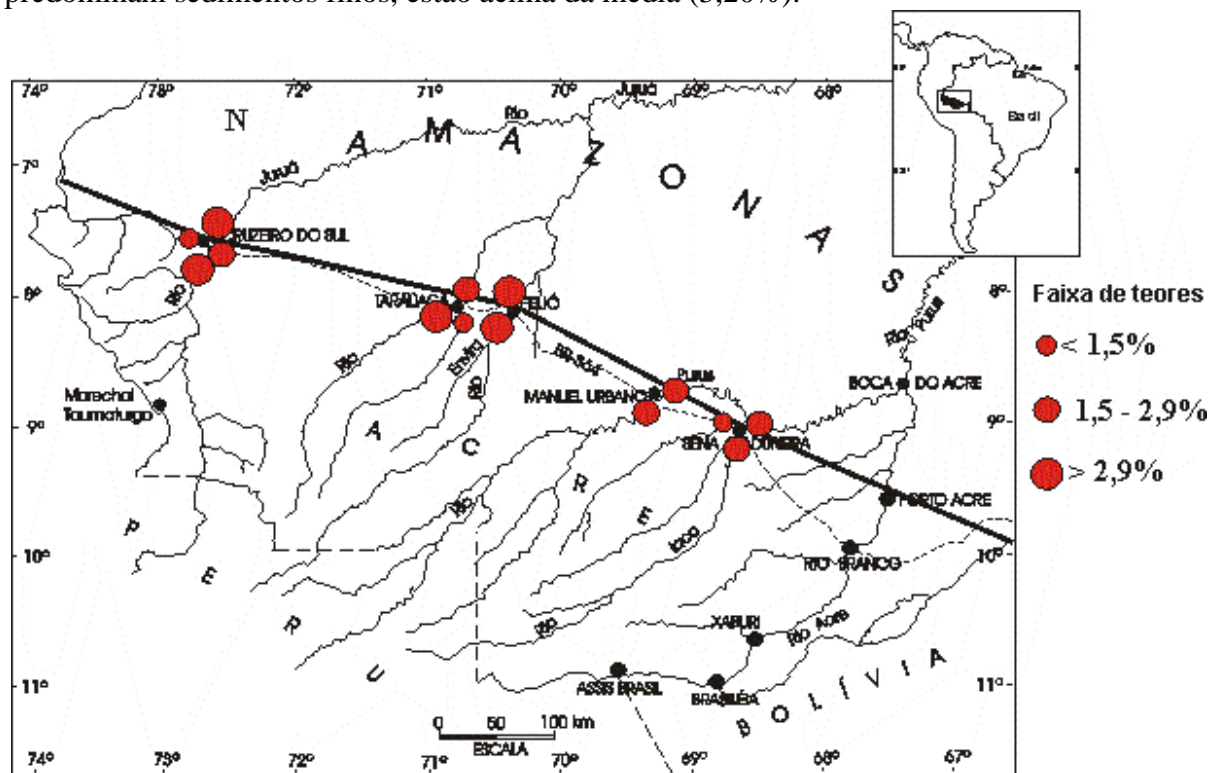


Figura 85- Distribuição das concentrações de  $Fe_2O_3$  em sedimentos praianos do estado do Acre. Observa-se que os valores na região central do Estado, em que predominam sedimentos finos, estão acima da média (1,5%).

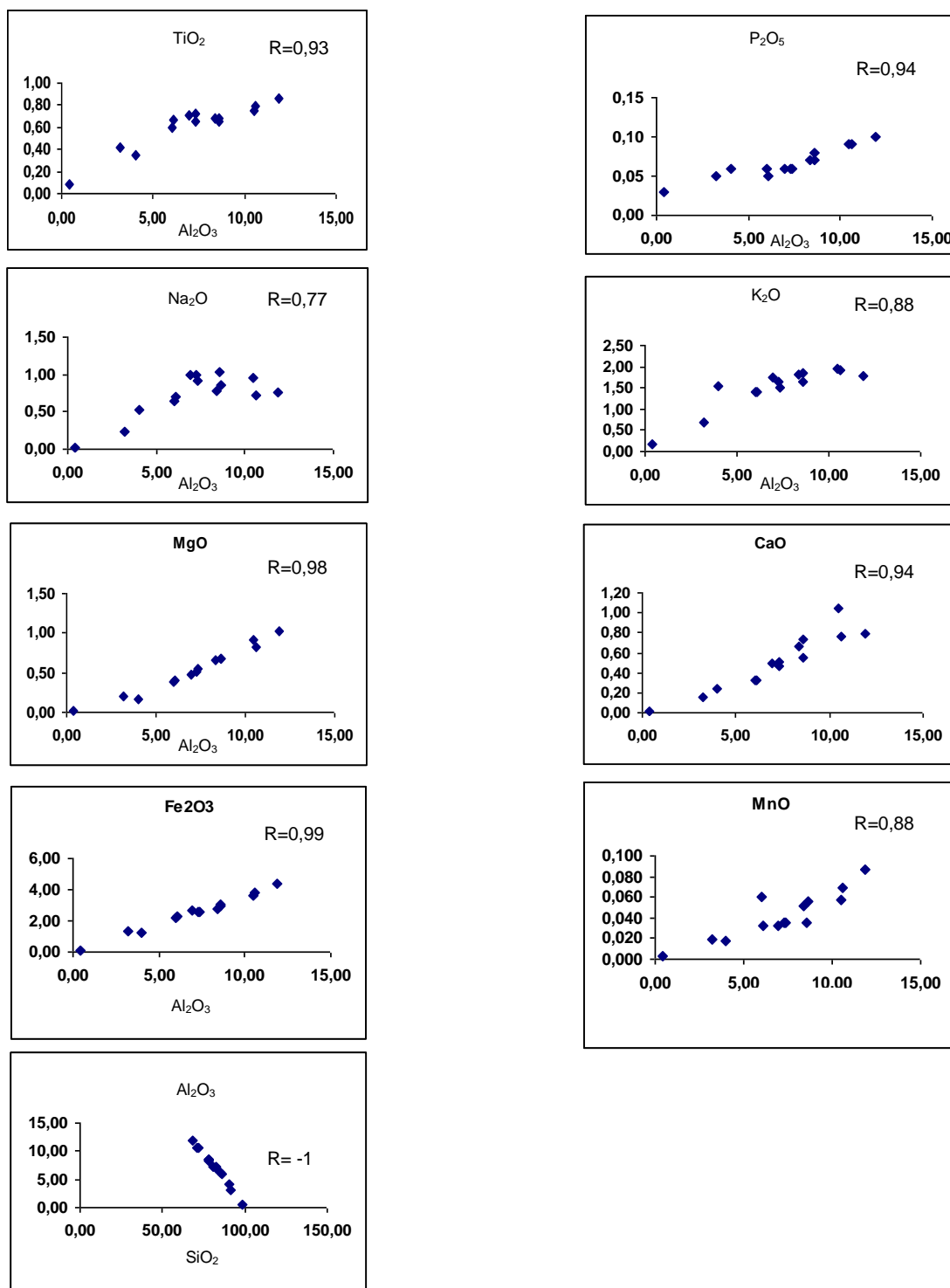


Figura 86- Diagramas de dispersão para concentrações químicas dos principais elementos, nos sedimentos de praias dos rios do Acre.

Quando normalizados com os sedimentos dos rios chineses Changjiang e Huanghe (Figuras 87 e 88), que são sedimentos imaturos com composição química e conteúdo mineral semelhante aos sedimentos dos rios do Acre, verifica-se empobrecimento de CaO e MgO em relação aos sedimentos do rio Changjiang e MgO, CaO, Na<sub>2</sub>O e Sr em relação aos sedimentos do rio Huanghe.

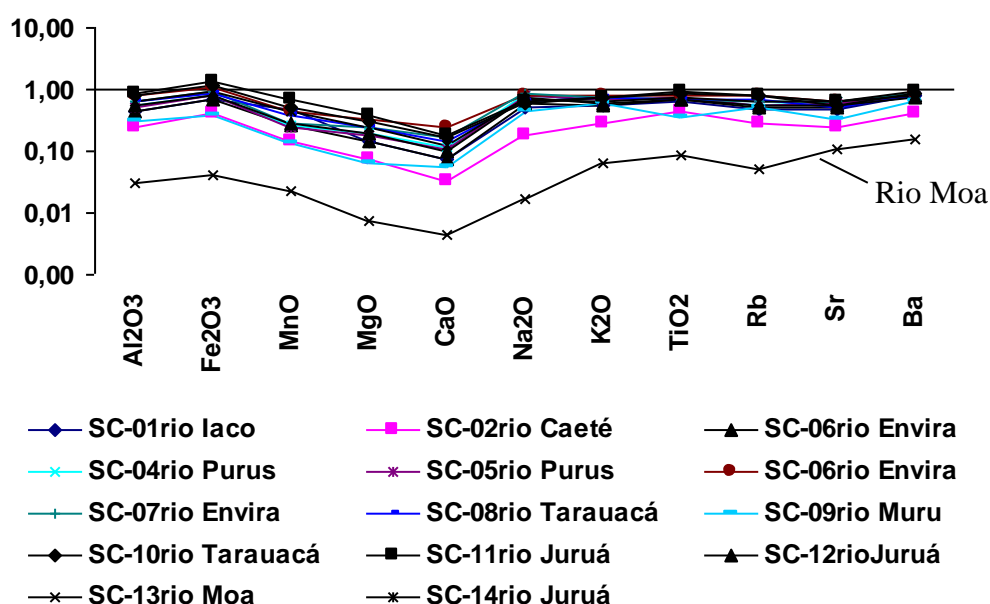


Figura 87- Normalização química dos sedimentos dos rios do estado do Acre relativo aos sedimentos do rio Changjiang da China (Yang *et al*, 2003).

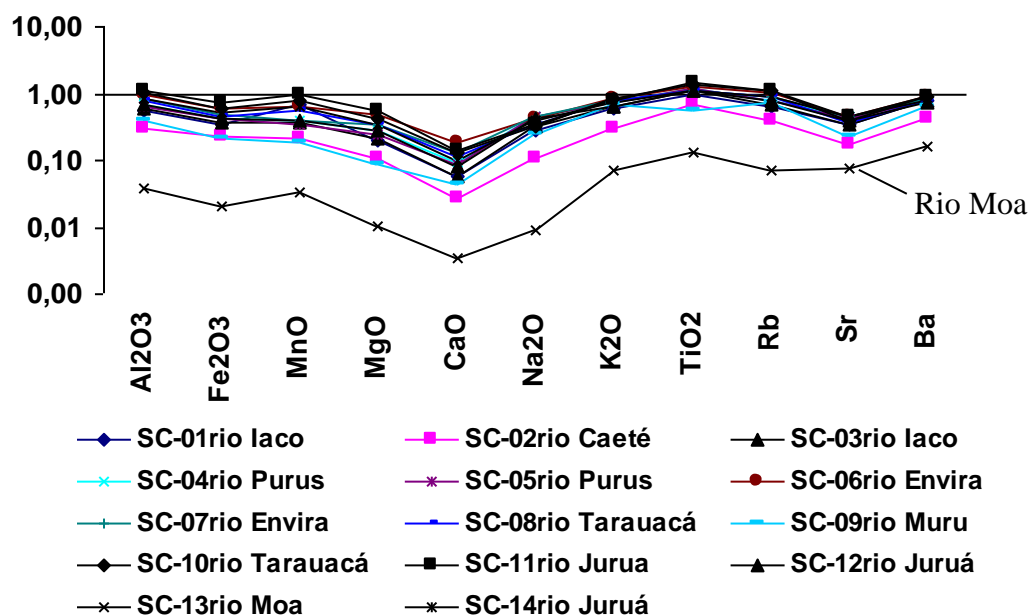


Figura 88- Normalização química dos sedimentos dos rios do estado do Acre relativo aos sedimentos do rio Huanghe da China (Yang et al, 2003).

### Intensidade do intemperismo

Considerando que para a desagregação física e química das rochas para a produção de grãos é necessário a atuação do intemperismo na área fonte, torna-se de real importância determinar a intensidade do mesmo na região das rochas fontes dos sedimentos dos rios do Acre. Como foi demonstrado anteriormente através dos minerais pesados, as duas principais fontes de sedimentos da Formação Solimões, que atualmente são retrabalhados pelos rios para as praias estudadas são: a região Oeste do Crato Amazônico e região subandina da Bolívia e Peru. Como será demonstrado a seguir, embora se esteja estudando sedimentos atuais derivados dos sedimentos Solimões retrabalhados pelo sistema fluvial atual, eles parecem ter guardado a assinatura das rochas fontes, sem grandes modificações. O Índice de Alteração Químico (IAQ), bem como os diagramas de  $Al_2O_3 - (CaO + Na_2O) - K_2O$  (A - CN - K) e  $Al_2O_3 - (CaO + Na_2O + K_2O) - (Fe_2O_3 + MgO)$  (A - CNK - FM) permitem avaliar o grau de intemperismo. O IAQ é definido como  $Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO + Na_2O + K_2O) \times 100$  (conteúdo molar, e CaO pertencente a silicatos) e varia de 50, para média das rochas da Crosta Superior não alteradas, a 100 para materiais intensamente alterados (Nesbit & Young, 1982 e 1984).

O IAQ permite comparar a intensidade de alteração química na área fonte ou pode ser usado para verificar a proporção relativa de alteração química sofrida pelo material presente nas amostras (Sawyer, 1986). Para o cálculo do IAQ foi admitido que o responsável pela alteração dos minerais pré-existentes das rochas fontes foi o intemperismo. Como não foi identificado calcita ou mesmo gipsita nos sedimentos, todo o CaO existente foi então admitido pertencer aos silicatos.

A presença de argilominerais nos sedimentos dos rios em estudo, em forma de fragmentos do tamanho silte e mesmo de areia fina, sugere transformação de minerais pré-existentes por intemperismo ou mesmo por processos hidrotermais de forma isovolumétrica.

O IAQ para os sedimentos praianos dos rios do Acre variou entre 58 e 73 com média de 65 (Figura 89), valor próximo a 68, que foi encontrado por Vital & Stattegger, (2000), para a fração areia dos sedimentos do baixo rio Amazonas e para sedimentos dos rios Marañon – Solimões, bem como valor igual para as argilas glaciais pleistocênicas (Taylor & McLennan, 1985), que seriam aquelas que mineralogicamente melhor se correlacionam com os sedimentos do Acre aqui estudado (Figura 90).

