

MINERALOGIA E GEOQUÍMICA DOS SEDIMENTOS DE PRAIAS (BARRAS EM PONTAL) E BARRANCOS DO RIO ACRE E SUA RELAÇÃO COM A FERTILIDADE AGRONÔMICA*

Título original:

*ASPECTOS GRANULOMÉTRICOS, MINERALÓGICOS E QUÍMICOS DE SEDIMENTOS DE PRAIAS (BARRAS EM PONTAL) DO RIO ACRE E SUA RELAÇÃO COM A FERTILIDADE**

Érica Cristina Acácio Viana¹
Marcondes Lima da Costa²

¹Então, 2004, aluna de pós-graduação do PPGG/UFPA

²Então professor do PPGG/UFPA, hoje professor titular voluntário do mesmo; marcondeslc@gmail.com**

* Trabalho defendido como dissertação de mestrado pelo primeiro autor em Belém, Pará, em 30 de outubro de 2004, sob a orientação do prof. Dr. Marcondes Lima da Costa e apoiado pelos projetos de pesquisa financiados pelo CNPQ (SelenMerAs, Proc. 476874-1 e Geosedintama, Proc. 471109/2003-7) coordenados pelo orientador 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. Paulo César Fonseca Giannini (IG-USP), além do próprio orientador, Dr. Marcondes Lima da Costa (IG-UFPA). Mesmo atrasado na divulgação, acredita-se que este trabalho é ainda de real importância para as ciências geológicas, para agricultura e para o meio-ambiente tanto no Acre, como além de suas fronteiras. Parte dos resultados deste trabalho foram publicados em Costa et al. (2003) e em comunicações em eventos.

** Autor para correspondência

ABSTRACT

The State of Acre is situated in the southwestern portion of the Amazon region and occupies 3.16% of its area. It is crossed by two systems of drainage: Juruá and Purus rivers. During the dry season, some beaches (point bars) are formed in the concave parts of the meanders. An example of this is observed on the Acre River, tributary of the Purus River. Incidentally, this area is of great historical importance for the region, as it was the site of a battle between Brazil and Bolivia for ownership of the State of Acre.

*Those beaches, which occur on the edges of the main rivers of the Acre, are intensely used for agriculture of subsistence of short cycle (beans (*Vigna unguiculata* (L)*

Walp), maize (*Zea- Mays*) and watermelon (*Citrullus Lanatus*) by the local peasants. These cultures occupy small areas, up to 2 hectares, on these beaches. Such situation is different from those on beaches from other regions of the Amazonia and Brazil. With the purpose of understanding the source of these sediments and the origin of this fertility, the present work was developed.

The main unity of the State Acre is Solimões Formation, that occupies more than 80% of its surface (SEHA, 2000). It is formed mainly by argilites with carbonized organic matter (Radambrasil, 1976), and some fossils fragments of vertebrates and invertebrates. Locally, argillaceous siltites, calcareous rocks, ferruginous arenites and polymithics conglomerates are found (Radambrasil, 1976). On this Formation it was deposited holocenic sediments which constitute in part unstable abrupt declivities and, currently, beaches in both the edges of the rivers.

The beach sediments, mainly in the cultivated areas, are predominantly siltics with unimodal distribution. The grains are angular to sub-angular and are constituted mainly of quartz, followed by smectite, illite, kaolinite and feldspar. The chemical composition shows high values of SiO₂ ($84,0 \pm 4,7\%$, $n = 10$), and moderate to low values of the oxides (1 to 6%): Al₂O₃ ($6,1 \pm 1,7\%$, $n = 10$), Fe₂O₃ ($2,7 \pm 0,6\%$, $n = 10$), K₂O ($1,3 \pm 0,2\%$, $n = 10$); Na₂O ($0,43 \pm 0,12\%$, $n = 10$), CaO ($0,28 \pm 0,08\%$, $n = 10$) and MgO ($0,4 \pm 0,15\%$, $n = 10$), compatible with the mineralogical assembly identified, and therefore very different from those of other fluvial beaches, which are very poor in these components. Mineral constituents, such as feldspar and smectite and the angular form of the grains beach sediments, indicate immature evolution being Solimões Formation the source of these sediments.

The fertility show that these sediments are comparable the eutrofic cambissols, with high capacity of exchange of cations (~ 11.01 Cmolc/Kg) and percentage of saturation of bases (v) above 90, indicating that they are in fact appropriate for agriculture. This fertility is related to the presence of clay minerals (smectite and illite) and to its siltic and loosely bound grains.

INTRODUÇÃO

Apresentação

O Estado do Acre está localizado na porção sudoeste da região Amazônica, ocupando 3,16% da sua área. O Estado faz fronteiras ao sul e a Leste com a Bolívia e ao sul e a oeste com o Peru, ao norte com o Amazonas e a leste com Rondônia (Figura 1).

Seu território é atravessado pelas bacias hidrográficas dos rios Juruá e Purus. Algumas das características desses rios são o paralelismo entre si e acentuado padrão meandrante. Durante a estiagem, várias “praias” (barras em pontal) são expostas nas margens convexas dos meandros e ao longo de estirões. Um exemplo disto é dado pelo rio Acre, afluente pela margem direita do rio Purus, desembocando neste à altura da cidade de Boca do Acre/AM.

O rio Acre tem suas cabeceiras localizadas em território peruano. É navegável regularmente até a cidade de Porto Acre e, na época das cheias, é navegável até Rio Branco, outrora até Xapuri.

A povoação do Acre iniciou-se e ainda é forte ao longo da rede de drenagem do Estado, em suas margens se localiza a maioria das cidades. O rio Acre historicamente foi e é, ainda em parte, o responsável pela expansão da população ao longo de suas margens. Foi a importante via de acesso para a entrada de colonizadores no estado, sendo palco de muitas batalhas, onde as espingardas de chumbo figuravam como elementos de colonização, conforme retrata Tocantins (1979). Além disso, servia de importante via de comércio para as drogas do sertão num primeiro momento e posteriormente, também para o extrativismo industrial da borracha com o desenvolvimento de um número maciço de seringais às suas proximidades. Mas a partir dos anos 1960 e principalmente 1970 com a abertura da rodovia federal BR 364, este quadro mudou muito, e os rios ficaram em segundo plano como meio de transporte.

Nas margens do rio Acre, como ocorre com os principais rios daquele estado, as praias e barrancos são utilizados para agricultura de pequeno ciclo (subsistência) sendo cultivados principalmente feijão caupi (*Vigna unguiculata (L) Walp.*) (Figuras 2 e 3), milho (*Zea- Mays*) e melancia (*Citrullus Lanatus*). Infelizmente esta atividade vem perdendo

atrativo perante o desenvolvimento da agricultura intensiva, que ocupa os solos de terras firmes.

Este tipo de cultivo, não comum em praias de outras regiões da Amazônia e do Brasil, tem sido alvo de estudos (EMBRAPA, 1997) que comprovou, dentre outras características, o alto valor protéico do feijão caupi.

Cabe registrar que os termos “praias” e “barrancos”, embora pouco utilizados pelos geólogos, são amplamente referidos na linguagem regional. A denominação de barranco, por exemplo, é usada em quase todo o Brasil para as margens de um rio que apresenta certa altura relativa (Guerra & Guerra, 1997).

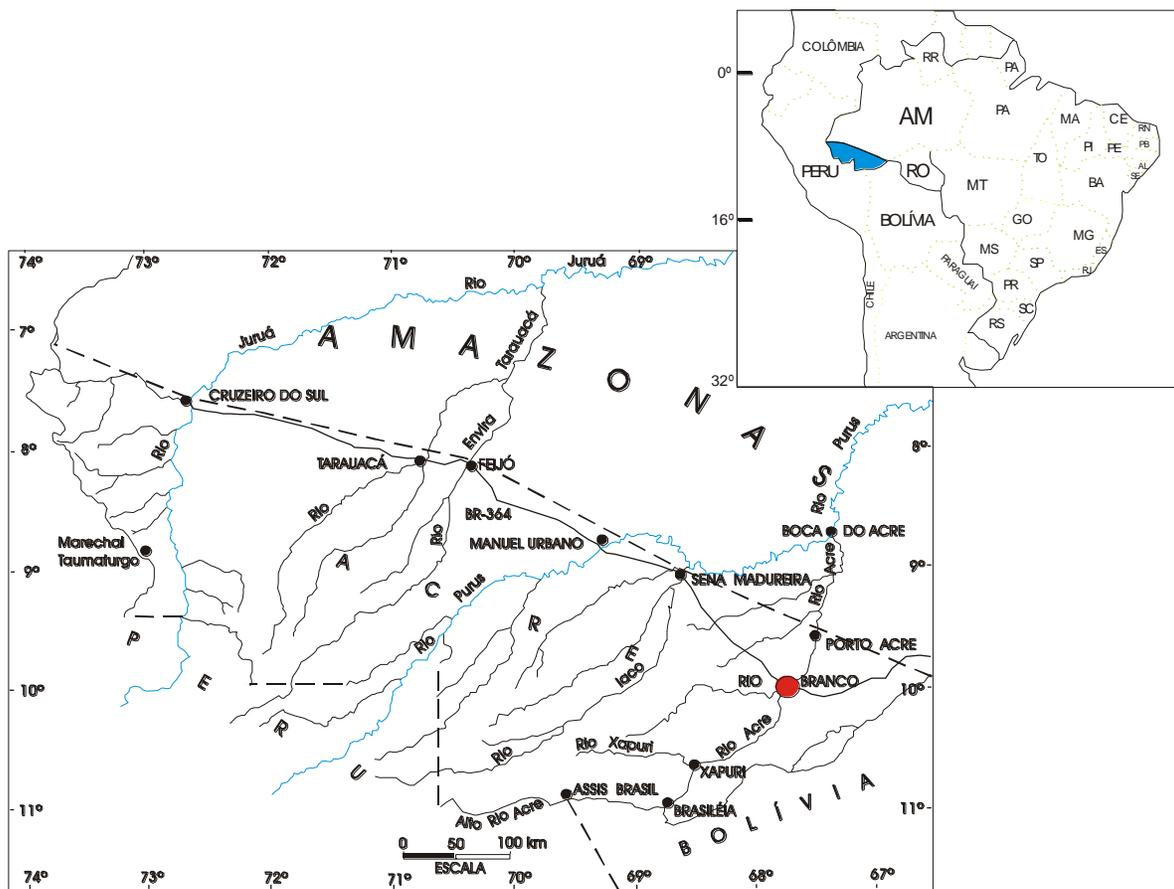


Figura 1- Localização do Estado do Acre e suas duas principais redes de drenagem, Purus e Juruá.



Figura 2- Cultivo de feijão caupi (*Vigna unguiculata (L) walp*) em praia do rio Acre, em Assis Brasil- AC. (Foto: Rômulo Angélica).



Figura 3- Cultivo de feijão caupi (*Vigna unguiculata (L) walp*) em barranco do rio Acre, em Assis Brasil- AC. (Foto: Rômulo Angélica).

Objetivos

No Estado do Acre, o cultivo de feijão caupi (*Vigna unguiculata (L) Walp*) em praias de rios é praticado como subsistência por pequenos agricultores, que se utilizam apenas da mão-de-obra familiar, com técnicas rudimentares para seu cultivo.

Assim, o objetivo do presente trabalho é determinar as características granulométricas, mineralógicas e químicas de sedimentos de praias do rio Acre com o intuito de identificar sua área fonte e, com base nesses dados, entender seus processos de formação e sua contribuição à fertilidade dessas praias.

Localização e acesso

A área em estudo, ao longo do rio Acre, está localizada na porção leste do Estado do Acre. O acesso ao Acre é feito via aérea ou rodoviária até Rio Branco- AC. Para a área de trabalho, às estações selecionadas, utiliza-se a BR-364 e a BR- 317 e barco motorizado de pequeno porte ao longo do rio Acre (Figura 4).

As estações de trabalho foram fixadas tanto à montante quanto à jusante das cinco cidades selecionadas situadas às margens do rio Acre (Figura 5).



Figura 4- Aspecto do barco motorizado tipo rabeta utilizado no rio Acre.

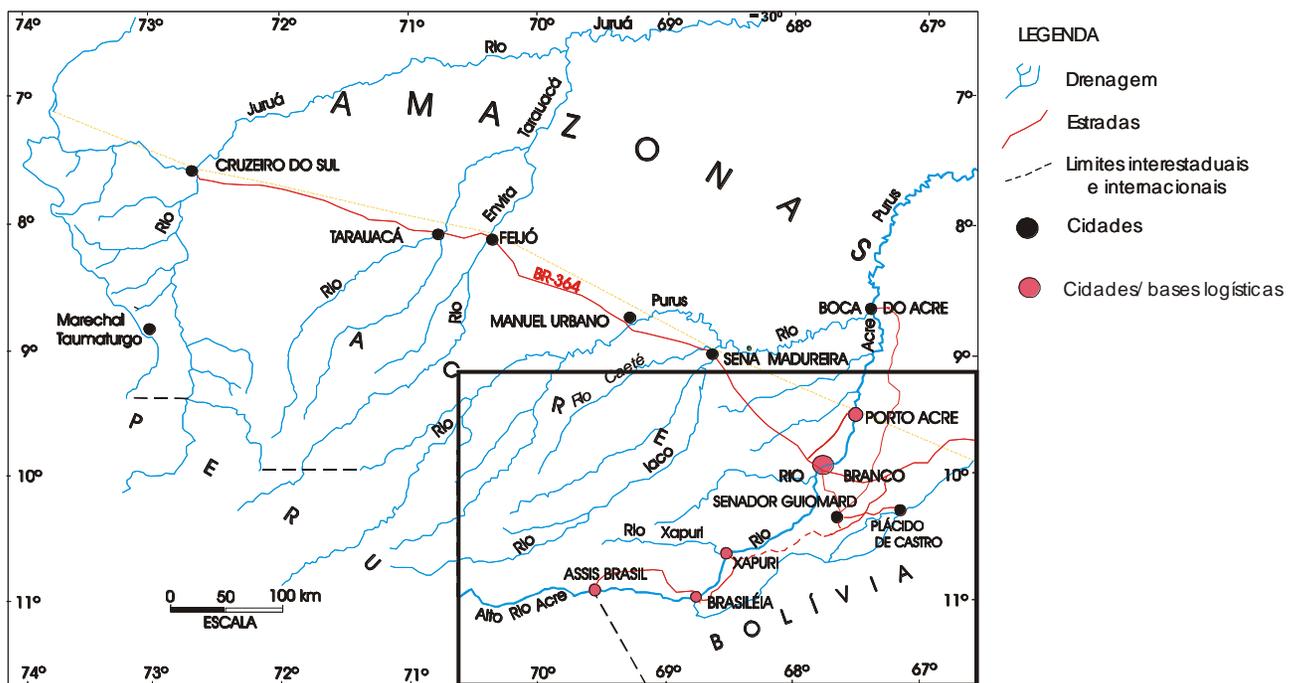


Figura 5- Localização da área de estudo, destacando-se as principais cidades ao longo do rio Acre.

Cidades às margens do rio Acre

O rio Acre apresenta em suas margens algumas das principais cidades do Acre. As cidades situadas a partir de sua desembocadura são Boca do Acre no Estado do Amazonas e as demais, no Estado do Acre, são Porto Acre, Rio Branco, Xapuri, Brasiléia e Assis Brasil, as quais serviram de base logística neste trabalho.

Porto Acre

Cidade com aproximadamente 19.141 habitantes (em 2021 e uma área de 2.604 km², liga-se a Rio Branco através da Rodovia AC-010, distando 57 km da capital. É considerada histórica por ter sediado no início do século XX repartições bolivianas (Puerto Alonso) e brasileira (Porto Acre) e ainda por servir de palco para sangrentas batalhas que culminaram com a incorporação do território acreano à nação brasileira através do Tratado de Petrópolis. Seu povoamento ocorreu ao longo do rio Acre, que nesta época serviu de rota

para a marcha de ocupação e era a única via de circulação para pessoas e mercadorias. A atividade produtiva do município, em sua maior parte, é gerada pela agricultura e pelo extrativismo vegetal.

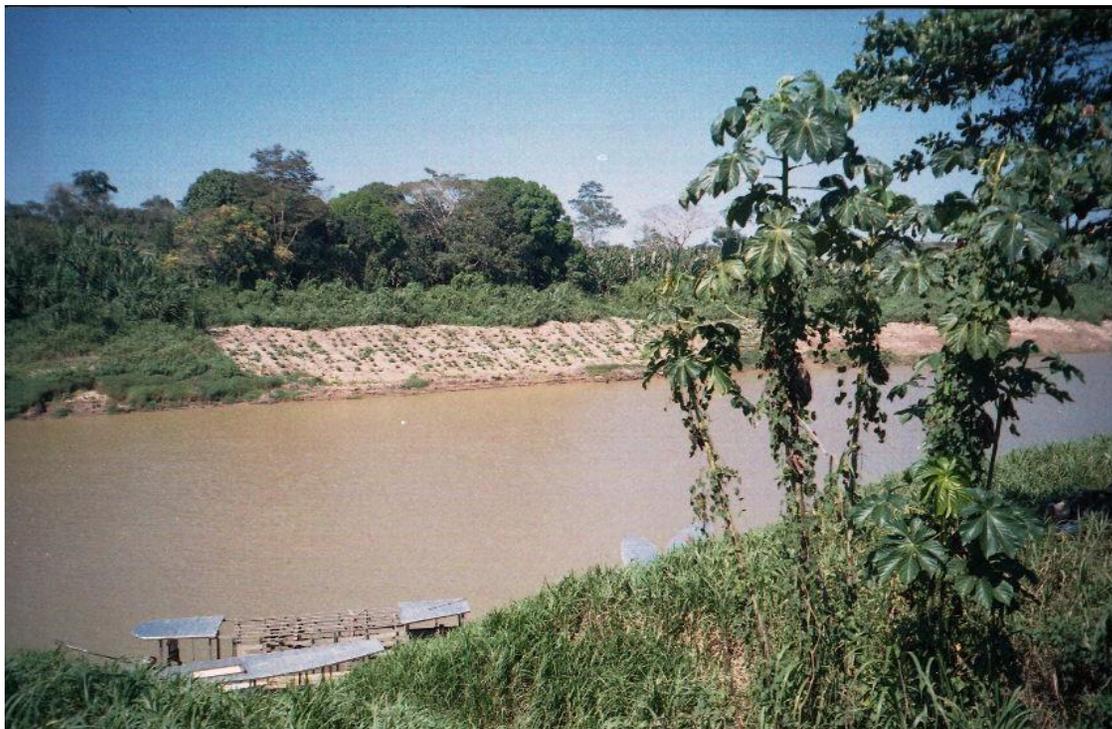


Figura 6- Cultivo de feijão em barranco às margens do rio Acre, Porto Acre- AC (Foto: Rômulo Angélica).

Rio Branco

Com 364 756 habitantes (2022, IBGE), a capital do Estado do Acre ocupa área de 8 834,942 km² e está a 3.123 km de Brasília. A cidade originou-se do núcleo de colonização Volta de Empresa, em 1882, durante o período de prosperidade da borracha na Amazônia. Vinte anos mais tarde, tornou-se a sede da organização de brasileiros, comandados por Plácido de Castro, que se opunham à dominação boliviana na região. Após a incorporação do Acre ao Brasil em 1903, através do Tratado de Petrópolis, o povoado foi elevado à condição de cidade.

É o maior centro populacional, econômico e cultural do Estado e o município é drenado pelos rios Acre, Iquiri, Xipamamu e Antimari. Através das rodovias estaduais AC-090, AC-040 e AC-010 e as rodovias federais BR-364 e BR-317, se liga as de Sena Madureira, Bujari, Feijó, Tarauacá, Cruzeiro do Sul, Porto Acre, Plácido de Castro, Senador Guiomard, Epitaciolândia, Brasiléia, Capixaba e Xapuri, entre outros; pela BR-364 está ligado a Cidade de Porto Velho (RO).

Xapuri

Com aproximadamente 19 048 habitantes em uma área de 5 250 km², está localizada a 188 km de Rio Branco pela BR-317. É considerada o berço da Revolução Acreana, movimento de resistência pela incorporação do território acreano ao Brasil. Sua principal atividade econômica baseia-se pecuária, na coleta e processamento de castanha do Pará através de uma cooperativa de produtores, látex de seringueira, além de sua inclusão no programa para desenvolvimento do ecoturismo. Também foi destaque uma fábrica de preservativos masculinos com látex regional.



Figura 7- Cultivo de feijão em barranco às margens do rio Acre, Xapuri- AC. (Foto: Rômulo Angélica).

Brasiléia

Possui cerca de 26 702 habitantes e uma área de 3 916 km². Localiza-se a 237 km ao sul de Rio Branco, na fronteira com a República da Bolívia. Sua principal via de acesso à capital é feita pela rodovia BR-317. Apesar de instituída como Área de Livre Comércio, ela ainda não foi regulamentada. Sua economia baseia-se na pecuária, principalmente gado de corte e apresenta grande potencial para o ecoturismo.



Figura 8- Rio Acre na fronteira Brasil- Bolívia. Em primeiro plano, observa-se a cidade de Cobija, Bolívia e ao fundo, a cidade de Brasiléia, AC (Foto: Marcondes Lima da Costa).

Assis Brasil

Possui aproximadamente 7 649 habitantes distribuídos numa área de 4 974 km², distante 118 km de Brasiléia pela BR-317. Sua sede está localizada na região conhecida pelas três fronteiras, Brasil, Bolívia e Peru. Está na rota da rodovia do Pacífico.

Atualmente, seu maior destaque na atividade econômica é a pecuária, em parte a madeireira.



Figura 9- Barranco às margens do rio Acre, Assis Brasil- AC. (Foto: Rômulo Angélica).

Geologia

A área ocupada pelo Estado do Acre está representada fundamentalmente por rochas sedimentares cenozoicas da Formação Solimões (Figura 10). Logo além das fronteiras do do estado, na porção nordeste, aflora o escudo cristalino representado pelo Complexo Xingu. No extremo oeste do Acre, ocorrem quatro formações dentro do Parque Nacional da Serra do Divisor, denominadas de Formação Ramon, Serra do Divisor, Azul e Moa. Com ampla distribuição no Estado, ocorrem depósitos holocênicos representados pelos aluviões atuais das planícies fluviais e aluviões indiferenciados.

Os trabalhos mais importantes realizados nos últimos anos no Estado do Acre, são aqueles referentes aos Projetos Radambrasil, 1976 e 1977. Baseado nestes projetos, serão descritas de forma sucinta as principais unidades geológicas do estado:

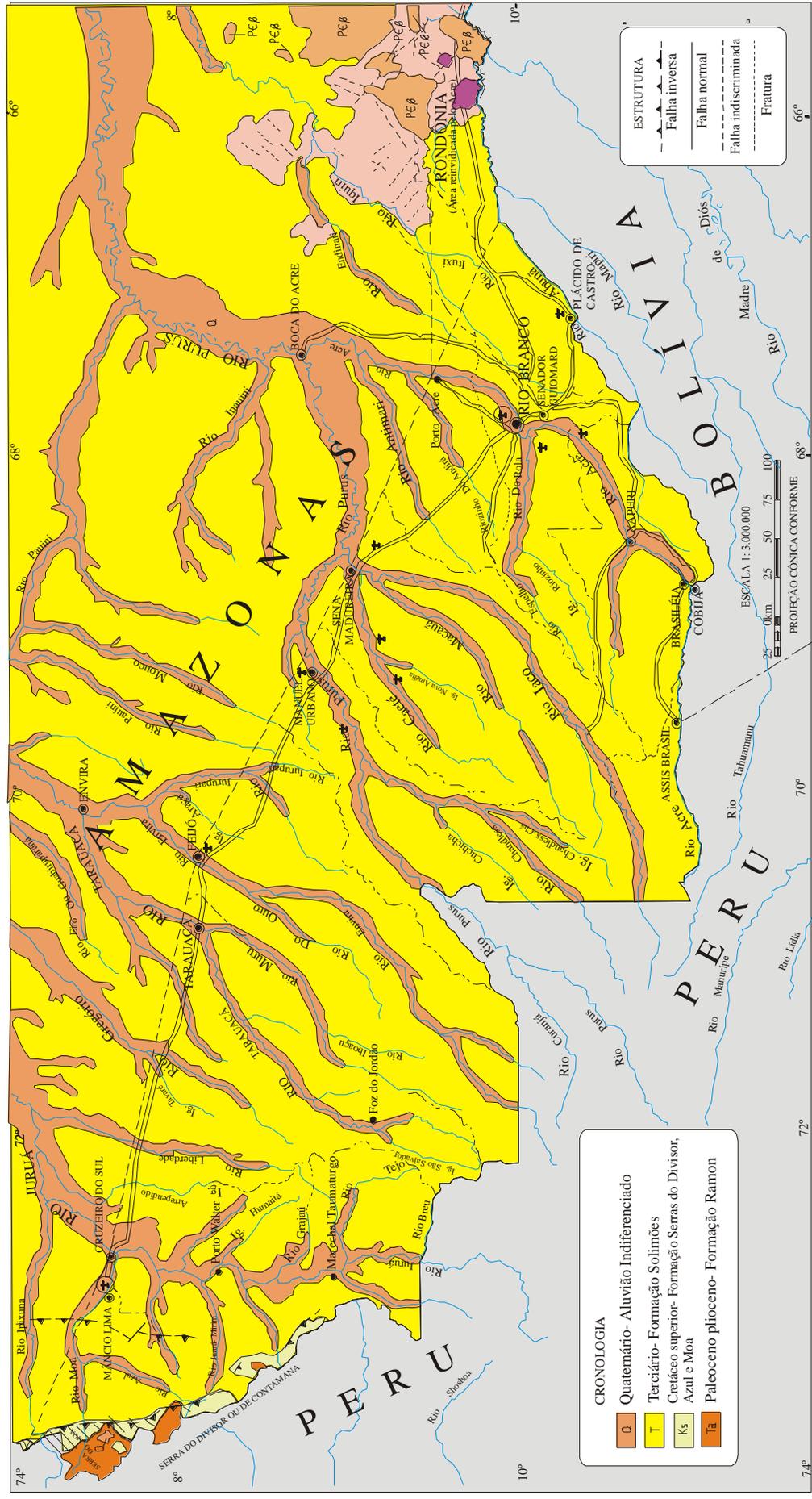


Figura 10- Mapa geológico (Fonte: Atlas Geográfico Ambiental do Acre, 1991).

Formação Moa

Esta unidade está subdividida em dois membros, inferior (Capanaua) e superior (Água Branca) (Barros *et al.*, 1977). Esta divisão foi proposta por Moura & Wanderley (1938) *in* Barros *et al.* (1977) devido a diferenças litológicas e fisiográficas.

Membro Capanaua

Caracteriza-se por um conglomerado basal, polimítico, mal selecionado, com seixos e matacões constituídos de quartzitos, quartzo- traquito, silexito, arenito e sienito. Estes seixos são subarredondados, com alguns facetados (tetraédricos). Apresenta matriz composta de areia grossa a conglomerática, em geral não apresenta estratificação e quando esta está presente ocorre entre sedimentos argilosos e sílticos. Localmente ocorrem lentes de argilitos micáceos escuros a cinza escuro com material carbonoso de plantas remanescentes (Leite, 1958 *in* Radambrasil, 1977).

Membro Água-Branca

Este membro é formado por espessa seção de arenitos de cor amarela, creme à rósea. Apresenta-se ao longo da seção e com maior frequência, granulometria fina a média, muito uniforme, com boa seleção. São verificados também nestes pacotes arenosos, nas partes mais inferiores, níveis com grãos de quartzo grossos a conglomeráticos, geralmente ferruginosos, conferindo-lhe uma cor amarela e às vezes dando-lhe maior consistência, originando quedas d'água de grandes dimensões e topografias muito acidentadas com escarpas. É característica também deste membro a surgência de água, cujas temperaturas são levemente superiores à do rio Moa; estas águas são fortemente carregadas de soluções ferruginosas, verificadas nos igarapés Suadoro e Central, a 1,5 km da saída do rio Moa da serra da Jaquirana (Radambrasil, 1977).

Formação Azul

Bouman (1959) *in* Barros *et al.* (1977), dividiram esta formação em dois membros, inferior e superior, baseado em diferentes características litológicas.

A parte inferior da seção é identificada pela presença de uma seqüência uniforme de arenitos amarelos, creme a vermelhos de granulometria fina a média, muitas vezes

depositados em bancos compactos e outras vezes apresentando estratificações cruzadas, onde ocorrem variações granulométricas de fina a grossa e ocasionalmente com bordas mostrando disseminações de óxido de ferro.

Por toda a seção do membro superior predominam as intercalações de folhelhos silticos e arenitos que caracterizam muito bem a parte do topo. As espessuras das camadas destas litologias são bastante variáveis, predominando bancos de arenitos que atingem até 45m de espessura. Estes são creme- amarelados, com granulometria fina e grãos de quartzo subangulares ocorrendo localmente, estratificações cruzadas de pequena amplitude, muitas vezes apresentando coloração amarelada devido a concentrações ferruginosas. Ao longo deste pacote arenoso são vistas finas camadas de folhelhos e siltitos cinza- escuro de dimensões centimétricas.

Formação Serra do Divisor

Esta unidade posiciona-se acima da Formação Azul e abaixo da Formação Ramon. Seu contato inferior é concordante; por outro lado o contato superior com a Formação Ramon é feito por uma possível discordância angular de baixo ângulo (Radambrasil, 1977).

É constituída predominantemente de arenitos com estratificações cruzadas e plano-paralelas, apresentando colorações variegadas, branca, amarela, creme, rósea e avermelhada. A granulometria areia média ocorre com maior frequência ao longo da seção, podendo apresentar variações de fina a grossa e às vezes conglomeráticas, geralmente associadas a estratificações cruzadas. O arredondamento dos grãos é bastante variado, ocorrendo desde angulosos a bem arredondados; quanto à mineralogia, é composta essencialmente de quartzo e de maneira reduzida, zircão, turmalina e finíssimas palhetas de sericita, cimentadas por sílica, conferindo boa consistência e material ferruginoso, responsável pela coloração amarelo- avermelhada. Estes arenitos em direção à base tornam-se mais friáveis e porosos; em direção ao topo ocorrem com maior frequência níveis mais ferruginosos que desenvolvem crostas laterizadas bastante compactas atingindo espessuras de 30 cm (Barros *et al.*, 1977).

Formação Ramon

Esta formação repousa sobre os arenitos da Formação Divisor, por uma provável discordância angular; seu contato superior ocorre com a Formação Solimões e não é visto no território brasileiro (Barros *et al.*, 1977).

Sua idade é baseada em correlações estratigráficas e através de eventos orogênicos que afetaram a bacia subandina no intervalo Cretáceo- Terciário, responsáveis pelos soerguimentos da Cordilheira Andina e serra do Moa.

A parte mais basal da Formação Ramon é caracterizada por um arenito muito duro que em algumas áreas está altamente silicificado, com aspecto de *chert* ; sobre estas camadas ocorre outro arenito de coloração vermelho- tijolo característica das *red beds*, argilosos e de granulometria média, com pequenas camadas intercaladas de arenitos litificados. Outra característica é a presença de conglomerados calcários e leitos de calcários. Sobre estes horizontes basais desenvolve-se espessa seção de folhelhos, argilitos e siltitos intercalados por toda a seção. Em direção ao topo, há uma gradação para siltitos e argilitos que se intercalam com maior frequência; são rochas maciças, de cores vermelha acastanhada, mostrando, entretanto, tonalidades mais claras como cinza- azulado e branco. Muitas vezes estas rochas ocorrem de tal forma endurecidas, formando relevos positivos. Na parte mais superior, predominam as intercalações de argilitos e siltitos maciços, cinza-azulados a esverdeados, apresentando folhelhos verdes bem laminados e com fraturas conchoidais (Barros *et al.*, 1977).

Formação Solimões

Tal formação tem sido estudada e individualizada em diversos trabalhos, recebendo muitas denominações no Brasil e no Peru. Orton, em 1837, foi quem primeiro descreveu na localidade fossilífera de Pebas, no rio Marañón no Peru, argilas plásticas e arenosas, cinza-escuras ou claras, contendo grandes depósitos de linhito denominando-as de Formação Pebas (Oliveira & Leonardos, 1943). No Brasil, Rego (1930) *in* Radambrasil (1976) descreve a Série Solimões constituída de argilas e areias sempre pardas, castanhas ou azuladas, ocorrendo ao longo dos rios Javari, Solimões, Acre e Purus.

Radambrasil, 1976; Frailey *et al.* 1988, Kronberg *et al.* 1990 *in* Latrubesse & Rancy (1995) consideram a Formação Solimões como sendo de idade pleistocênica superior. Contudo, baseado em novos dados paleontológicos, Latrubesse & Rancy (1995)

consideraram a Formação Solimões como pertencente ao Mioceno Plioceno- Superior nos níveis mais superiores que afloram no Acre.

Campbell *et al.* (1985) correlacionam os afloramentos ao longo do rio Bení, na parte central da Bolívia, com os que ocorrem ao longo do rio Acre, como mostra a figura 11, com as *red beds* correspondendo à Formação Solimões. A seqüência estratigráfico padrão consiste de uma unidade basal de argilas estratificadas com depósitos de preenchimento de canal constituídos de areia e conglomerados *clay-ball* capeados por duas unidades mais espessas de silte e areia fina, relativamente não- estratificados, sendo as mesmas ao longo de cada rio.

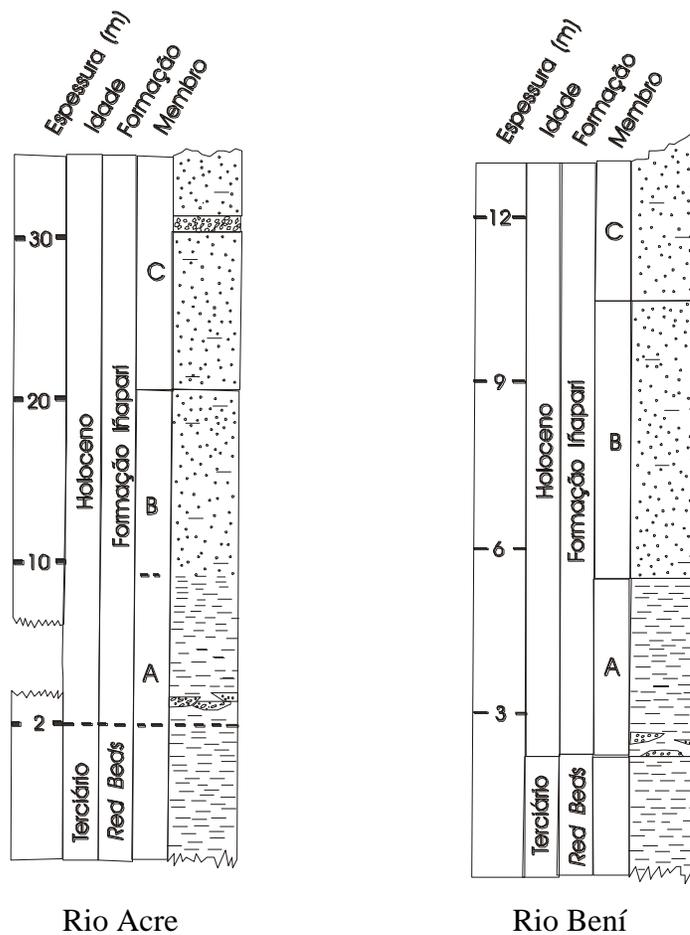


Figura 11- Correlações geológicas entre as seqüências estratigráficas observadas no rio Acre e no rio Bení. Adaptado de Campbell *et al.*, 1985

A Formação Solimões consiste em sedimentos argilosos, sílticos e argilo-arenosos e areias finas a médias, subangulares com intercalações de linhito, nódulos calcíferos e limoníticos, sendo observados ainda conglomerados polimíticos. Os argilitos, sílticos, são inconsolidados, laminados, apresentando cristais abundantes de gipsita disseminado, indicativos de clima semiárido. Os sedimentos são caracterizados por uma variedade de

cores variando de vermelho a preto. As cores mais escuras (azul, cinza e preto) prevalecem nas partes mais superiores da formação. Os argilitos com camadas castanhas ou cinza esverdeadas contém, em geral, os cristais de gipsita. Os arenitos são finos a médios, cinza esverdeados, brancos e castanho- avermelhados. Podem ser argilosos, friáveis, com estruturas sedimentares tais como estratificação cruzada, laminar e *flaser*. Estruturas de bioturbação são também freqüentes (Hoorn, 1993).

Os conglomerados são intraformacionais, contendo seixos constituídos, em geral, de argilito ou siltito (Caputo *et al.*, 1971).

Nos 300m superiores ocorre linhito de baixa qualidade em camadas de 10m de espessura com alto teor de argilas e umidade (Caputo *et al.*, 1971).

A unidade é rica em fósseis vegetais e animais. São abundantes também algas carófitas, ostracodes, escamas de peixes, dentes e ossos de vertebrados e répteis.

Em sua base, a Formação Solimões está em contato com a Formação Ramón. Este contato é observado na transição gradual de argila avermelhada e areia até clastos mais finos com uma variedade de cores. A Formação Ramon é equivalente à Formação Alter do Chão situada na porção leste de idade Cretáceo- Terciário (Caputo *et al.*, 1971).

O topo da Formação Solimões é sobreposto discordantemente pela Formação Içá do Pleistoceno (Hoorn, 1993). A espessura daquela formação cresce de NE para SW até um máximo de 980m. A Formação Solimões sobrepõe-se ao embasamento do escudo guianense na direção norte.

Aluviões

Esta unidade, sobreposta discordantemente à Formação Solimões, subdivide-se em aluviões indiferenciados e aluviões atuais.

Aluviões Indiferenciados

Representam os depósitos aluviais mais antigos formando os terraços, os colúvios e os elúvios do sopé da serra do Divisor. Os primeiros são caracteristicamente argilosos, siltosos e arenosos de granulação fina, ocasionalmente médios a grosseiros inconsolidados, apresentando-se com estruturas primárias, tais como estratificações cruzadas e plano-paralelas e constituídas de quartzo e minerais opacos. A espessura destes depósitos varia de 1 a 6 m e o contato entre seus tipos litológicos é gradacional, embora, às vezes, apareçam

contatos bruscos, formados por uma crosta ferruginosa. Os colúvios e elúvios, encontrados no sopé das serras, são areias médias a grossas, de cor creme com grãos de quartzo angulares e subarredondados sem estrutura visível (Barros *et al.*, 1977).

Aluviões Atuais

São encontrados nas planícies fluviais, constituindo barrancos e praias em ambas as margens dos rios com até 5 m de espessura. As praias, nas partes convexas dos meandros, são sedimentos predominantemente arenosos de granulação fina, cores branca, amarela e avermelhada (resultante do intemperismo). São compactos ou friáveis. Às vezes, apresentam seqüência gradacional com areias muito finas com minerais opacos. É comum encontrar depósitos recentes de vegetais em carbonização e piritizados, ossos e madeiras retrabalhadas (Barros *et al.*, 1977).

Evolução Geológica

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

Esta bacia representa uma zona de subsidência pericratônica, onde ocorrem sedimentos depositados desde o Paleozóico até o Terciário Superior. Durante sua evolução foi afetada pela orogenia andina dentre outras, com o levantamento da Cordilheira Andina Oriental. O ápice do levantamento desta cordilheira é reportado ao Plioceno inferior por vários autores e está relacionado ao paroxismo “Quechua” de Steinmann (1929) ou Quechua subandino de Ruegg (1952) (Radambrasil, 1976). Miura (1972) coloca o ápice do levantamento da cordilheira no Mioceno Superior. Apesar das controvérsias quanto ao posicionamento cronológico da fase de dobramento Quechua, a maioria dos autores coloca este evento no período que vai do Mioceno Superior ao Plioceno Inferior. O grande levantamento que originou a Cordilheira Andina Oriental deformou toda a seqüência cretácea e *red beds* da Formação Ramon. A Bacia do Acre, até então marginal aberta, passa a ser intracontinental com o levantamento da cordilheira (Asmus & Porto, 1973 e Campos & Bacocoli, 1973 *in* Radambrasil, 1976). O soerguimento da cordilheira andina ocasionou assim, uma inversão no sentido da rede de drenagem, que passa a fluir para leste, criando um ambiente tipicamente fluvial. Latrubesse *et al.* (1994) descrevem o sistema deposicional

da Formação Solimões representado por mega leques aluviais, cujas cabeceiras estariam localizadas nos Andes. Neste ambiente houve a formação de grandes lagos e pântanos e desenvolvimento de uma fauna diversa de vertebrados.

No Terciário superior (Plioceno médio), a Bacia do Acre que se mantinha emersa começou a sofrer uma progressiva subsidência, preparando-se para a sedimentação de uma parte da Formação Solimões. O sentido da deposição mudou radicalmente, passando a processar-se principalmente de áreas localizadas a sudoeste, o que pode ser corroborado pelo sentido de mergulho predominantemente para NE das camadas frontais das estratificações cruzadas. Esse evento marca o início de um novo ciclo de sedimentação, sem sofrer grandes efeitos tectônicos, evidenciado por uma deposição sub-horizontal. Este novo ciclo de sedimentação corresponde à Formação Solimões, sendo que suas camadas horizontalizadas devem fazer discordantemente sobre as camadas dobradas dos ciclos precedentes, marcando o início de sua sedimentação.

A área (correspondente à Folha SC.19 Rio Branco *in* Radambrasil, 1976) recebeu assim um aporte de sedimentos principalmente originário de área-fonte localizada a sudoeste, e das rochas dos ciclos preexistentes, erodidas e redepositadas, constituindo a Formação Solimões, cuja sedimentação começou no Plioceno e terminou no Pleistoceno superior. A partir deste período, começou a ser instalada a atual rede de drenagem e a região tem sofrido processos epirogenéticos, lentos e intermitentes, com reajustes da crosta, refletindo as estruturas subjacentes nos lineamentos da superfície.

Clima

Na classificação de Köppen, o clima dominante no Estado do Acre se enquadra como do tipo Am/tropical chuvoso, com estação seca de pequena duração (junho a agosto) (Radambrasil, 1976).

Outro tipo de classificação climática é a de Gaussen, a qual baseia-se na variação periódica da temperatura e da precipitação anuais, registradas através das médias mensais. Esta classificação está ligada ao estudo do “clima biológico”, permitindo melhor correlação entre os diversos modelos climáticos e os diversos tipos de cobertura vegetal (Radambrasil, 1976). O Estado do Acre abrange duas regiões bioclimáticas:

-*Termaxérica*: corresponde à sub-região Eutermaxérica, com temperatura do mês mais frio superior a 20°C. A amplitude térmica anual nesta área é muito baixa e a umidade relativa do ar está acima de 85%.

-*Xeroquimênica*: com maior abrangência no estado, esta região apresenta temperatura do mês mais frio superior a 15°C e estação seca de 1 a 3 meses. Subdivide-se em Subtermaxérica branda e Subtermaxérica severa, as quais denotam o período de dias biologicamente secos (Acre, 1991) (Figura 12).

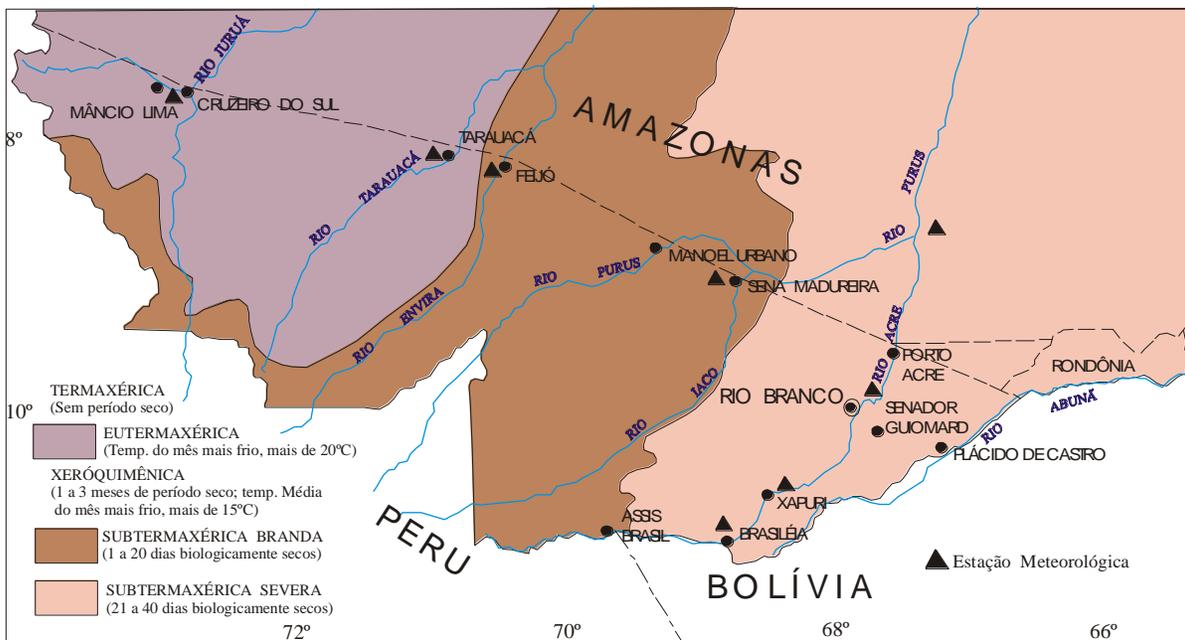


Figura 12- Classificação bioclimática do Estado do Acre. Fonte: Acre (1991).

Baseado na classificação de Thornthwaite & Mather (1955) in IBGE (1990), que individualiza os tipos climáticos quanto ao grau de umidade, o estado apresenta tipo climático úmido, subdividido em três faixas distribuída nos sentidos dos paralelos: Terceiro Úmido (B3); Segundo Úmido (B2) e Primeiro Úmido (B1) (Tabela 1). A área do presente estudo corresponde ao Primeiro Úmido (B1).

Tabela 1- Tipos climáticos quanto ao grau de umidade, segundo Thornthwaite & Mather (1955).

TIPO CLIMÁTICO		ÍNDICE UMIDADE RELATIVA	PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA					
			TOTAL ANUAL (mm)	MESES MAIS CHUVOSOS			MESES MENOS CHUVOSOS	%
				DURAÇÃO	ÉPOCA	%		
ÚMIDO	B3	80 a 60	2500 a 2250	8 a 7	Out a Abr/ Mai	85 a 75	Jun a Ago	10 a 5
	B2	60 a 40	2250 a 2000	7 a 6	Out/ Nov a Abr			
	B1	40 a 20	2000 a 1600	6 a 5	Nov a Mar/ Abr			

FONTE: IBGE (1990).

O período chuvoso, caracterizado por alta pluviosidade, inicia-se em outubro prolongando-se até abril ou maio, sendo que os três primeiros meses de cada ano apresentam o maior acúmulo de chuvas. Os totais médios pluviométricos anuais variam entre 1600mm e 2500mm (Radambrasil, 1976). A noroeste do Estado do Acre, concentra-se a maior pluviosidade e o inverso ocorre na porção sudeste (Figura 13).

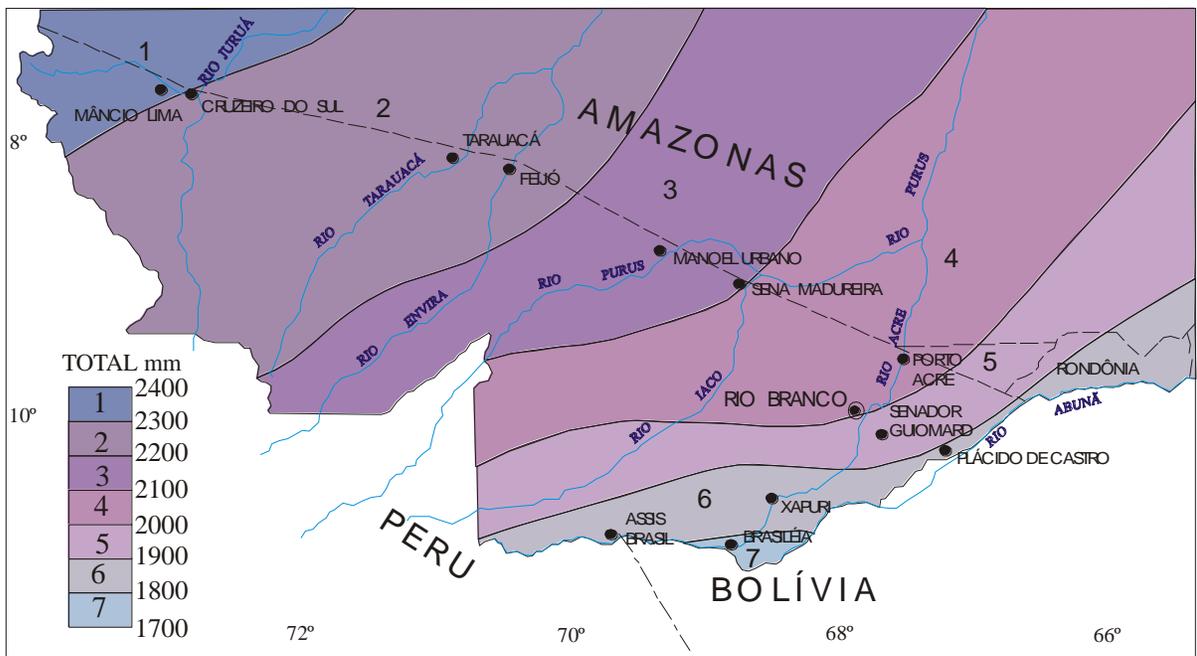


Figura 13- Precipitação anual no Estado do Acre. Fonte: Acre (1991).

A temperatura média anual é de aproximadamente 24,5°C (Figura 14). A temperatura máxima é de 32°C, aparentemente uniforme em toda a área, enquanto a temperatura mínima varia devido a menor ou maior exposição aos sistemas extratropicais (Cruzeiro do Sul: 10°C; Brasiléia: 17,4°C; Tarauacá, 19,9°C e Rio Branco: 20,2°C) (Radambrasil, 1976).

É comum na área, o fenômeno da “friagem”, resultante do avanço da Frente Polar que, impulsionada pela Massa de Ar Polar, provoca brusca queda de temperatura, permanecendo alguns dias com a média de 10°C e duração de 3 a 8 dias (Radambrasil, 1976).

A umidade relativa anual é bastante elevada, com médias de 80 a 90%, sem significativas oscilações no decorrer do ano (Radambrasil, 1976).

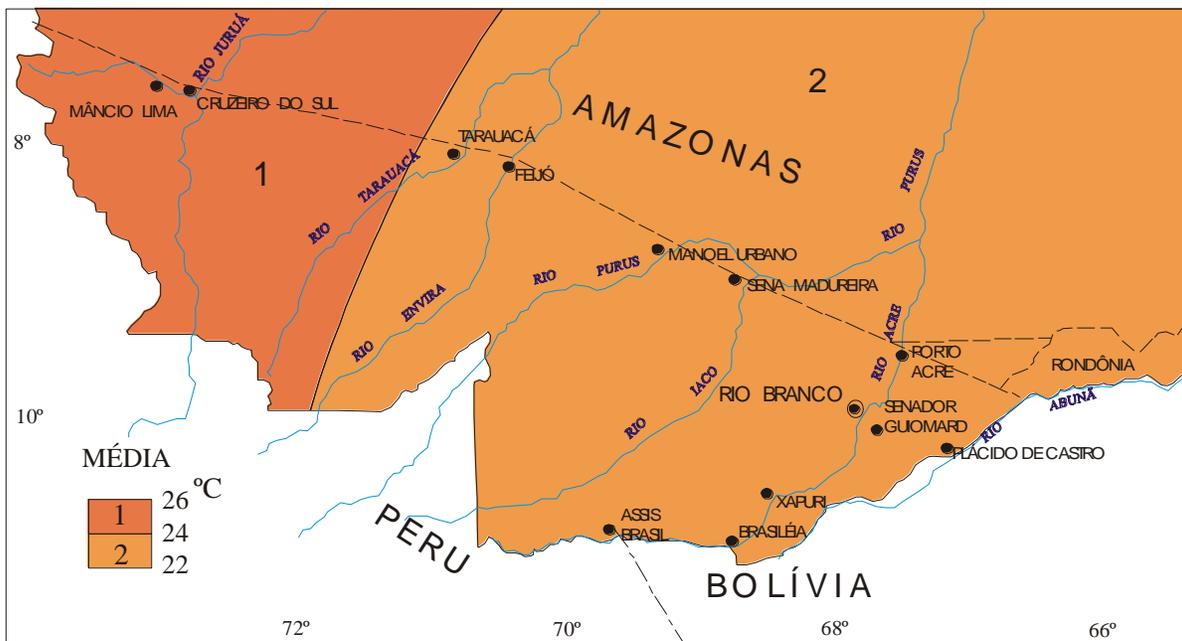


Figura 14- Temperatura média anual no Estado do Acre. Fonte: Acre (1991).

Hidrografia

A rede de drenagem do Estado do Acre é formada por dois principais sistemas de drenagem: os rios Juruá e Purus, afluentes da margem direita do rio Solimões. São extensos rios de direção geral SW-NE, fluindo em termos gerais paralelamente entre si e acentuado padrão meandrante com pequenos trechos retilíneos, os estirões (Figura 15).

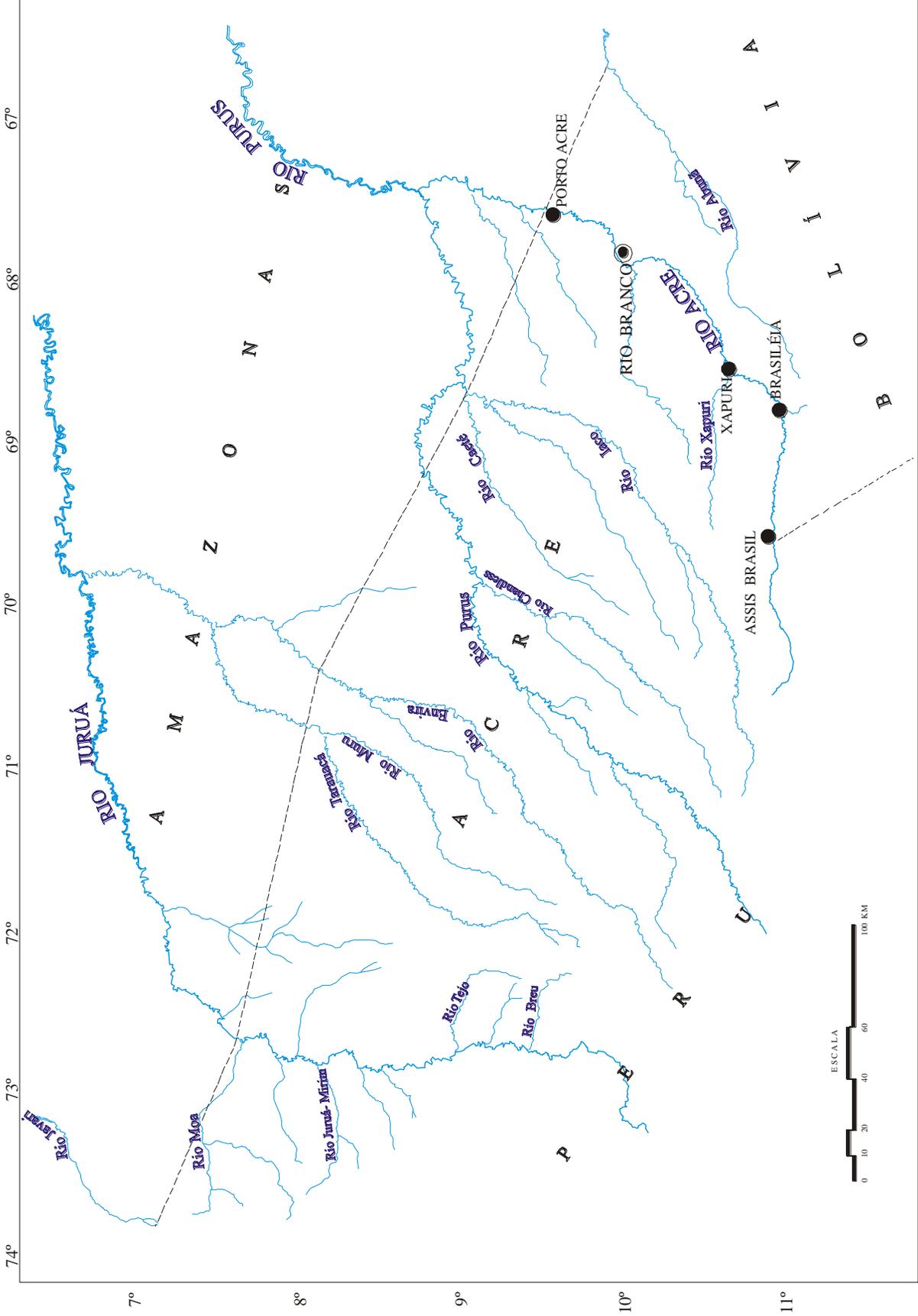


Figura 15- Bacia hidrográfica dos rios Juruá e Purus, mostrando padrão meandrante e retilíneos de suas drenagens.

Bacia do Purus

O rio Purus tem suas nascentes no Peru, entrando no Brasil com direção SW- NE até a altura do paralelo 09° 00'S. A partir daí, inflete para WSW- ENE até receber o rio Acre, retomando a direção inicial até sua entrada na folha SB. Juruá (Radambrasil, 1976). Seus principais afluentes são os rios Acre, Iaco, Caeté e Chandless.

O curso do rio Purus, extremamente sinuoso e meândrico, ocorre em extensa e contínua faixa de planície. Devido à extensa área ocupada por tais meandros, conclui-se que o rio Purus construiu sua planície principalmente pelo processo de elaboração meândrica. Foram reconhecidos três tipos de meandros de acordo com sua idade e posicionamento atual da drenagem (Radambrasil, 1976):

- meandro em colmatagem, com água, separado do leito do rio por estreita faixa de deposição recente e precariamente ligado à drenagem;
- meandros em lagos, com água e sem ligação com a drenagem principal;
- meandros colmatados, sem água, com vegetação e afastados do leito do rio.

Outros processos de dinâmica fluvial, observados tanto no rio Purus, quanto nos rios Acre e Iaco são os deslizamentos de terra em suas margens, conhecidos como terra caída. Durante as enchentes, as margens dos rios ficam saturadas de água; no início da vazante a pressão hidrostática diminui, liberando a água retida nas margens, as quais deslizam rotacionalmente ou em pacotes, de modo vertical.

Em muitos trechos, o curso do rio Purus é bastante retilíneo, com direções preferenciais NE- SW e NW- SE, como se observa na confluência do furo do Juruá. Tais direções preferenciais, já assinaladas na Amazônia, ocorrem em estruturas pré-cambrianas e paleozóicas, indicando direções estruturais antigas refletidas no padrão de drenagem e nos depósitos recentes (Radambrasil, 1976).

O posicionamento desses controles estruturais no leito do rio Purus e a freqüente repetição do fenômeno indicam condicionamento parcial da drenagem à tectônica antiga. Como esses trechos retilinizados ocorrem dentro da faixa de deposição aluvial, tida como

holocênica, tem-se indicação de que houve atuação do tectonismo ao tempo desta deposição (Radambrasil, 1976).

Rio Acre

O rio Acre é o principal afluente do rio Purus e está localizado em sua margem direita, cujos sedimentos de praias constituem o objeto do presente estudo. As figuras 16, 17 e 18 mostram trechos do rio Acre em algumas cidades.

O rio Acre tem sua nascente em território peruano e possui 645 km de extensão e largura inferior a 100m (www.brasilchannel.com.br/estados). Seu curso é bastante sinuoso, porém não constitui um padrão meândrico típico, como ocorre com o rio Purus. Observam-se meandros colmatados e meandros em lagos, em detrimento dos meandros em colmatagem, que praticamente inexistem. Os meandros atuais apresentam retilinizações no curso do rio. Em geral as retilinizações do canal fluvial se encontram em áreas onde há meandros em lagos e meandros colmatados. O fato de serem identificados, predominantemente, meandros colmatados e meandros em lagos em sua faixa de deposição, o leito atual do rio Acre se apresenta mais sinuoso que meândrico, indicando que a planície teve inicialmente uma evolução relacionada a processos de meandramento e que na fase atual esses processos são menos marcantes. Assim, a evolução da planície do rio Acre parece estar mais relacionada aos processos evolutivos decorrentes das variações de nível da lâmina d'água do leito fluvial, em função da alternância de períodos de enchente e vazante inerentes ao próprio regime fluvial, do que à elaboração meândrica (Radambrasil, 1976).



Figura 16- Trecho do rio Acre na cidade de Rio Branco- AC, com destaque para um dos tipos de embarcações utilizados no rio (Foto: Rômulo Angélica).



Figura 17- Trecho do rio Acre, sob a ponte dentro da área urbana da cidade de Brasília, AC (Foto: Rômulo Angélica).



Figura 18- Rio Acre na fronteira Brasil-Bolívia. No lado direito da foto, observa-se terrenos elevados (barrancos) da cidade de Assis Brasil, Brasil e no lado esquerdo, terrenos

baixos da cidade de Bolpebra, Bolívia (Foto: Rômulo Angélica). *Em fevereiro de 2012 Bolpebra foi quase coberta pela grande enchente do rio Acre.*

Bacia do Juruá

O rio Juruá nasce no Peru e entra no Brasil com direção S-N. Seus principais afluentes, localizados à margem esquerda, são os rios Juruá- Mirim e Moa. Pela margem direita, são os rios Tarauacá, Breu e Tejo. O Envira é afluente do Tarauacá pela margem direita e o Muru pela esquerda.

O rio Juruá divaga numa planície, mostrando trechos meândricos intercalados com seções retilíneas. Em sua planície encontram-se indícios de evolução meândrica com meandros em colmatagem, meandros em lagos e meandros colmatados, como ocorre com o rio Purus. Os trechos retelinizados ocorrem em toda a faixa de deposição holocênica, com sentido geral SW- NE, O- E e S- N (Barros *et al.*, 1977) (Figura 19).

O posicionamento dos controles estruturais do rio Juruá e sua relativa repetição indicam ação tectônica condicionante da drenagem. Devido a estes trechos retelinizados ocorrerem em depósitos holocênicos, presume-se ação tectônica contemporânea à deposição holocênica (Barros *et al.*, 1977).

Unidades de Relevo

O relevo é bastante homogêneo e sem grandes desníveis altimétricos, sendo reconhecidas apenas três unidades morfoestruturais: Planície Amazônica; Depressão Rio Acre/ Rio Javari e Planalto Rebaixado da Amazônia Ocidental (Radambrasil, 1976) (Figura 20).

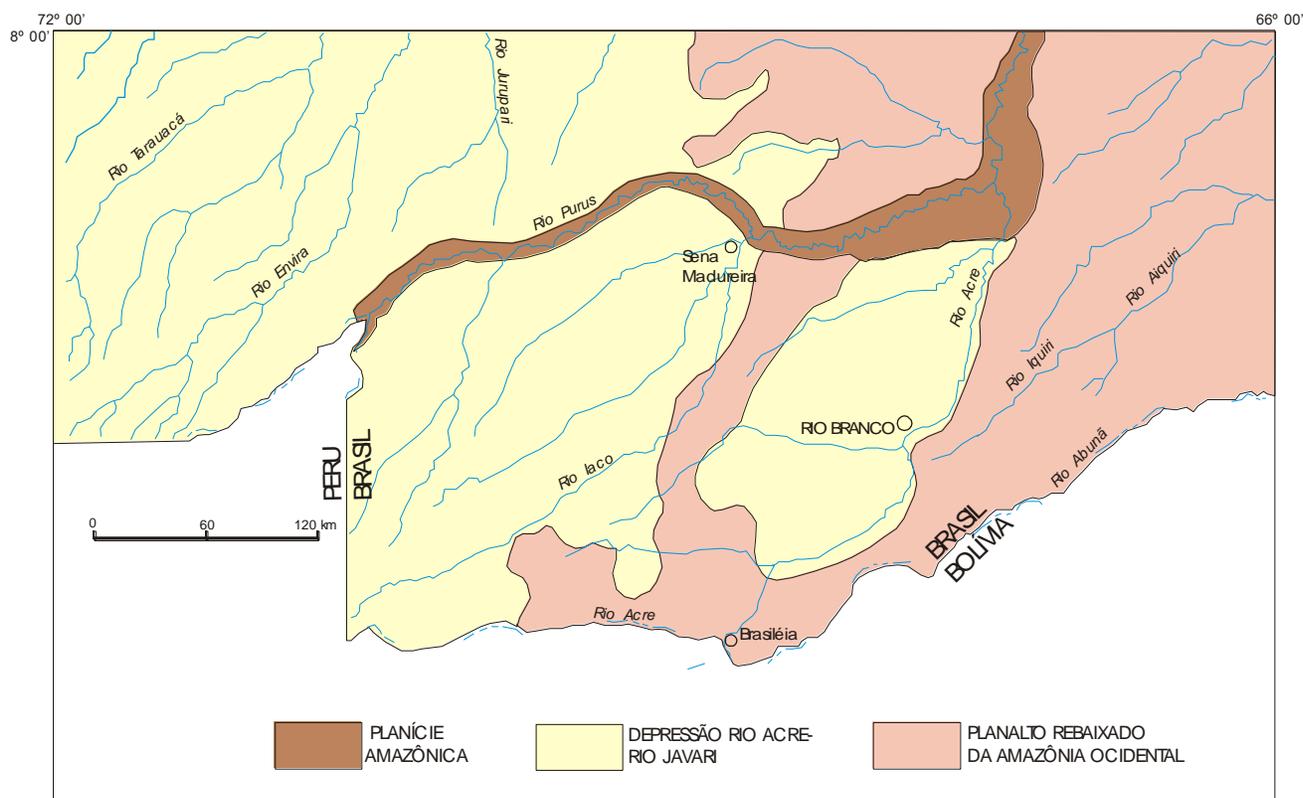


Figura 20- Unidades morfoestruturais (Folha: SC.19 Rio Branco). Fonte: Radambrasil (1976).