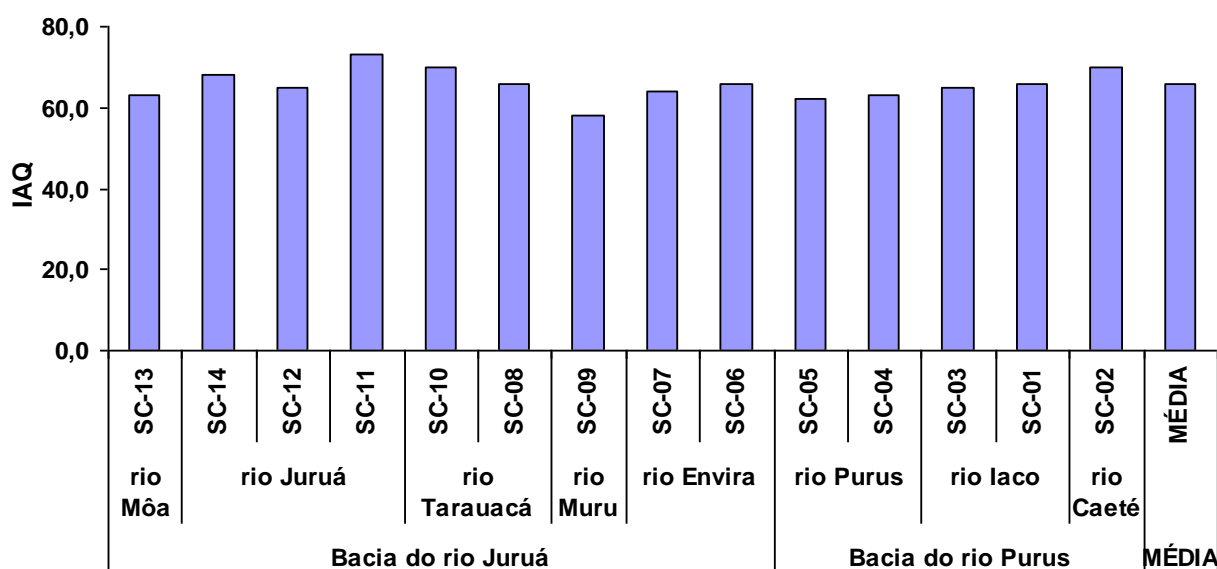


Figura 89- Índice de Alteração Química (IAQ) por amostra para os sedimentos dos rios do Acre estudado. Nota-se que o maior valor é da amostra SC-11 no rio Juruá.



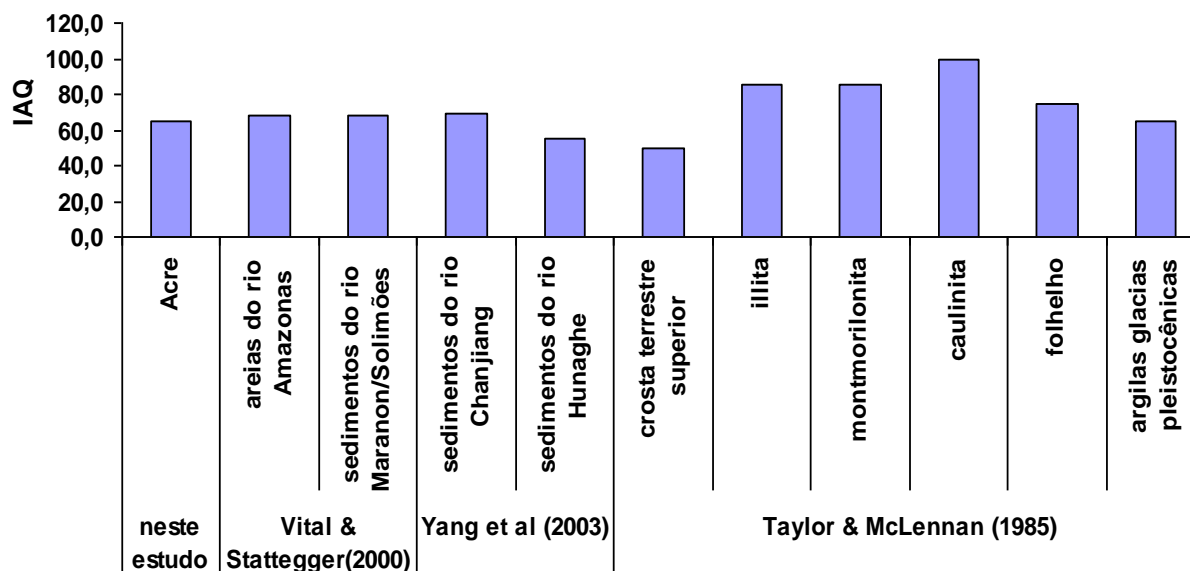


Figura 90 - Índice de Alteração Química (IAQ) para a média dos sedimentos dos rios estudados no Estado do Acre comparado a outros materiais de referência.

Esses sedimentos das praias do Acre experimentaram alterações químicas semelhantes aos dos sedimentos do rio Changjiang e aos folhelhos australianos pós-arqueanos (PAAS) e estão mais alterados relativamente aos sedimentos dos rios Huanghe e Congo sugerindo assim fonte inicial a partir de rochas próximas daquelas de crosta terrestre superior, como as rochas tonalíticas (Figura 91).

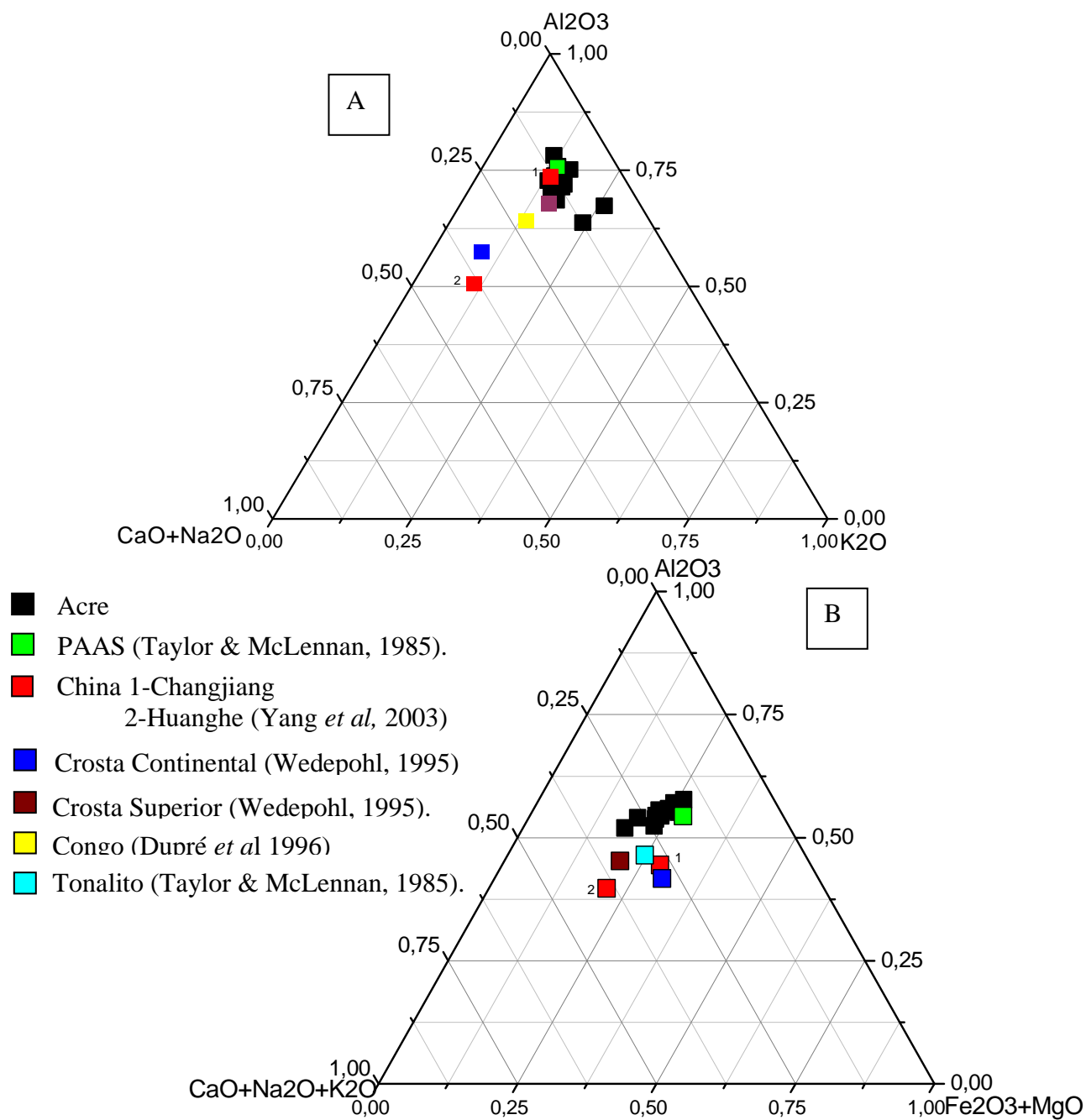


Figura 91- Comparação entre a composição química dos sedimentos dos rios do Acre com aqueles de outras regiões, ressaltando diretamente o índice de alteração química. A-diagrama A-CN-K e B-diagrama A-CNK-FM.

Kronberg *et al.* (1989) e Kronberg & Benchimol (1992) calcularam o IAQ em amostras de rochas da Formação Solimões, que é a principal fonte dos sedimentos dos rios do Acre, em duas situações. A primeira em amostras de rochas aflorantes ao longo do rio Purus, as proximidades da Cidade de Boca do Acre no Estado do Amazonas, que segundo Kronberg *et al.* (1989) foram depositados durante o Pleistoceno Superior e o Holoceno Inferior, e a segunda em amostras de testemunhos de um furo de sondagem no rio Itaquí também no Estado do Amazonas, realizado pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), no início da década de 70 para determinar a quantidade de linhito na Bacia do Acre.

Na região do rio Purus os autores encontraram para rochas de superfície valores entre 81 e 89, e para as amostras do testemunho de sondagem valores com grande variação, entre 72 e 93.

Esta grande variação de valores reflete mudanças no ambiente tectônico da área fonte durante a geração e deposição dos sedimentos da Formação Solimões na Bacia do Acre (Kronberg & Benchimol, 1992). Sob atividade tectônica seriam criadas condições para a atuação mais intensa do intemperismo físico, como consequência produzindo materiais imaturos que seriam erodidos e transportados para a bacia, sendo cobertos antes de serem intensamente intemperizados. Ao contrário, nos períodos de quiescência tectônica a atuação do intemperismo químico seria maior consequentemente produzindo sedimentos mais maduros.

Deste modo a Formação Solimões representa alternância de seqüências depositadas sob influência de intemperismo físico na área-fonte e outras sob influência de intemperismo químico, no seu conjunto predominando o intemperismo físico.

Os valores de IAQ obtidos para os sedimentos praianos dos rios estudados no estado do Acre, variando de 58 a 73, estão abaixo daqueles obtidos nas amostras de testemunho do furo por Kronberg *et al.* (1989), indicando que tiveram sua origem sob influência de intemperismo químico de baixa intensidade com predomínio do físico e correspondendo aos IAQ da própria Formação Solimões.

Isto então reforça as observações de campo, em que se nota que os rios atuais estão erodindo e redistribuindo sedimentos antes por eles mesmo depositados, bem como rochas da Formação Solimões.

### **Razões de elementos maiores**

A avaliação da imaturidade de sedimentos e rochas sedimentares pode ser feita também se utilizando as razões  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  (Franzinelli & Potter, 1985), bem como  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$  e  $\text{Na}_2\text{O}/\text{CaO}$  (Sawyer, 1986 e Yang *et al.*, 2003). Quanto maiores forem estas razões, maior será a maturidade dos sedimentos analisados.

Na tabela 6 são apresentadas as razões médias acima citadas para os sedimentos pesquisados nos rios do Acre, bem como os dados de Franzinelli & Potter (1985) para os sedimentos dos rios que nascem nos Andes na divisa Brasil, Peru e Colômbia e Konhauser *et al* (1994) para as planícies de inundação do rio Solimões próximo a Manaus. Os sedimentos dos rios do Acre apresentaram baixas razões  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$  e  $\text{Na}_2\text{O}/\text{CaO}$ , lhes conferindo elevado grau de imaturidade, semelhante aos outros dois tomados como referência. Essa imaturidade deve-se a presença de minerais instáveis, como argilominerais 2:1 (esmectitas) e feldspatos. Estes resultados também mostram a diferença existente entre os sedimentos dos rios que drenam o Acre e vizinhanças e os de outras regiões da Amazônia, principalmente àqueles que drenam rochas pré-cambrianas e os terrenos formados por rochas pré-cambrianas e paleozóicos, cujas razões médias de  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  são 122 e 283 respectivamente com teor de sílica por volta de 96%, caracterizando-os como altamente maduros (Franzinelli & Potter, 1985).

Tabela 6- Razões médias para os sedimentos dos rios do Acre, comparados com os dos rios dos Andes e planície de inundação do rio Solimões.

	SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O / Na <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O / CaO
Sedimentos dos rios do Acre estudados.	11,64	2,08	1,41
Rios dos Andes, Franzinelli & Potter, 1985.	8,00	0,90	0,90
Planície de inundação do rio Solimões, Konhauser <i>et al</i> 1994.	4,08	1,76	0,90

### Elementos traços

Na tabela 7 são apresentadas as concentrações dos elementos traços, para os sedimentos dos rios estudados no Estado do Acre.

A normalização destes elementos contra a crosta terrestre superior no geral mostra enriquecimento em Cu, (Zn), Zr e Hf, empobrecimento em Sr, (Rb), (Cs), Ba, Th, (U), e (Sc) e semelhante à crosta para os outros elementos. Destes o Sr é o mais empobrecido principalmente os sedimentos com maior conteúdo da fração areia, como os dos rios Caeté (SC-02), Muru (SC-09) e Moa (SC-13), sendo que no Moa, que contém mais areia, é mais empobrecido. Por outro lado Cu, Zr e Hf são os mais enriquecidos nos sedimentos destes rios com exceção dos rios Muru (SC-09) e Moa (SC-13) (Figura 92). Se normalizados ao PAAS mostram enriquecimento apenas dos elementos Zr, Hf e Nb enquanto Rb, Sr, Cs, Ba, Th, Cr, Co, Sc e V são os mais empobrecidos (Figura 93). Ou seja, a concentração de elementos traços nos sedimentos de praia está entre aquelas dos sedimentos PAAS e crosta terrestre superior, o que confirma uma fonte constituída de matérias que além de quartzo contêm feldspatos e argilas 2:1, em coerência com a mineralogia dos sedimentos estudados, que é também a mineralogia dos sedimentos da Formação Solimões drenados pelos rios investigados.

Tabela 7 - Concentração dos elementos traços nos sedimentos praianos dos rios formadores das bacias dos rios Purus e Juruá, no Estado do Acre (ppm).