Planície Amazônica

Corresponde às áreas marginais dos grandes rios amazônicos caracterizados pela existência de grandes áreas alagadas e de inundações onde ocorrem paranás, furos, igarapés, além de vales fluviais com foz afogada e lagos com forma e gênese variadas. A planície

amazônica atravessa a Depressão Rio Acre/Rio Javari e entra no Planalto Rebaixado da Amazônia Ocidental.

A planície amazônica apresenta áreas de depósitos antigos e atuais do rio Purus que são constituídas de planícies e três níveis de terraços fluviais em ambas as margens desse rio: os Terraços Altos, Terraços Intermediários e Terraços Baixos.

Os Terraços Altos caracterizam-se pela presença de meandros abandonados e exposições locais de litologias plio-pleistocênicas, devido a rupturas de declive. Os Terraços Intermediários estão em posição altimétrica intermediária aos Terraços Altos e Terraços Baixos e são descontínuos, mas marcados por nítida ruptura de declive. Os Terraços Baixos, por sua vez, apresentam meandros abandonados e com água. São em geral rampeados, coalescendo com a planície de inundação.

Depressão Rio Acre/ Rio Javari

Corresponde a uma extensa superfície rebaixada entre os rios Acre e Javari. Limita-se a leste com a unidade morfoestrutural do Planalto Rebaixado da Amazônia Ocidental; a sul estende-se além das fronteiras brasileiras.

Sua parte central é atravessada por estreita faixa de cerca de 10km de largura e direção SW- NE, pertencente à Planície Amazônica (planícies e terraços do rio Purus).

A Depressão Rio Acre/ Rio Javari compreende litologias plio-pleistocênicas. Sua feição geomorfológica característica, estendendo-se por cerca de 90% desta unidade, são colinas do tipo C11 com interflúvios de dimensões inferiores a 250m. Outras feições correspondem a relevo dissecado em *cuestas* com drenagem pouco aprofundada. Entre esta unidade e o Planalto rebaixado há uma passagem gradual dos tipos de dissecação com as colinas e/ou cristas do tipo C12 do planalto transitando para as colinas do tipo C11 da depressão.

Inserido na Depressão Rio Acre/ Rio Javari, no extremo oeste do estado, na fronteira com o Peru, está o Complexo Fisiográfico da Serra do Divisor, o qual constitui uma feição montanhosa, composta pela Serra do Divisor, Serra da Jaquirana e Serra do

Moa. A Serra do Divisor corresponde a um conjunto de relevos, com quatro blocos *cuestiformes* separados por colinas do tipo C11. Apresenta forma alongada e direções N- S. A Serra da Jaquirana e do Moa apresentam cristas do tipo K23 com até 650m de altura (Acre, 2000).

Planalto Rebaixado da Amazônia Ocidental

Constitui extensa unidade, que acompanha também as áreas marginais da bacia do rio Amazonas. Sua principal característica são os relevos dissecados em interflúvios tabulares e constituem o segundo nível mais elevado da área mapeada por Radambrasil (1976), com 250 a 300m.

Na área de litologias da Formação Solimões os interflúvios tabulares, comportam uma drenagem secundária relativamente aprofundada resultando em formas de relevo com extensão de 250 a 750m (T22). Os vales têm em geral fundo plano.

O Planalto Rebaixado da Amazônia Ocidental estende-se por SW e para NW e NE, formando um arco até alcançar a planície aluvial do rio Purus, devido à interpenetração da unidade de relevo mais baixa da Depressão Rio Acre/ Rio Javari, no planalto.

Solos

Os solos do Estado do Acre são comuns ao restante da Amazônia, pertencentes aos grandes grupos dos Latossolos e Podzólicos vermelho-amarelos, com características similares.

Acre (2000) correlacionou as classes de solos do Acre com o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos, resultando no Mapa Pedológico do Estado, escala 1:1.000.000 (Figura 21). Ao comparar o mapa com os resultados obtidos por Radambrasil (1976), Acre (2000) notou algumas diferenças nas nomenclaturas das classes de solos (Tabela 2).

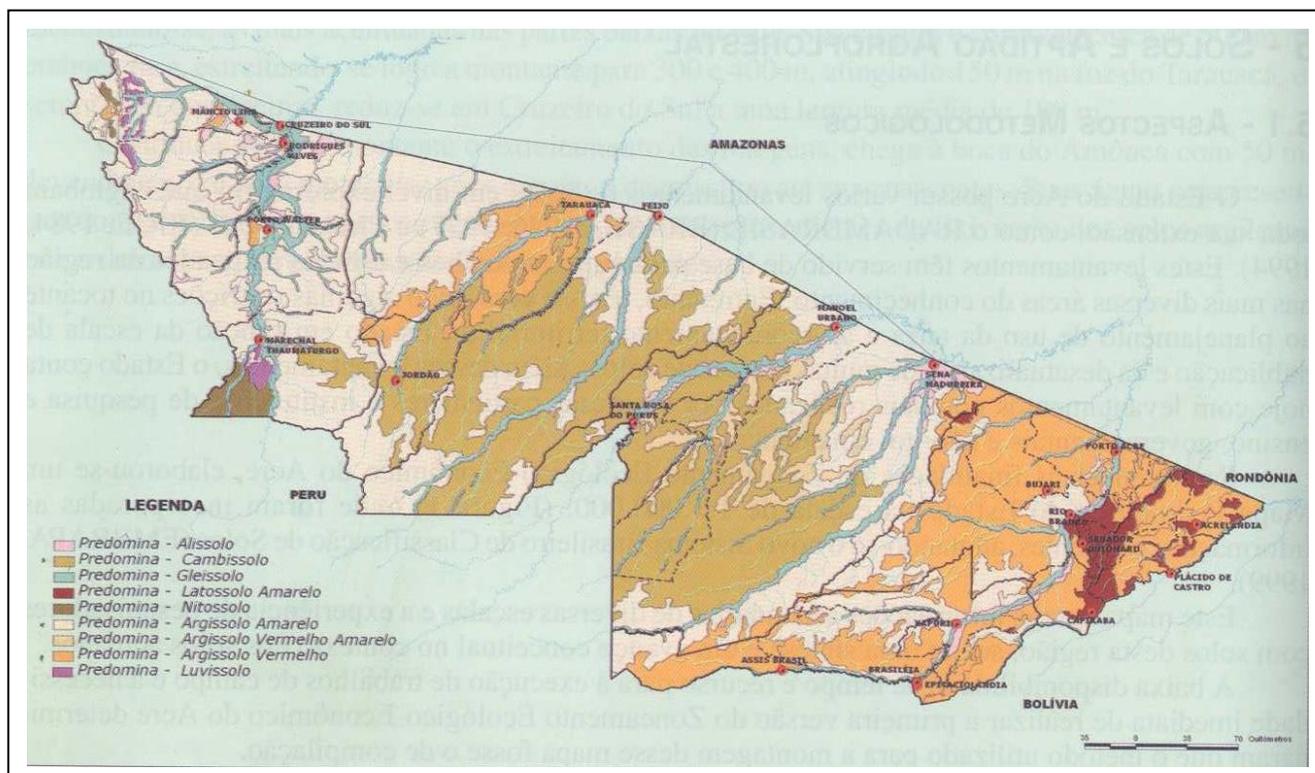


Figura 21- Mapa pedológico do Estado do Acre. Fonte: Acre (1991).

Tabela 2- Relação entre as classes de solos

Radambrasil 1976, 1977	Mapa Pedológico do Acre, 1999.
Podzólico Vermelho Amarelo Álico Ta	Alissolos
Cambissolos	Cambissolos
Glei Húmico e Glei Pouco Húmico	Gleissolos
Latossolo Vermelho Amarelo, Latossolo Vermelho Escuro	Latossolos
Podzólico Vermelho Escuro	Nitossolos
Podzólico Vermelho Amarelo Tb, Podzólico Vermelho Amarelo plúntico Ta	Argissolo
Podzólico Vermelho Amarelo Eutrófico Ta	Luvissolo
Solos Aluviais, Areias Quartzosas, Litossolos	Neossolo
Brunizem avermehado	Chernossolo
Vertissolos	Vertissolos

FONTE: Acre (2000).

Assim, os solos antes classificados como Podzólicos, foram incluídos na classe dos Argissolos, Alissolos, Luvissolos e Nitossolos. A tabela 3 apresenta a porcentagem das classes de solos do Estado do Acre, verificando-se a ocorrência de Argissolos na maior parte do estado.

Tabela 3- Classes de Solos no 1º Nível categórico, Área Ocupada e Percentual em relação ao Estado do Acre.

Classe 1º Nível Categórico	Área (ha)	%
Alissolos	215.150,5	1,4
Cambissolos	3.686.550,2	24,2
Gleissolos	1.135.262,2	7,4
Latossolos	291.445,0	1,9
Nitossolos	115.967,6	0,8
Argissolos	9.765.696,0	64,0
Luvisolos	62.561,5	0,4
Total	15.258.900,0	100,0

FONTE: Acre (2000).

Vegetação

No Estado do Acre ocorrem três sistemas ecológicos: Sistema Ecológico de Floresta Tropical Densa, Sistema Ecológico de Floresta Tropical Aberta e Sistema Ecológico das Formações Pioneiras.

Sistema Ecológico de Floresta Tropical Densa

Caracterizado por vegetação arbórea heterogênea, com sub-bosques constituídos por denso estrato de porte arbustivo. Subdivide-se em dois tipos de floresta com diferentes

características litológicas e geomorfológicas: a Floresta Densa das Terras Baixas e a Floresta Densa Submontana.

Floresta Densa das Terras Baixas

Ocorre sobre os sedimentos terciários, sobretudo sobre os interflúvios tabulares. Este tipo de floresta é caracterizado por árvores emergentes de aproximadamente 50m de altura. Por vezes, são observados grupos de árvores menores uniformes quanto à altura (30m), nos dissecados em cristas e colinas. Nas áreas tabulares, o sub-bosque é mais aberto e adensa-se na direção dos talvegues.

Floresta Densa Submontana

É caracterizada por grupamentos arbóreos densos com até 35m de altura. Nas superfícies dissecadas com *inselbergs*, a floresta é mais baixa. O sub-bosque é mais denso nos vales do que nas áreas menos dissecadas. Sua principal característica é uma Leguminosae do gênero *Tachigalia*.

Sistema Ecológico de Floresta Tropical Aberta

Ocorre nas terras baixas, nos terraços aluviais quaternários e nos terrenos submontanos do embasamento pré-cambriano. Subdivide-se em Floresta Aberta de Cipó, Floresta Aberta de Palmeira e Floresta Aberta de Bambu.

Floresta Aberta de Cipó

Este tipo de floresta é observado nas encostas do relevo residual e em depósitos circulares, entre os testemunhos do embasamento. É caracterizada principalmente pelas fanerófitas sarmentosas, que conferem aspectos de torres à maioria de suas árvores.

Floresta Aberta de Palmeira

Ocorre nas terras baixas do arenito terciário, sobretudo nas superfícies dissecadas e nas do pré-cambriano. Suas características principais são as mesofanerófitas rosuladas *Palmae* dos gêneros *Iriarteia*, no arenito terciário, e *Orbignya*, no pré-cambriano.

Floresta Aberta de Bambu (taboca)

Neste tipo de floresta o bambu se integra ao sub-bosque, como elemento dominado, ou seja, sem uma fisionomia marcante. O gênero dominante é o *Bambusa*, distribuído nos subgêneros *Guadua*, nas terras baixas do arenito terciário *Mezostachys* e *Guadua*, no arenito dobrado do Cretáceo (Serra do Divisor) e esparsamente na Floresta Submontana.

Sistema Ecológico das Formações Pioneiras (Comunidades Serais)

Comunidades Serais dos Solos Hidromórficos Gleyzados

Estas comunidades situam-se nos baixos divisores de água em depressões fechadas de rebordos ligeiramente mais elevados, que acumulam as águas pluviais. Dominam as Ciperaceae e outras plantas geófitas e espécies lenhosas xeromórficas providas de xilopódios e palmeiras.

Formação sócio-cultural

A contribuição indígena

A ocupação humana das terras acreanas ocorreu primeiramente pelos rios, localizando-se atualmente em suas margens a maioria das sedes municipais do Estado; “os rios estavam ali e traziam de tudo. Do homem à mercadoria, do alimento, às esperanças, às notícias de um mundo longe que reclamava muita borracha” (Tocantins, 1979).

Desde sua conquista, o povoamento da região do Acre foi feito principalmente através da migração nordestina. Entretanto, sua ocupação deve-se também a um momento bastante anterior através de sociedades indígenas. Segundo Calixto *et al.* (1982), o território acreano era habitado no século XIX por grupos pertencentes a dois troncos lingüísticos básicos: Pano, no Alto Juruá, e Aruak, no Alto- Purus e seus afluentes.

Apesar de variada, a presença nativa era reduzida principalmente devido à sua expulsão por exploradores econômicos que intentavam poderio absoluto nas áreas ocupadas. No entanto, como habitantes pioneiros da região, os índios tinham grandes conhecimentos acerca de suas peculiaridades transmitindo também valores culturais que auxiliaram na formação étnica do acreano.

Além da caça, pesca e uso dos recursos naturais, os índios desenvolveram uma agricultura complementar através do cultivo de milho, macaxeira, melancia, banana, cana-de-açúcar e abacaxi, dentre outros.

A migração nordestina

O quadro inicial crescente do uso da borracha pela indústria internacional já deslocava, em número reduzido, a migração de nordestinos para a Amazônia. Entretanto, esta migração foi bem mais significativa durante o grande surto do látex, na segunda metade do século XIX a 1913, quando o capital internacional, interessado na borracha, passou a financiar o deslocamento desta vasta e excedente força de trabalho, com a promessa de enriquecimento rápido. Além disso, a grande seca que assolou o Nordeste em 1877 também liberou um elevado contingente humano para o alargamento das fronteiras da exploração da borracha, com orquestrações capitalistas.

Em sua maioria, os nordestinos vieram da zona sertaneja do Ceará, complementados por elementos da Paraíba, Rio Grande do Norte e Pernambuco.

Outros processos históricos contribuíram para a ocupação do território acreano. Em 1941, durante a 2ª Guerra Mundial, com a ajuda de recursos norte-americanos, desencadeou-se a "batalha da borracha", projeto de estímulo à produção e distribuição do produto, o qual havia se tornado escasso após o avanço japonês no sudeste asiático, quebrando o monopólio da produção nacional. A "batalha da borracha" trouxe para o Acre grandes massas de trabalhadores, denominados "soldados da borracha", vindos de todo o país, em particular do Nordeste, para trabalharem nos seringais.

Os migrantes nordestinos introduziram, além de sua cultura, muito de seus hábitos alimentares tais como o cultivo do feijão caupi, também conhecido como feijão de praia e feijão de corda.

A migração "sulista"

Outro processo, mais recente, de ocupação humana no Acre, ocorreu nas décadas de 60 e 70, quando colonos "sulistas" foram empurrados para o Acre, com o intuito de colonizar terras que não eram ocupadas. Com esta iniciativa, o Governo Federal achou que

este seria o melhor procedimento para se livrar dos problemas fundiários ocorridos nas regiões Sul e Sudeste do Brasil.

O cultivo de feijão caupi

As praias expostas nas convexidades dos meandros durante estiagem, vazante, dos rios, portanto no verão, são constantemente fertilizadas pelos rios durante as enchentes. Quando o nível do rio baixa, os ribeirinhos utilizam as praias para exercer a chamada agricultura de pequeno ciclo (subsistência) sendo cultivados principalmente feijão caupi (*Vigna unguiculata (L) Walp.*), além de milho (*Zea- Mays*) e melancia (*Citrullus Lanatus*).

Acredita-se que o caupi foi introduzido na América Latina no século XVI, pelos colonizadores espanhóis e portugueses, primeiramente nas colônias espanholas e em seguida no Brasil, provavelmente no Estado da Bahia (Watt, 1978; Freire Filho *et al.*, 1981; Freire Filho, 1988). A partir da Bahia o feijão caupi foi levado pelos colonizadores para outras áreas da região Nordeste, sendo introduzido no Acre por meio de imigrantes nordestinos que se instalaram na Amazônia por volta do século XVII (Embrapa, 1987).

O cultivo do feijão caupi representa cerca de 10% da área plantada em relação ao feijão comum (*Phaseolus vulgaris L.*) no Estado do Acre e é praticado basicamente por pequenos agricultores que utilizam a mão-de-obra familiar e quando há produção excedente, esta é comercializada em feiras livres.

O cultivo ocorre em pequenas áreas com cerca de 2 hectares em praias e barrancos dos rios, logo após o início da vazante ou em roçados de terra firme (Embrapa, 1997). Em geral, predomina o monocultivo ou consorciado ao milho em sua fase final de maturação. O plantio é feito em covas, com três a cinco sementes, o espaçamento é muito variado (0.6m x 0.6m até 2m x 2m).

O feijão caupi, conhecido como feijão-de-corda e feijão macassar na região Nordeste, feijão de praia e feijão de estrada na região Norte e feijão miúdo na região Sul (Freire Filho *et al.*,1983), é uma excelente fonte de proteínas e um dos principais componentes da dieta alimentar nas regiões Nordeste e Norte do Brasil, principalmente na zona rural.

O feijão caupi possui ampla variabilidade genética, ampla capacidade de adaptação, alto potencial produtivo, grande capacidade de fixar nitrogênio atmosférico, através da simbiose com *Bradyrhizobium japonicum*, e excelente valor nutritivo. No Brasil, a cultura do feijão caupi é responsável pela geração de milhões de empregos/ano (Embrapa Meio Norte, 2001).

MATERIAIS E MÉTODOS

Pesquisa bibliográfica

Esta fase consistiu em pesquisa bibliográfica sobre a geologia do Estado do Acre e vizinhanças, bem como seus aspectos socioeconômicos e ambientais, bem como sobre minerais.

Levantamento geológico e coleta de amostras

Inicialmente, foram confeccionados mapas para apoio logístico, além da prévia aquisição de materiais de uso no campo. Foram selecionadas no mapa dez estações localizadas à jusante e à montante de cinco cidades ao longo do rio Acre e uma estação no rio Xapuri, afluente daquele rio. As cidades as quais serviram de base logística neste trabalho são Assis Brasil, Brasiléia, Xapuri, Rio Branco e Porto Acre (Figura 22).

Este passo inicial foi sucedido pelos trabalhos de campo, ocorridos no período de 23 de julho a 02 de agosto de 2002 e consistiram na realização de perfis de barrancos (Figura 23) e coleta de 20 amostras compostas de sedimentos de praias e de barrancos nas estações previstas.



Figura 22- Localização das estações de amostragem, desde Assis Brasil até Porto Acre, ao longo do rio Acre.

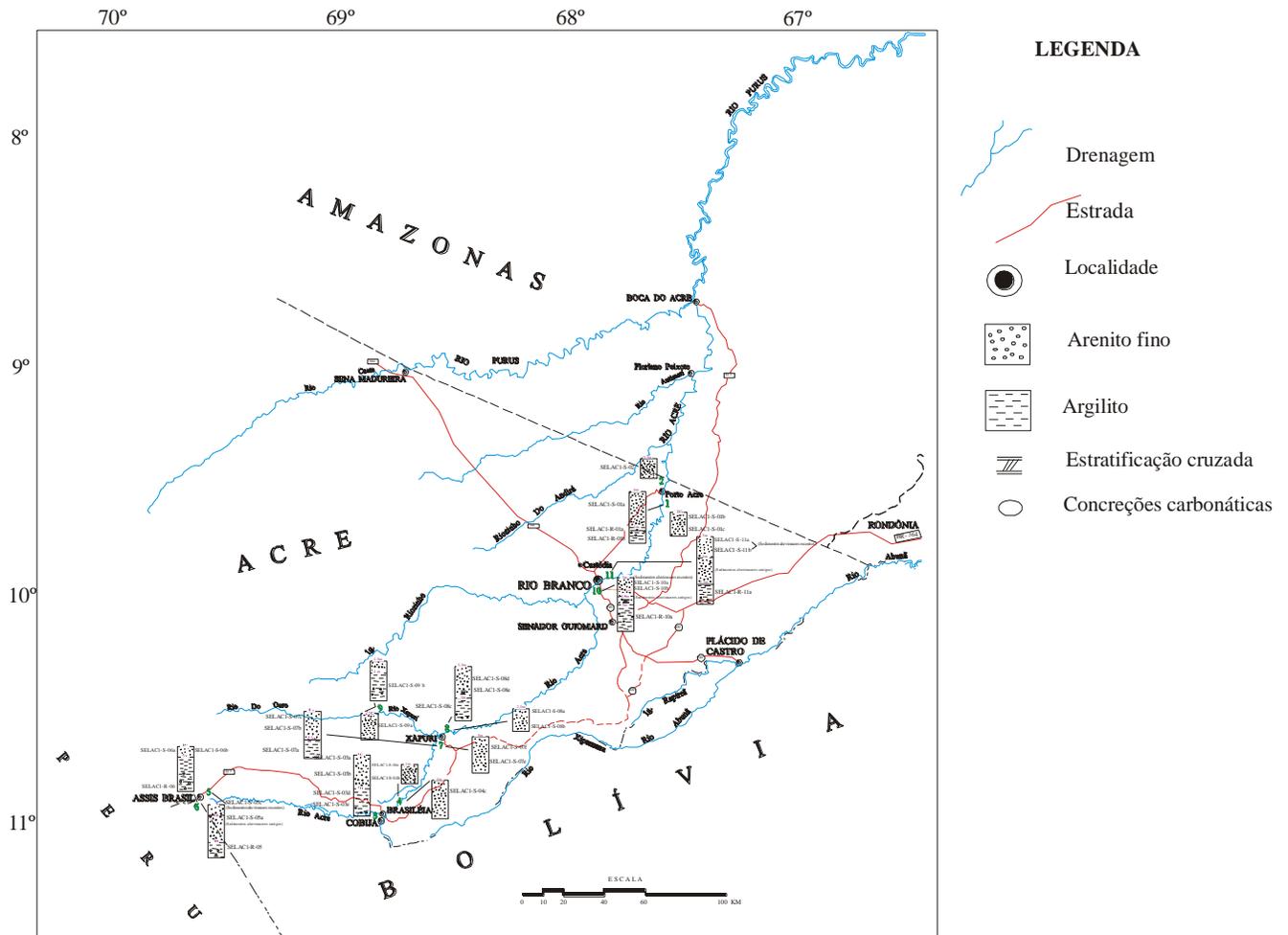


Figura 23- Perfis geológicos de barrancos ao longo do rio Acre.

Atividades laboratoriais

Análise granulométrica dos sedimentos

As análises de distribuição granulométrica foram realizadas segundo métodos clássicos descritos por Suguio (1980) com o objetivo de quantificar as frações areia, silte e argila a partir de uma alíquota de cada amostra fixada em 232g em 12 amostras e 200g em 4 amostras. Após estes procedimentos, foram feitas análises quanto à forma dos grãos, grau de arredondamento, esfericidade e seleção bem como a construção de histogramas granulométricos.

As análises granulométricas foram realizadas no Laboratório de Sedimentologia e Minerais Pesados- Centro de Geociências da Universidade Federal do Pará (UFPA).

Análises mineralógicas por difrações de raios-x (DRX)

Em amostra total, minerais pesados e argilomineral - Para a identificação dos minerais nos sedimentos praianos através de difração de raios-X, foram adotados dois procedimentos básicos:

- a) método do pó para amostra total- As amostras foram inicialmente secas ao ar livre, com a finalidade da retirada da água sem perda de seus constituintes adsorvidos. Em seguida, foram pulverizadas em gral de ágata e submetidas às análises. Da mesma forma para os minerais pesados magnéticos- Estes foram retirados da amostra com o auxílio de imã, pulverizados em gral de ágata e posteriormente levados à difração.
- b) b) lâminas orientadas- utilizadas para a identificação de argilominerais, na fração $<2\mu\text{m}$, compreendendo, sequencialmente, leituras do agregado natural, da amostra impregnada com etileno-glicol e das amostras aquecidas a 550°C durante 2 horas em forno de mufla, sendo realizada a leitura no difratômetro no dia seguinte.

A lâmina orientada foi confeccionada da seguinte maneira: Pesar 15g de cada amostra e colocá-las em *beckers* individuais; acrescentar água destilada em cada *becker* até completar 100ml e mexer com bastões de vidro. Levar os *beckers* com as amostras até o ultrassom com o objetivo de decantar a argila e mexer continuamente com os bastões de vidro. Colocar as amostras em recipientes de polietileno e equilibrá-las na balança adicionando água destilada com a pipeta volumétrica ou retirando amostra também com a pipeta sempre que houver desequilíbrio. Colocar as amostras na centrífuga sempre em lados opostos, utilizando-se 1000 rotações em 2 min. Sempre que necessário, repetir a operação quando notar que a argila não está bem concentrada. Após estes procedimentos, preparar a amostra para ser levada até a lâmina. Pipetar 2ml da amostra e colocá-las na lâmina. Deixe secar por no mínimo 24 horas à temperatura ambiente

As análises de difração de raios- X foram realizadas no difratômetro PHILIPS modelo PW 3710 BASED, equipado com ânodo de cobre ($\lambda_{\text{CuK}\alpha_1} = 1,54060 \text{ \AA}$), com monocromador e gerador de tensão e corrente ajustados para 45 kV e 40 mA, respectivamente. Os registros foram realizados no intervalo de exposição de 5° a $65^{\circ} 2\theta$ para o método do pó e de 3° a 33° para as amostras orientadas. Foram utilizados ainda os *softwares* APD (PHILIPS) para tratamento digital dos registros obtidos e MINERVA, como banco de dados das fichas dos picos dos minerais encontrados (baseados no ICDD -

International Center for Diffraction Data). O equipamento pertence ao Laboratório de Difração de Raios-X do Instituto de Geociências da UFPA.

Microscopia óptica em lâmina delgada de minerais pesados

Montagem das lâminas - Para a confecção das lâminas, procedeu-se da seguinte forma: pesou-se cerca de 10 g de cada fração (fração fina {0.062 a 0.125mm} e fração grossa {0.125 a > 0.250mm}) de cada amostra (uma amostra por vez); separou-se a vidraria a ser utilizada no processo: dois funis de vidro, dois erlemayers, dois bastões de vidro, dois balões de decantação e mais quatro filtros de papel (filtração rápida); após a preparação do material na capela, foi utilizado bromofórmio para a separação dos minerais pesados; o bromofórmio foi colocado no balão de decantação e em seguida foi colocada a amostra no bromofórmio. Neste momento, os minerais pesados começaram a decantar. Com o bastão de vidro, mexeu-se a amostra para facilitar a descida dos minerais mais densos, os leves se concentrando na parte superior do bromofórmio; quando não houve mais a descida dos minerais pesados, abriu-se a torneira do balão até que eles fossem retidos no filtro de papel; após a retirada do filtro com os minerais pesados, colocou-se outro filtro para a retenção dos minerais leves. Neste processo, parte do bromofórmio pôde ser recuperado, retornando para o frasco original; ao final do processo, os filtros contiveram: minerais pesados da fração fina; minerais pesados da fração grossa; minerais leves da fração fina; minerais leves da fração grossa.

Para a confecção das lâminas foram utilizados apenas os minerais pesados de ambas as frações: sobre uma lâmina de vidro é colocado bálsamo do Canadá e logo após, parte dos minerais pesados distribuindo-os uniformemente sobre a lâmina com o auxílio de uma haste (agulha ou similar). Em seguida, é colocada uma lamínula sobre o bálsamo, deixando-o secar por alguns dias à temperatura ambiente.

Ao final do processo obteve-se 30 lâminas, as quais foram descritas em microscópio petrográfico da marca ZEISS, modelo AXIOLAB POL, com luz refletida, ocular de 10X e objetivas de 10X, 20X e 50X, com máquina fotográfica MC 200 CHIP acoplada.

Microscopia Eletrônica de Varredura / Sistema de Energia Dispersiva (MEV/SED)

Esta técnica foi empregada para a análise micromorfológica dos grãos minerais individuais bem como a obtenção de dados químicos.

Os grãos foram previamente selecionados numa lupa binocular e colados num suporte metálico. Em seguida, metalizados com ouro com equipamento EMITEC K550, sob vácuo de 3×10^{-1} bar e corrente de 25 mA. Posteriormente, foram analisados em microscópio eletrônico de varredura LEO 1450VP, da Leo Electron Microscopy Ltd, para a obtenção das imagens, com sistema analítico SED 500 DP, desenvolvido pela IXRF- 4 Systems Inc., para as análises químicas. O equipamento pertence ao Departamento de Ecologia do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG).

Análises químicas

Determinação quantitativa dos elementos maiores e traços em sedimentos de praias (amostra total)

As análises químicas foram efetuadas nos Laboratórios de Análises Químicas e Absorção Atômica do Instituto de Geociências da UFPA e em laboratórios comerciais. A tabela 4 apresenta os métodos utilizados e respectivos elementos determinados.

Tabela 4- Métodos empregados nas análises químicas para os elementos maiores, menores e traços junto aos Laboratórios de Análises Químicas do Instituto de Geociências.

MÉTODOS	ELEMENTOS
Gravimetria	SiO ₂ e PF
Complexiometria (EDTA)	Al ₂ O ₃
Colorimetria	Fe _{total} , TiO ₂ e P ₂ O ₅
Espectrometria de absorção atômica	K ₂ O, Na ₂ O, CaO, MgO, MnO, Pb, Cu, Co, Ni e Zn

Os procedimentos empregados foram:

- A amostra, previamente seca, é pesada (cerca de 0,1 g) em cadinho de platina de 30 ml de capacidade;
- Adicionar aproximadamente 1,0 g de fundente anidro ($\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$) ao cadinho, misturando bem, até o fluxo se apresentar homogêneo;
- O cadinho com a amostra é transferido a um forno mufla já em torno de 500°C – 600°C e, após atingir a temperatura de 1000°C , esperar um período de 1 hora;
- Retirar o cadinho do forno mufla e realizar o choque térmico em um *becker* de 400 ml contendo aproximadamente 15 ml de água deionizada;
- O choque térmico forma uma pastilha, a qual deve ser fragmentada e dissolvida com HCl 2N.

Posteriormente, foram realizados procedimentos para a separação da sílica por gravimetria, sendo obtido também o chamado filtrado da sílica, a partir do qual determinou-se titânio, ferro e fósforo por colorimetria e alumínio por compleximetria.

Para a determinação de K_2O , Na_2O , CaO , MgO e elementos-traço em amostra total, foi realizada a digestão ácida ($\text{HF} + \text{HClO}_4$, 10:1) em 0,5g de amostra.

Análise química para avaliação da fertilidade nos sedimentos de praias

A avaliação de fertilidade inclui além da matéria orgânica, acidez potencial, cálcio, magnésio, potássio, sódio, fósforo e alumínio trocáveis.

P assimilável- Extrator Mehlich- 1 (H_2SO_4 0.0125M + HCl 0.05M)/ Colorimetria

Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis- Extrator Acetato de Amônia pH 7.0/ Volumetria de Complexação.

K^+ trocável e Na^+ - Extrator Mehlich- 1 (H_2SO_4 0.0125M + HCl 0.05M)/ Fotometria de chama

Acidez Potencial ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$)- Extrator Acetato de Cálcio 0.5 M- pH 7.0/ Volumetria de Neutralização;

Carbono orgânico e matéria orgânica- Volumetria de Oxi- redução.

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

Os cálculos foram realizados utilizando as fórmulas apresentadas nos livros-texto e são as seguintes:

Para cálcio e magnésio trocáveis:

$$\text{mL EDTA gasto na bureta} = \text{de Ca}^{++} + \text{Mg}^{++} \text{ (cmol}_c / \text{Kg)}$$

$$\text{mL EDTA gasto na bureta} = \text{de Ca}^{++} \text{ (cmol}_c / \text{Kg)}$$

$$\text{Mg}^{++} = \text{de Ca}^{++} + \text{Mg}^{++} - \text{Ca}^{++} \text{ (cmol}_c / \text{Kg)}$$

Para potássio, sódio e fósforo trocáveis:

$$\text{K}^+ \text{ (cmol}_c/\text{Kg)} = \text{L} \times \text{diluição} \times f_K$$

$$\text{Na}^+ \text{ (cmol}_c/\text{Kg)} = \text{L} \times \text{diluição} \times f_{\text{Na}}$$

P (ppm) = encontrados com os valores obtidos na leitura das amostras por interpolação da curva padrão das soluções padrões.

L = Leitura da amostra no aparelho

Para Acidez Potencial

$$\text{H}^+ + \text{Al}^{+++} \text{ (cmol}_c/\text{Kg)} = (\text{a} - \text{b}) \text{ mL de NaOH gasto na bureta}$$

a = mL de NaOH gasto na amostra

b = mL de NaOH gasto na prova em branco

Para alumínio trocável

$$\text{Al}^{+++} \text{ (cmol}_c/\text{Kg)} = \text{mL NaOH gasto na bureta}$$

Para carbono orgânico e matéria orgânica

$$\% \text{M.O} = 10 \times (1 - \text{T/S}) \times \text{F}$$

T = volume da amostra

S = volume do Branco

F = Fator de correção

$$\% \text{C} = \% \text{M.O} / 1,724$$

O teor de matéria orgânica é determinado pelo método de Walkey-Black (1947), adotado e modificado por Jackson (1958).

RESULTADOS

Aspectos granulométricos

O padrão geral de distribuição granulométrica nos sedimentos praianos do rio Acre mostra a predominância da fração fina, a qual varia de areia fina a silte com pouca quantidade de fração argila (Figuras 24 a 32). Os sedimentos caracterizam-se, ainda por apresentar tendência unimodal, com exceção das amostras Rio Branco-10a e Porto Acre-02 (Figuras 30 e 32), as quais apresentam uma distribuição bimodal. Segundo os parâmetros de Folk (1966), esses sedimentos podem ser classificados como areia siltosa moderadamente selecionada e seus grãos variam de angulosos a subangulosos com baixa esfericidade (Figura 33). Esta característica também foi registrada por Franzinelli & Potter (1985) estudando as areias recentes dos rios que drenam a Bacia Amazônica, sendo que as areias com proveniência nos Andes são as mais angulosas da bacia.

Os sedimentos estudados correspondem àqueles situados no alto curso do rio Acre até próximo sua desembocadura. Embora fosse esperada a diminuição da granulometria de montante para a jusante, esta variação não foi observada como mostram os histogramas. Isto deve-se à própria amostragem, pois esta foi direcionada à fração da praia utilizada como substrato das cultivares e este fator condiciona uma granulometria específica, já conhecida dos ribeirinhos empiricamente. Ainda assim, é possível constatar uma ligeira diminuição do tamanho dos grãos dos sedimentos praianos de montante para jusante, ou seja, de Assis Brasil até Porto Acre (Figura 34).

Tais dados são comparáveis a outras pesquisas referentes a sedimentos fluviais de regiões próximas da área do presente estudo e de outros rios do mundo, os quais mostram similaridades com os sedimentos praianos do rio Acre, ou seja, o domínio de areia fina a silte. Entretanto, Radambrasil (1976) refere-se aos depósitos de praias (*point bar*) dos rios que constituem a Folha SC.19 Rio Branco, como compostos por areias finas a grossas.

Neste contexto, Yang *et al.* (2003) estudando os sedimentos dos rios Changjiang e Huanghe (rio Amarelo) na China, concluíram que são predominantemente silticos (>60%) com baixo conteúdo de areia e argila (Yang *et al.* 2003). O tamanho médio dos grãos dos sedimentos do rio Changjiang ($6.3 \pm 0.4 \Phi$) é menor do que a do rio Huanghe ($5.1 \pm 0.7 \Phi$), indicando a predominância relativamente maior da fração argila nos sedimentos do rio Changjiang.

Os sedimentos do rio Nilo também mostram semelhanças em relação aos do rio Acre com sedimentos moderadamente seleccionados, variando de areia fina a média (Frihy *et al.* ,1999).

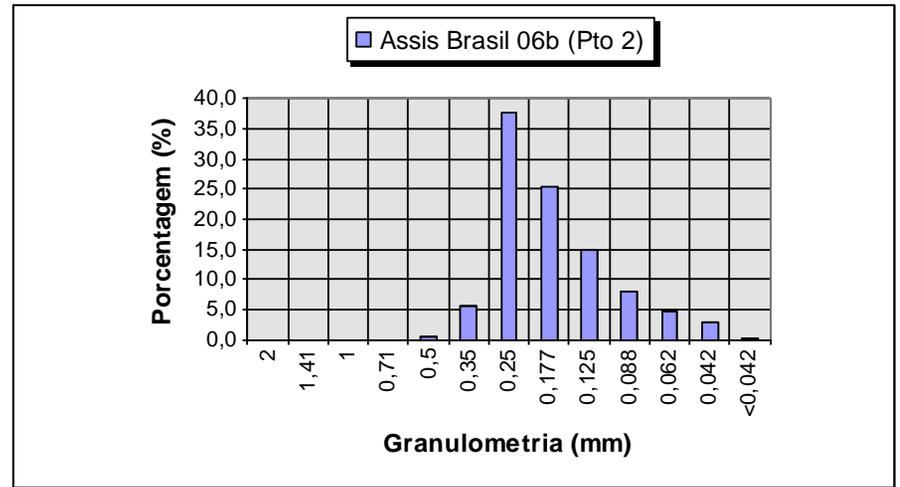
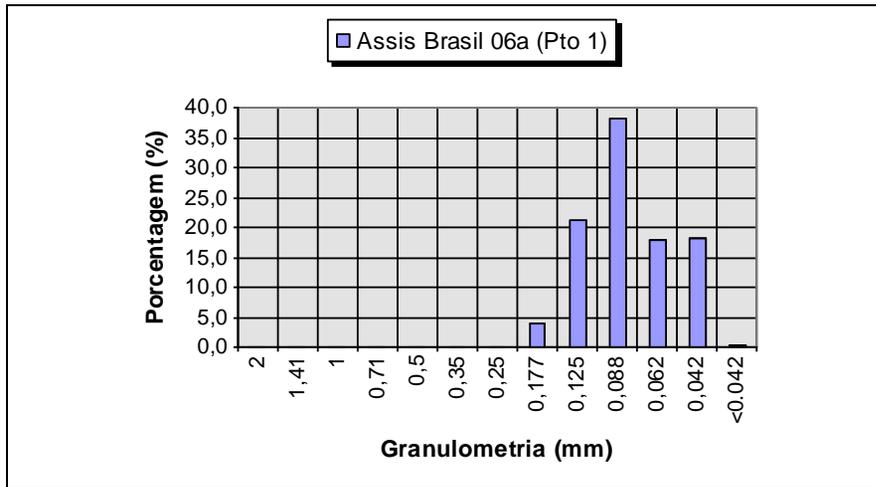


Figura 24- Histogramas de distribuição granulométrica de sedimentos coletados em praia do rio Acre à montante da cidade de Assis Brasil- AC (Foto: Rômulo Angélica). Os pontos em vermelhos indicam os locais de amostragem na praia.

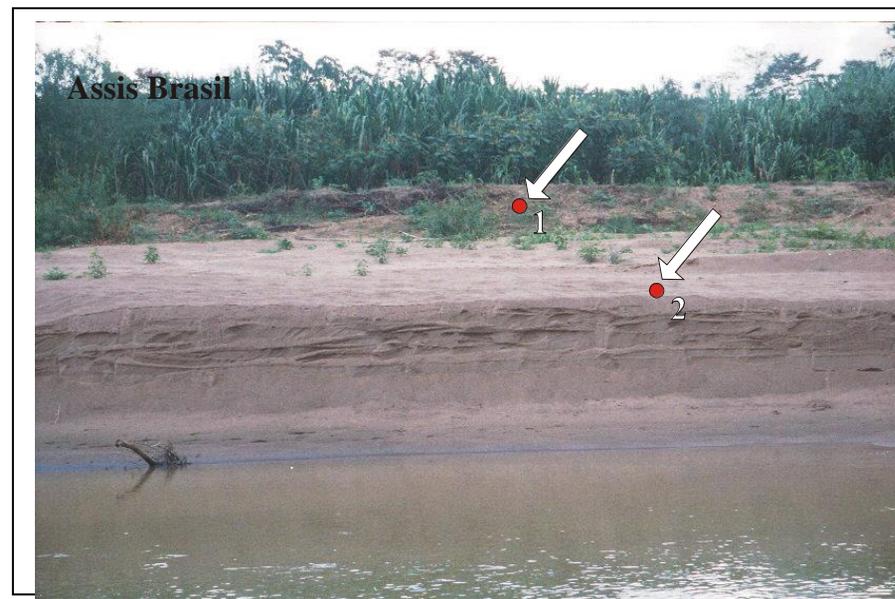
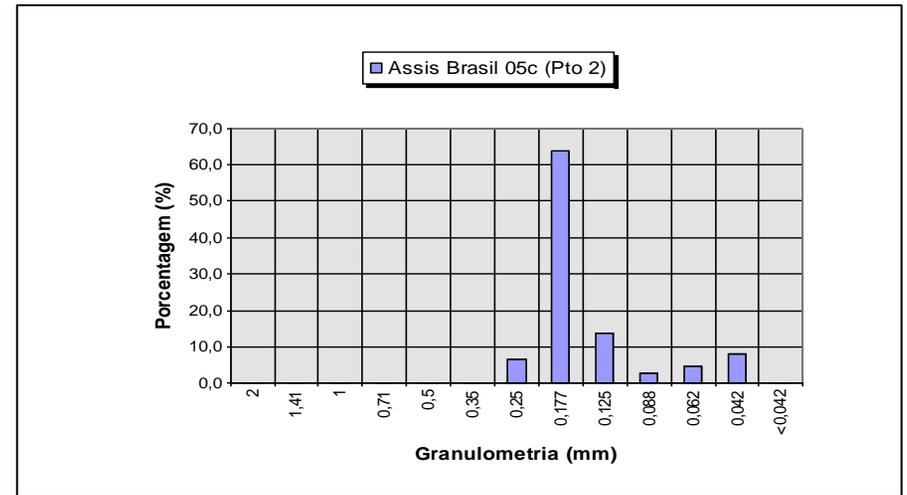
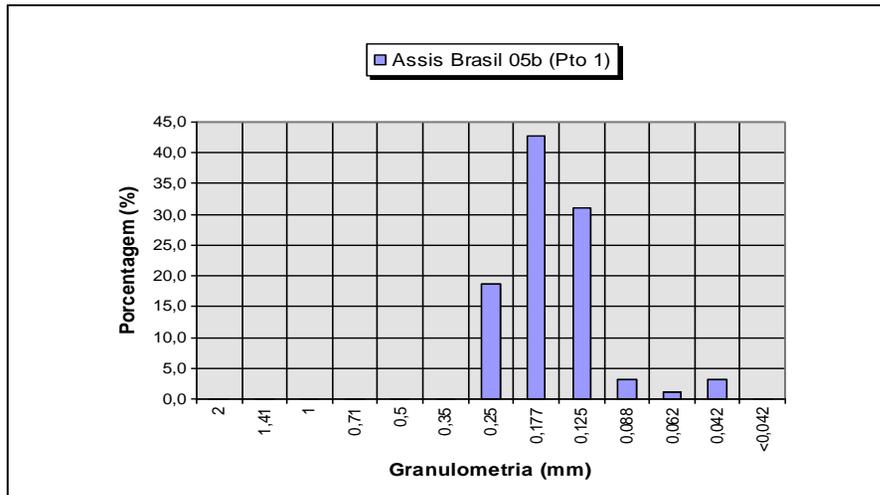


Figura 25- Histogramas de distribuição granulométrica de sedimentos coletados em praia do rio Acre à jusante da cidade de Assis Brasil- AC (Foto: Rômulo Angélica). Os pontos em vermelhos indicam os locais de amostragem na praia.

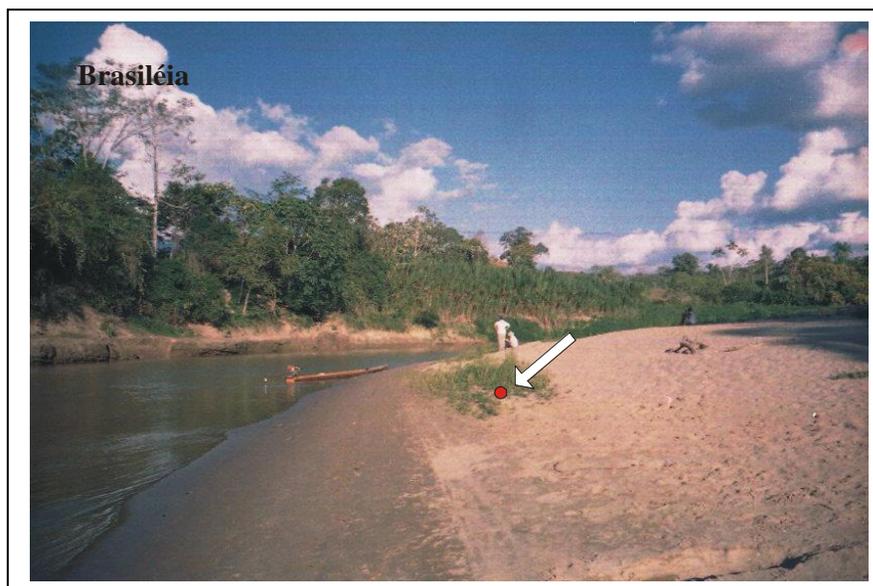
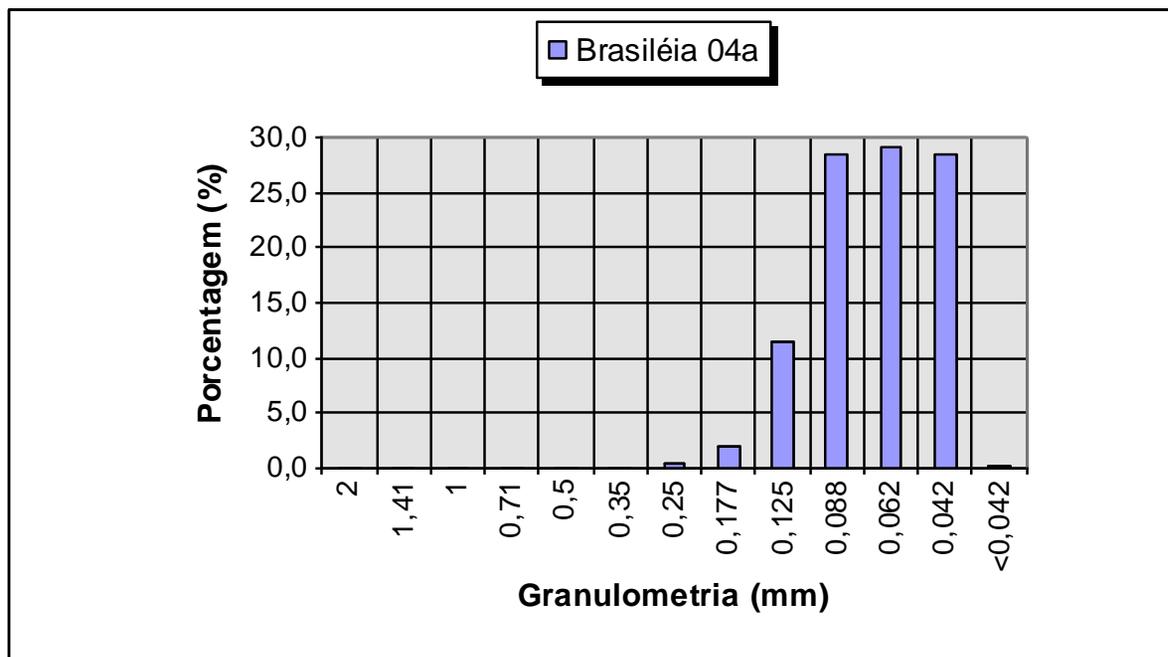


Figura 26- Histograma de distribuição granulométrica correspondente a sedimentos coletados em praia do rio Acre à jusante da cidade de Brasília- AC (Foto: Rômulo Angélica). Os pontos em vermelhos indicam os locais de amostragem na praia.

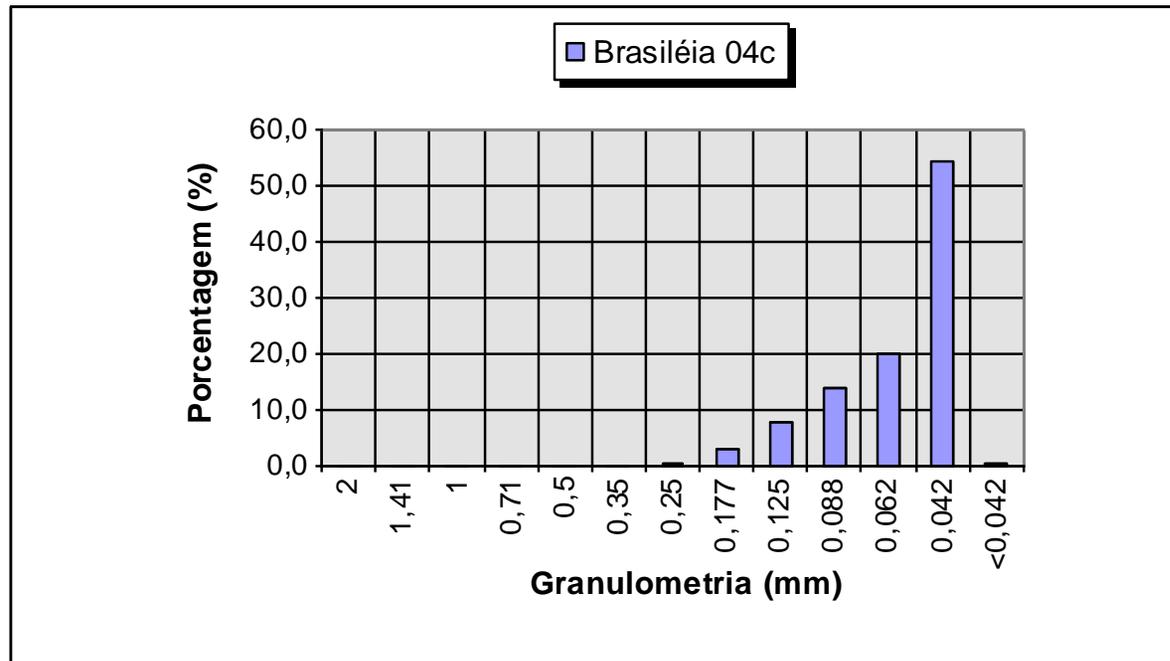


Figura 27- Histograma de distribuição granulométrica correspondente a sedimentos depositados sobre barranco do rio Acre à jusante da cidade de Brasiléia- AC (Foto: Rômulo Angélica). O ponto em vermelhos indica o local de amostragem na praia.

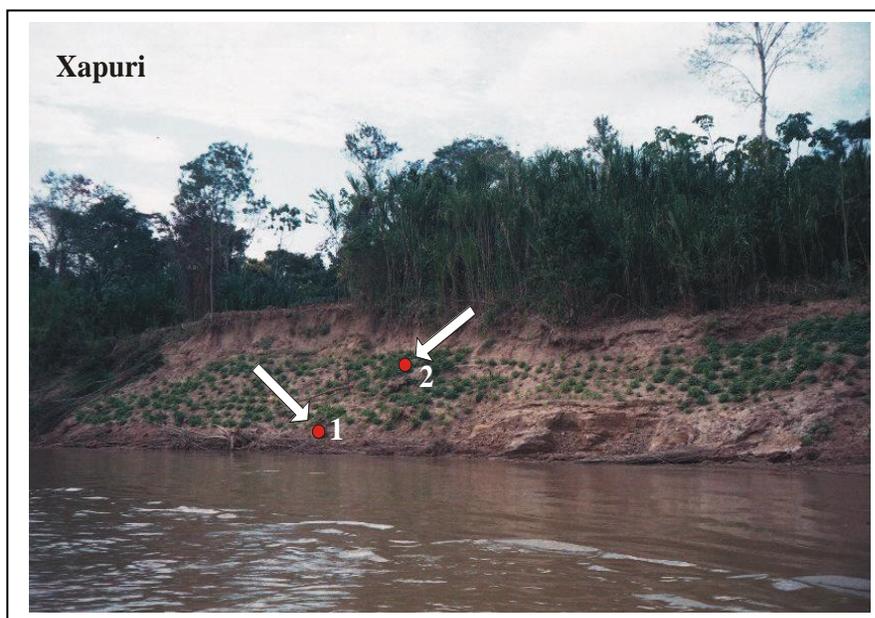
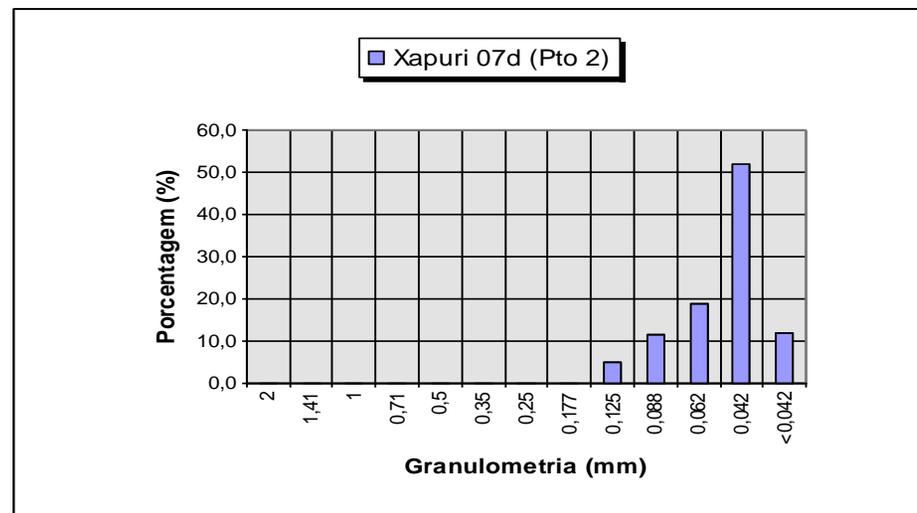
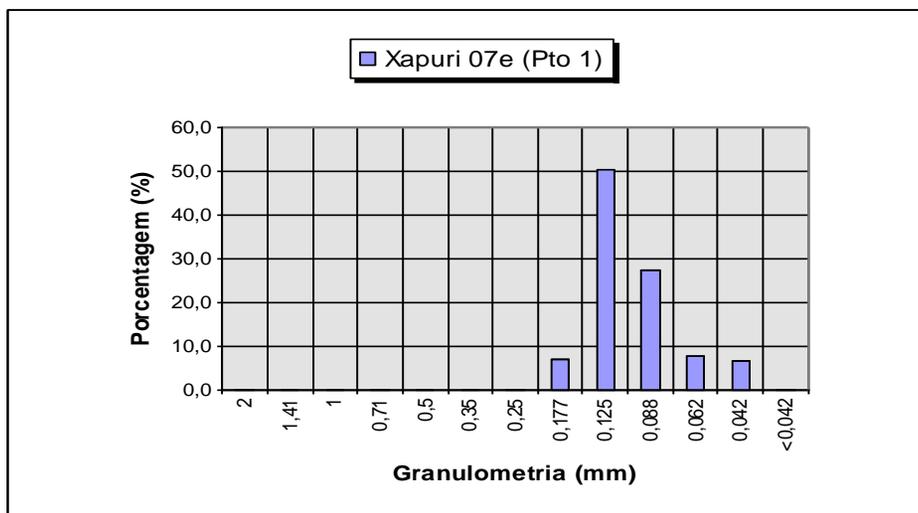


Figura 28- Histogramas de distribuição granulométrica de sedimentos depositados sobre barranco constituído de sedimentos holocênicos do rio Acre à montante da cidade de Xapuri- AC (Foto: Rômulo Angélica). Os pontos em vermelhos indicam os locais de amostragem na praia.

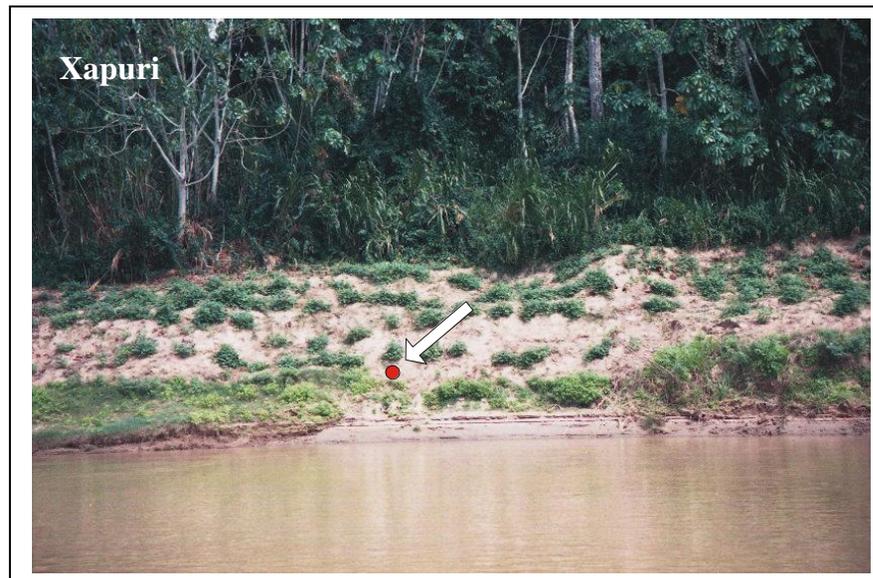
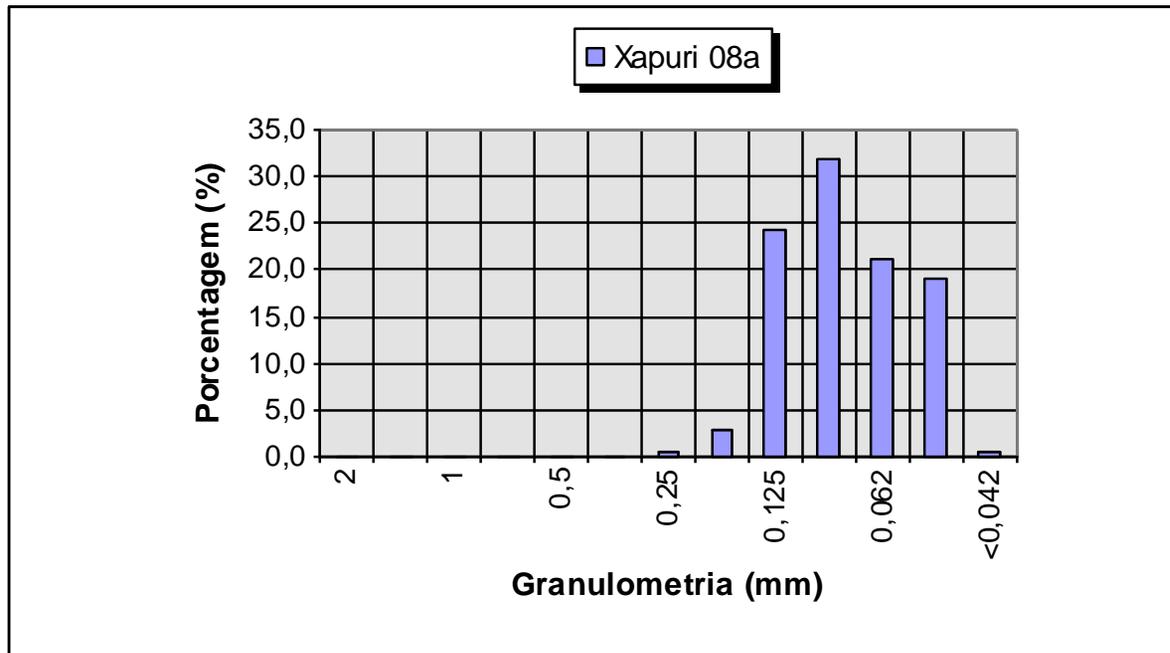


Figura 29- Histograma de distribuição granulométrica correspondente a sedimentos coletados em praia do rio Acre à jusante da cidade de Xapuri- AC (Foto: Rômulo Angélica). O ponto em vermelho indica o local de amostragem na praia.

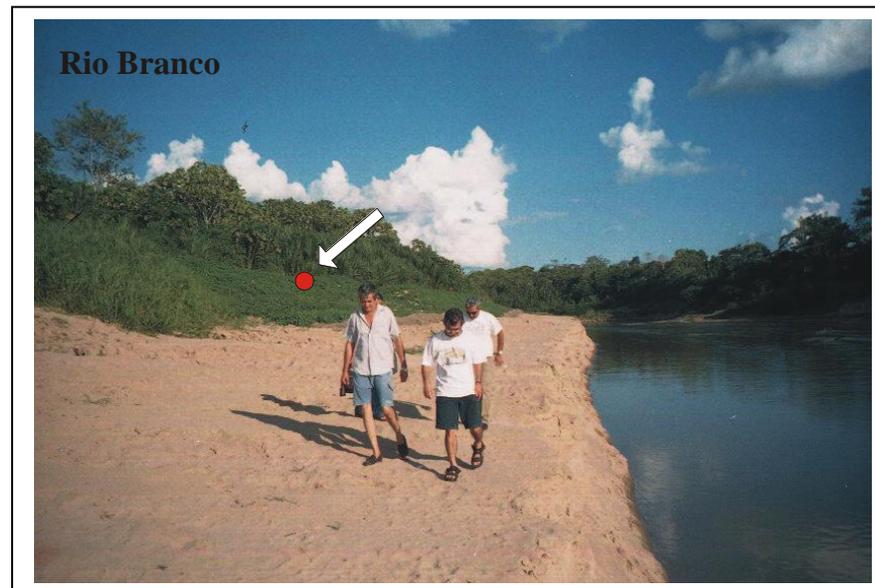
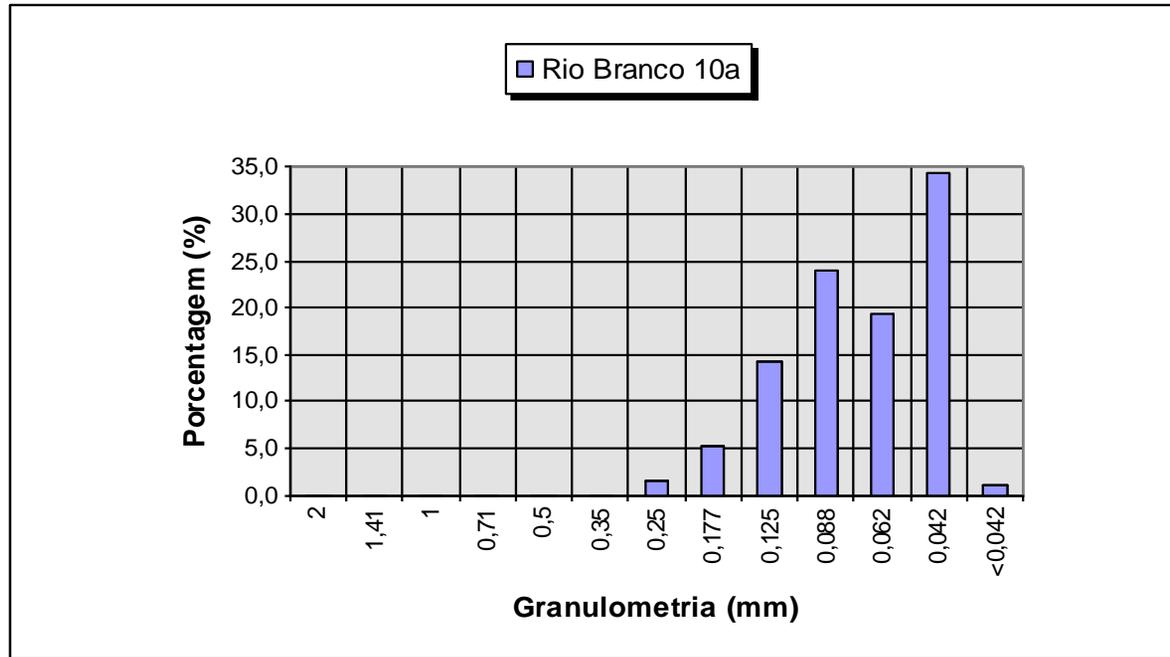


Figura 30- Histograma de distribuição granulométrica correspondente a sedimentos coletados em praia do rio Acre à montante da cidade de Rio Branco– AC (Foto: Rômulo Angélica). O ponto em vermelho indica o local de amostragem na praia.