ELEMENTOS	AMOSTRA														Média	D. Padrão	CTS	PAAS
	ppm	SC-01	SC-02	SC-03	SC-04	SC-05	SC-06	SC-07	SC-08	SC-09	SC-10	SC-11	SC-12	SC-13				
Ba	334	188	343	367	364	394	384	357	284	410	410	334	72	366	<b>329,02</b>	93,38	668	650
Rb	53	31	56	64	64	87	75	77	59	93	90	62	6	72	<b>63,54</b>	23,25	110	160
Sr	70	35	73	92	90	96	94	75	48	80	97	83	15	92	<b>74,23</b>	24,89	316	200
Sc	6	3	6	6	5	9	7	7	2	9	11	6	-1	7	<b>5,93</b>	3,05	7	16
Y	18	15	22	23	22	27	24	23	12	30	28	21	4	22	<b>20,73</b>	6,82	20,7	27
Zr	398	639	513	486	648	384	457	438	239	388	371	527	182	430	<b>435,79</b>	129,38	237	210
Nb	12	9	13	14	14	16	13	15	8	18	18	14	3	14	<b>12,93</b>	4,15	26	19
Be	1	1	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	-1	2	<b>1,57</b>	0,85	3,1	
V	46	30	51	58	58	74	61	58	25	77	86	55	-5	64	<b>52,79</b>	23,31	53	150
Sn	1	1	2	2	2	2	2	2	1	3	2	2	-1	2	<b>1,59</b>	0,84	2,5	
Sb	-0,5	-0,5	0,5	-0,5	0,5	0,5	-0,5	0,6	-0,5	0,6	0,6	0,8	-0,5	0,7	<b>0,13</b>	0,57	0,31	
Cs	2,3	1,6	2,5	3	2,7	5,6	3,7	3,9	1,3	5,3	6,5	3,4	-0,5	4,3	<b>3,26</b>	1,86	5,8	15
Cr	29	-20	31	34	29	38	31	30	-20	39	47	33	-20	69	<b>24,98</b>	26,51	35	110
Co	7	4	7	7	7	10	8	8	4	12	14	8	-1	10	<b>7,58</b>	3,69	11,6	23
Ni	-20	-20	21	24	20	-20	-20	-20	-20	22	25	-20	-20	192	<b>10,29</b>	56,24	18,6	55
Cu	64	63	64	67	64	73	68	67	57	72	73	66	54	69	<b>65,83</b>	5,47	14,3	50
Zn	62	57	84	62	73	94	71	85	51	100	102	78	47	91	<b>75,46</b>	17,97	52	
Ga	8	4	8	9	9	13	10	10	5	13	15	9	-1	11	<b>8,73</b>	4,03	14	
Ge	1	1	1	1	1	1	1	1	-1	1	1	1	-1	1	<b>0,96</b>	0,84	1,4	
Hf	10,8	16,2	14,1	13,5	17,3	10,9	13,2	12,3	6,6	10,9	10,8	15	4,7	12,3	<b>12,04</b>	3,42	5,8	5
Ta	0,9	0,6	0,9	1	1	1,1	0,9	1,1	0,6	1,2	1,3	0,9	0,2	1	<b>0,9</b>	0,28	1,5	
Pb	11	12	15	12	17	21	14	19	11	21	20	18	8	20	<b>15,72</b>	4,52	17	
Th	6,1	4,7	6,3	7	6,9	9,5	8,1	8,3	3,6	9,7	10,8	7,1	2	8,2	<b>7,02</b>	2,42	10,3	14,6
U	1,9	1,6	2,3	2,3	2,4	2,8	2,5	2,5	1,2	3	3	2,4	0,7	2,5	<b>2,23</b>	0,66	2,5	3,1

CTS-crosta terrestre superior (Wedepohl, 1995)

PAAS-folhelhos pós-Arqueano Australiano (Taylor & McLennan, 1985)

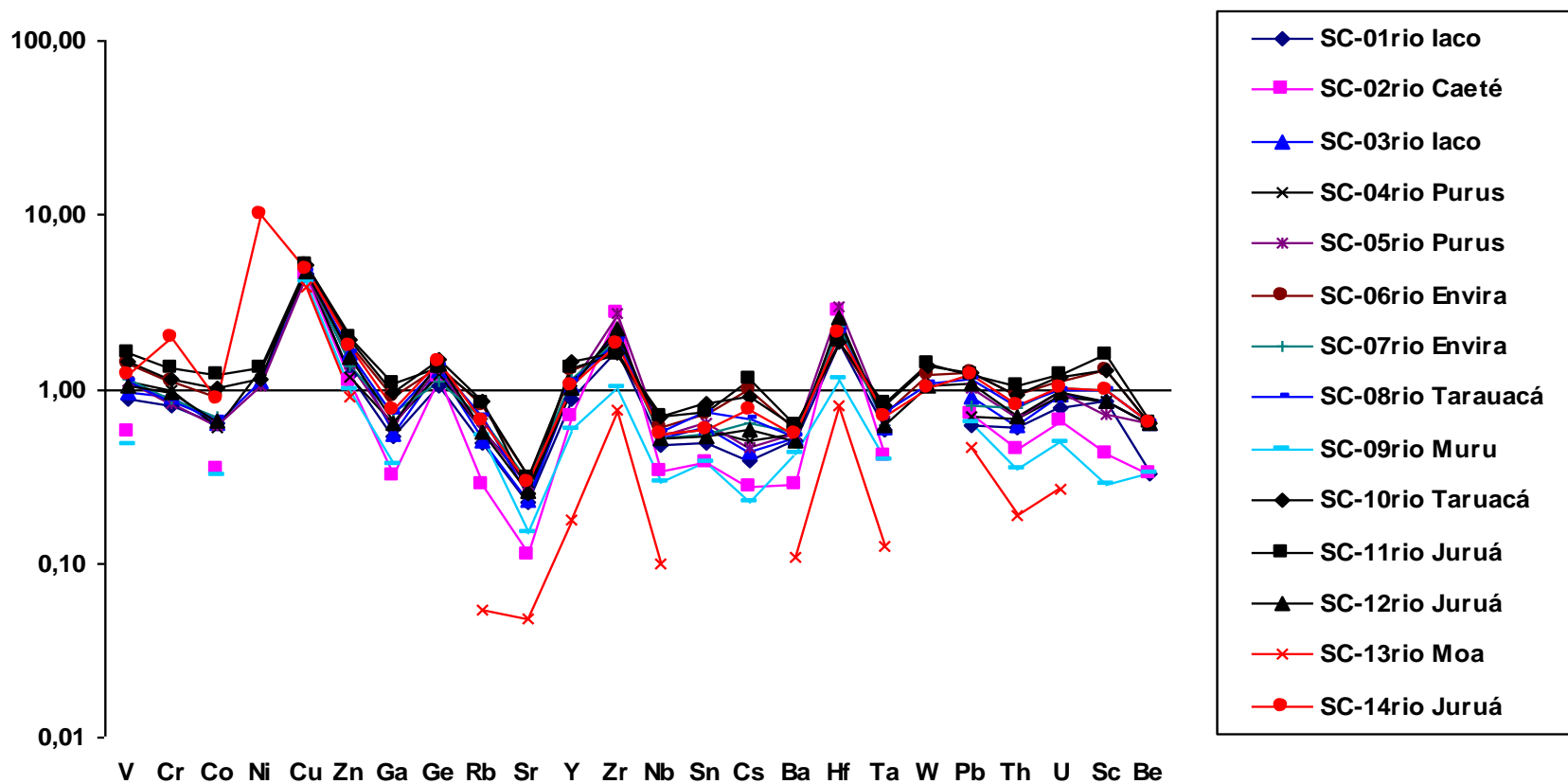


Figura 92- Normalização dos sedimentos dos rios do Acre contra a média da crosta terrestre superior, segundo dados de Wedepohl (1995).

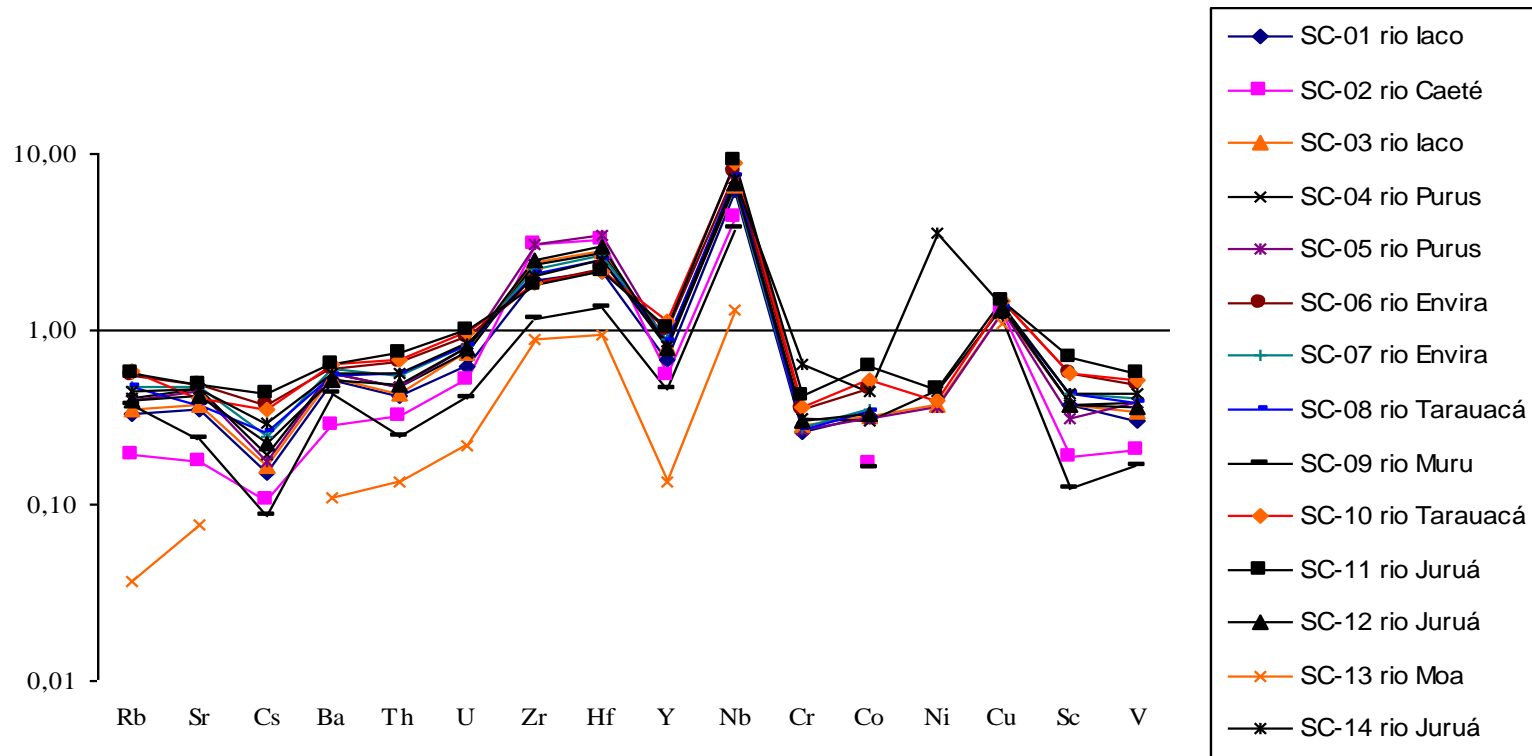


Figura 93- Normalização dos sedimentos dos rios do Acre contra folhelhos pós-arqueanos australianos PAAS, segundo dados de Taylor & McLennan (1985).



A concentração de elementos traços em sedimentos é influenciada pela rocha fonte, intemperismo, diagênese e o comportamento geoquímico de cada elemento em meio aquoso (Rollinson, 1993). As concentrações dos elementos traços analisados nos sedimentos dos rios estudados, exceção ao Zr e Hf ligados ao zircão, a julgar pelos índices de correlação (Anexo 2), estão relacionados principalmente com os argilominerais, indicado pela forte correlação com  $Al_2O_3$  (Figura 94). Porém ressalta-se que Ba, Rb e Sr mostram claramente duas populações, indicando provavelmente fracionamento entre minerais de argila (illita / mica) e feldspatos ou entre os dois principais minerais de argila: illita/mica e esmectita. As concentrações no geral mostram pouca variação e tendem apresentar maiores valores nos sedimentos entre os dos rios Purus (SC-04) e do Juruá (SC-11), onde os sedimentos têm maiores concentrações de  $Al_2O_3$  e são maiores as quantidades de silte. Por sua vez Zr apresenta as maiores concentrações em sedimentos dos rios Caeté (SC-02) e Purus (SC-05) como mostrado na Figura 95. Essas observações reforçadas pelos índices de correlação (Anexo 2), demonstram que os argilominerais, em especial a esmectita, são uma variável importante na distribuição dos elementos traços nos sedimentos praianos. Na Figura 94 são apresentadas algumas correlações entre o  $Al_2O_3$  e elementos traços.

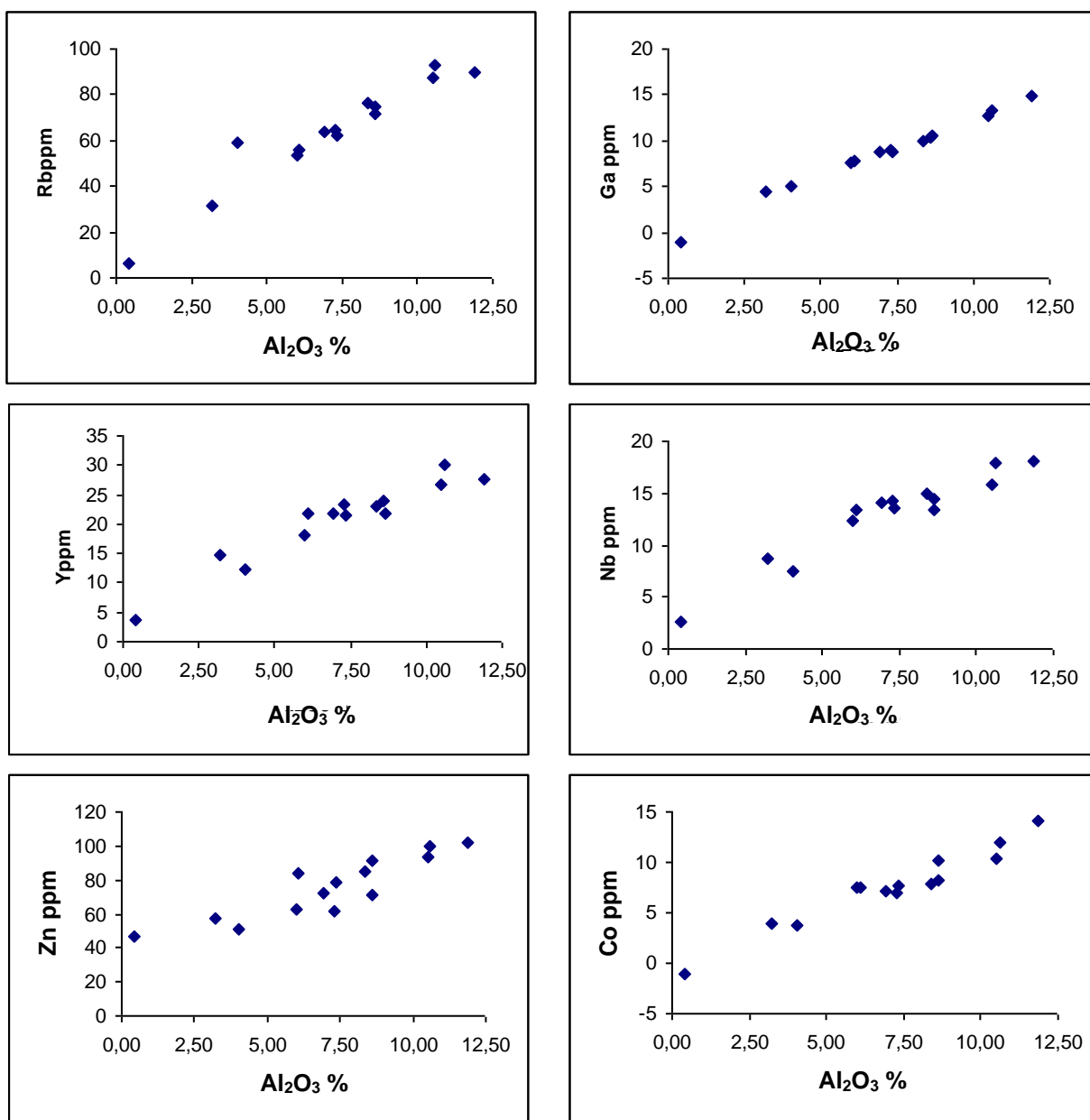
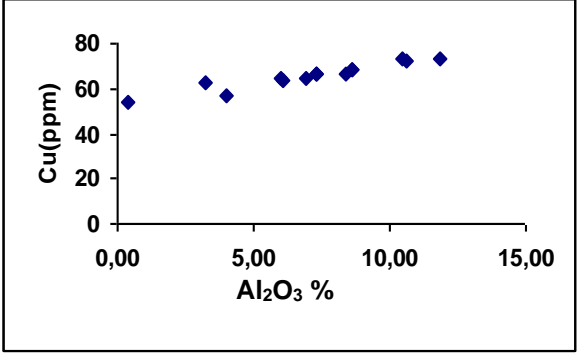
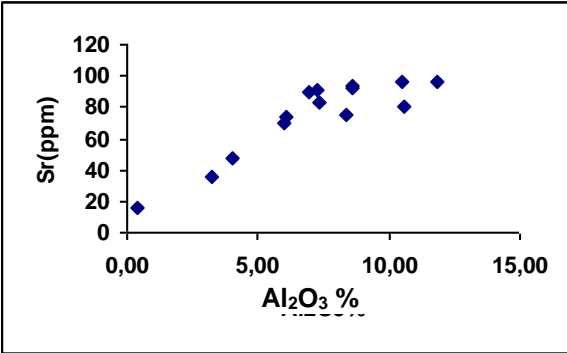
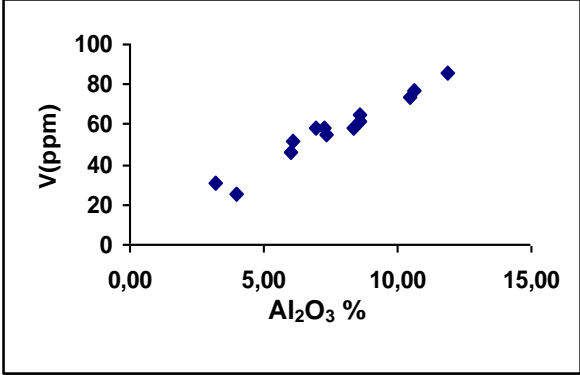
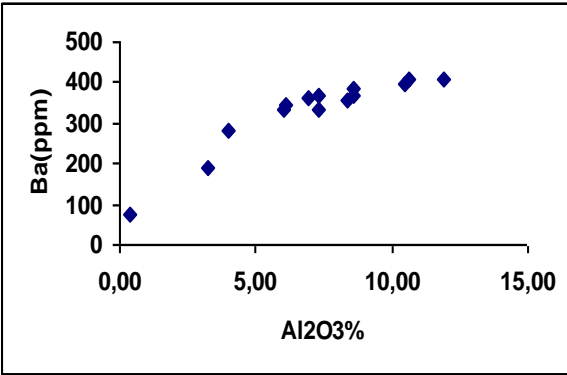