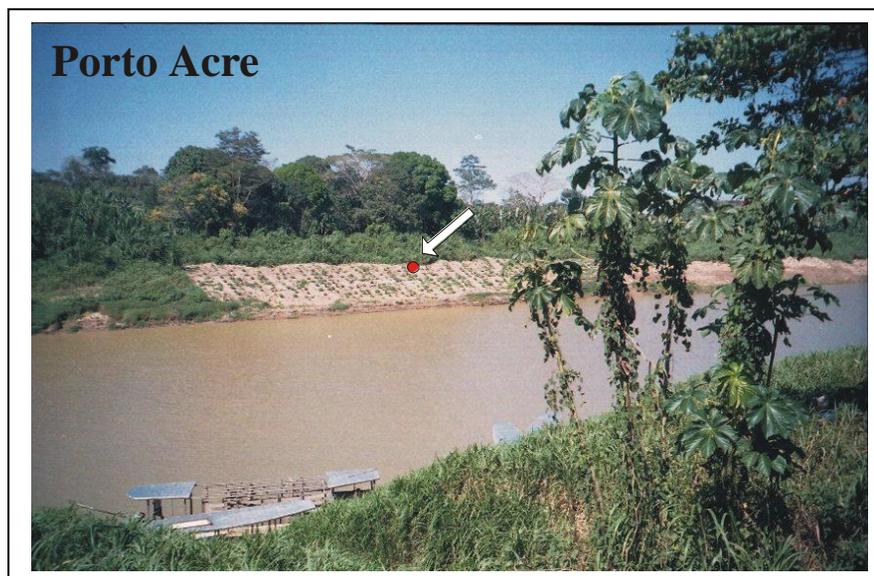
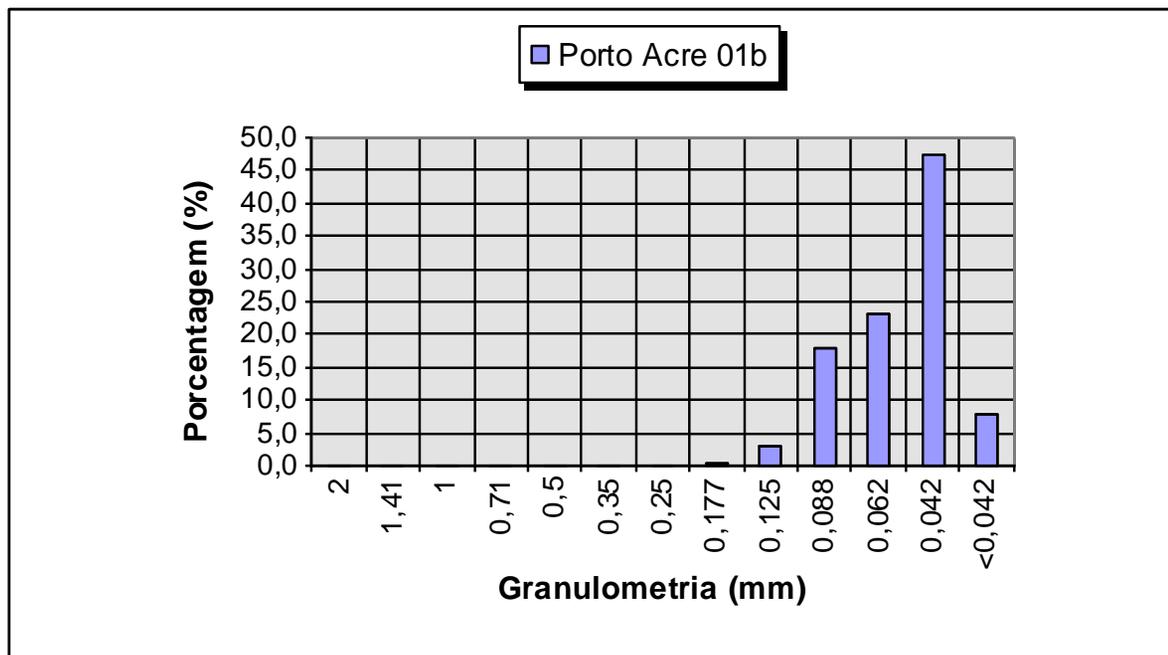


Figura 31- Histograma de distribuição granulométrica correspondente a sedimentos coletados em barranco do rio Acre à montante da cidade de Porto Acre- AC (Foto: Rômulo Angélica). O ponto em vermelho indica o local de amostragem na

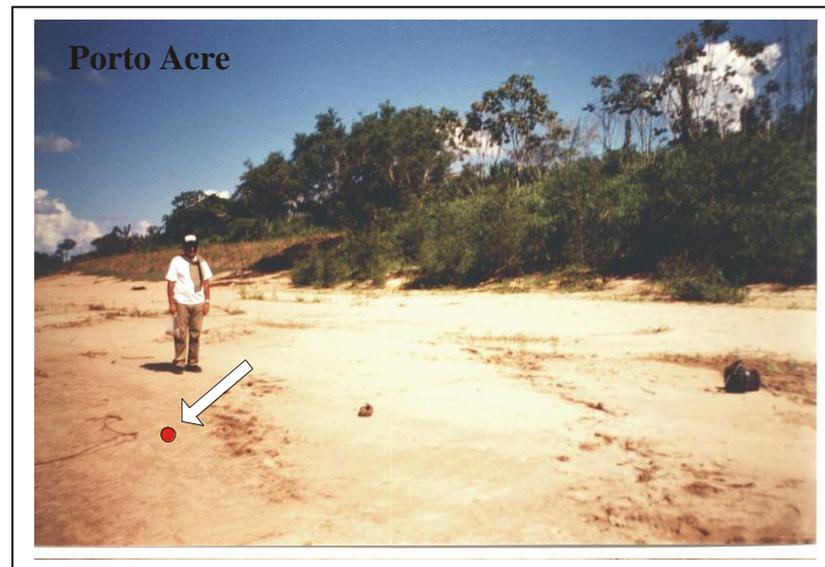
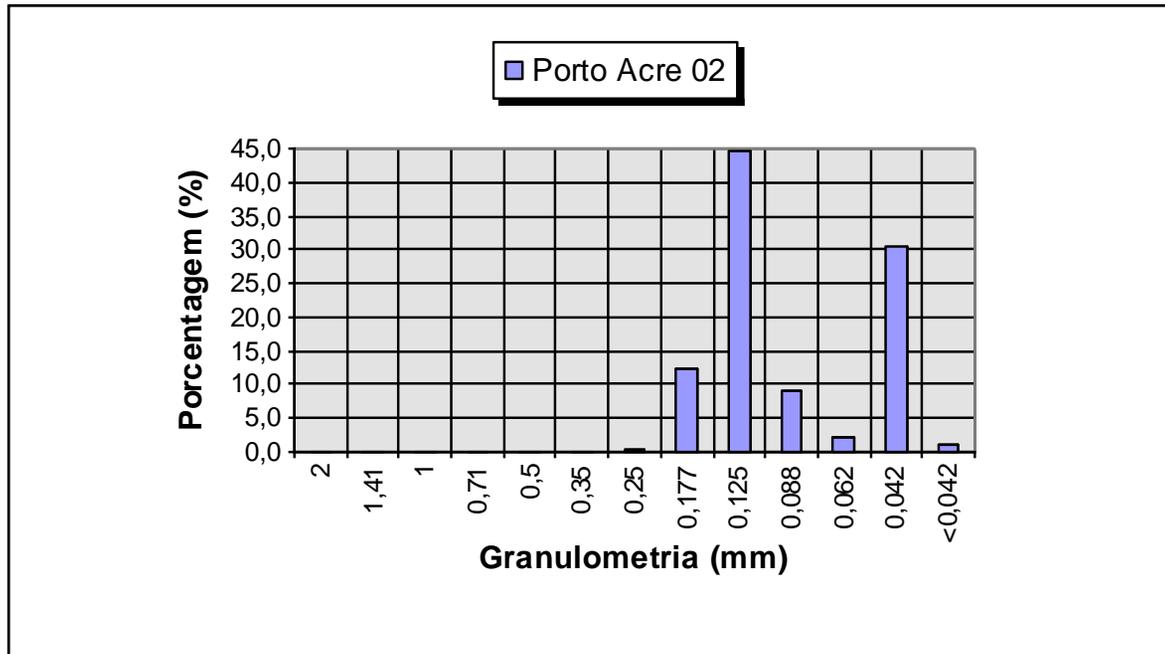


Figura 32- Histograma de distribuição granulométrica correspondente a sedimentos coletados em praia do rio Acre à jusante da cidade de Porto Acre- AC (Foto: Rômulo Angélica). O ponto em vermelho indica o local de amostragem na praia.

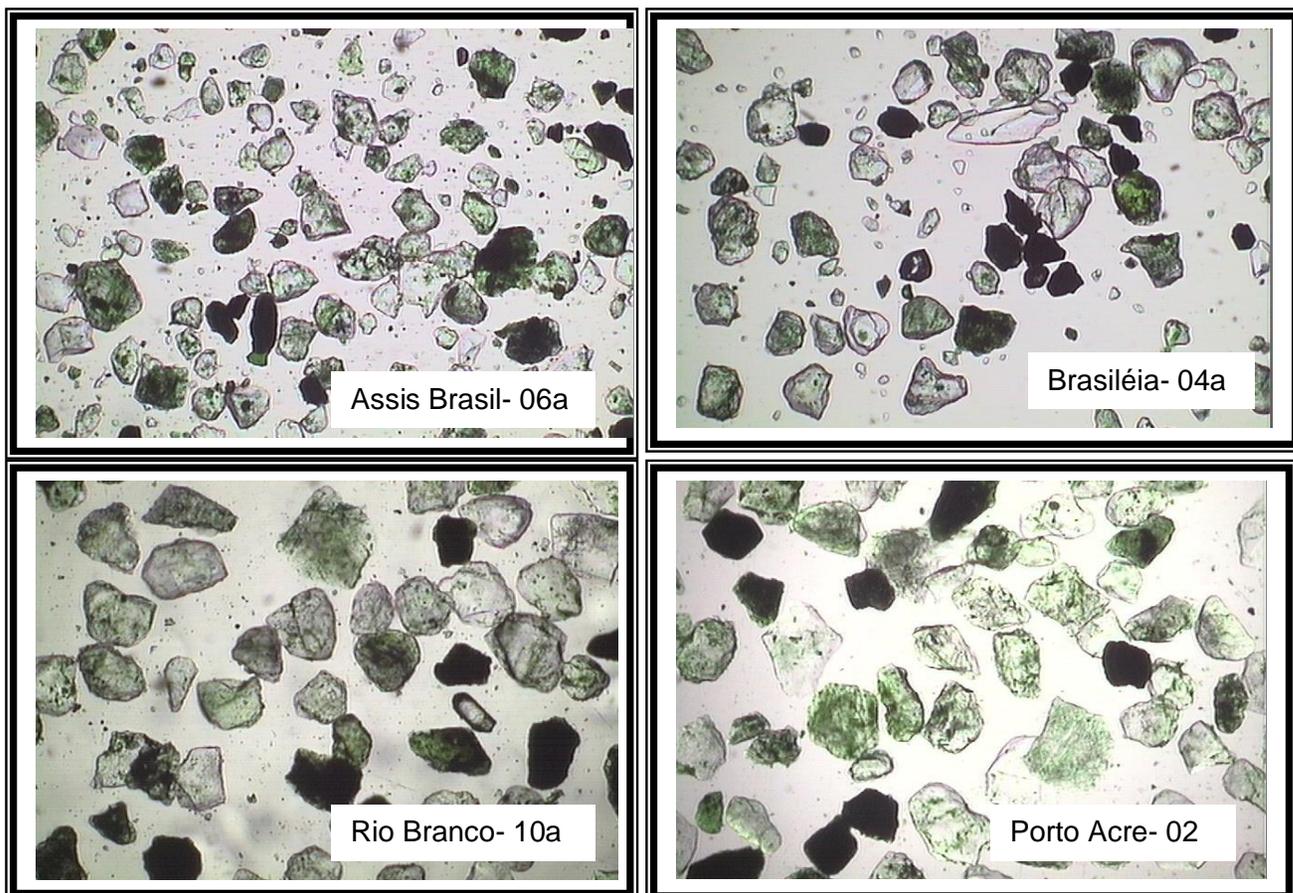


Figura 33- Fotomicrografias ópticas (em amostra total) de grãos de minerais constituintes de sedimentos de praias e barrancos do rio Acre, mostrando suas formas angulosas a sub-angulosas.

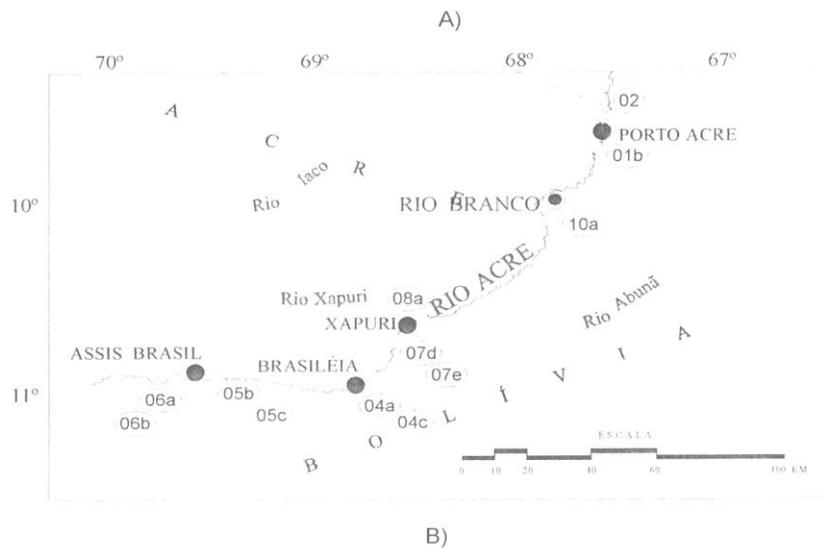
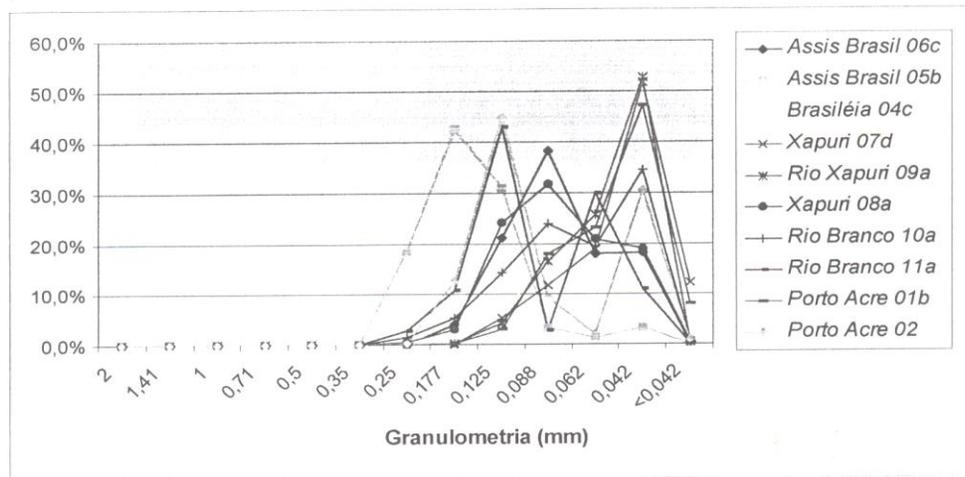


Figura 34 – (A) Distribuição granulométrica dos sedimentos de praias e barrancos:(B) próximos as cinco cidades ao longo do rio Acre.

Caracterização mineralógica

De acordo com os difratogramas de raios-x (em amostra total) das figuras 35a e 35b, os sedimentos de praias e barrancos do rio Acre são constituídos de quartzo, feldspatos e argilominerais. O quartzo é o mineral mais abundante. Os feldspatos são representados principalmente por albita e feldspato potássico (microclíneo e por vezes ortoclásio). As

análises por MEV/SED assim como sua composição química semiquantitativa, corroboram a albita e o feldspato potássico como os principais feldspatos que compõem os sedimentos praianos (Figuras 36a e 36b).

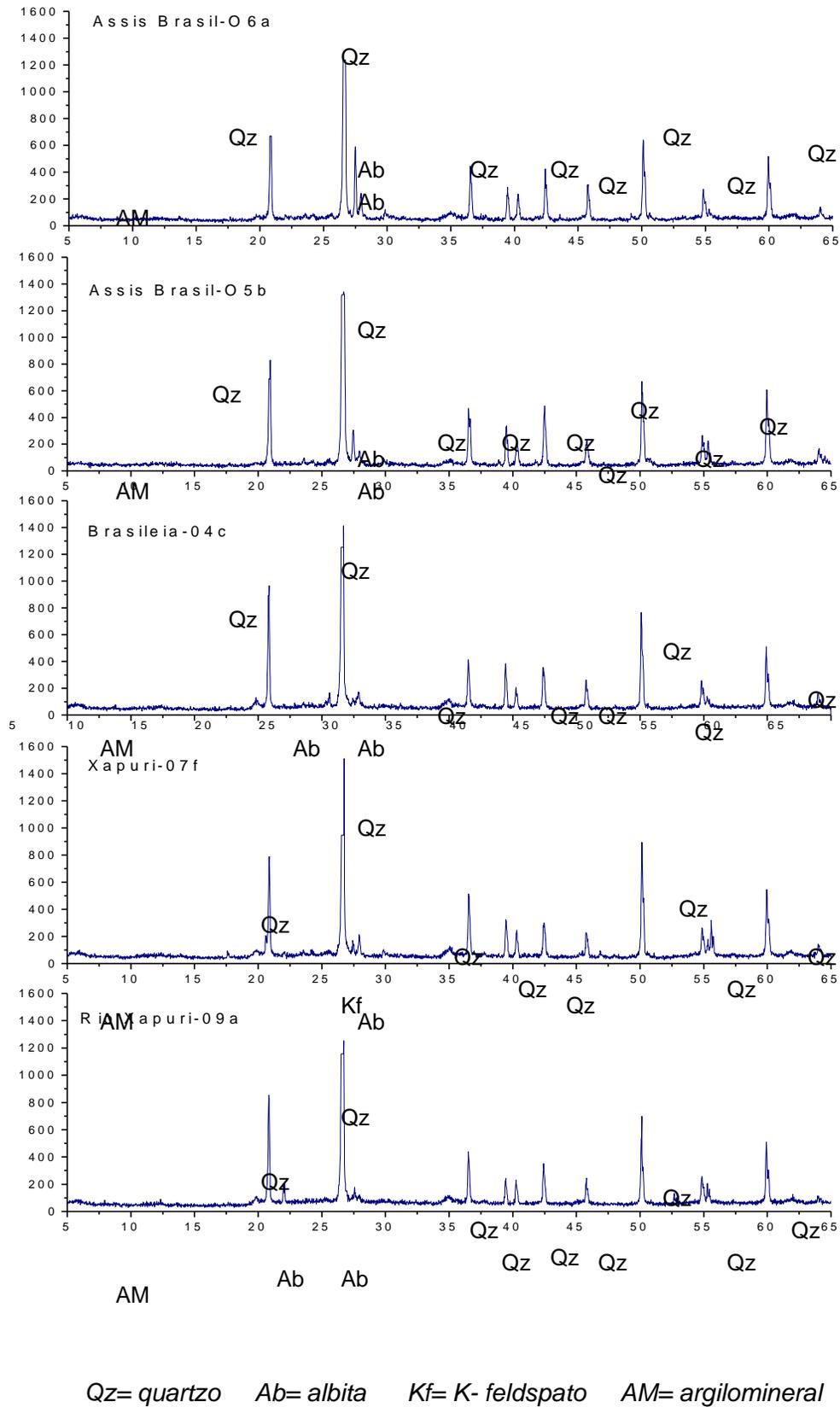


Figura 35a- Difratoqramas de raios-x de sedimentos de praias do rio Acre mostrando os principais minerais constituintes.

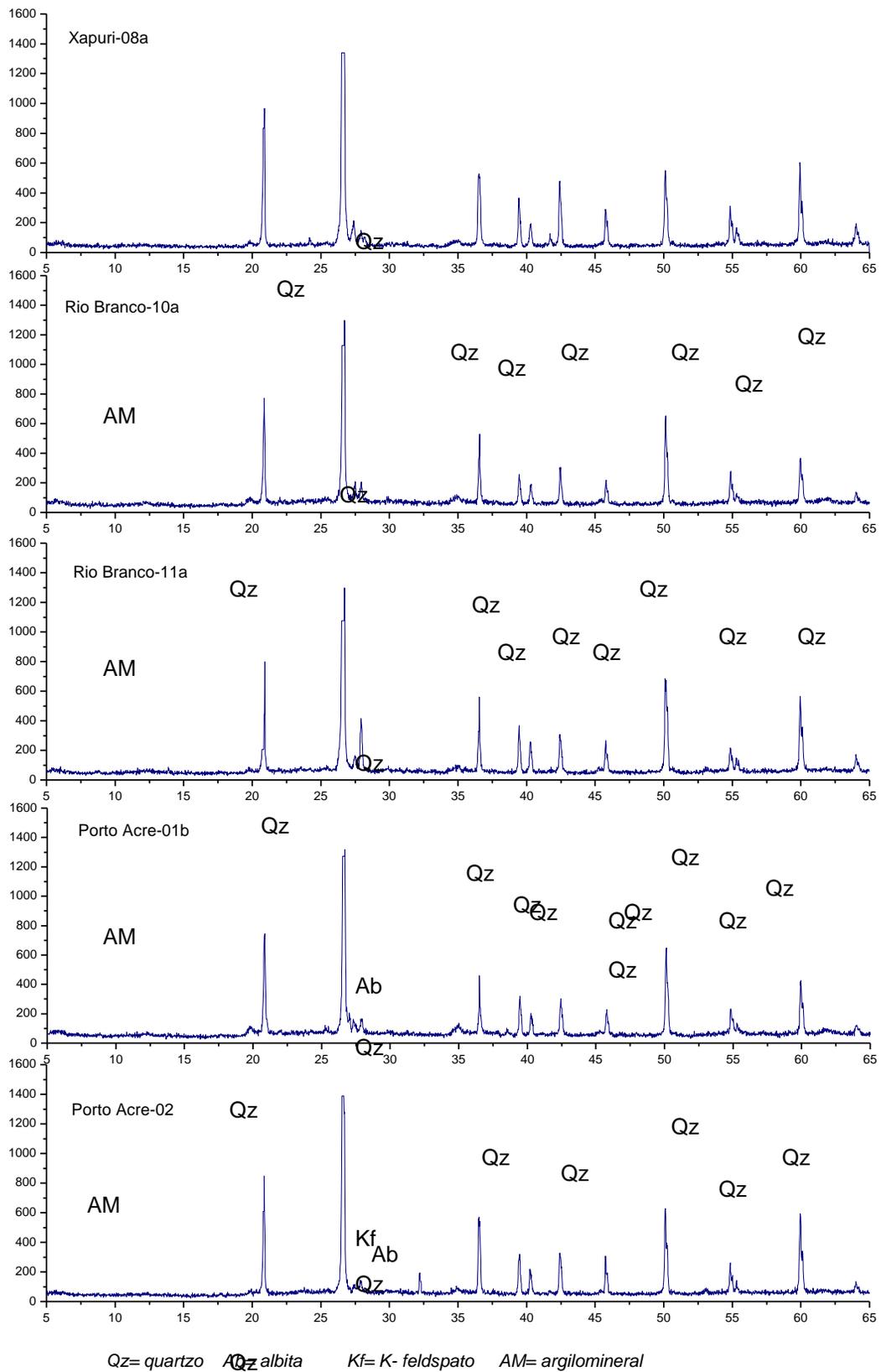


Figura 35b- Difratogramas de raios-x de sedimentos de praias do rio Acre mostrando os principais minerais constituintes.

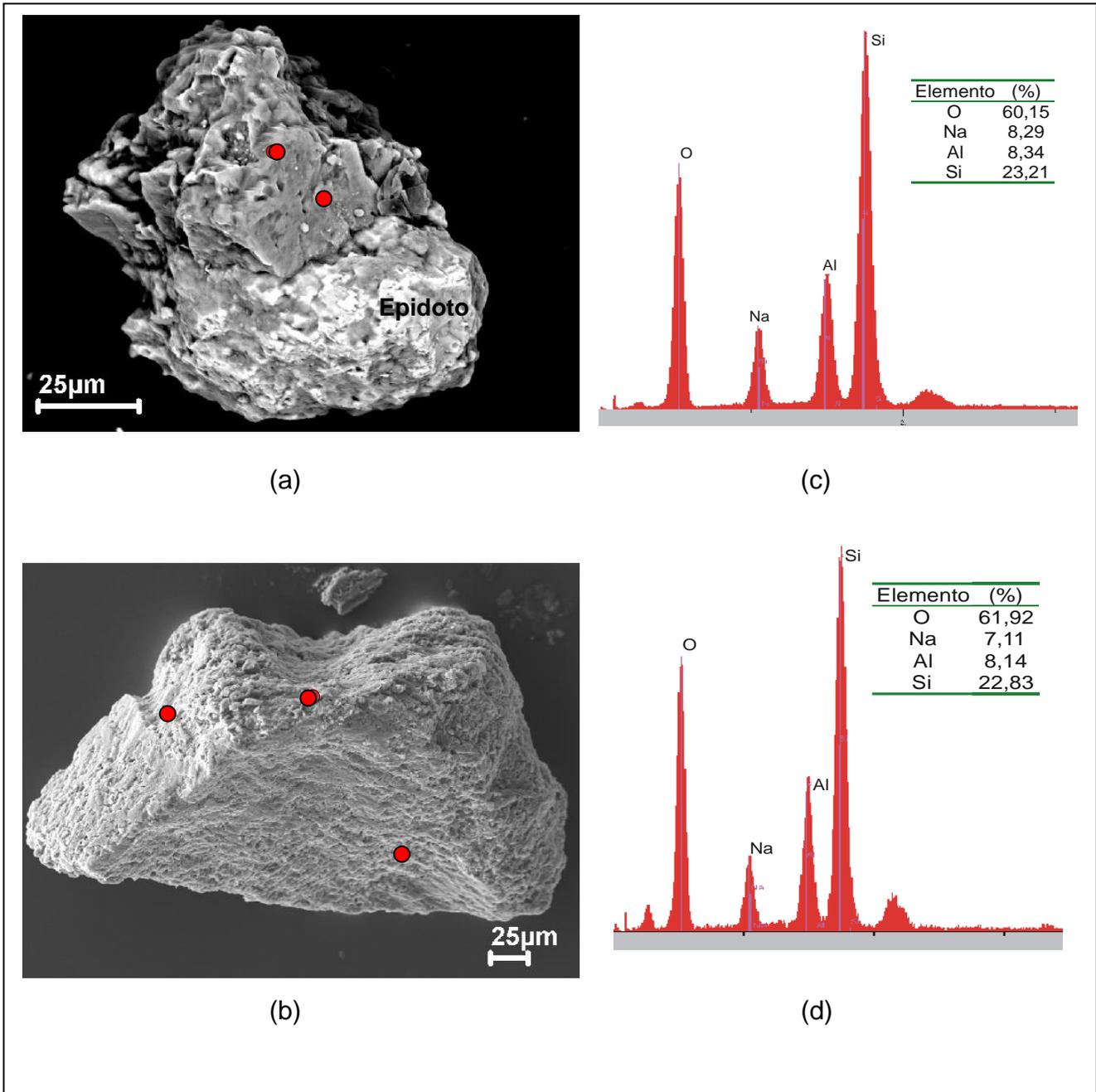


Figura 36a- (a) Imagem MEV de grão constituído de albita (parte escura) e epidoto (parte clara); (b) imagem MEV de grão de albita; (c) e (d) gráficos SED e análises químicas semiquantitativas da albita, indicada por pontos nas imagens anteriores.

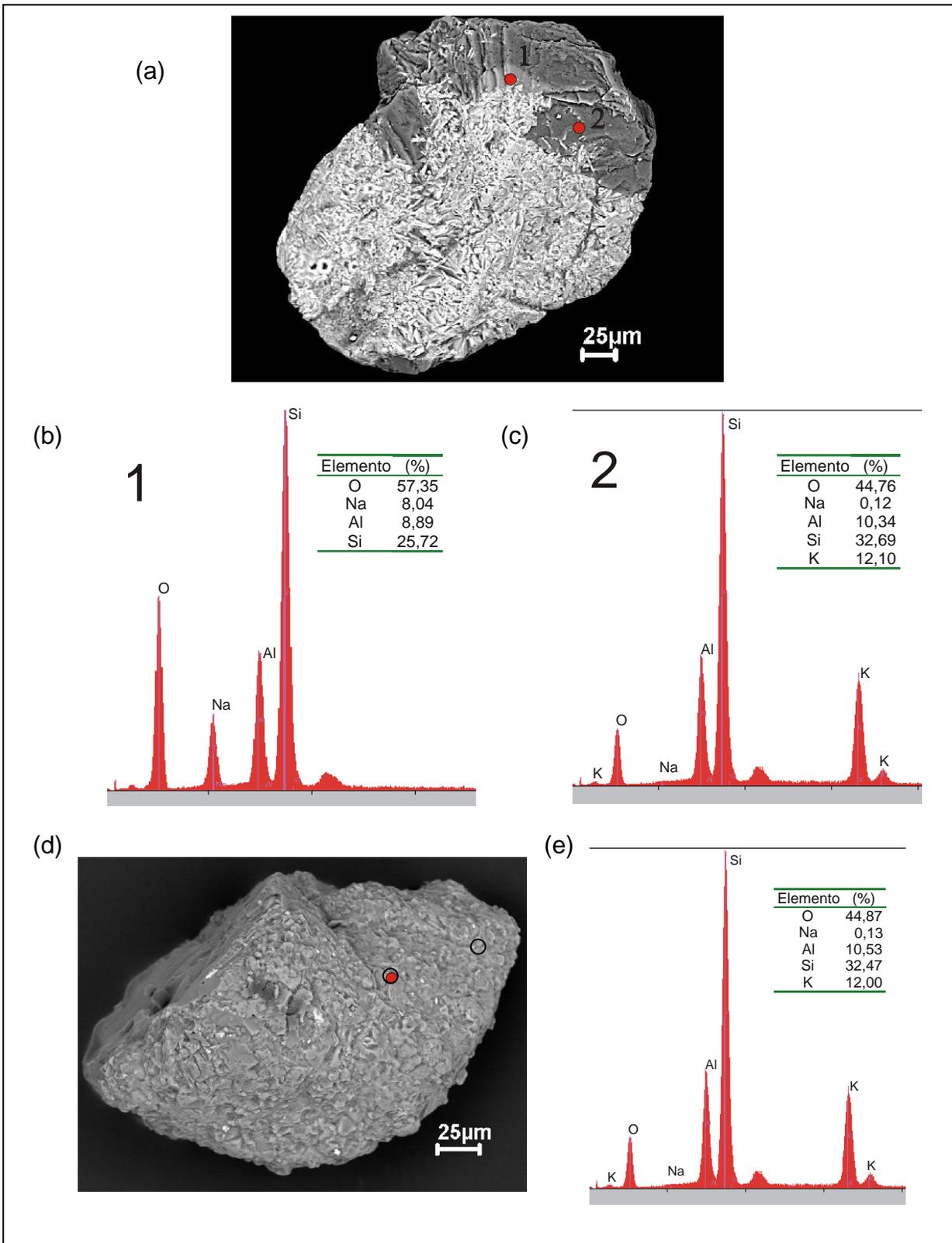


Figura 36b- (a) Imagem MEV de grão constituído de albita e K-feldspato (parte escura) e epidoto (parte clara); (b) e (c) gráficos SED e análises químicas semiquantitativas da albita e K-feldspato, indicadas por pontos na imagem anterior; (d) imagem MEV de grão de K-feldspato; (e) gráfico SED e análise química semiquantitativa do K-feldspato, indicada por pontos na imagem anterior.

Caracterização dos argilominerais

A aplicação das técnicas de difrações de raios- x nas lâminas orientadas, glicoladas e aquecidas, permitiu identificar argilominerais como a esmectita, illita e caulinita. As figuras 37, 38 e 39 apresentam difratogramas de cinco amostras submetidas aos três procedimentos citados previamente, notando-se que nas lâminas aquecidas os picos da esmectita e caulinita desaparecem.

Os difratogramas apresentam esmectita como o argilomineral mais freqüente, seguida pela illita e caulinita. De montante para jusante observou-se que esta abundância não sofre variações significativas.

As análises de MEV demonstram que os argilominerais ocorrem também em tamanho silte, indicando sua origem a partir da alteração de minerais preexistentes.

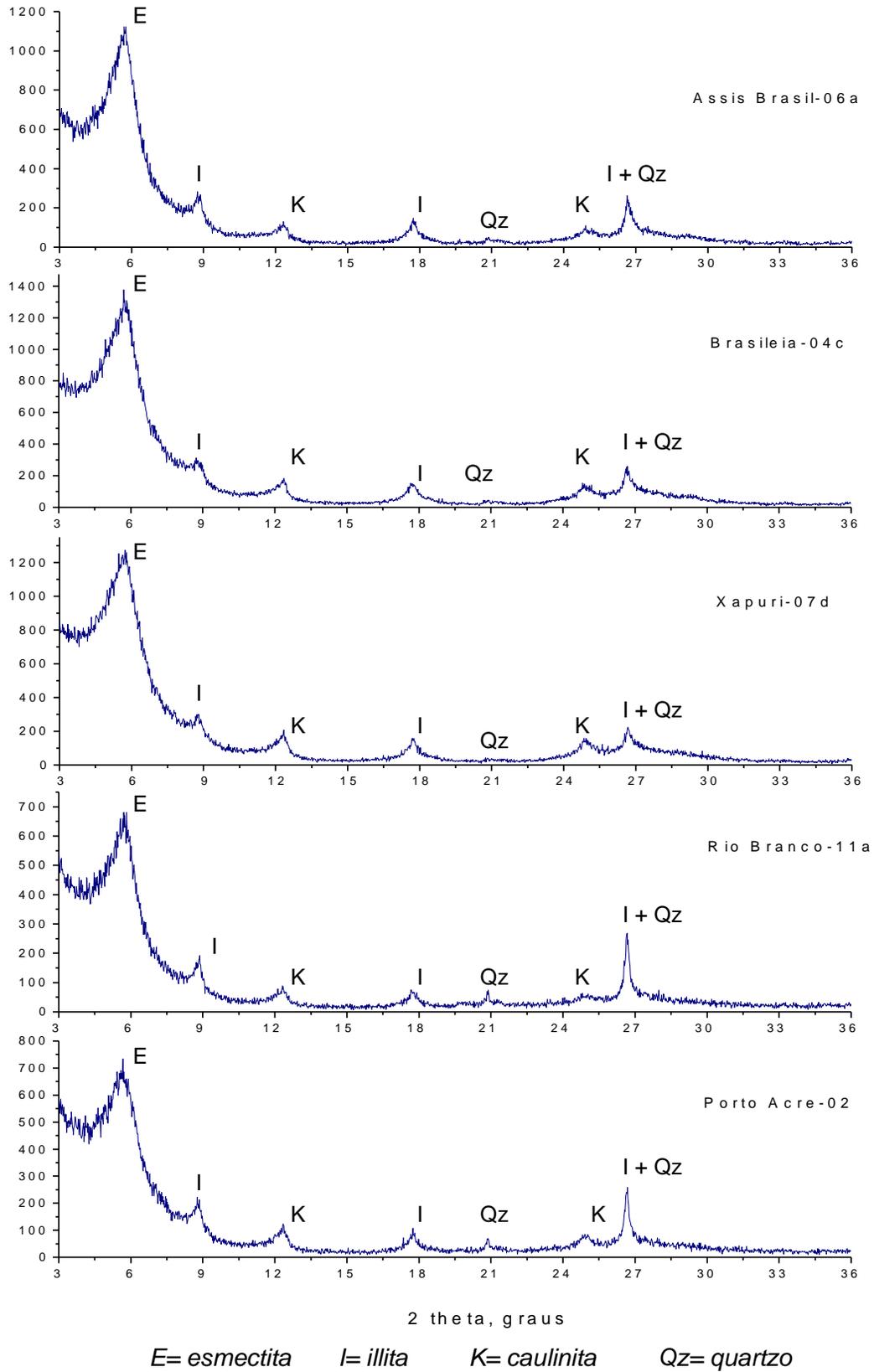
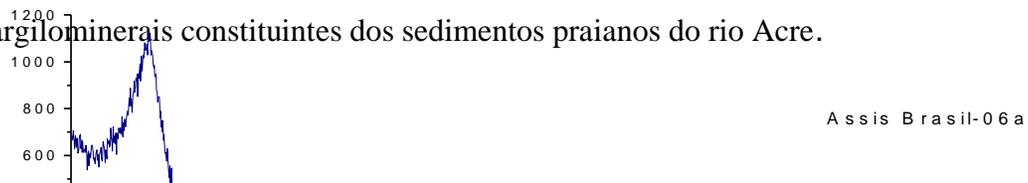


Figura 37- Difractogramas de raios- x de lâminas orientadas, mostrando os principais argilominerais constituintes dos sedimentos praianos do rio Acre.



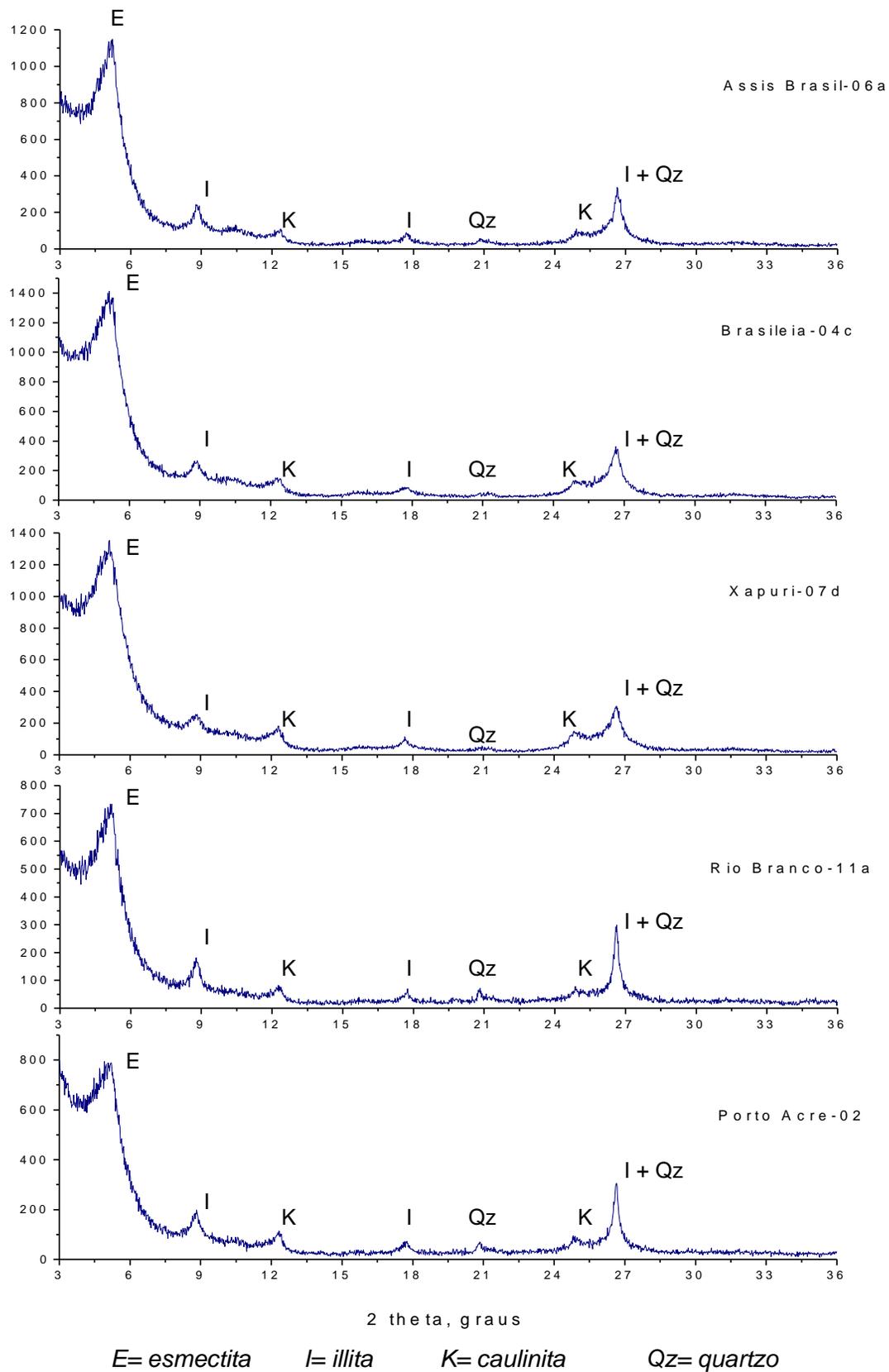


Figura 38- Difratomogramas de raios-x de lâminas glicoladas, mostrando os principais argilominerais constituintes dos sedimentos praianos do rio Acre.

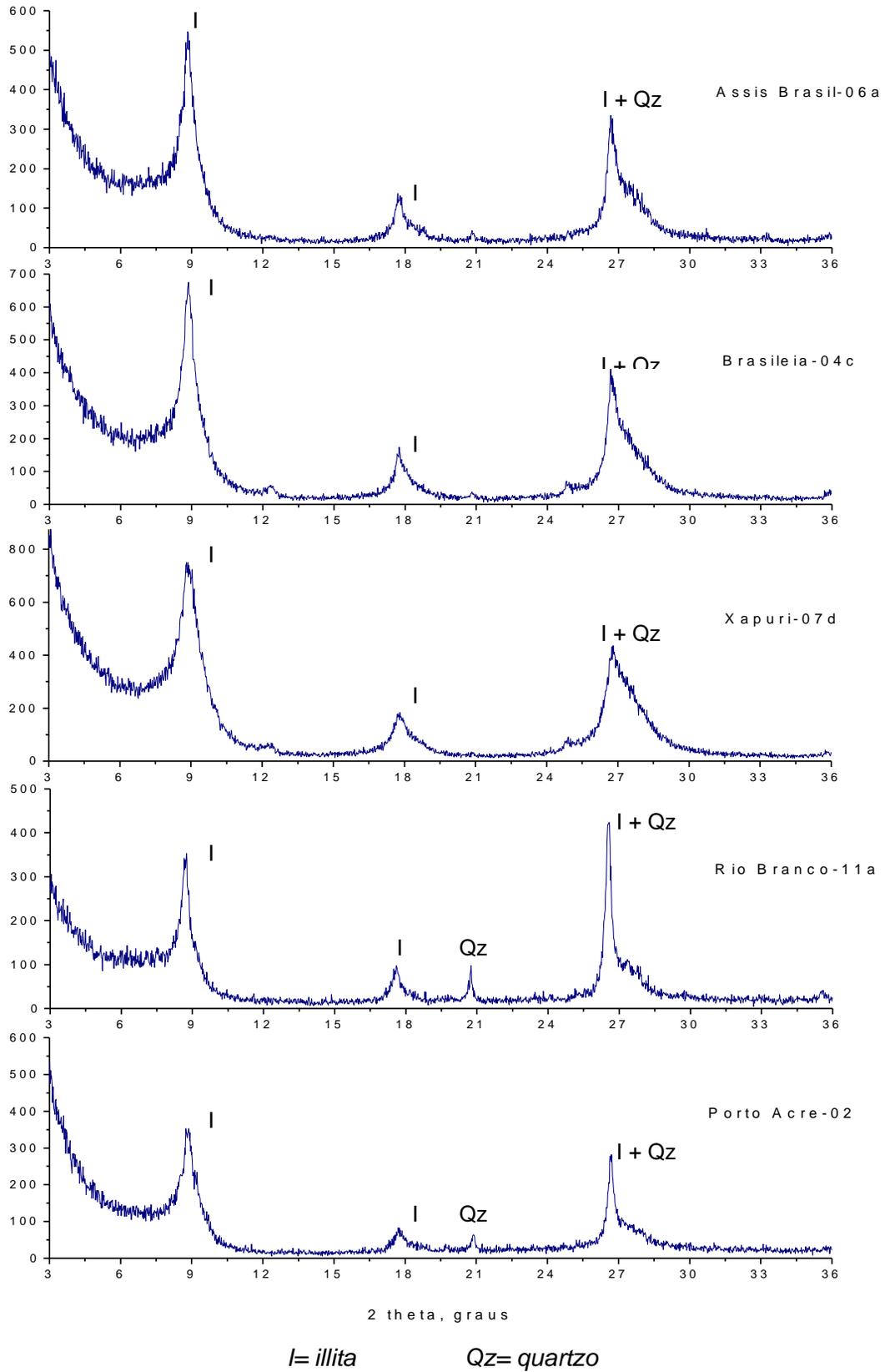


Figura 39- Difratoigramas de raios-x de lâminas aquecidas da fração argila dos sedimentos praianos do rio Acre.

Caracterização da esmectita

O padrão difratométrico da esmectita apresenta reflexões bem definidas, apresentando-se alargadas na base, evidenciando sua baixa cristalinidade. As esmectitas foram identificadas segundo a reflexão $d=15.3\text{\AA}$ em lâmina orientada e $d=17\text{\AA}$ em tratamento com etileno-glicol (Figura 40).

A presença de Fe, Mg, Na e Ca indicada nas análises semiquantitativas feitas por MEV/SED em grãos isolados, sugerem que as esmectitas possuem uma composição intermediária montmorillonita-nontronita (Figura 41). Uma determinação mais acurada da composição da esmectita pode ser feita através de análises de microsonda eletrônica.

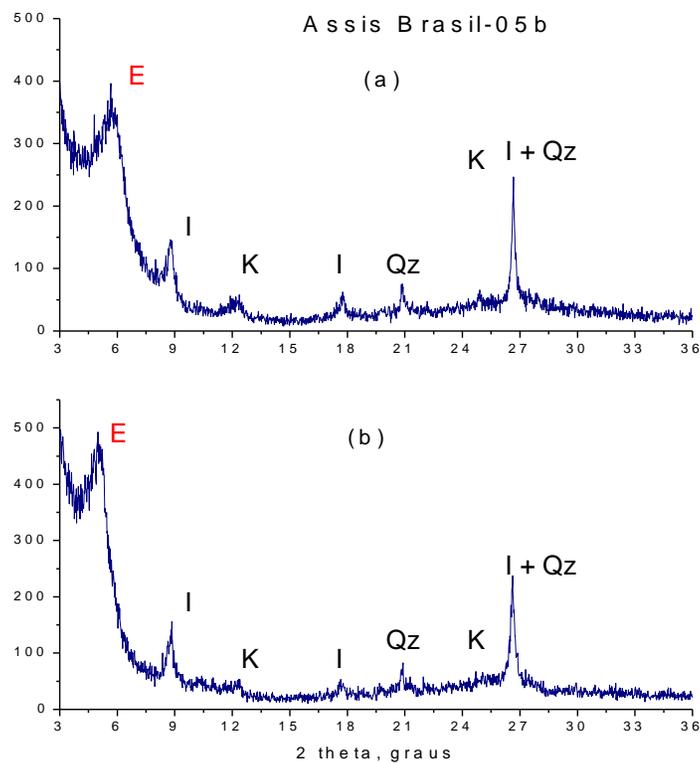


Figura 40- Difratogramas de raios-x de (a) lâmina orientada e (b) lâmina glicolada, mostrando padrões difratométricos da esmectita, representada pela letra E em vermelho.

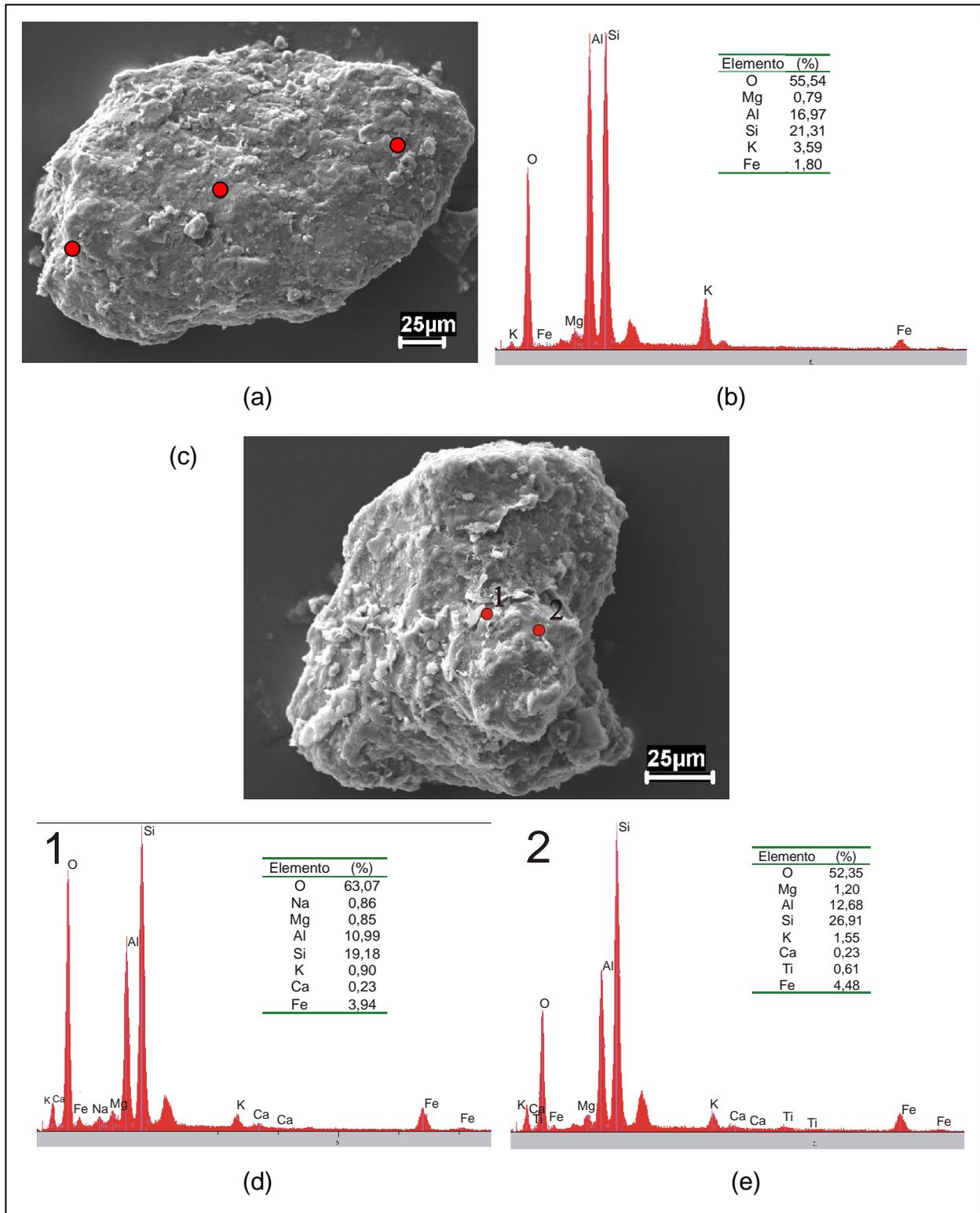


Figura 41- (a) e (c) Imagens MEV de grãos constituídos de esmectita; (b), (d) e (e) espectros SED e análises químicas semiquantitativas da esmectita, indicadas por pontos nas imagens. Tais análises químicas indicam que a esmectita possui composição intermediária montmorillonita-nontronita.

Caracterização da illita

A illita foi caracterizada segundo a reflexão $d=10\text{\AA}$ observada nos difratogramas da figura 42. Seu pico principal apresenta-se mais agudo em relação ao da esmectita e alargado na base refletindo a baixa cristalinidade da illita.

A illita também foi confirmada através das análises semiquantitativas de MEV/SED em grãos isolados (Figura 43).

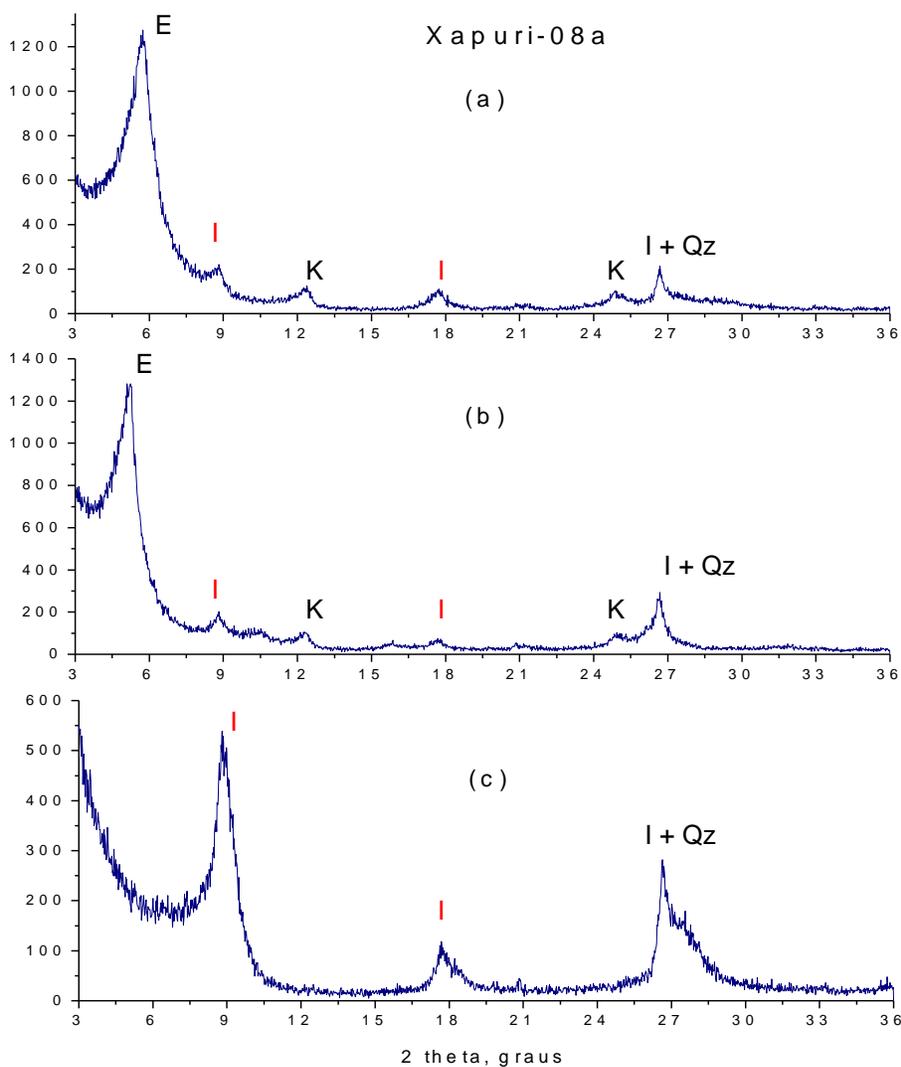
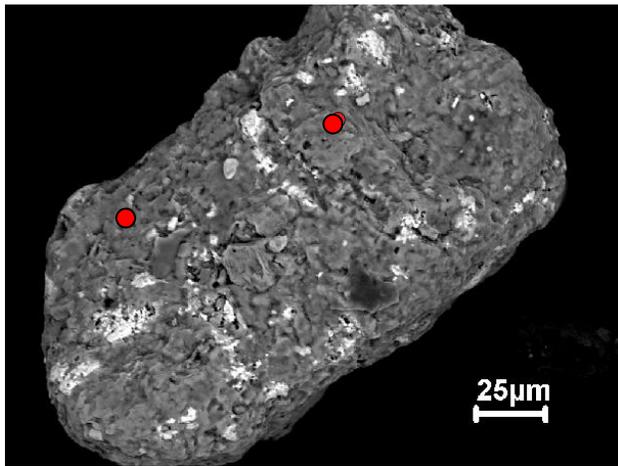
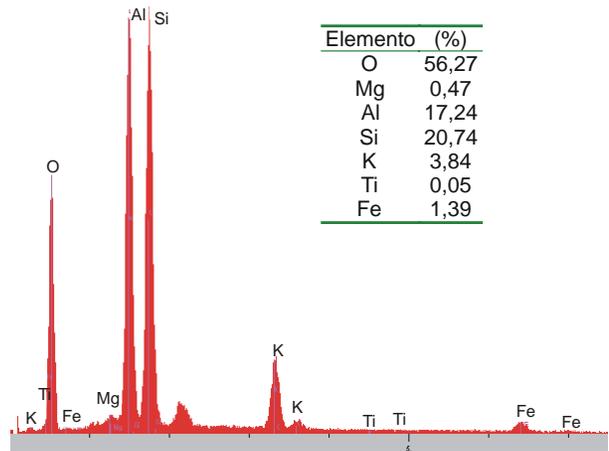


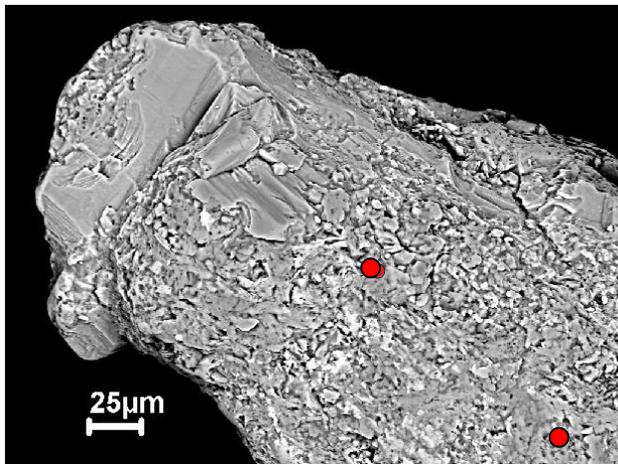
Figura 42- Difratogramas de raios-x de (a) lâmina orientada; (b) lâmina glicolada e (c) lâmina aquecida, mostrando padrões difratométricos da illita, representada pela letra I em vermelho.



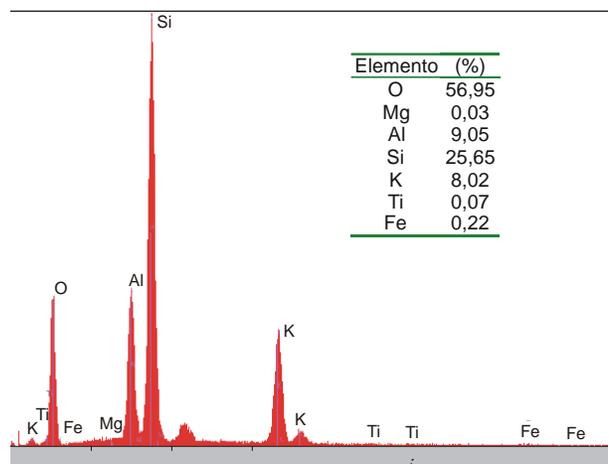
(a)



(c)



(b)



(d)

Figura 43- (a) Imagem MEV de grão constituído de illita e ilmenita (partes claras); (b) imagem MEV de grão constituído de illita e turmalina; (c) e (d) espectros SED e análises químicas semiquantitativas da illita, indicadas por pontos nas imagens.

Caracterização da caulinita

A caulinita, por sua vez, foi identificada através da reflexão $d=7.1\text{\AA}$, a qual apresenta-se bem definida, porém indicando baixa cristalinidade através de seus picos curtos e largos (Figura 44).

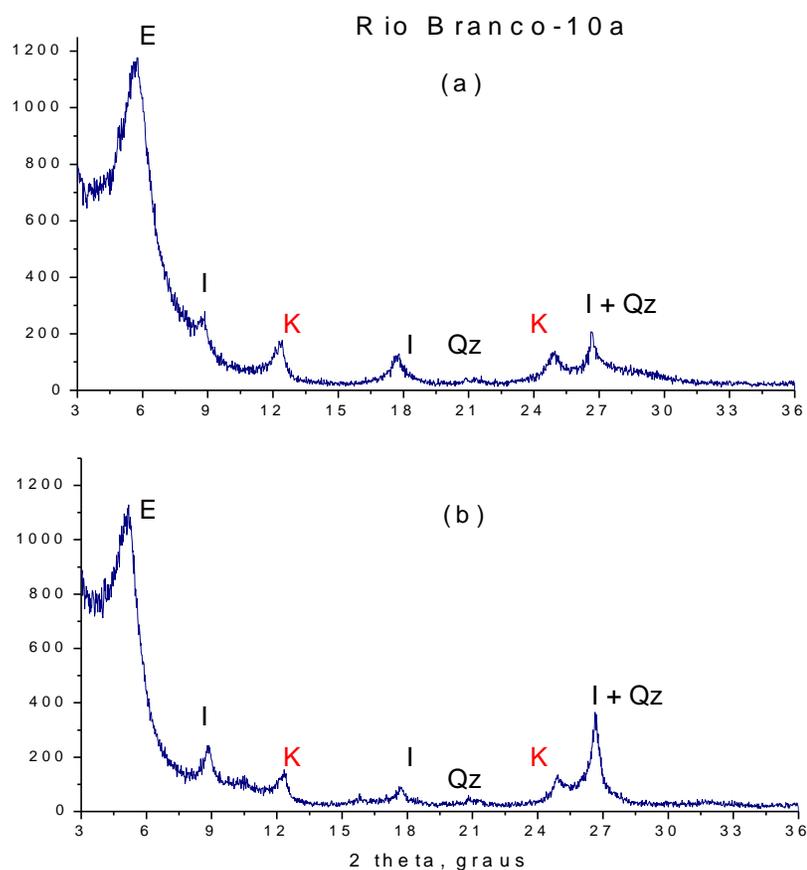


Figura 44- Difratomogramas de raios-x de (a) lâmina orientada e (b) lâmina glicolada, mostrando padrões difratométricos da caulinita, representada pela letra K em vermelho.

Abundância dos minerais

Os resultados obtidos através de cálculos estequiométricos (aqui vistos apenas como semiquantitativos) demonstram que os sedimentos de praias e barrancos do rio Acre são constituídos em ordem decrescente de abundância de quartzo, argilominerais e feldspatos

(Tabela 5). Dentre os argilominerais, a caulinita é mais abundante, seguida de esmectita e illita. Em relação aos feldspatos, o principal representante é o feldspato potássico, seguido de albita (Figura 45).

O quartzo, com média de 69%, aumenta em direção à foz e, próximo à cidade de Porto Acre, apresenta sua maior concentração. A caulinita ($\pm 8\%$), esmectita ($\pm 7\%$) e illita ($\pm 3\%$) mostram pequenas variações ao longo do rio Acre, apresentando sua maior abundância à montante da cidade de Xapuri. O feldspato potássico ($\pm 4\%$) e a albita ($\pm 2\%$) apresentam variações pouco significativas, com suas maiores concentrações à jusante de Assis Brasil e de Brasiléia, respectivamente.