Figura 94- Diagramas mostrando a correlação entre  $Al_2O_3$  com alguns elementos traços analisados nos sedimentos dos rios estudados no Estado do Acre, sugerindo afinidade com os argilominerais (esmectita e illita).

(Continuação da figura 94)



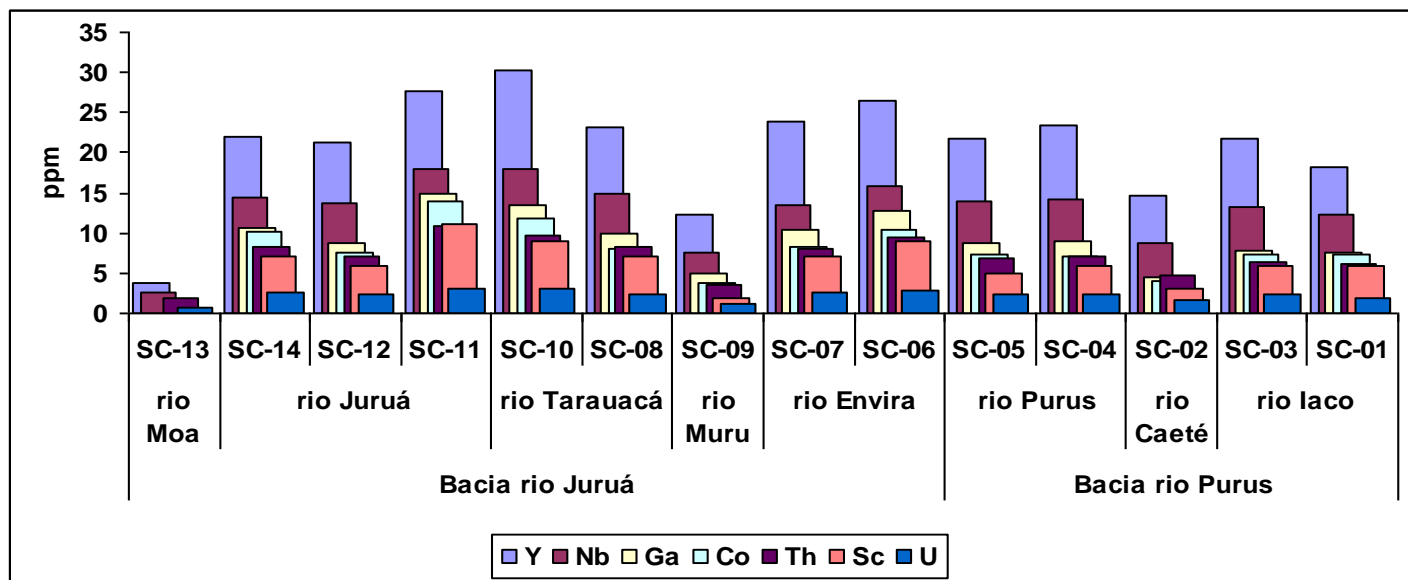
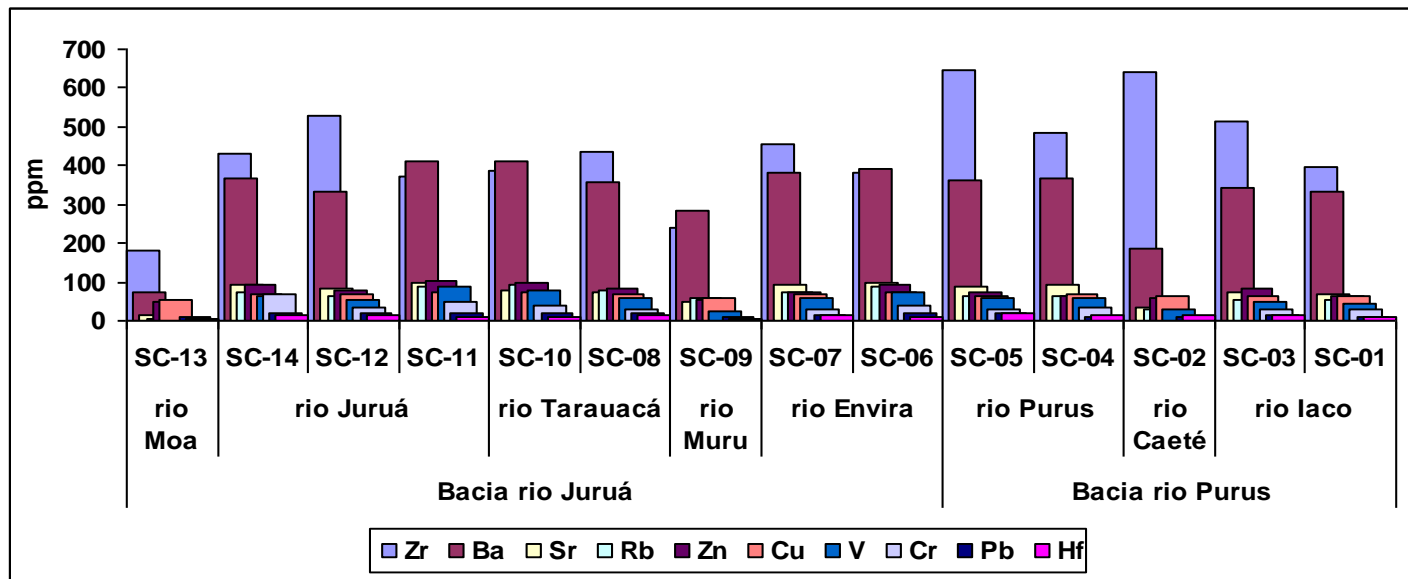


Figura 95- Distribuição dos principais elementos traços nos sedimentos dos rios do Acre.

Dos elementos traços que apresentam enriquecimento nos sedimentos dos rios do Acre em relação à crosta terrestre superior e ao PAAS (Cu, Zn, Zr, Hf e Nb), Zr e Hf são imóveis quando submetidos aos processos do intemperismo e estão associados a minerais resistentes como o zircão (Yang *et al.*, 2003). A forte correlação positiva Zr-Hf indica a presença de zircão nos sedimentos dos rios do Acre (Figura 96) e ainda discrimina 2 ou 3 populações deste mineral. Isto juntamente com a presença de grãos de zircão arredondado indica que os sedimentos dos rios do Acre são também constituídos de grãos que sofreram maior ação de intemperismo e seleção, bem como por sedimentos originados de rochas andinas, pois como é sabido nos Andes ocorrem depósitos de sulfetos que contêm Cu e Zn associados.

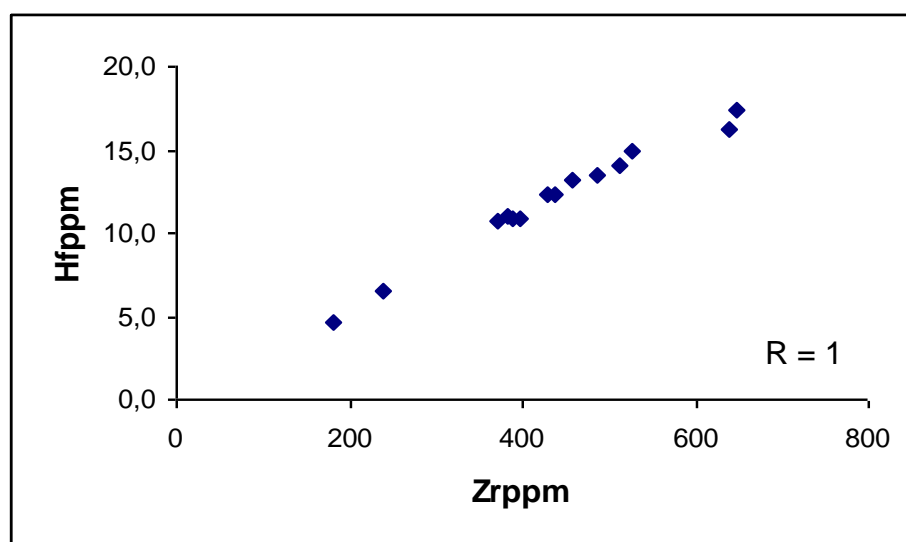


Figura 96- Diagrama de dispersão Zr e Hf mostrando forte correlação positiva, indicativa de afinidade no mineral zircão.

### Elementos terras raras

As concentrações de elementos terras raras nos sedimentos de praia (barra em pontal) dos rios no Estado do Acre, mostram como os outros elementos traços, maiores valores nos sedimentos dos rios Envira (SC-06), Tarauacá (SC-10) e Juruá (SC-11) (Tabela 8 e Figura 97).

Os menores valores foram registrados no rio Moa (SC-13), cujos sedimentos são predominantemente quartzosos, formados por areia média a grossa, enquanto os maiores valores foram encontrados no rio Juruá (SC-11), cujos sedimentos tem maior conteúdo de grãos finos, e por conseguinte de minerais de argila.

Quando estes sedimentos são normalizados à crosta terrestre superior, com dados de Wedepohl (1995) (Figura 98), mostram-se empobrecidos em terras raras leves principalmente nas amostras com maiores domínios da fração areia (SC-02 rio Caeté e SC-09 rio Muru). No Moa os sedimentos encontram-se empobrecidos em todos os elementos terras raras. A normalização contra PAAS apresenta padrão similar aos da crosta terrestre superior (Figura 99). Isto vem reforçar a contribuição de rochas de composição químicas próximas à composição tonalítica, de Wedepohl (1995), como uma das fontes dos sedimentos praianos dos rios do Acre, e além do mais, que estes sedimentos experimentaram evolução semelhante aos sedimentos formadores das rochas do PAAS.

Tabela 8- Concentração dos elementos terras raras nos sedimentos praianos dos rios formadores das bacias dos rios Purus e Juruá, no estado do Acre (ppm).

Amostra	Elementos em ppm														
	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	ΣETR
SC-01	24	47	5,6	21	4,2	0,88	3,6	0,5	3,3	0,7	2	0,33	2,2	0,33	115,1
SC-02	16	30	3,6	13	2,6	0,51	2,6	0,4	2,6	0,6	1,7	0,29	2,0	0,31	76,01
SC-03	25	48	5,8	22	4,5	0,91	4,0	0,6	4,0	0,8	2,5	0,41	2,8	0,41	121,5
SC-04	24	46	5,6	21	4,3	0,85	4,1	0,7	4,3	0,9	2,7	0,44	2,9	0,43	117,7
SC-05	25	49	6,1	23	4,7	0,95	4,2	0,6	3,9	0,8	2,7	0,43	2,9	0,43	125,1
SC-06	31	60	7,2	28	5,7	1,18	5,4	0,8	4,9	1,0	3,0	0,47	3,1	0,45	151,1
SC-07	25	49	6,1	24	4,9	1,02	4,6	0,7	4,3	0,9	2,8	0,45	2,9	0,43	127,3
SC-08	24	46	5,7	21	4,5	0,94	4,2	0,7	4,2	0,9	2,7	0,45	2,9	0,44	119,5
SC-09	16	31	3,9	15	3,2	0,68	2,4	0,4	2,3	0,5	1,4	0,23	1,6	0,23	78,26
SC-10	32	63	7,6	29	6,1	1,25	5,7	0,9	5,4	1,1	3,3	0,53	3,4	0,49	159,5
SC-11	34	67	8,1	31	6,4	1,35	5,9	0,9	5,3	1,1	3,2	0,5	3,2	0,47	168,6
SC-12	23	45	5,5	21	4,3	0,9	3,9	0,6	3,9	0,8	2,5	0,41	2,8	0,42	115,2
SC-13	6,7	14	1,5	5,0	1,0	0,16	0,7	0,1	0,7	0,1	0,4	0,08	0,5	0,08	31,47
SC-14	25	51	6,1	23	4,8	1,03	4,4	0,7	4,1	0,8	2,5	0,41	2,7	0,4	126,9
Média	24	46	5,6	21	4,37	0,9	3,98	0,62	3,8	0,8	2,37	0,39	2,6	0,38	
D.Padrão	7,1	14	1,7	6,7	1,4	0,3	1,37	0,2	1,3	0,3	0,78	0,12	0,7	0,11	
CTS	32	66	6,3	26	4,7	0,95	2,8	0,5	2,9	0,6	n.d	n.d	1,5	0,27	
PAAS	38	80	8,9	32	5,6	1,1	4,7	0,77	4,4	1,0	2,9	0,4	2,8	0,43	
Con	0,2	0,6	0,1	0,5	0,15	0,058	0,204	0,04	0,3	0,1	0,17	0,03	0,2	0,03	

CTS-crosta terrestre superior (Wedepohl, 1995)

PAAS-folhelho pós-Arqueano Australiano (Taylor & McLennan, 1985)

Con-condrito (Evensen et al. 1978)