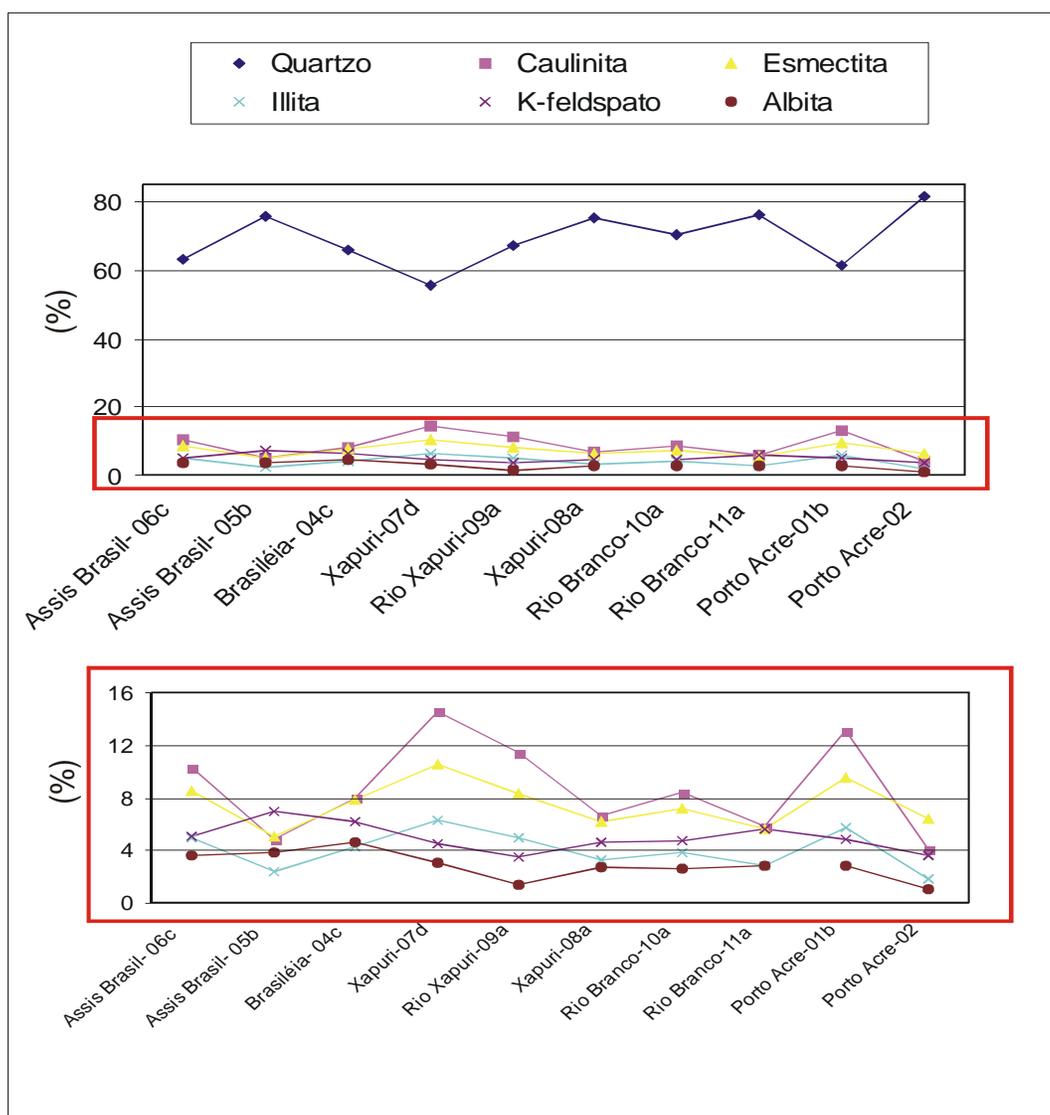


Figura 45 – Concentração dos minerais nos sedimentos de praia do rio Acre.

Tabela 5- Abundância calculada dos principais minerais dos sedimentos praianos do rio Acre (%).

	Quartzo	Caulinita	Esmectita	Illita	K-feldspato	Albita
Assis Brasil- 06c	63,0	10,2	8,4	4,9	5,0	3,5
Assis Brasil- 05b	75,6	4,8	5,0	2,3	7,0	3,8
<i>Brasiléia- 04c</i>	65,8	7,9	7,8	4,2	6,2	4,5
Xapuri-07d	55,5	14,0	10,4	6,2	4,5	2,9
Rio Xapuri-09a	67,3	11,3	8,2	4,9	3,4	1,4
<i>Xapuri-08a</i>	75,1	6,6	6,1	3,2	4,5	2,7
Rio Branco-10a	70,4	8,4	7,1	3,8	4,7	2,5
Rio Branco-11a	76,2	5,8	5,5	2,7	5,6	2,8
Porto Acre-01b	61,2	13,1	9,5	5,7	4,8	2,7
Porto Acre-02	81,5	4,0	6,4	1,7	3,5	1,0
Média	69,2	8,6	7,4	3,9	4,9	2,8

Minerais pesados

Os minerais pesados foram identificados inicialmente através de microscopia óptica em lâmina delgada, utilizando-se frações fina (0.062 a 0.125 mm) e grossa (0.125 a 0.250 mm). Os minerais pesados também foram identificados por MEV e através de difração de raios-x, após separação de acordo com sua susceptibilidade magnética.

O conteúdo de minerais pesados corresponde a até 1% do conteúdo total de minerais dos sedimentos de praias e barrancos. Deste total, cerca de 65% estão representados por minerais não-opacos (Tabela 6).

Os principais minerais não-opacos identificados são: cianita, andalusita, zircão, epidoto, sillimanita, turmalina e muscovita em ordem decrescente de abundância. Ocorrem ainda em pequena quantidade granada, clorita, apatita, anfibólio, biotita, estaurolita, titanita, anatásio e rutilo.

A cianita corresponde a 23% do total de minerais pesados não-opacos. Concentra-se predominantemente na fração grossa e sua frequência aumenta no sentido rio abaixo.

A andalusita representa 23% do total e está presente tanto na fração grossa, como na fração fina, apresentando ampla distribuição ao longo do rio Acre.

O zircão corresponde a 12% do total e possui maior ocorrência no alto curso do rio Acre, próximo a Assis Brasil.

O epidoto com 8%, ocorre com maior expressão no alto curso do rio, principalmente próximo à cidade de Assis Brasil, diminuindo sua quantidade em direção à foz.

A sillimanita equivale a 5%, predominando na fração grossa e com frequência praticamente constante ao longo da área.

A turmalina corresponde a 5% e se distribui igualmente ao longo do rio Acre.

A muscovita representa 5% e é mais frequente na fração grossa.

Os demais minerais ocorrem geralmente em quantidades inferiores a 4%, com exceção da apatita que tem seu conteúdo elevado a partir da estação oito (abaixo da cidade de Xapuri), chegando até 12% na estação cinco (Assis Brasil).

A tabela 6 e a figura 46 apresentam as concentrações dos minerais não-opacos ao longo do rio Acre.

Tabela 6- Concentrações (% em volume) dos minerais pesados nos sedimentos praianos do rio Acre, de montante para jusante.

Mínerais	Assis Brasil	Brasiléia	Xapuri	Rio Branco	Porto Acre
Cianita	14	23	24	34	26
Andalusita	13	18	26	34	18
Zircão	22	13	7	2	25
Epidoto	15	7	12	4	5
Sillimanita	5	8	6	8	7
Turmalina	3	5	9	4	5
Muscovita	0	4	0.5	2	3
Apatita	8	3	4	1	0
Estaurolita	4	2	2	3	3
Granada	2	5	4	0.2	3
Rutilo	0.5	1	0.5	0.5	1
Anfibólio	2	2	3	0	0.3
Titanita	0.5	1	1	0.5	1

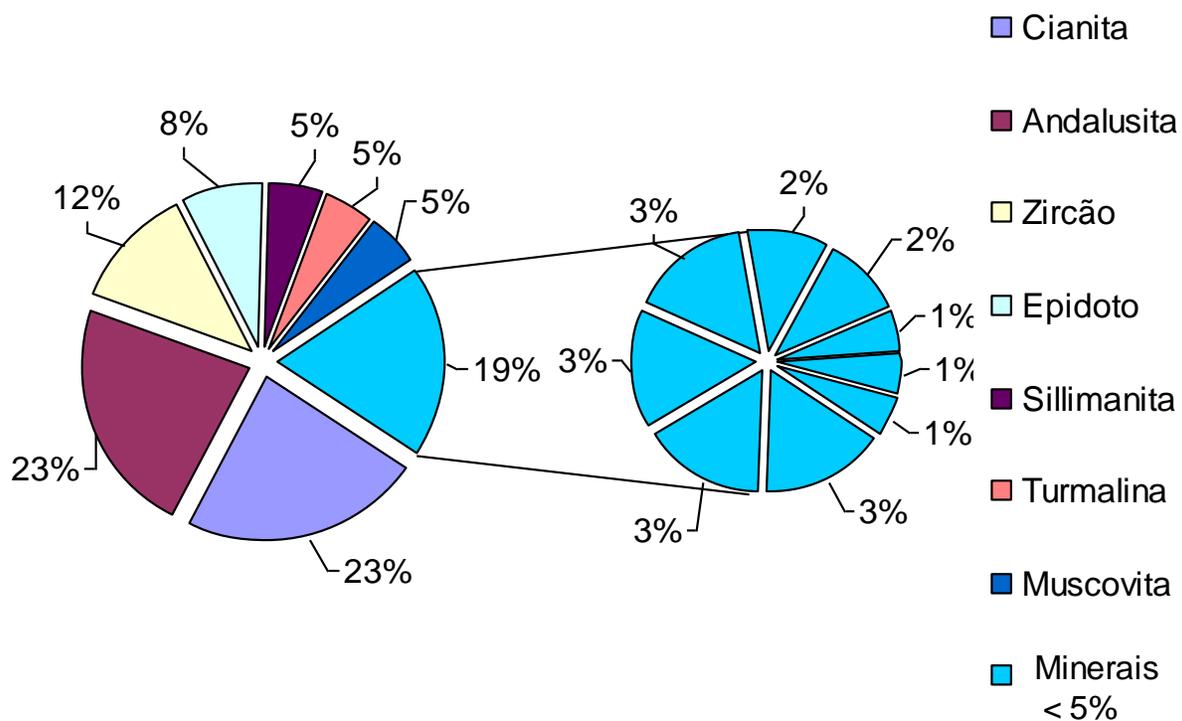


Figura 46- Concentração (% em volume) dos minerais pesados não-opacos ao longo do rio Acre.

Descrição dos minerais pesados

Cianita, SiAl_2O_5 , corresponde a cristais incolores e alongados, subangulosos a angulosos, com raras ocorrências de grãos subarredondados.

Andalusita, SiAl_2O_5 , é representada por minerais subangulosos a angulosos. Identificou-se em grande quantidade a variedade denominada quiastolita, caracterizada por minerais incolores, por vezes alongados com inclusões simétricas de material escuro em forma de cruz.

Zircão, $ZrSiO_4$, pode ser dividido em dois grupos: o grupo dos angulosos, que são mais abundantes, representados por cristais prismáticos, por vezes com inclusões de minerais de hábito alongado e o grupo dos bem arredondados, que em pequena proporção aparecem sob forma de grãos subesféricos e polidos.

Epidoto, $Ca_2Fe^{3+}_{2.25}Al_{0.75}(SiO_4)_3(OH)$, seus grãos são verdes-claros a verdes-amarelado, sobressaindo-se mais os últimos. Próximo a Assis Brasil e Brasília, seus grãos são prismáticos e angulosos, mostrando-se mais sub-esféricos e corroídos no baixo curso do rio.

Sillimanita, $SiAl_2O_5$, possui cristais incolores com formas alongadas, com grãos subangulosos a subarredondados.

Turmalina, $(Mg, Na)Fe_3Al_6(BO_3)_3Si_6O_{18}(OH)_4$, assim como zircão, a turmalina também pode ser dividida em dois grupos, a turmalina arredondada e a angulosa, ambas contidas em proporções praticamente iguais, possuindo apenas algumas variações locais, seus grãos são marrom-esverdeados e verde-oliva.

Muscovita, $KAl_2(Si_3Al)O_{10}(OH,F)_2$, mostra-se como placas subangulosas a subarredondadas, algumas vezes mostrando evidências de corrosão nas bordas.

Os demais minerais apresentam-se como grãos angulosos a subangulosos, ocorrendo localmente alguns grãos de estauroлита subarredondados a arredondados.

A figura 47 reúne os principais minerais pesados não-opacos identificados por microscopia óptica em lâmina delgada. A figura 48 mostra imagens de MEV dos minerais pesados, notando-se suas formas subangulosas a angulosas, algumas vezes subédricas a euédricas e alguns cristais corroídos ou fraturados. Os minerais pesados aparecem isolados, mas podem ocorrer agregados com outros minerais como os argilominerais, indicando que podem estar se alterando para estes filossilicatos. Os difratogramas de raios-x das frações magnética e não-magnética dos minerais pesados são apresentados respectivamente nas figuras 49 e 50. A fração magnética constitui-se principalmente de hematita e ilmenita.

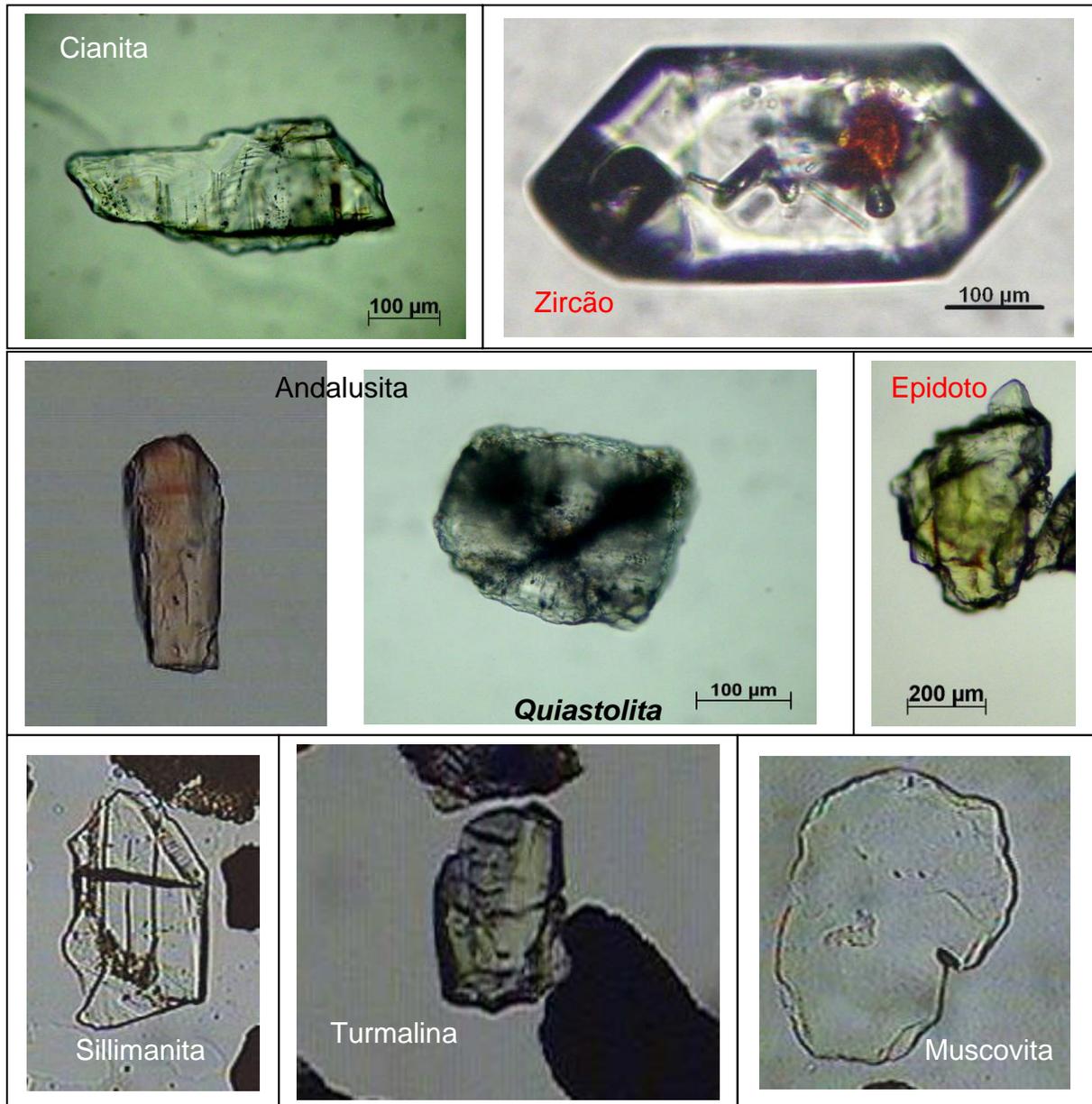


Figura 47- Fotomicrografias ópticas dos principais minerais pesados dos sedimentos de praias do rio Acre.

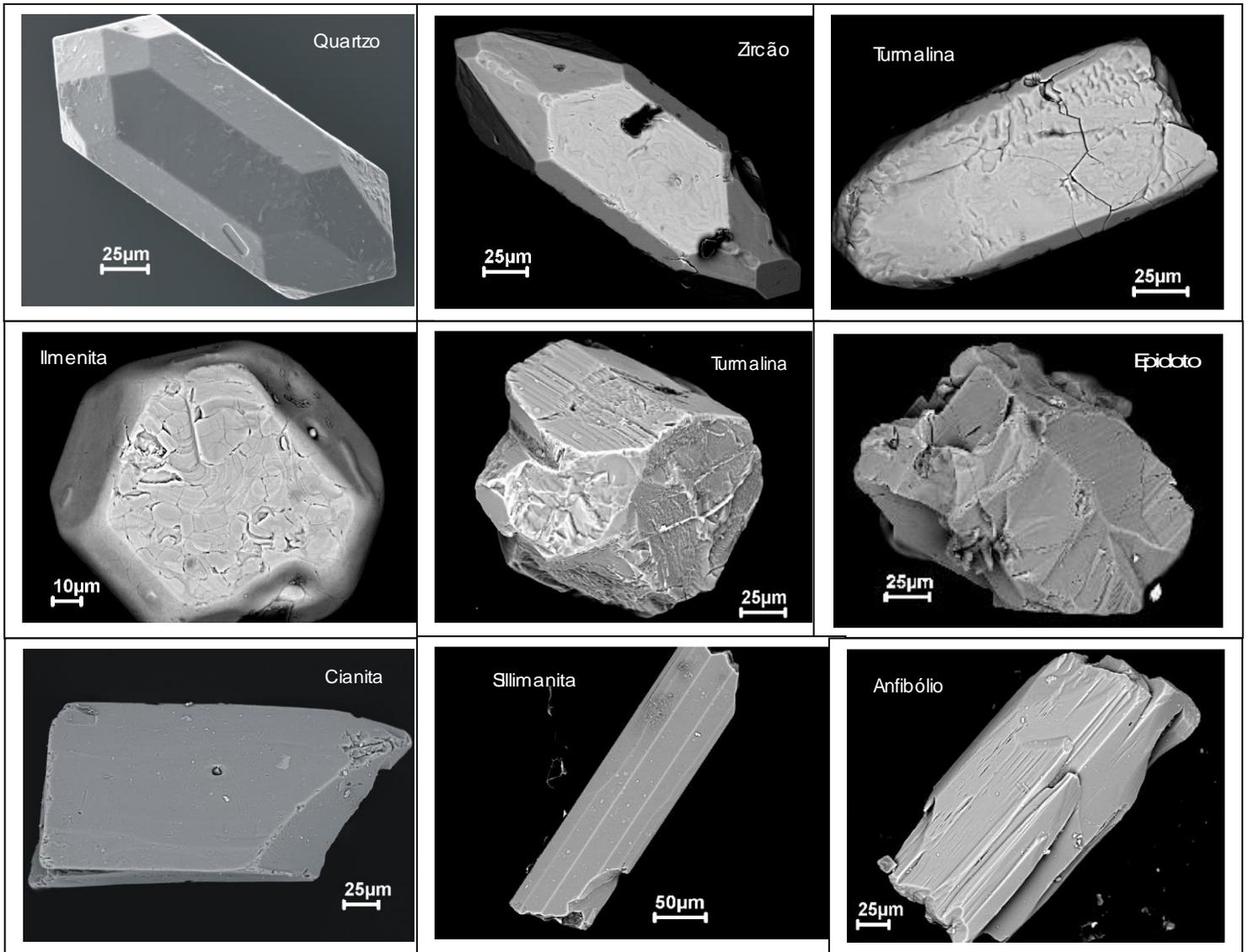
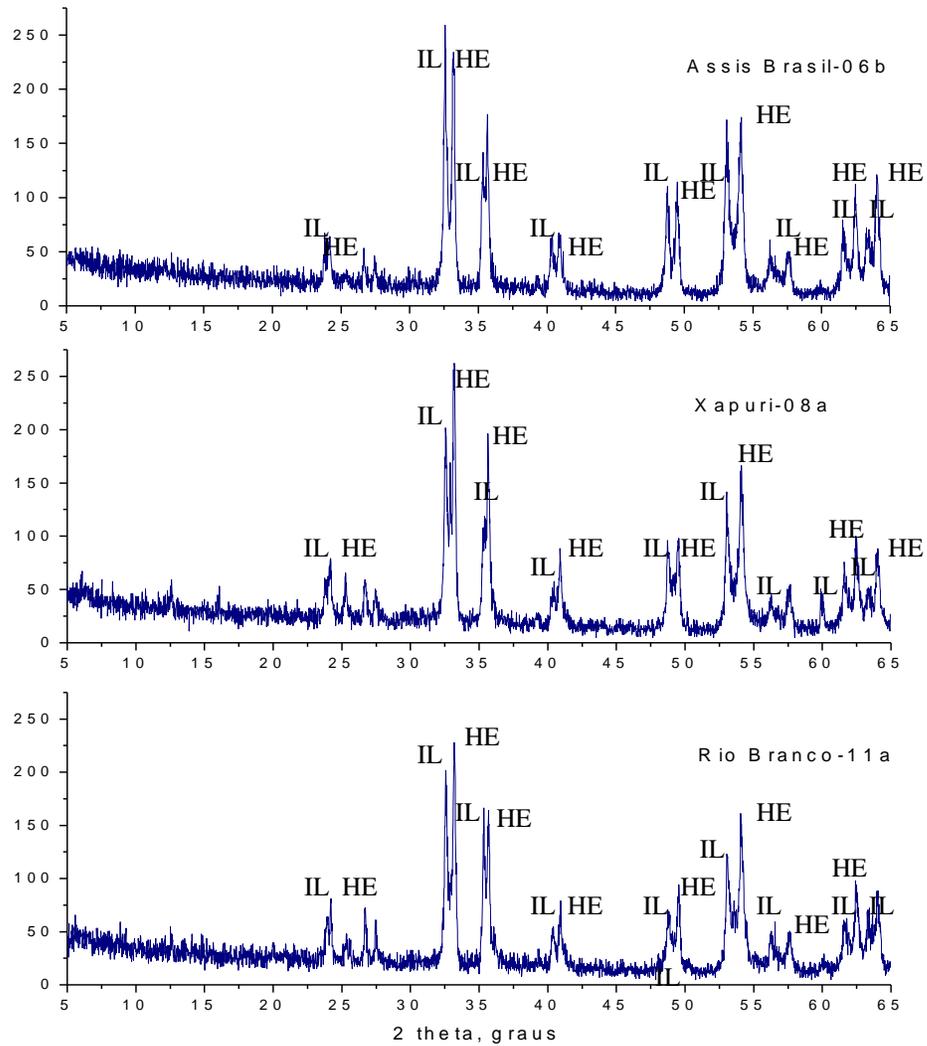
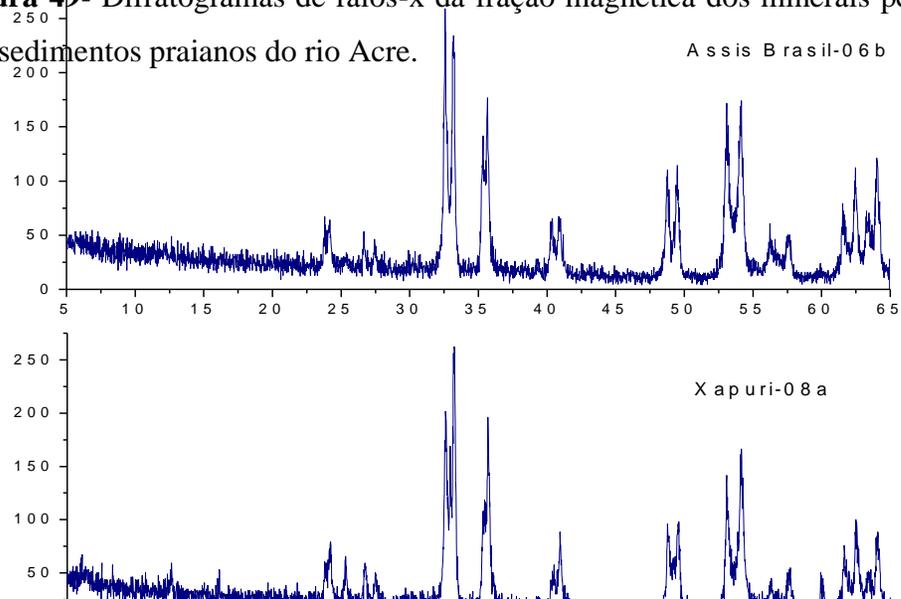


Figura 48- Imagens de MEV dos principais minerais pesados identificados nos sedimentos de praias do rio Acre. Grãos de quartzo isolados (como o quartzo euédrico desta figura) ou associados aos minerais pesados, são comuns.



IL= ilmenita HE= hematita

Figura 49- Difratoogramas de raios-x da fração magnética dos minerais pesados dos sedimentos praianos do rio Acre.



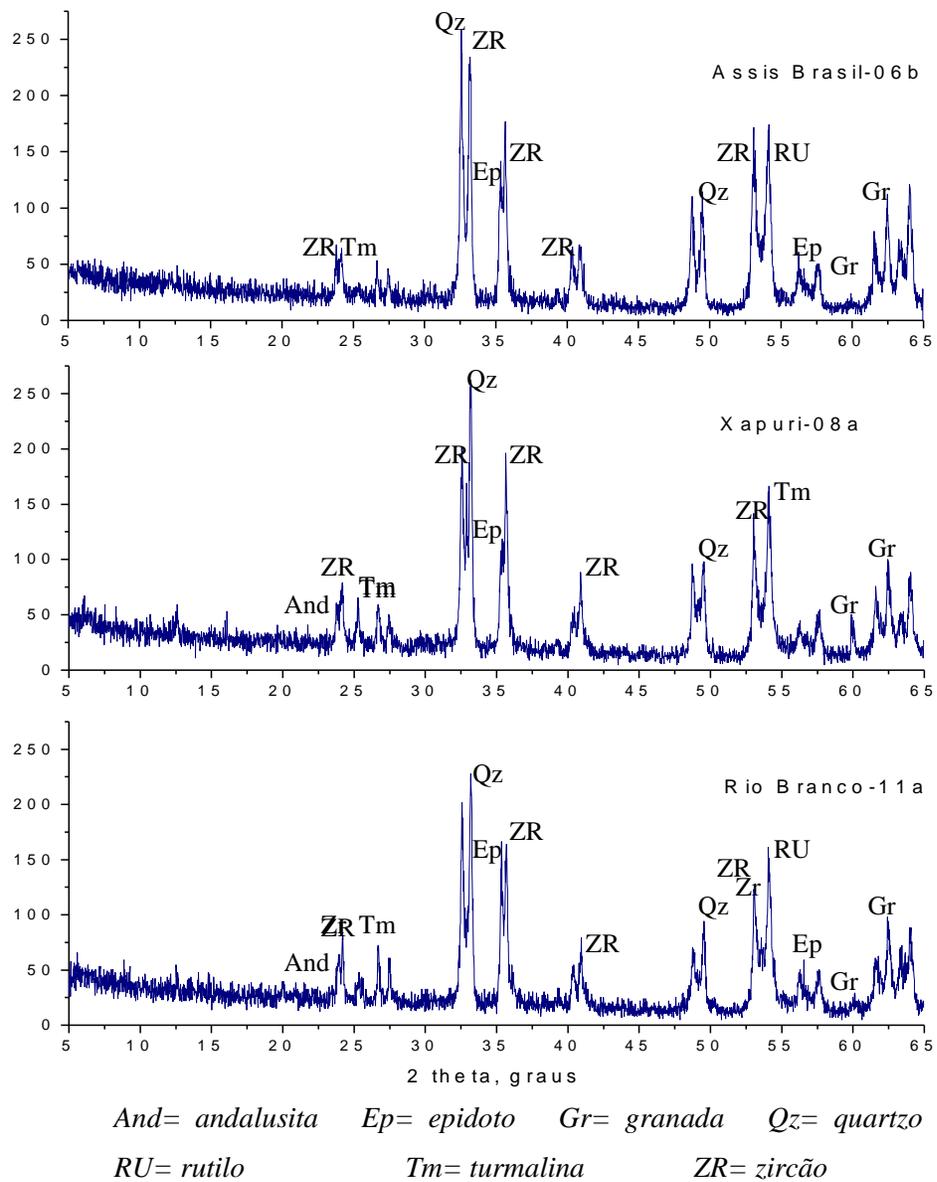


Figura 50- Difratoigramas de raios-x da fração não-magnética dos minerais pesados dos sedimentos praianos do rio Acre.

Composição Química

Elementos maiores

Os sedimentos de praia do rio Acre são compostos principalmente por SiO₂ com média de 84.0 ± 4.7%, além de Al₂O₃ (6.1 ± 1.7%), Fe₂O₃ (2.7 ± 0.6%), K₂O (1.3 ± 0.2%), Na₂O (0.43 ± 0.12%), CaO (0.28 ± 0.08%), MgO (0.4 ± 0.15%) e TiO₂ (0.75 ± 0.2%) (Tabela 7). Os teores de MnO e P₂O₅ encontram-se abaixo de 0.1%. Estes valores apresentam-se relativamente altos para sedimentos fluviais, em geral pobres nestes componentes.

Tabela 7- Composição química em amostra total de sedimentos de praias e barrancos do rio Acre (% em peso).

Amostras	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	MgO	MnO	TiO ₂	P ₂ O ₅	P.F.
Assis Brasil- 06c	80.21	7.11	3.06	0.54	1.44	0.35	0.50	0.06	0.89	0.08	4.42
Assis Brasil-05b	88.58	4.68	1.82	0.52	1.46	0.21	0.24	0.04	0.46	0.05	1.28
Brasiléia- 04c	82.65	6.45	2.83	0.65	1.55	0.33	0.43	0.05	0.66	0.07	3.30
Xapuri- 07d	75.58	8.95	3.79	0.50	1.51	0.41	0.64	0.08	0.97	0.09	6.62
Rio Xapuri- 09a	82.32	6.82	2.98	0.28	1.17	0.29	0.50	0.06	0.74	0.08	4.94
Xapuri-08a	87.64	4.97	2.22	0.41	1.16	0.24	0.33	0.04	0.67	0.06	2.33
Rio Branco- 10a	84.52	5.85	2.59	0.40	1.25	0.26	0.39	0.05	0.74	0.08	3.33
Rio Branco- 11a	88.61	4.75	2.01	0.41	1.28	0.19	0.28	0.03	0.45	0.06	2.13
Porto Acre- 01b	79.94	8.25	3.45	0.46	1.49	0.37	0.58	0.08	0.83	0.09	5.95
Porto Acre- 02	90.33	3.22	2.32	0.21	0.81	0.16	0.18	0.07	1.19	0.06	1.34
Média	84.03	6.10	2.70	0.43	1.31	0.28	0.40	0.05	0.75	0.07	3.56

P.F.= Perda ao fogo

Os sedimentos praianos do rio Acre foram comparados aos sedimentos recentemente depositados sobre a Formação Solimões no baixo rio Acre, estudados por Kronberg & Benchimol (1992). Embora seja observada uma certa discrepância nas concentrações dos elementos maiores determinados pelos referidos autores, tais

concentrações são similares às aquelas determinadas nos sedimentos do presente estudo (Tabela 8).

Os sedimentos atuais transportados pelos rios Changjiang e Huanghe na China (Yang *et al.* 2003) também foram incluídos na tabela 8 por apresentarem semelhanças em sua granulometria e mineralogia em relação aos sedimentos praianos. O rio Nilo, devido à conhecida fertilidade de suas margens também foi utilizado para referência. No entanto, a comparação só foi possível com seus sedimentos de fundo (Dekov *et al.* ,1997).

Em geral, as concentrações de elementos maiores nos rios Changjiang, Huanghe e Nilo estão bem acima daquelas determinadas para os sedimentos praianos do rio Acre, com exceção à concentração de K_2O no rio Nilo.

Comparados à crosta continental, os sedimentos do rio Acre são mais ricos em sílica e os demais óxidos apresentam-se, em geral, abaixo dos níveis crustais. Isto pode ser visualizado na figura 51, a qual apresenta os elementos maiores dos rios indicados na tabela 8 normalizados para a crosta continental superior (Wedepohl, 1995).

Tabela 8- Comparação das composições químicas de sedimentos fluviais atuais e a média crustal (% em peso).