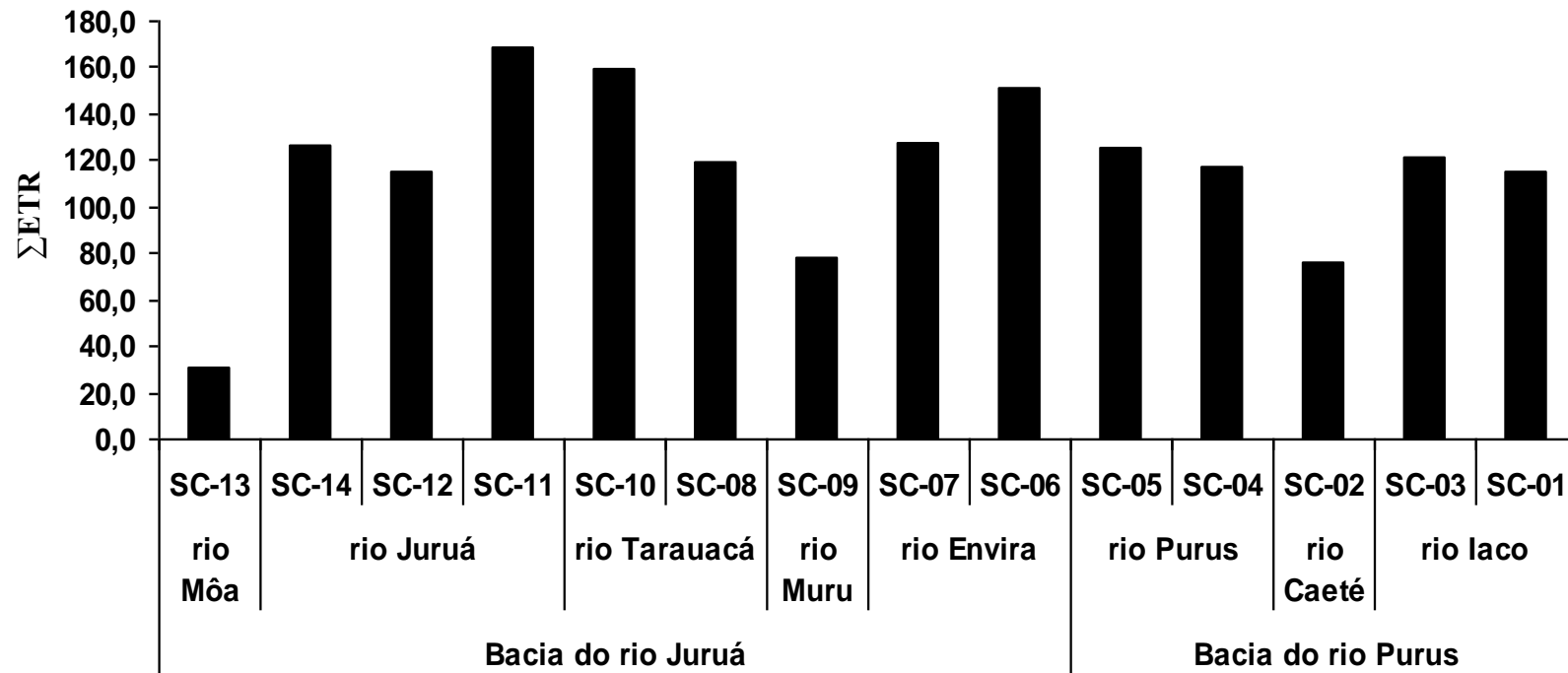


Figura 97- Distribuição do total de elementos terras raras nos sedimentos dos rios do Acre estudados.



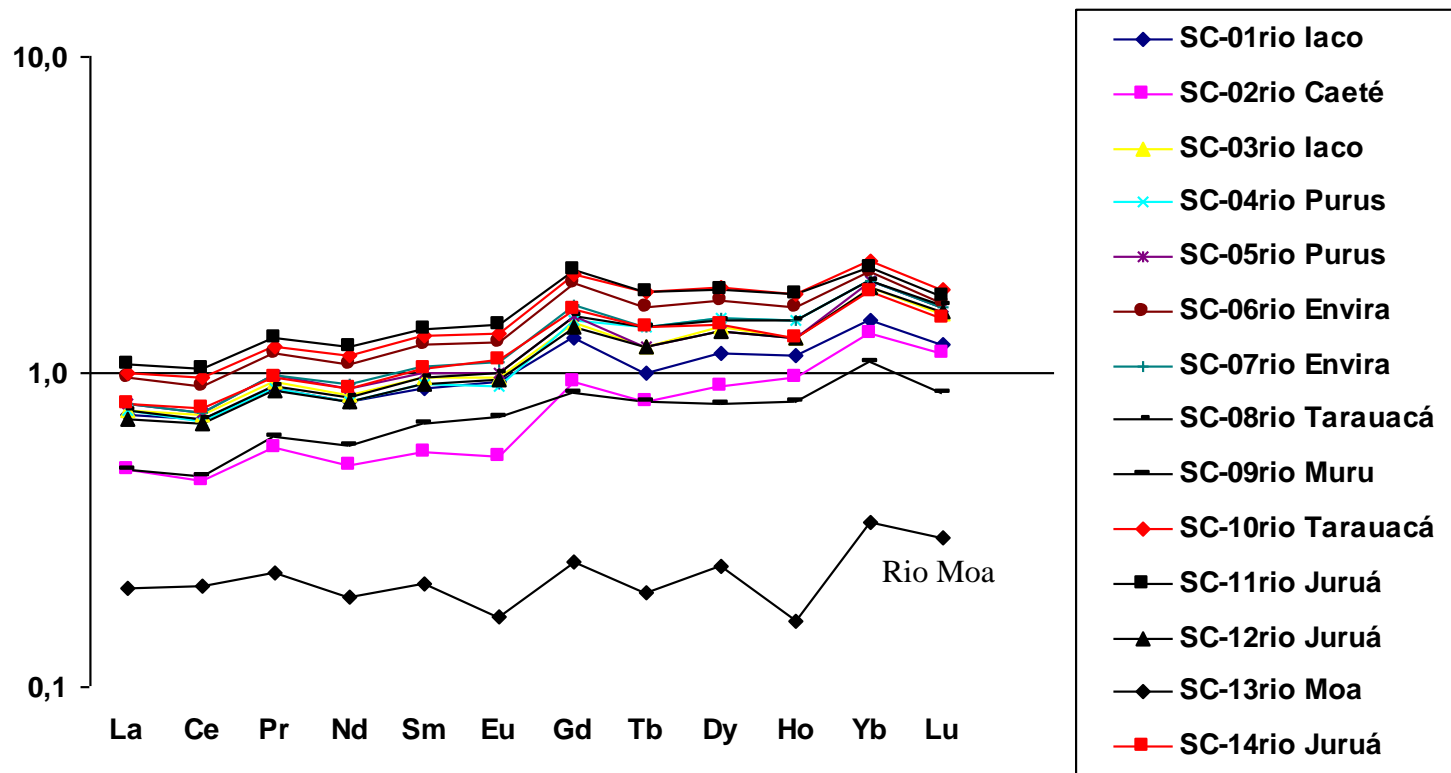


Figura 98- Normalização dos sedimentos dos rios acreanos estudados contra a crosta terrestre superior utilizando dados de Wedepohl (1995).

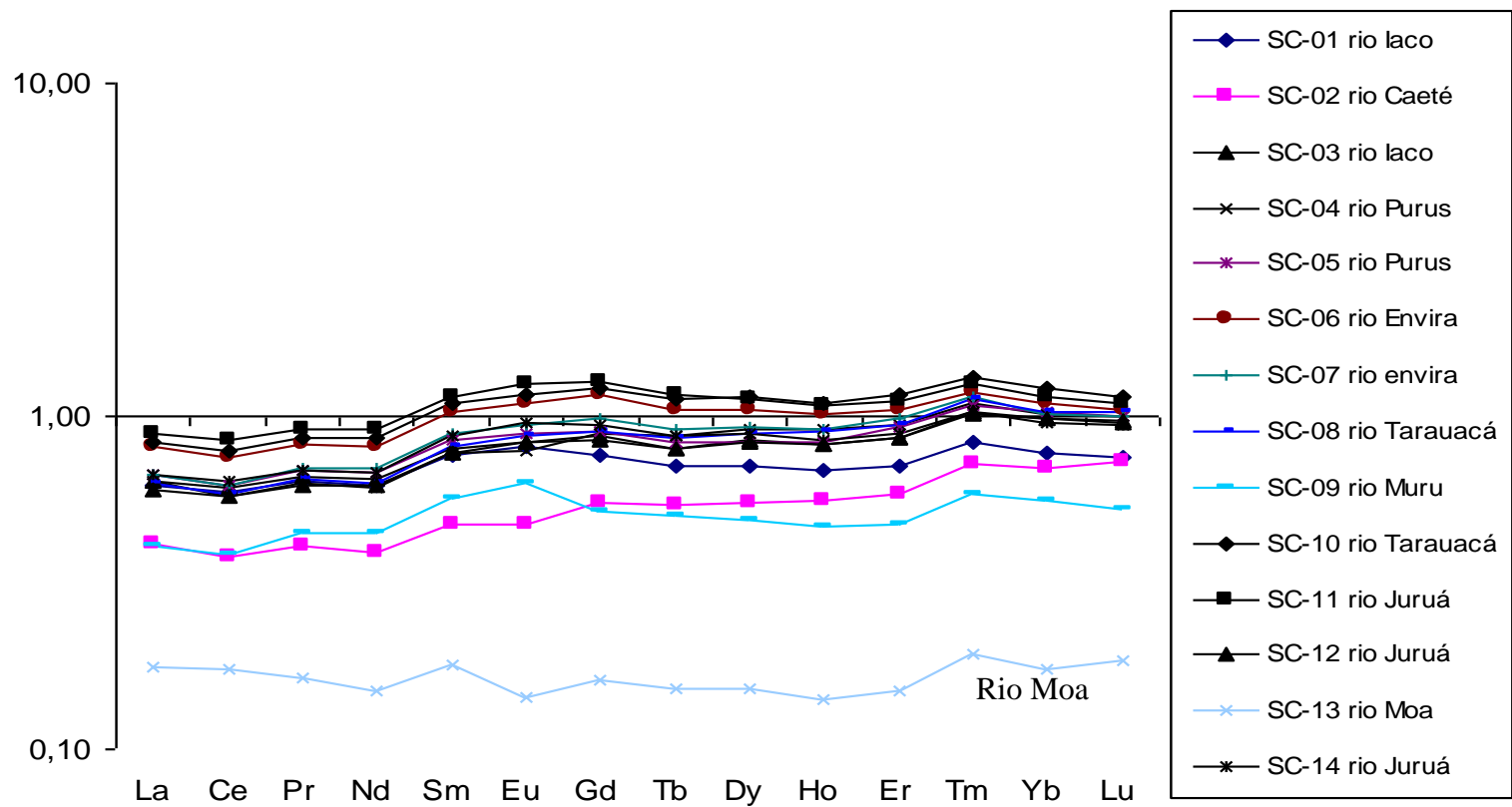


Figura 99- Normalização dos sedimentos dos rios acreanos estudados contra PAAS utilizando dados de Taylor & McLennan (1985).

A normalização dos sedimentos dos rios do Acre (Figura 100), aos condritos elaborada com dados de Evensen et al. (1978), exibe claramente enriquecimento em elementos terras raras leves (ETRL), e horizontalização dos elementos terras raras pesados (ETRP).

Os padrões de distribuição são semelhantes entre si como forma de dispersão e exibem anomalias negativas de Eu, típica de rochas de natureza graníticas a intermediárias. Ou seja, os sedimentos de praia do Acre tiveram primariamente composição de rochas ácidas a intermediárias ou semelhantes ao PAAS (Figura 101).

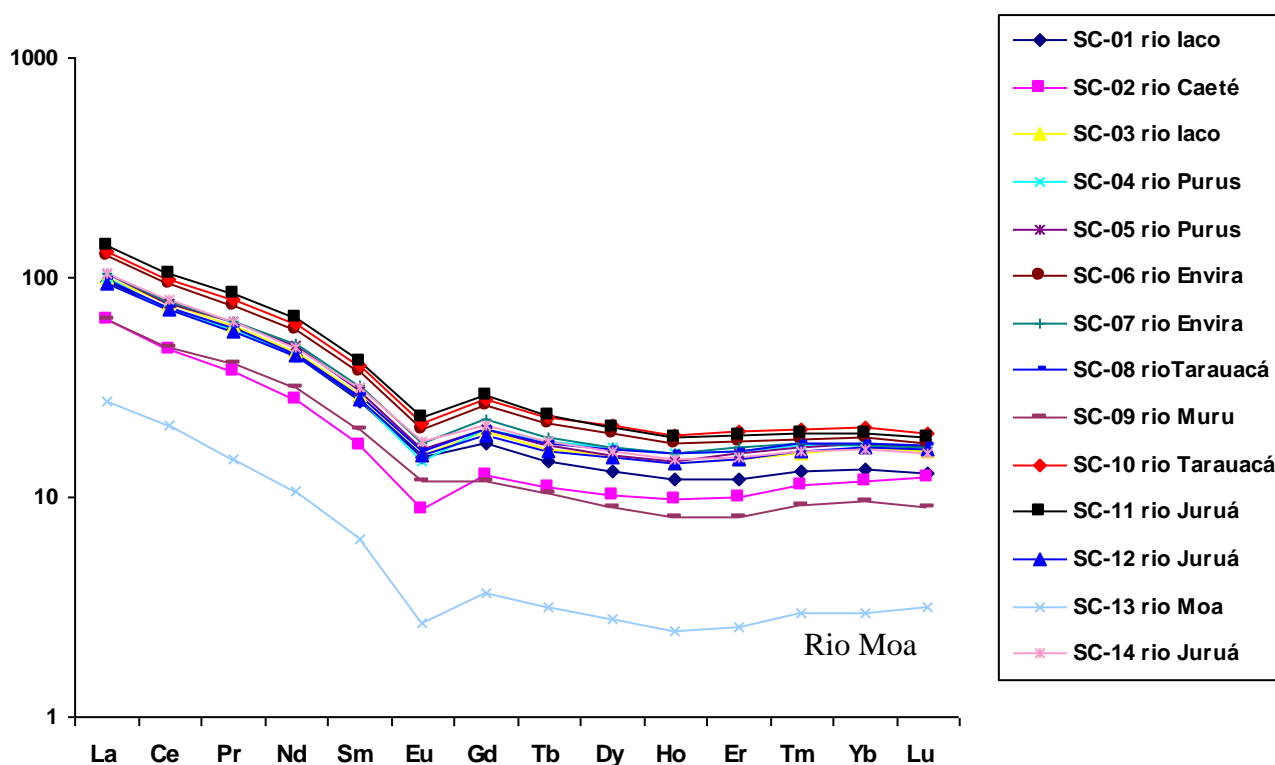


Figura 100- Normalização dos sedimentos dos rios acreanos a condrito utilizando dados de Evensen et al. (1978).

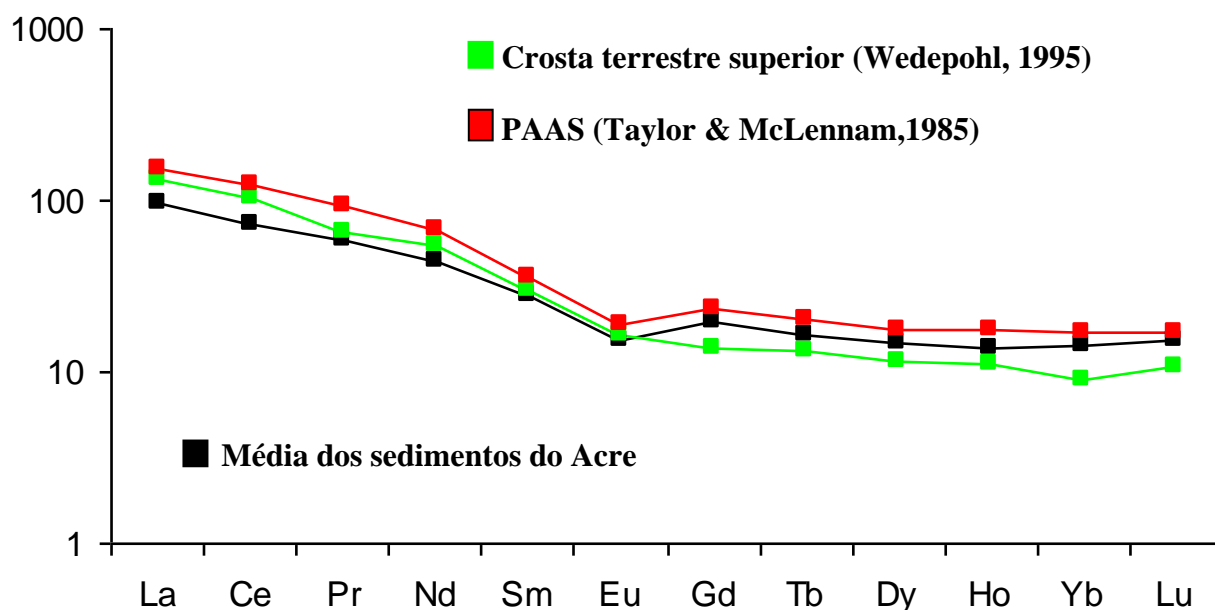


Figura 101- Normalização dos sedimentos dos rios acreanos, crosta terrestre superior e PAAS aos condritos utilizando dados de Evensen et al. (1978).

Os ETR em sedimentos estão geralmente enriquecidos nas frações silte e argila e empobrecidas na fração areia (McLennan, 1989 e Vital *et al*, 1999). No Estado do Acre isto pode ser bem observado, pois as amostras SC-06, 10 e 11 com maior conteúdo de silte, possuem também maior concentração de ETR, o que é confirmado pela boa correlação entre estes elementos e a quantidade finos nas amostras (Figura 102). A amostra SC-11 rio Juruá que contém a maior quantidade de silte e argila, contém também a maior concentração de ETR.

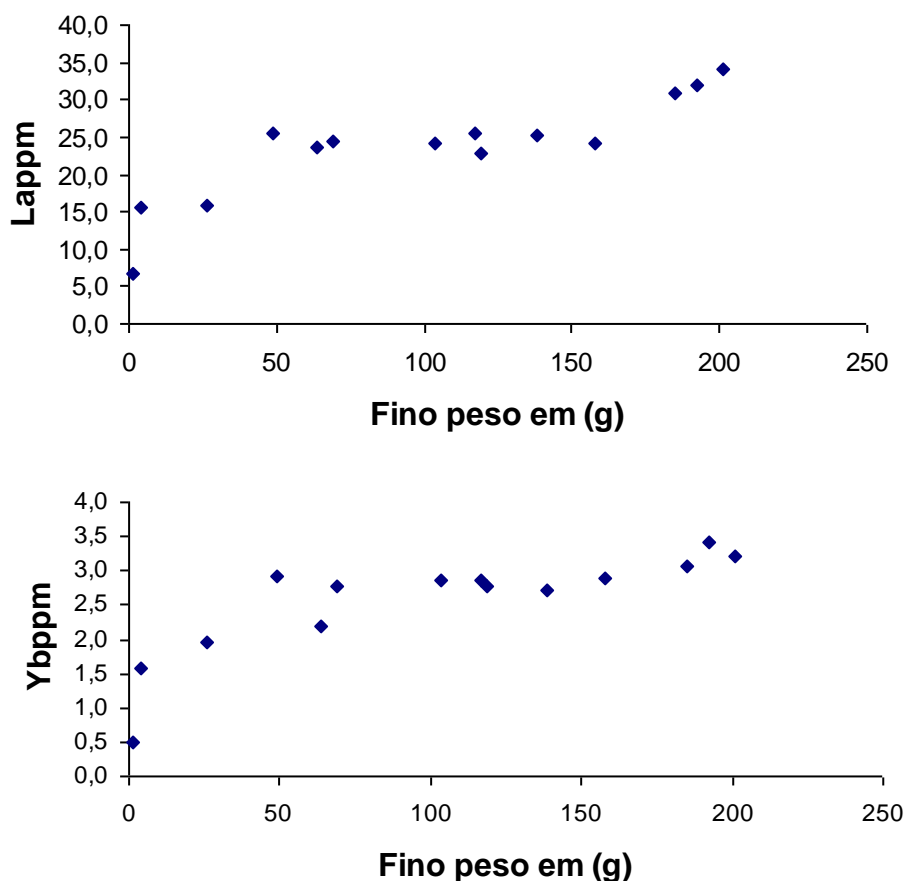


Figura 102- Mostra correlação positiva com os ETRL representados por La e com os ETRP representados por Yb.

Segundo Yang *et al.* (2002) entre os minerais que podem concentrar ETR estão zircão, monazita, allanita, granada, titanita e apatita. Além destes, Condie (1991) cita os argilominerais.

Os argilominerais são um dos principais constituintes dos sedimentos estudados nos rios do Acre, enquanto os outros citados por Yang *et al.* (2002) aparecem nos pesados que por sua vez estão com menos de 1% em peso.

A julgar pelos índices de correlação entre os ETRL e ETRP com  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$  e  $MgO$  (Anexo 2 e Figura 103), pode-se concluir que a fonte mais importante destes elementos são os argilominerais. Segundo Henderson (1984), estes minerais acomodam/herdam em sua estrutura cristalina, os ETR que são liberados durante as transformações de silicatos e apatitas para argilominerais.

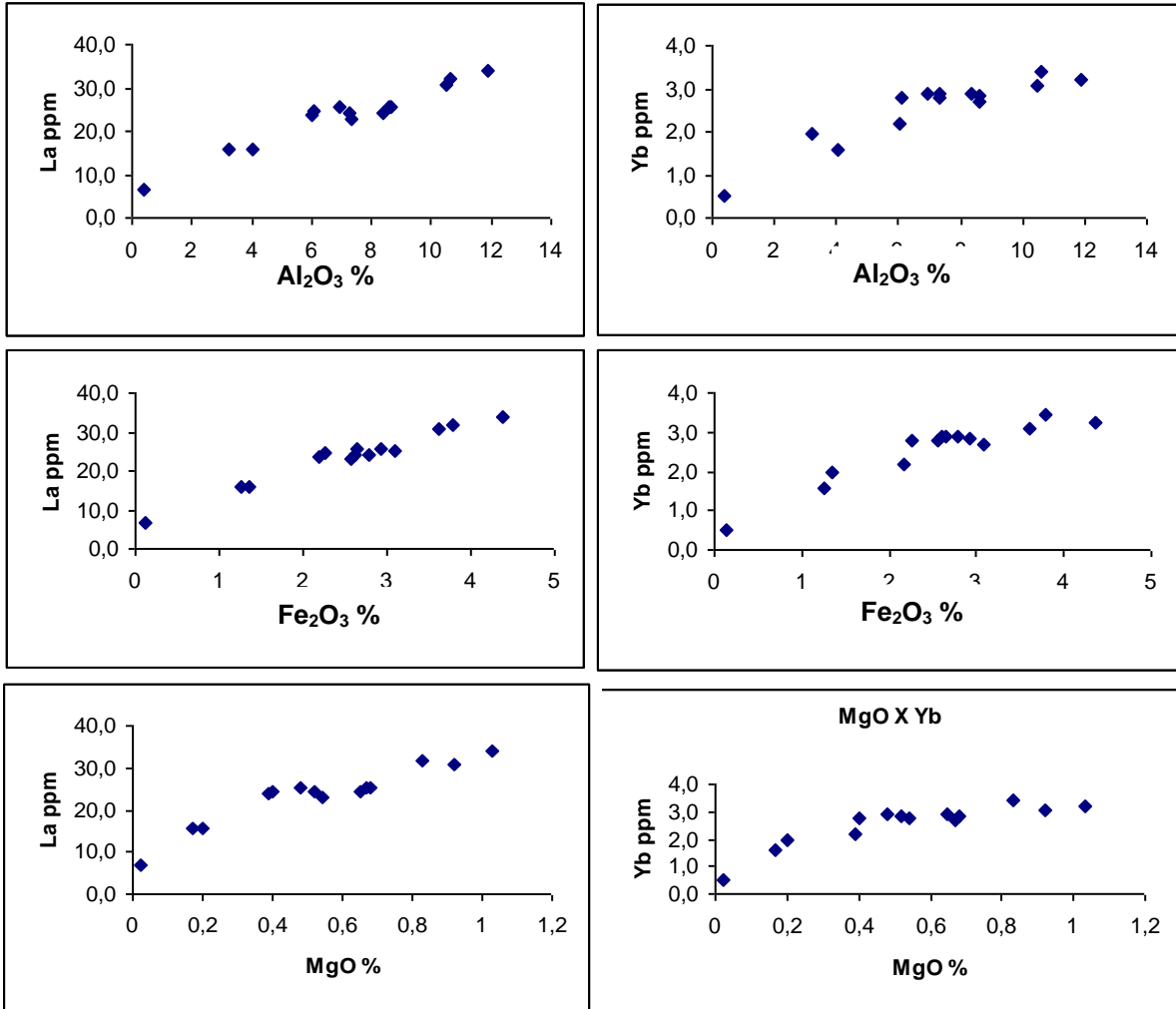


Figura 103- Correlações positivas entre Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e MgO e os elementos terras raras (La e Yb).

### Os sedimentos de praia e sua fertilidade

Os sedimentos areno-siltosos, imaturos, com pouca fração argila e quase ausência de matéria orgânica, com teores elevados de metais alcalinos e alcalinos terrosos, constituem as praias dos rios de água branca do Acre. Há muito tempo eles têm sido usados pelos ribeirinhos para o cultivo de pequeno ciclo de verão (entre os meses de julho a outubro), especialmente feijão (*Vigna unguiculata (L) walp.*) e milho (*Zea-mays*), indicando que eles devem ter boa fertilidade. Este fato, aliás, foi observado por Lima Figueiredo no ano de 1928, na região entre Santa Rosa no alto rio Purus e a foz do rio Abunã, durante inspeção na fronteira do Brasil com o Peru não só nos sedimentos dos rios, mas também em terra firme (Lima Figueiredo, 1944).

Como visto isto contrasta com a maioria dos sedimentos dos outros rios da Amazônia brasileira que em geral são arenosos, predominantemente quartzosos, perfazendo um cenário impróprio para a agricultura.

Os resultados das análises químicas para a avaliação da fertilidade dos sedimentos dos rios do Acre indicaram concentrações elevadas dos macronutrientes P, Mg, Ca e K, enquanto para Na, Al disponível e matéria orgânica os teores foram baixos (Tabela 9).

As maiores concentrações de P foram obtidas nos sedimentos rios Purus (SC-04 e 05), Envira (SC-06 e 07), Muru (SC-09) e Tarauacá (SC-10), enquanto as maiores concentrações para Ca, Na e acidez potencial (H+Al) estão situadas nos rios que formam a Bacia do rio Juruá, com exceção de Ca no rio Muru (SC-09) e acidez potencial no mesmo rio e no rio Tarauacá (SC-08). Alumínio disponível, Mg e K não mostraram variações significantes nas suas concentrações em todas as amostras estudadas (Figuras 104 e 105).

Tabela 9 - Parâmetros químicos de fertilidade para os sedimentos praianos dos rios formadores das bacias dos rios Purus e Juruá, no estado do Acre.

	P	Ca	Mg	Al	Na	K	H+Al	C.O	M.O	SB	C.T.C	V	m
Amostra	$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	$\text{Cmol}/\text{dm}^3$						%		$\text{Cmol}/\text{dm}^3$		%	
SC-01	40	2,60	1,05	0,1	0,132	0,142	0,35	0,21	0,37	3,924	4,274	91,8	2,48
SC-02	60	1,46	0,62	0,2	0,206	0,217	0,86	0,10	0,18	2,503	3,363	74,4	7,40
SC-03	43	3,12	1,25	0,1	0,074	0,226	0,76	0,05	0,09	4,67	5,43	86	2,09
SC-04	83	4,17	1,25	0,1	0,212	0,208	0,00	0,10	0,18	5,84	5,84	100	1,68
SC-05	78	3,54	0,83	0,1	0,257	0,284	0,56	0,02	0,05	4,911	5,471	89,8	3,99
SC-06	116	12,29	1,77	0,1	0,626	0,254	0,00	0,53	0,92	14,94	14,94	100	0,66
SC-07	110	7,29	1,35	0,1	0,208	0,251	0,30	0,27	0,4	9,099	9,998	97	1,09
SC-08	84	9,58	1,35	0,05	0,932	0,282	0,00	0,03	0,05	11,12	12,16	100	0,45
SC-09	154	1,98	0,42	0,05	1,143	0,343	0,00	0,51	0,88	3,87	3,885	100	1,27
SC-10	60	11,04	1,77	0,1	0,856	0,246	1,36	0,43	0,74	13,91	15,27	91,1	0,71
SC-11	77	13,75	2,5	0,1	0,952	0,402	2,07	0,33	0,57	17,6	19,67	89,94	0,56
SC-12	52	6,35	1,45	0,1	0,378	0,217	1,26	0,14	0,24	8,395	9,655	86,9	1,19
SC-13	10	0,2	0,3	0,1	0,165	0,08	0,05	0,05	0,09	0,745	0,796	94,9	11,83
SC-14	63	8,96	2,08	0,1	1,047	0,323	1,77	0,30	0,52	12,41	14,18	87,5	0,8
Média	74	6,16	1,28	0,1	0,513	0,248	0,67	0,22	0,38	8,138	8,924	92,1	2,58

H+Al-acidez potencial, C.O-carbono orgânico, M.O-matéria orgânica, SB-soma das bases, C.T.C- capacidade de troca iônica, V-saturação por bases e m-saturação por alumínio



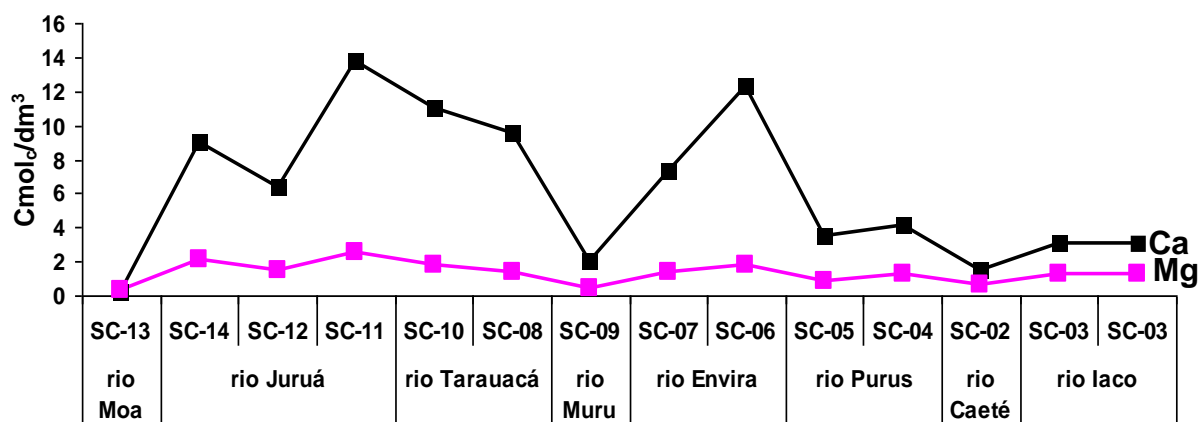
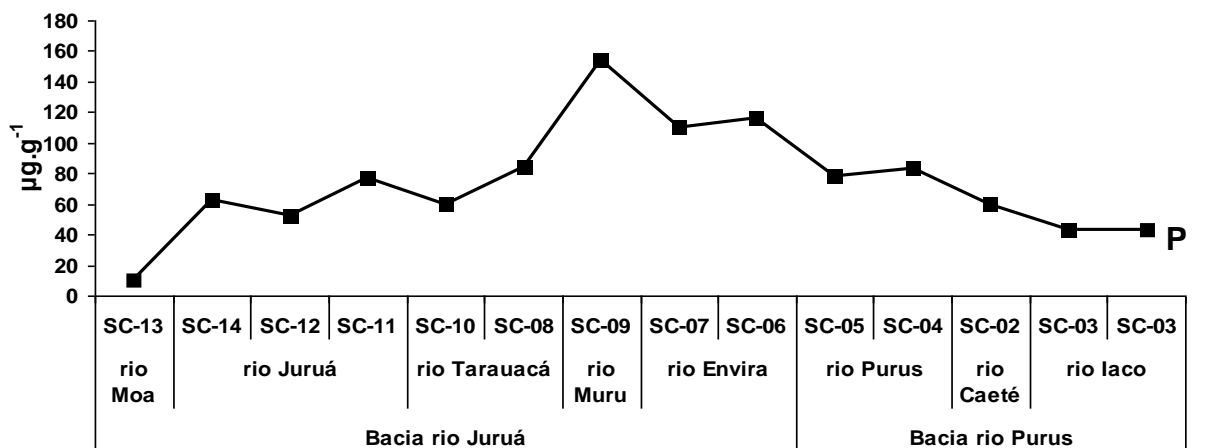


Figura 104- Distribuição das concentrações de P, Ca e Mg em sedimentos dos rios estudados no Estado do Acre.

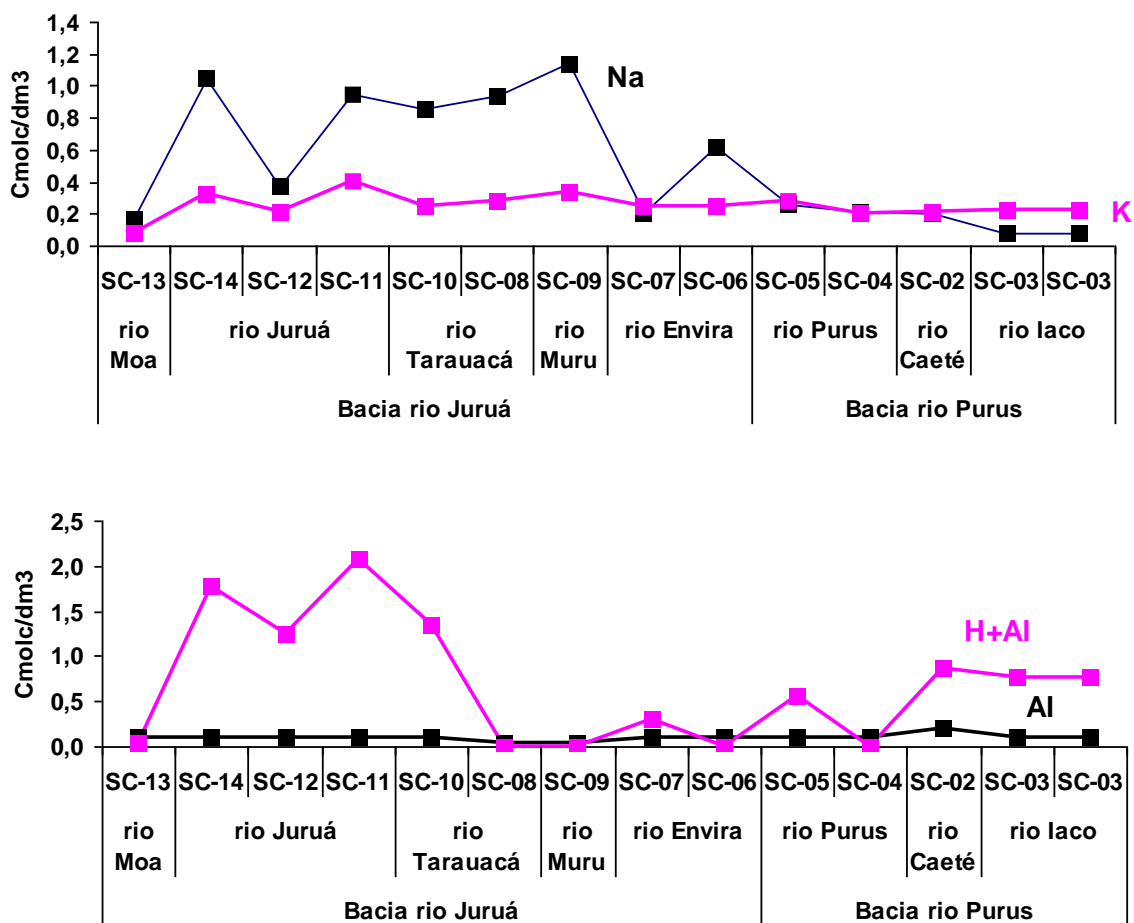


Figura 105- Distribuição das concentrações de Na, K e Al e acidez potencial (H+Al), em sedimentos dos rios do Estado do Acre.

O conteúdo de elementos nutrientes dos sedimentos ora estudados é semelhante ao encontrado por Kalliola *et al.* (1993) para sedimentos imaturos dos rios de água branca, a exemplo de Pinquem, Ucayali, Manu e Madre de Dios, na Amazônia peruana, que tem como fonte rochas sedimentares do terciário da cordilheira andina oriental, equivalentes às rochas da Formação Solimões. Os autores referidos acima destacaram a elevada concentração média de bases extraíveis Ca, Mg e K com 18, 1,52 e 0,35 Cmol/dm<sup>3</sup> respectivamente, e média de 74 mg/100g para P total.

As concentrações de nutrientes encontradas nos sedimentos dos rios Acre, excluindo os sedimentos essencialmente quartzosos do rio Moa (SC-13), mostram variação de média a alta quando comparadas com os índices gerais usados para classificar teores de P, K, Ca e Mg em solos, apresentados por Tomé Jr (1997) (Tabela 10). Por outro lado, quando comparados as concentrações de P (13 ppm) e as concentrações de K (0,11 a 0,30 Cmol/dm<sup>3</sup>) dos solos do estado do Paraná cultivados com milho e feijão apresentados pelo mesmo autor, com as concentrações de P e K dos sedimentos ora estudados, verifica-se que os sedimentos dos rios do Acre são mais ricos em P e estão no mesmo nível de K, desses solos.

Tabela 10- Comparação dos teores de nutrientes dos sedimentos do Acre com os apresentados por Tomé Jr. (1997).

Nutrientes	Tomé Jr (1997)			Neste estudo
	Baixa	Média	Alta	Sedimentos do Acre
K (Cmol/dm <sup>3</sup> )	<0,10	0,10 a 0,30	>0,30	0,142 a 0,402
Ca (Cmol/dm <sup>3</sup> )	<2,00	2,00 a 4,00	>4,00	1,46 a 13,75
Mg (Cmol/dm <sup>3</sup> )	<0,40	0,40 a 0,80	>0,80	0,42 a 2,50
P (ppm)	<3,00	3,00 a 30,00	>30,00	40,00 a 154,00

Os parâmetros químicos de fertilidade obtidos para os sedimentos praianos do Acre são compatíveis com aqueles encontrados por Brasil (1976 e 1977) (Tabela 11) para solos formados a partir de litotipos da Formação Solimões principalmente na região de Tarauacá / Cruzeiro do Sul, Estado do Acre, os quais são classificados como cambissolos eutróficos, ou seja, solos férteis.

Tabela 11- Comparações de parâmetros químicos de fertilidade entre sedimentos dos rios e solos do Acre.

	Brasil (1976, 1977)*			Este estudo
	Latossolo (Rio Branco)	Cambissolo eutrófico (Tarauacá)	Cambissolo eutrófico (Cruzeiro do Sul).	Sedimentos dos rios do Acre (Média)
C.T.C Total $\text{Cmol}_c/\text{dm}^3$	17,13	25,96	34,48	8,92
C.T.C Efetiva $\text{Cmol}_c/\text{dm}^3$	8,73	24,48	33,69	8,25
V (%)	45,12	94,30	96,86	92,04
Saturação por Al (%)	11,45	0,00	0,86	1,19
Saturação por Na (%)	0,29	0,19	0,003	0,06

\* Solos formados sobre a Formação Solimões

A capacidade de troca iônica (C.T.C) mesmo com baixos teores de matéria orgânica apresentada por estes sedimentos é devido a presença de minerais que apresentam elevada carga de superfície, como os argilominerais 2:1 (esmectitas), conseqüentemente possuindo também elevado poder de adsorção de metais, incluindo os macronutrientes, que é refletido na elevada saturação por bases superior a 70%. Estas características aliadas às concentrações elevadas de P disponível, baixa saturação por Al e Na e granulometria areno-siltosa são responsáveis, em parte, pela boa fertilidade deles.

Pelo visto os sedimentos de praia dos rios de água branca do Acre são de fato férteis e comparáveis aos solos da região central do estado.

## CONCLUSÕES

Os depósitos de sedimentos atuais em barra em pontal são típicos de sistemas fluviais meandantes e isto está muito bem representado nos terrenos do Estado do Acre. A geometria, composição química e mineralógica e as dimensões destes depósitos são dependentes da topografia, energia hidráulica e rochas fontes.

No estado do Acre os meandros possuem extensões variadas desde poucas dezenas de metros até por volta de 500 metros, com largura também variável alcançando em alguns casos até 100 metros, como nos rios Purus e Juruá. Essas características são mais freqüentes no setor centro-noroeste do estado, onde a região se apresenta com relevo aplainado, largas planícies de inundação e rios que fluem com menor velocidade estabelecendo sistema de drenagem meandrante, propício à formação destas feições geológicas.

No período de estiagem, que vai de julho a outubro, são expostas e mudam por completo a forma de vida da população que vive em seu entorno, tanto na cidade como nas margens dos rios. Eles se beneficiam destas praias para o lazer, agricultura de subsistência de pequeno ciclo de verão, com o cultivo de milho e feijão, além de serem fornecedoras de materiais de construção utilizados na confecção de residências principalmente nas cidades próximas.

A estreita relação entre os habitantes e essas praias vem de muito tempo, pois antes mesmo da chegada do “homem branco” ao Acre seus primeiros habitantes nativos já se utilizavam destas para produção de componentes de sua dieta alimentar. Posteriormente, com a queda do preço da borracha, os nordestinos que haviam sido recrutados para trabalhar na extração do látex perderam seus vínculos empregatícios, sendo, portanto, obrigados a procurar outra atividade que permitisse seus sustentos e assim como os silvícolas passaram a cultivar as praias, como o fazem até hoje.

As praias dos rios estudados no Estado do Acre são bastante similares entre si em termos granulométricos, mineralogia, composição química e conteúdo de nutrientes, com exceção do rio Moa que difere dos demais em todos estes parâmetros. A granulometria nos sedimentos cultivados das praias é predominantemente fina (areia fina + silte), com pouca fração argila, mas com minerais de argila, exceto os sedimentos do rio Moa que são mais grossos, variando de areia fina a grossa. Quase não apresentam matéria orgânica.

A mineralogia é representada por quartzo, seu principal componente, argilominerais (esmectita, illita e pouca caulinita) e feldspatos (K-feldspatos e albita) e os pesados que ocorrem por volta de 1% em peso e são representados principalmente por epidoto, zircão, cianita e

ilmenita, que na fração fina perfazem mais de 50%. Por outro lado, a composição química é constituída principalmente de  $\text{SiO}_2$ , porém apresenta concentrações significativas de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  e álcalis compatíveis com a mineralogia identificada, exceção ainda é o rio Moa que é rico em sílica revelando o porquê do domínio de quarto.

A mineralogia acima, incluindo os pesados, aliada à composição química, mostra imaturidade na área fonte e no ambiente de sedimentação e que o intemperismo foi de baixa intensidade química, com predomínio do intemperismo físico. Como consequência da imaturidade dos sedimentos criaram-se condições para gerar boa fertilidade. Esta fertilidade é dada em parte pela presença de argilominerais de alta CTC como esmectita e os feldspatos que são os principais responsáveis pela elevada concentração de nutrientes como Mg, Ca, K, P e Fe, com baixa saturação por Al. A textura siltosa também contribui para melhor desempenho da fertilidade. Os dados mostram que se equivalem a cambissolos eutróficos.

A fonte atual destes sedimentos de praias são os litotipos da Formação, Solimões e os sedimentos dos terraços aluviais antigos que estão sendo esculpido pelas principais drenagens estudadas. Os dados obtidos mostram que estes sedimentos foram originados de rochas localizadas no oeste do Cráton Amazônico e nas encostas da cordilheira andina do Peru e Bolívia, quando reinava condição climática com tendência de semiárida a temperada. A julgar pela composição química parecem ter herdado a assinatura geoquímica das rochas fontes de composição média próximas daquelas tonalíticas, sem grandes modificações, o que reforça a imaturidade e as condições paleoclimáticas amenas. Estas observações podem ser confirmadas pelas semelhanças com a crosta terrestre superior e PAAS dado pelo padrão dos ETR normalizados aos condritos, entre outros.

Assim, os sedimentos de praia dos rios do Acre representam a redistribuição atual dos sedimentos miocênicos da Formação Solimões e dos próprios sedimentos por eles depositados em antigos aluviões. Embora no seu provável terceiro ciclo sedimentar, igual às condições paleoclimáticas amenas e o rápido transporte, preservaram as características químicas e mineralógicas com uma granulometria siltica, os quais fazem com que os sedimentos de praias sejam semelhantes a cambissolos eutróficos. O uso destes sedimentos pelos ribeirinhos está assim perfeitamente integrado ao ambiente, sem causar danos ou destruição, e confirma o conhecimento empírico desses habitantes mostrando que os rios de água branca são importantes veículos de nutrientes para o substrato de agricultura de subsistência.

### *Agradecimentos*

A Eliana, Talita e Thais pelo incentivo e compreensão por muitas ausências.

Ao CNPQ pelo apoio financeiro, através dos projetos SelenMerAs (Proc. 476874-1) e Geosedintama (Proc. 471109/2003-7) e pela bolsa de pesquisa ao nível de mestrado concedida ao primeiro autor e de produtividade ao segundo autor.

Ao Museu Paraense Emilio Goeldi (MPEG) pela cessão do laboratório para análise de fertilidade e de Microscopia Eletrônica de Varredura.

A FUNTAC-Acre pelo apoio logístico durante os trabalhos de campo.

Ao Natalino Valente pela orientação durante a realização das análises químicas.

A Walmeire Alves de Melo Costa pelas análises de DRX.

Ao Professor Dr. Rômulo S. Angélica pela ajuda nos textos em inglês.

Aos colegas do Grupo de Mineralogia e Geoquímica Aplicada, Patrícia Pereira, José Rego, Milta Mariane, Socorro Progene, Mariléia do Carmo, Érica Viana, Professor Dr. Oscar Choque, Francisco Berredo e Ana Carolina, pela ajuda no desenvolvimento do trabalho.

Ao Marcos de Oliveira pela identificação de minerais ao microscópio óptico, Alciney da Costa pelas análises de fertilidade e Aliane Carvalho pela ajuda no uso de softwares.

### **REFERÊNCIAS**

- ACRE. 1991. Governo do Estado do Acre. *Atlas geográfico e ambiental do Acre*. IMAC. Rio Branco.
- ACRE. 2000. Governo do Estado do Acre. *Programa estadual de zoneamento ecológico-econômico do Estado do Acre. Zoneamento ecológico-econômico: recursos natural e meio ambiente - documento final*. Rio Branco: SECTMA, v.I.
- 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: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA. 9., Belém, *Anais*. SBGQ. p.174 – 177.
- ALMEIDA, H.D.F., COSTA, M.L., PÖLLMANN, H., CARVALHO, A.T. 2007 Carga de suspensão em rios do acre: caracterização mineralógica e química. . In: Evandro Klein et al.

(eds.) – CONTRIBUIÇÕES A GEOLOGIA DA AMAZÔNIA – VOLUME 5. Belém-Pará, P. 167-177.

- BRASIL. Projeto RADAMBRASIL. 1976. *Folha SC. 19 Rio Branco*: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial do solo. Rio de Janeiro, DNPM. (Levantamento de recursos naturais, 12).
- BRASIL. Projeto RADAMBRASIL. 1977. *Folha SB/SC. 18 Javari/Contamana*: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial do solo. Rio de Janeiro, DNPM. (Levantamento de recursos naturais, 13).
- CAMPBELL, K. E.; FRAILEY, C. D.; ARELLANO, J. 1985. *The geology of the Rio Beni: further evidence for Holocene flooding in Amazonia*. Natural History Museum of Los Angeles County. 18p. (Contributions in Science).
- CARROLL, D. 1974. *Clay mineral: a guide to their x-ray identification*. The Geological Society of America. 75p. (Special Paper)
- CONDIE, K. C. 1991. Another look at rare earth elements in shales. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **55**: 2527-2531.
- COSTA, M. L. 2002. Mineralização de fragmentos de tecidos ósseos fósseis de sedimentos da bacia do Acre. In: KLEIN, E.L.; VASQUES, M.L.; ROSA-COSTA, M.L. da (Ed.). *Contribuições à Geologia da Amazônia*. Belém, SBG. v. 3, p. 301-308.
- COSTA, M. L & COSTA, W. A. M. 1988. Os fosfatos do Acre. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35., Belém. *Anais...* SBG. v.1, p.242-255.
- COSTA, M. L.; ALMEIDA H. D. F.; REGO, J. A. R.; VIANA, E. C. A.; MARTINS, M. M. M.; ANGÉLICA, R. S. & MIRANDA, M. C. C. 2003. Point bar sediments (River sands) from the Acre State and their use for subsistence agriculture: granulometric, mineralogical and chemical parameters. In: LATINAMERICAN CONGRESS OF SEDIMENTOLOGY, 3. Belém. *Anais...* SBS. v.1, p.87.
- COSTA, M. L; COSTA, W. A. M; SANTOS, A. J. M. 1989. Exploração Geoquímica para fosfatos no Estado do Acre. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 2 Rio de Janeiro. *Anais...* SBGQ. v.1, p.29-37 p.
- COSTA, M.L.D., H.D.F. DE ALMEIDA, J.A.R. DO REGO, A.M. DA COSTA, E.C.A. VIANA, M. M .M. MARTINS, R.S.ANGELICA. 2003. SOBRE A FERTILIDADE DAS PRIAS



- DOS RIOS QUE DRENAM O ESTADO DO ACRE. REM: Rev. Escola de Minas, Ouro Preto, 56(2): 145-146.
- DE CELLES, P. G & HERTEL, F. 1989. Petrology of fluvial sands from the Amazonian foreland basin, Peru and Bolivia. *Geological Society of America Bulletin*, **101**: 1552-1562
- DUPRÉ, B.; GAILLARDET, J.; ROUSSEAU, D.; ALLÈGRE, C. J. 1996. Major and trace elements of river-borne material: The Congo Basin. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **60**: 1301-1321.
- EVENSEN, N. M.; HAMILTON, P. J.; O'NIONS, R. K. 1978. Rare earth abundances in chondritic meteorites. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **42**: 1199-1212.
- FEIJÓ, F. J. & SOUZA, R. G. 1994. Bacia do Acre. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, **8** (1):9-16
- FIGUEIREDO, L. 1944. O Acre e suas possibilidades: considerações gerais. In: IBGE. *Amazônia Brasileira*. Rio de Janeiro. p. 479. (Excerptor da Revista Brasileira de Geografia. Edição do Conselho Nacional de Geografia no Cong. Brás. Geograf.)
- FRAILEY, C. D.; LAVINA, E. L.; RANCY, A.; SOUSA FILHO, J. P. 1988. A proposed pleistocene/holocene lake in the Amazon basin and its significance to Amazonian Geology and Biogeography. *Acta Amazonica*, **18**: 119-143.
- FRANZINELLI, H & POTTER, P. E. 1983. Petrology, chemistry and texture of modern river sands, Amazon Rivers System. *Journal of Geology*. **91**: 23-39p.
- FRANZINELLI, H & POTTER, P. E. 1985. Areias recentes dos rios da Bacia Amazônica: composições petrográfica, textural e química. *Revista Brasileira de Geociências*. **15**(3): 213-220p.
- GAILLARDET, J. DUPRÉ, B. ALLÈGE, C. J.; NÉGREL, P. 1997. Chemical e physical denudation in the Amazon River Basin. *Chemical Geology*, **142**: 141-173.
- GOMES, C. F. 1986. *Argilas: o que são e para que servem*. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian. 456p.
- GIBBS, R. J. 1967. The Geochemistry of the Amazon River System: Part I. The Factors that Control the Salinity and the Composition and Concentration of the Suspended Solids. *Geological Society of America Bulletin*, **78**: 1203-1232.
- GIBBS, R. J. 1977. Transport phases of transition metals in the Amazon and Yukon Rivers. *Geological Society of America Bulletin*, **88**: 829-843.

- HENDERSON, P. 1984. *Rare Earth Element Geochemistry*. Amsterdam, Elsevier. 510p.
- HOORN, C. 1993. Marine incursions and the influence of Andean tectonics on the Miocene depositional history of northwestern Amazonian: results of a palynostratigraphic study. *Palaogeography, Palaeoclimatology, Palaeogeography*, Amsterdam, 267-309.
- JAILLARD, E. & SOLER, P. 1995. Cretaceous to early Paleogene tectonic evolution of the northern Central Andes (0 – 18°S) and its relations to geodynamics. *Tectonophysics*, **6**: 41–53.
- KALLIOLA, R.; LINNA, A.; PUHAKKA, M.; SALO, J.; RASANEN, M. 1993. Mineral nutrients in fluvial sediments. *Catena*, **20**: 333-349.
- KONHAUSER, K. O.; FYFE, W. S.; KROMBERG, B. I. 1994. Multi-element chemistry of some Amazonian water and soils. *Chemical Geology*, **111**: 155-175.
- KRONBERG, B. I. & BENCHIMOL, R. E. 1992. Geochemistry and Geochronology of surficial Acre basin sediments (western Amazônia) : key information for climate reconstruction. *Acta Amazonica*, **22**(1): 51-69.
- KRONBERG, B. I.; FRALICK, P. W.; BENCHIMOL, R. E. 1998. Late Quaternary Sedimentation and Palaeohydrology in the Acre Foreland Basin, SW Amazonia. *Basin Research*, **10**: 311-323p.
- KRONBERG, B. I.; FRANCO, J. R.; BENCHIMOL, R. E.; HANZENBERG, G.; DOHERTY, W.; VANDERVOIT, A. 1989. Geochemical variations in Solimões Formation sediments (Acre basin, western Amazônia). *Acta Amazonica*, **19**:319-333.
- KROONENBERG, S. B & HOORN, M. C. 1990. Bulk geochemistry of tertiary and quaternary fluvial sands in the Colombian Amazonas. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF GEOCHEMISTRY OF THE EARTH'S SURFACE AND MINERAL FORMATION, 2 Provence. *Anais*. v.1, p.92-95.
- 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 & RANCY, A. 1995. The Late quaternary of Upper Juruá River, Southwestern Amazonia, Brazil: Geology and vertebrate Paleontology. In: RABASSA, J & SALEMME, M. (ed), *Quaternary of south America and Antarctic Peninsula*. p. 27-45.

- LATRUBESSE, E. M.; RANCY, A.; RAMONELL, C.; SOUZA FILHO, J. P. 1994. A Formação Solimões: uma formação do Mio-Plioceno da Amazônia sul ocidental. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA. 4, Belém, *Anais...SBG*. 204-205
- McLENNAN, S. M 1989. Rare earth elements in sedimentary rocks: influence of provenance and sedimentary processes. In: LIPIN, B. R & McKAY, G. A. (ed) *Geochemistry and mineralogy of rare earth elements*. p.169-200. (Reviews in Mineralogy, 21).
- MOORE, D. M. & REYNOLDS JR, R. C. 1997. *X-Ray Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals*. New York, Oxford. 378p.
- MOSMANN, R.; FALKENHEIN, F. U. H.; GONÇALVES, A.; NEPONUCENO FILHO, F. 1986. Oil and Gas Potential of the Amazon Paleozoic Basins. In: HALBOUTY, M, T. (ed.) *Future Petroleum Provinces of the World*. Tulsa, AAPG. p.207-241.
- NESBITT, H. W. & YOUNG, G. M. 1982. Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutitos. *Nature*, **299**: 715-717.
- NESBITT, H. W. & YOUNG, G. M. 1984. Prediction of same weathering trends of plutonic and volcanic rocks based on thermodynamic and kinetic considerations. *Journal of Geology*, **48**: 1523-1534.
- OLIVEIRA, A. I. & LEONARDOS, O. H. 1943. *Geologia do Brasil*. Rio de Janeiro, Serviço de Informação Agrícola. 813p.
- PEDREIRA, A. J & BAHIA, R. B. C. 2000. Sedimentary Basins of Rondônia State Brazil: Response to the Geotectonic Evolution of the Amazonic Craton. *Revista Brasileira de Geociências*, **30**: 477-480.
- POTTER, P. E. 1977. Petrology and chemistry of modern big rivers sands. *Journal of Geology*, **86**: 423-449.
- POTTER, P. E. 1994. Modern sands of South America: composition, provenance and global significance. *Geology Rundsch*. **83**: 212-232.
- REGO, L. F. M. 1930. *Notas sobre a geologia do território do Acre e da Bacia do Javari*. 1-45 p.
- RIZZOTTO, G. J. 1999 *Petrologia e ambiente tectônico do Grupo Nova Brasilândia-RO*. Porto Alegre. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 136 p. (Dissertação de Mestrado).
- ROLLINSON H. R, 1993. *Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation*. New York, Longman Scientific & Technical. 352p.

- 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: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37. São Paulo. *Anais*. SBG. v.1, p.321-322.
- SAVAGE, K. M. & POTTER, P. E. 1991. Petrology of modern sands of the rios Guaviare and Inirida, southern Colombia: tropical climate and sand composition. *Journal of Geology*, **99**: 289-298.
- SAWYER, E. W. 1986. The influence of source rock type, chemical weathering and sorting on the geochemistry of clastic sediments from Quetico metasedimentary belt, superior province, Canadá. *Chemical Geology*, **55**: 77-95.
- 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 Bolívia, and its bearing on Andean-age tectonics. *Tectonophysics*. **345**: 153-181.
- SILVA, L.L., 1988. A estratigrafia da Formação Solimões: uma análise crítica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35. Belém. *Anais*. v.3, p.725-737.
- SIOLI, H. 1984. The Amazon and its main affluents: Hydrografia, morfology of the river courses, and river types. In: SIOLI, H (ed.) *The Amazon, Limnology and Landscape Ecology of a Mighty Tropical River and Its Basin*. Dordrecht. P 127-166.
- SUGUIO, K. 2001. As mudanças paleoclimáticas da Terra e os seus registro, com ênfase no Quaternário. In: REIS, N. J. & MONTEIRO, M. A. S. (Coord.). *Contribuições à geologia da Amazônia*. Manaus- v.2, p.25-56.
- TASSINARI, C.C.G. & MACAMBIRA, M.J.B. 1999. Geochronological provinces of the Amazonian craton. *Episodes*, **22**, 174 -182.
- TAYLOR, S. R. & McLENNAN, S. M. 1985. *The Continental Crust: Its Composition and Evolution*. Victoria, Blackwell. 312p.
- TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M.C.; FAIRCHILD, T.R. & TAIOLI, F. 2001. *Decifrando a Terra*. São Paulo. Oficina de Textos. 558p.
- TOCANTINS, L. 1979. *Formação Histórica do Acre*. Rio de Janeiro, Civilização Brasileira. V. I, II, e III.

- TOMÉ JR, J. R. 1997. *Manual para interpretação de análise de solo*. Guaíba. Agropecuária, 247p.
- VITAL, H. & STATTEGGER, K. 2000. Major and trace elements of stream sediments from the lowermost Amazon River. *Chemical Geology*, **168**:151-168.
- VITAL, H.; STATTEGGER, K.; GARBE-SCHONBERG, C. D. 1999. Composition and trace-elements geochemistry of detrital clay and heavy mineral suites of the lowermost Amazon River: a provenance study. *Journal of Sedimentology Research*, **69**: 563-575.
- WEDEPOHL, K. H. 1995. The composition of the continental crust. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 59 (7): 217-232.
- YANG, S. Y.; JUNG, H. S.; CHOI, M. S.; LI, C. X. 2002. The rare earths element compositions of the Changjiang (Yangtze) and Huanghe (Yellow) river sediments. *Earth and Planetary Science Letters*, **201**: 407-419.
- YANG, S. Y.; JUNG, H. S.; LI, C. X. 2003. Two unique weathering regimes in the Changjiang and Huanghe drainage basins: geological evidence from river sediments. *Sedimentary Geology*, **20**: 1-16.

**ANEXO 1 - Coordenadas geográficas das estações de coleta das amostras nos rios do Acre.**

Estação	Meridiano	Paralelo
SC-01rio Iaco	09 <sup>0</sup> 05' 20" S	68 <sup>0</sup> 39' 07" W
SC-02rio Caeté	09 <sup>0</sup> 04' 20" S	68 <sup>0</sup> 45' 39" W
SC-03rio Iaco	09 <sup>0</sup> 03' 26" S	68 <sup>0</sup> 39' 08" W
SC-04rio Purus	08 <sup>0</sup> 54' 74" S	69 <sup>0</sup> 17' 23" W
SC-05rio Purus	08 <sup>0</sup> 50' 32" S	69 <sup>0</sup> 15' 31" W
SC-06rio Envira	08 <sup>0</sup> 11' 13" S	70 <sup>0</sup> 24' 02" W
SC-07rio Envira	08 <sup>0</sup> 06' 39" S	70 <sup>0</sup> 20' 52" W
SC-08rio Tarauacá	08 <sup>0</sup> 09' 25" S	70 <sup>0</sup> 45' 14" W
SC-09rio Muru	08 <sup>0</sup> 10' 08" S	70 <sup>0</sup> 45' 33" W
SC-10rio Tarauacá	08 <sup>0</sup> 10' 18" S	70 <sup>0</sup> 46' 04" W
SC-11rio Juruá	07 <sup>0</sup> 38' 04" S	72 <sup>0</sup> 40' 07" W
SC-12rio Juruá	07 <sup>0</sup> 39' 24" S	72 <sup>0</sup> 40' 36" W
SC-13rio Moa	07 <sup>0</sup> 39' 20" S	72 <sup>0</sup> 41' 07" W
SC-14rio Juruá	07 <sup>0</sup> 38' 47" S	72 <sup>0</sup> 38' 47" W