	<i>Rio Acre</i>	<i>Rio Acre</i>	<i>Rio Changjiang</i>	<i>Rio Huanghe</i>	<i>Rio Nilo</i>	<i>Crosta cont.</i>
	(1)	(2)	(3)	(3)	(4)	(5)
SiO ₂	84.03	90.0	-	-	-	64.90
Al ₂ O ₃	6.10	8.5	13.4	10.48	-	14.62
Fe ₂ O ₃	2.70	3.3	6.11	3.60	11.59	4.40
Na ₂ O	0.43	0.6	1.22	2.22	-	3.45
K ₂ O	1.31	1.4	2.48	2.28	0.97	3.44
CaO	0.28	0.3	4.44	5.61	5.24	4.11
MgO	0.40	0.5	2.71	1.90	-	2.23
TiO ₂	0.76	0.6	-	-	3.13	0.51

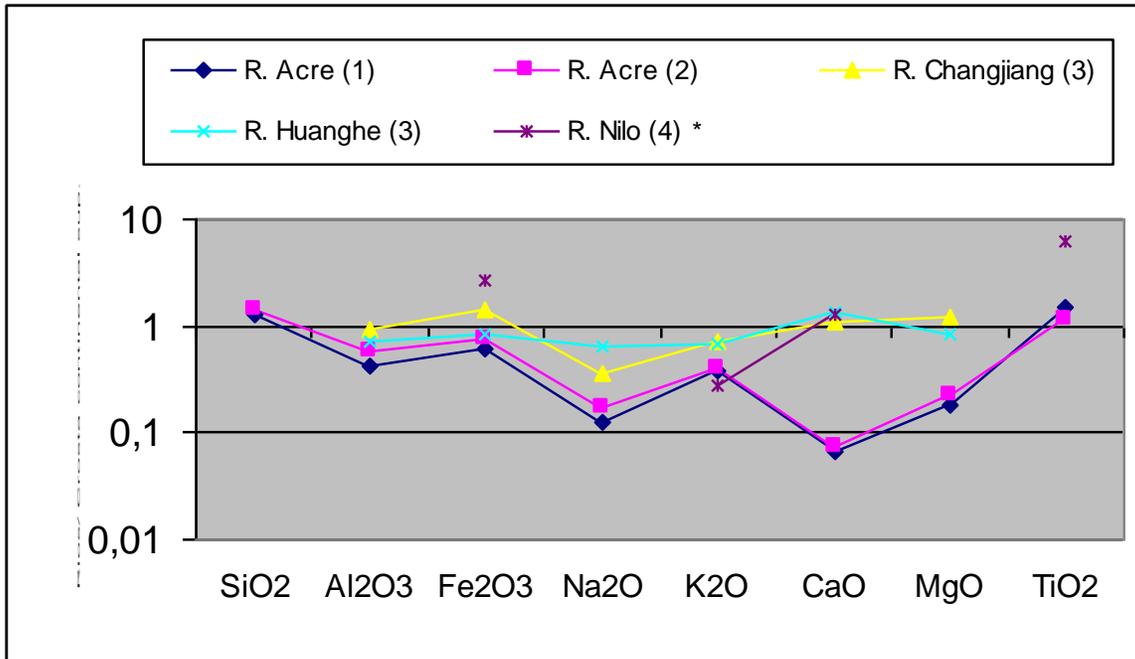
(1) Este estudo;

(2) Kronberg & Benchimol (1992);

(3) Yang *et al.* (2003);

(4) Dekov *et al.* (1997);

(5) Wedepohl (1995).



* Os números indicados ao lado dos rios correspondem àqueles da tabela 8.

Figura 51- Padrão de elementos maiores normalizados para a crosta continental (Wedepohl, 1995) nos sedimentos dos rios indicados na figura. Os sedimentos do rio Acre são os mais empobrecidos em elementos maiores, com exceção a SiO₂.

Ao comparar-se as amostras entre si, de montante para jusante, observa-se que os teores de SiO₂ e TiO₂ tendem a aumentar, sugerindo concentração de quartzo e pesados como ilmenita-magnetita. Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, CaO, K₂O e Na₂O mostraram tendência à diminuição em suas concentrações, indicando a diminuição nas proporções de feldspatos, esmectitas e illitas em direção à jusante, como observado anteriormente na análise mineralógica.

Segundo a figura 52, SiO₂ e TiO₂ são mais abundantes próximos à cidade de Porto Acre (Amostra Porto Acre-02).

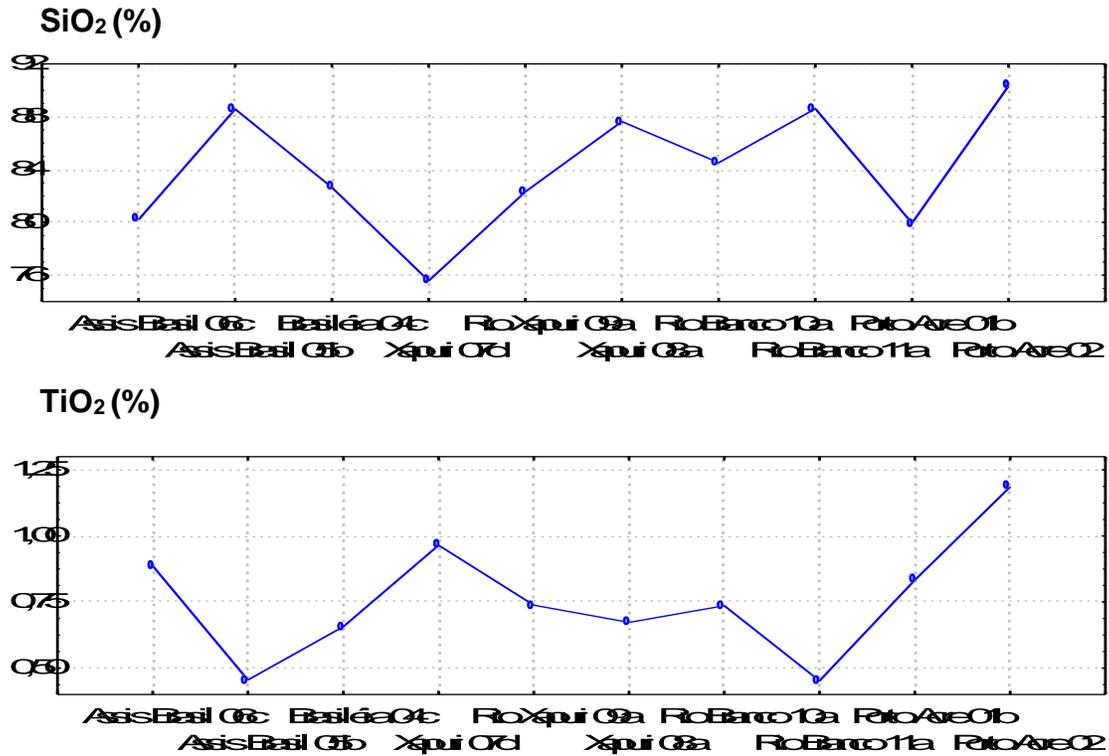


Figura 52- Concentrações de SiO₂ e TiO₂ em 11 estações de montante para jusante ao longo do rio Acre.

Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO e CaO apresentam padrões similares em suas concentrações em direção à jusante (Figura 53). As maiores concentrações desses óxidos estão próximas à cidade de Xapuri (Amostra Xapuri-07d). As menores concentrações de Al₂O₃, MgO e CaO estão próximas à cidade de Porto Acre (amostra Porto Acre-02), enquanto Fe₂O₃ apresenta menor concentração próximo à cidade de Assis Brasil (amostra Assis Brasil-05b). Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO e CaO apresentam boas correlações, as quais serão demonstradas no item “Correlação com a Mineralogia”.

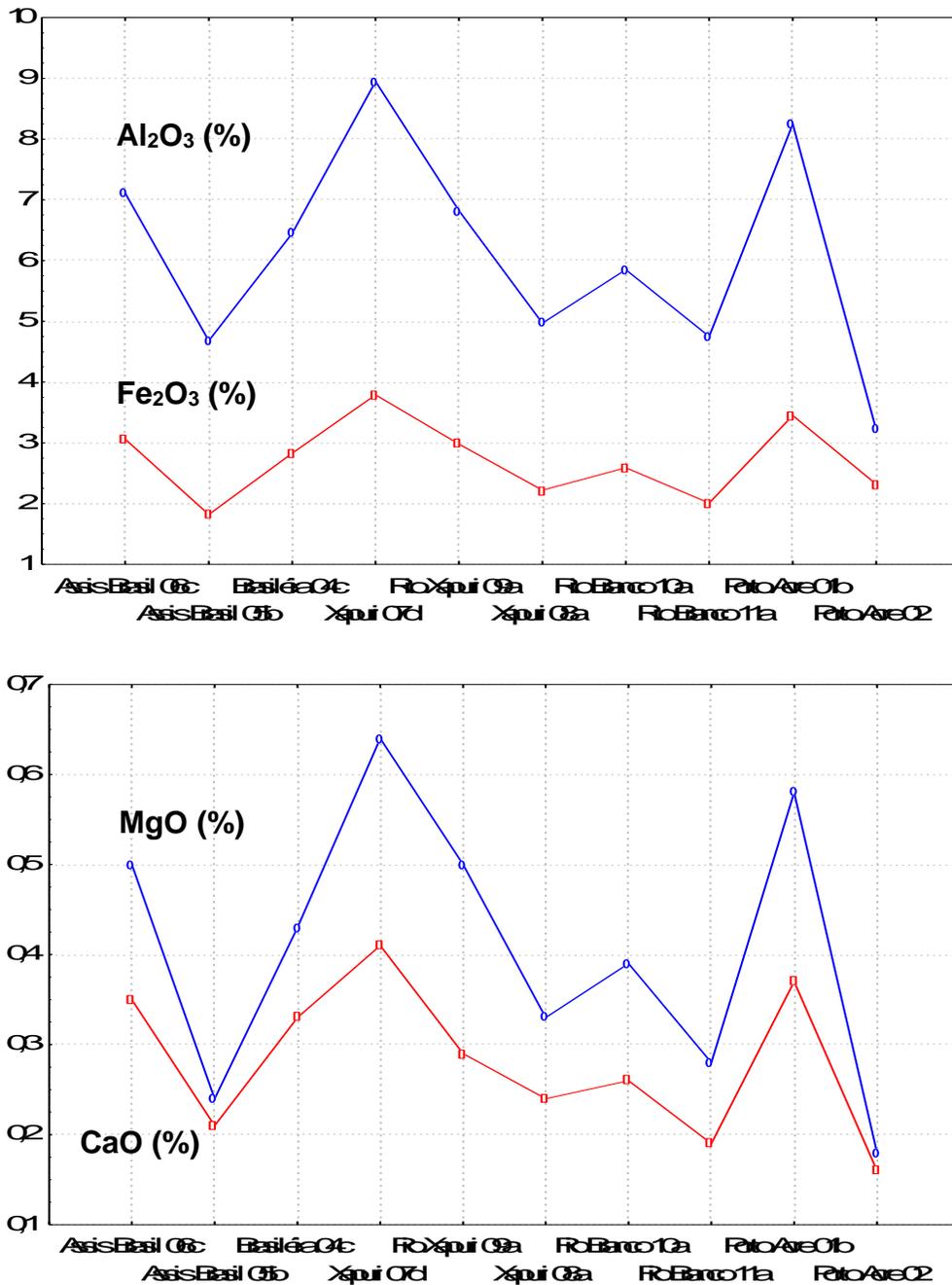


Figura 53- Concentrações de Al_2O_3 e Fe_2O_3 mostrando padrões similares e de MgO e CaO também com padrões similares de distribuição em 11 estações de montante para jusante ao longo do rio Acre.

K₂O e Na₂O apresentam padrões de distribuição similares, verificando-se que suas maiores concentrações correspondem à amostra Brasília- 04c e as menores à amostra Porto Acre- 02 (Figura 54). Apesar dos padrões similares, K₂O e Na₂O não apresentam correlação significativa, conforme será observado no item “Correlação com a Mineralogia”.

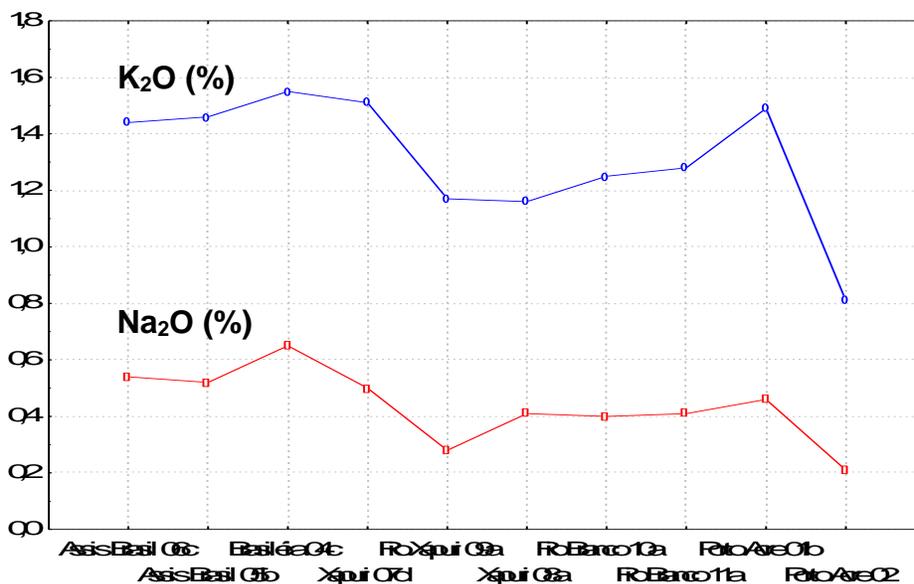


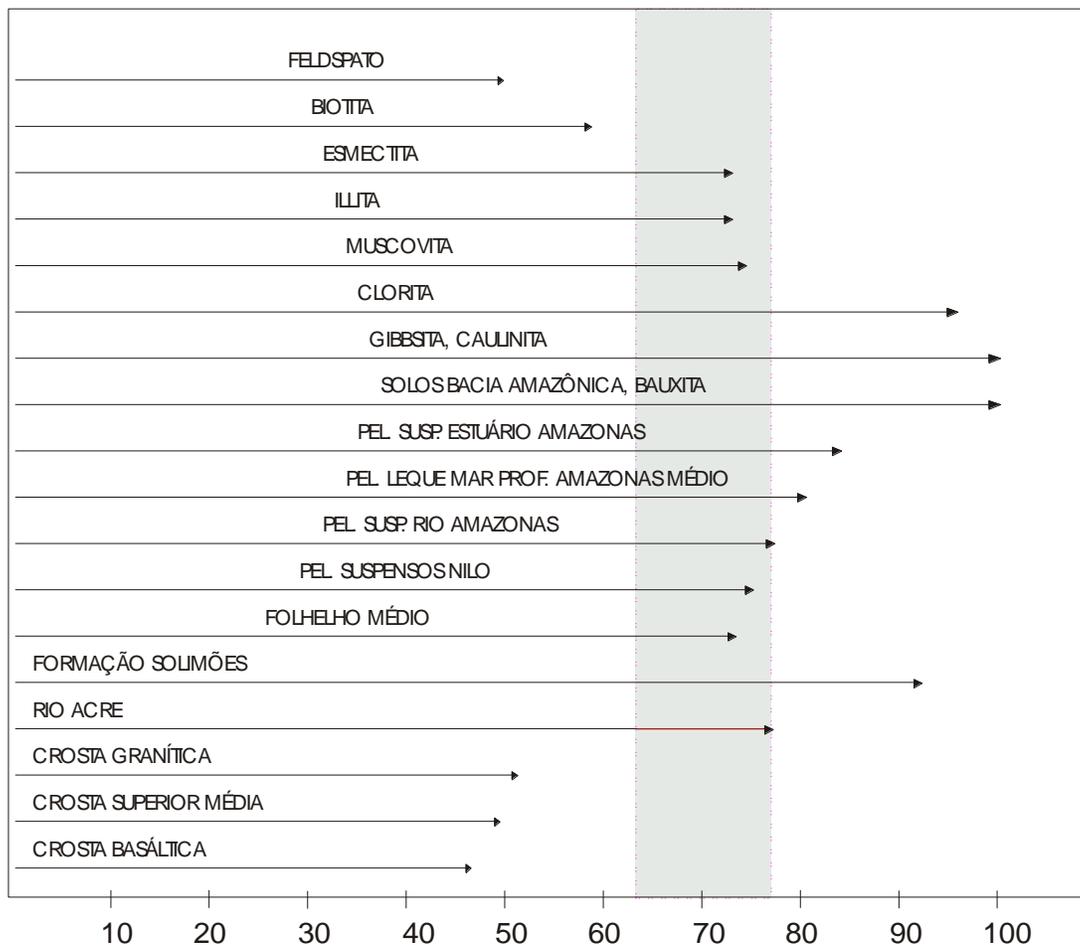
Figura 54- Concentrações de K₂O e Na₂O, apresentando padrões similares de distribuição em 11 estações de montante para jusante ao longo do rio Acre.

Possivelmente, a presença de esmectitas, illita e caulinita em fração tamanho silte resulta do intemperismo de minerais preexistentes ou mesmo produtos de alteração hidrotermal. Admitindo-se intemperismo, foi feito cálculo para a obtenção do índice químico de alteração (IQA), expresso pela seguinte equação (Nesbitt & Young, 1982 *in* Taylor & McLennan, 1985)

$$\text{IQA} = [\text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO}^* + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})] \times 100$$

onde CaO* representa CaO associado apenas aos minerais silicatados. Como calcita não foi identificada por DRX nas amostras analisadas, admitiu-se todo o CaO como oriundo das esmectitas e feldspatos.

A figura 55 apresenta um resumo dos valores de IQA em algumas rochas sedimentares e minerais (Kronberg *et al.* 1986). Os valores variam de aproximadamente 50 para a crosta superior não-intemperizada e de 100 para argilominerais residuais profundamente intemperizados e bauxitas. Os folhelhos tipicamente apresentam valores intermediários de 70-75, indicando que o intemperismo não prosseguiu até o estágio onde os elementos alcalinos e alcalinos-terrosos são substancialmente removidos dos argilominerais (Taylor & McLennan, 1985). Em geral, assume-se que os materiais crustais continentais com áreas-fonte e histórias de intemperismo químico similares teriam valores de IQA também similares (Kronberg & Benchimol, 1992).



$$IQA = \left(\frac{Al_2O_3}{Al_2O_3 + CaO + Na_2O + K_2O} \right) \times 100$$

Figura 55- Índice químico de alteração (IQA) para alguns materiais e minerais. A área hachurada indica as variações de IQA obtidas para os sedimentos do rio Acre no presente estudo. Modificado de (Kronberg *et al.* 1979); (Kronberg *et al.* 1982); (Martin e Meybeck, 1979); (El Wakeel e Riley, 1961); (Ronov e Yaroshevsky, 1972); Livingstone, 1963); Garrels e Mackenzie, 1971) in Kronberg *et al.*, 1986.

Kronberg *et al.* (1989) estudando amostras de testemunhos de sedimentos da Formação Solimões, coletados próximo ao rio Itaquí (Estado do Amazonas), pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) no início da década de 70, obtiveram valores de IQA com grandes variações (72-93). Segundo os referidos autores, tais variações refletem rápidas mudanças no ambiente tectônico da área-fonte durante a geração e deposição dos sedimentos da Formação Solimões na Bacia do Acre: a reativação tectônica da área- fonte criaria condições para a atuação mais efetiva do intemperismo físico, proporcionando materiais imaturos, os quais seriam erodidos e transportados para a bacia, sendo cobertos antes de serem extensivamente intemperizados; durante períodos de quiescência tectônica a atuação do intemperismo químico seria mais intensa.

Kronberg *et al.* (1989) demonstram, em um perfil de testemunho da Formação Solimões, o predomínio de intemperismo físico na área-fonte, denotado pelos baixos valores de IQA (69-80), indicando a existência de um período de maior atividade tectônica na área- fonte. Kronberg *et al.* (1989) sugerem ainda que algumas das amostras analisadas em seu estudo com valores de IQA=78-86, representariam sedimentos gerados em regiões andinas.

Kronberg & Benchimol (1992) determinaram valores médios de IQA de 86 e 81, para as rochas da Formação Solimões coletadas no rio Purus (próximo à Boca do Acre, AM) e no baixo rio Acre (próximo a Rio Branco, AC), respectivamente, indicando que em outro período prevaleceu o intemperismo químico na área- fonte.

Assim, a Formação Solimões representaria alternâncias de seqüências depositadas sob efeito do intemperismo químico e outras sob efeito de intemperismo físico na área-fonte, principalmente desta.

Os valores de IQA para os sedimentos praianos do rio Acre variaram de 64 a 78, com média de 71. Este valor médio é semelhante ao observado por Kronberg & Benchimol (1992) em sedimentos atuais depositados pelo baixo rio Acre. Baseado nas observações feitas pelos referidos autores, os valores de IQA dos sedimentos praianos refletiriam o predomínio do intemperismo físico em sua fonte, a qual corresponde à própria Formação Solimões. Outra sugestão é que os sedimentos praianos, resultantes da erosão da Formação Solimões, poderiam representar uma “mistura” de sedimentos redistribuídos onde ora

predominou intemperismo físico, ora predominou intemperismo químico, visto que seus valores de IQA estão próximos daqueles indicativos de intemperismo químico (>80).

A razão $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ é um importante parâmetro químico indicativo da maturidade de arenitos (Franzinelli & Potter, 1985). Assim, quanto maior esta razão, maior seu índice de maturidade. A razão $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ também pode ser utilizada neste tipo de análise, pois se ela é alta, indica a predominância de minerais como o K-feldspato em relação ao plagioclásio (Na). Em geral, esta situação é a mais comumente observada, visto que o K-feldspato é mais estável que o plagioclásio às mesmas condições intempéricas, conferindo aos sedimentos um índice maior de maturidade. Franzinelli & Potter (1985), estudando os sedimentos de rios com nascentes nos Andes, determinaram 8 e 0.9 para razões médias de $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ e $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$, respectivamente. Na área do presente estudo, com elevados teores de SiO_2 , a razão média de $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ apresentou baixo valor (± 11.9), assim como a razão média de $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ (± 2.4), indicando que os sedimentos praianos são imaturos. Estes valores devem-se à presença de minerais como esmectitas e feldspatos nos sedimentos praianos e corroboram as observações feitas por aqueles autores quanto à imaturidade dos sedimentos de rios, cujas nascentes estão nos contrafortes andinos.

Estes resultados mostram semelhanças entre os sedimentos do rio Acre e em parte do rio Solimões, porém grandes contrastes com outros rios da bacia amazônica. Em sedimentos do rio Negro, por exemplo, a razão média de $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ é 122 para as areias derivadas de rochas pré-cambrianas e 283 para as areias derivadas de rochas pré-cambrianas e paleozóicas, caracterizando-os assim como altamente maduros (Franzinelli & Potter, 1985).

Correlação com a mineralogia

Conforme exposto no capítulo anterior, os sedimentos de praias e barrancos do rio Acre são constituídos de quartzo, feldspato e argilominerais (caulinita, esmectita e illita), além de outros minerais em pequenas quantidades.

O alto teor de SiO_2 corresponde à abundância de quartzo, enquanto os teores de Al_2O_3 , correspondem à esmectita, caulinita e feldspatos. Os teores de metais alcalinos e alcalinos terrosos são relativamente elevados para sedimentos praianos. Os valores de Fe_2O_3 e MgO

referem-se à presença de esmectita (e biotita), enquanto K_2O , Na_2O , CaO aos feldspatos e illita.

Na figura 56 as correlações altamente significativas entre $Fe_2O_3 - MgO - Al_2O_3 - CaO$ indicam que constituem principalmente o mineral esmectita.

A ausência de correlação entre Na_2O e K_2O (Figura 57) indica que estes elementos podem estar associados a fases minerais distintas. O primeiro grupo destacado na figura 57 indica que o aumento na concentração de Na_2O , independe da concentração de K_2O , a qual permanece praticamente constante. No segundo grupo destacado, K_2O varia e Na_2O permanece constante. Assim, os dois grupos representariam a illita e albita, respectivamente.

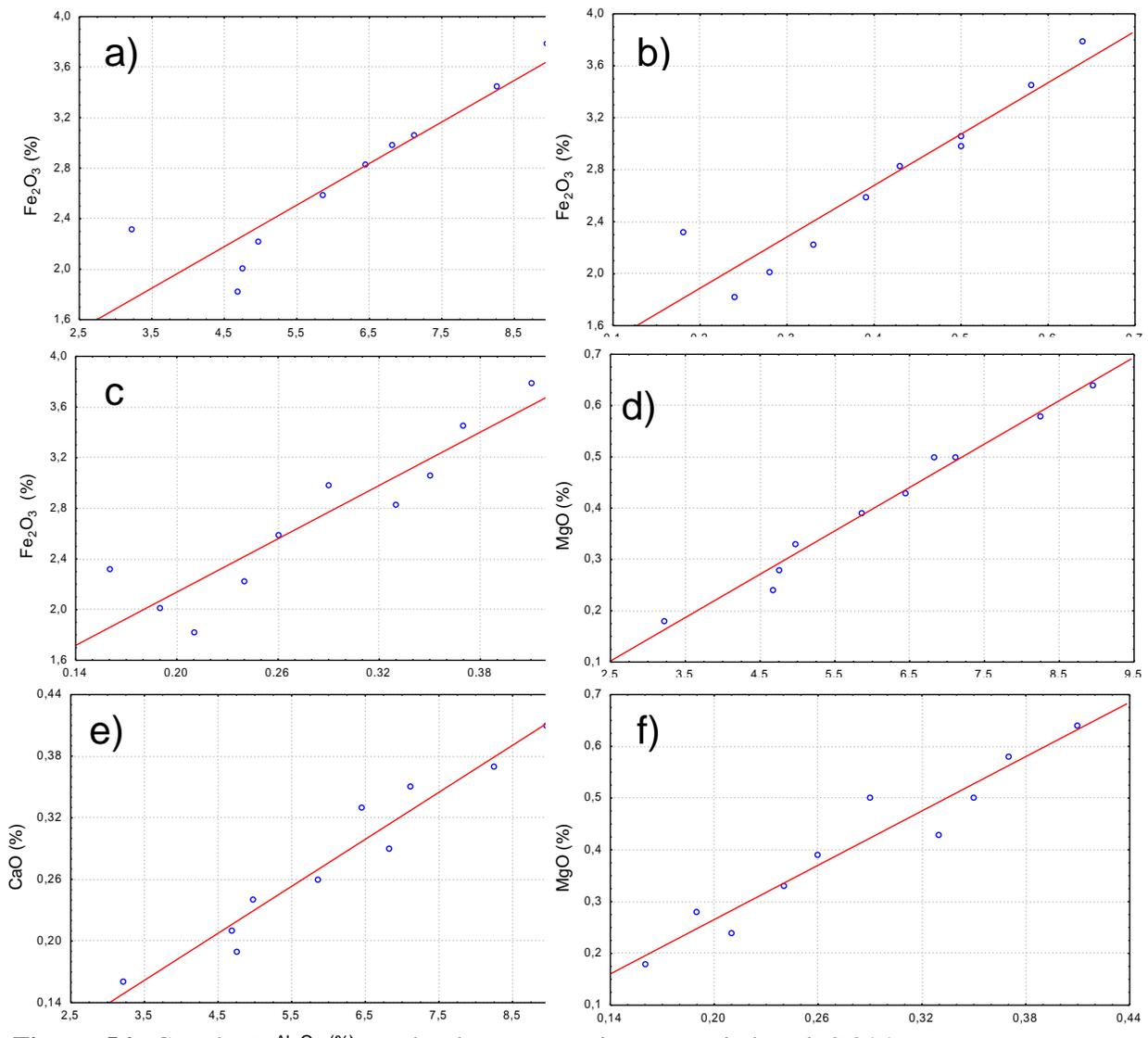


Figura 56- Correlações positivas de elementos maiores sugerindo relações com um mesmo mineral, provavelmente esmectita. Os pontos observados fora do *trend* no diagrama (a), corresponderiam à caulinita.

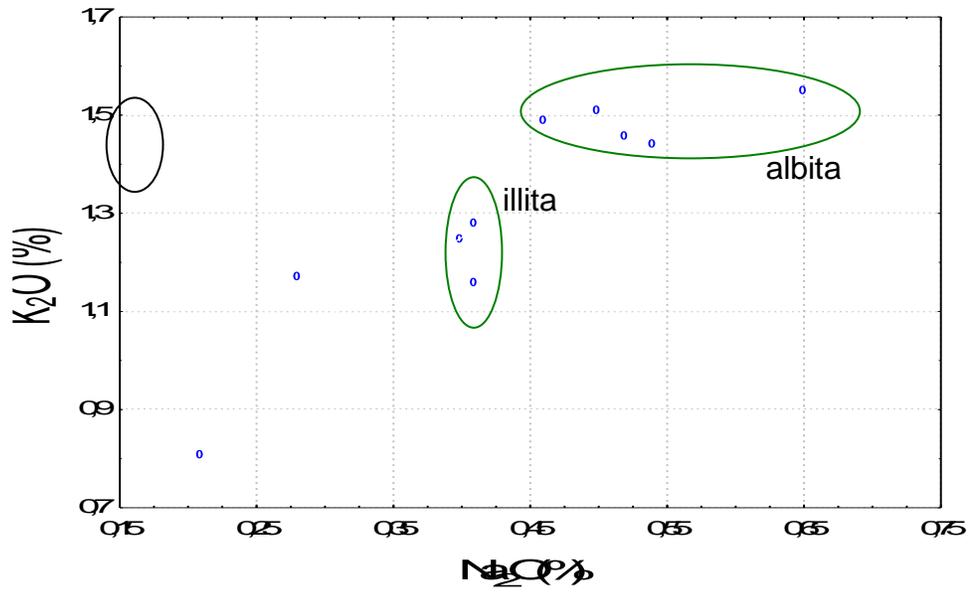


Figura 57- Diagrama de dispersão indicando que Na₂O e K₂O pertencem a fases minerais distintas.

Elementos-traço

A tabela 9 apresenta os principais elementos-traço analisados nos sedimentos praianos do rio Acre. A figura 58 mostra que não houve variações significativas nas concentrações desses elementos nas amostras com exceção do Zr, o qual apresentou concentração de 1200 ppm na amostra Porto Acre-02, valor bem acima daqueles determinados nas outras amostras.

A tabela 9 aponta similaridades entre as amostras Assis- Brasil-05b e Rio Branco-11a com relação às concentrações de V, Cr, Y, Nb, Ta, Th e U, sendo observadas na figura 59 as melhores correlações dentre estes elementos, indicando que podem estar associados em minerais como óxidos de ferro, columbita-tantalita e uraninita.

Os sedimentos recentes do baixo rio Acre, estudados por Kronberg & Benchimol (1992) apresentaram concentrações de V (65 ppm), Cr (35 ppm), Co (15 ppm), Zn (52 ppm), Sr (67 ppm), Y (14 ppm) e Ba (350 ppm) similares aos do presente estudo. No entanto, Cu (15 ppm), Zr (80 ppm) e Nb (8 ppm) mostraram concentrações muito inferiores, enquanto a de Pb (30 ppm) foi cerca de duas vezes maior.

Tabela 9- Concentrações de elementos-traço nos sedimentos praianos do rio Acre (ppm).

Elementos	Amostras										Média
	Assis Brasil – 06c	Assis Brasil- 05b	Brasiléia- 04c	Xapuri- 07d	Rio Xapuri- 09a	Xapuri- 08a	Rio Branco- 10a	Rio Branco- 11a	Porto Acre- 01b	Porto Acre- 02	
V	59.88	35.18	52.78	72.98	62.9	47.28	51.91	38.07	65.65	43.56	53.01
Cr	37.17	20.74	33.46	47.85	37.45	29.29	31.73	21.02	40.57	31.67	33.09
Co	9.89	8.61	9.59	13.58	10.47	7.28	8.88	8.20	12.41	6.09	9.5
Cu	60.37	54.30	58.26	71.63	69.65	65.68	64.71	63.44	65.11	54.83	62.79
Zn	72.26	59.26	58.29	83.30	81.92	73.91	73.92	67.80	83.96	54.17	70.87
Ga	9.13	6.31	8.09	11.67	9.3	6.83	7.84	6.53	10.87	4.60	8.11
Ge	1.39	1.34	1.15	1.25	1.38	1.42	1.36	1.40	1.44	<1.00	1.21
As	5.39	5.24	<5.00	<5.00	5.62	5.88	6.23	5.84	5.04	<5.00	3.92
Rb	60.40	50.31	56.59	71.71	59.6	46.85	53.98	49.88	68.94	29.97	54.82
Sr	69.24	56.09	70.64	76.21	61.71	59.32	60.96	54.93	70.74	39.17	61.9
Y	25.73	11.40	16.62	32.05	25.27	16.06	21.08	14.10	24.64	27.74	21.46
Zr	688.11	183.2	441.7	607.7	498.93	462.90	587.92	235.73	427.6	1200	533.37
Nb	17.94	10.99	13.42	20.37	15.65	14.29	15.53	10.91	17.11	21.79	15.8
Ag	1.42	<0.50	1.71	2.80	4.57	2.00	0.92	0.70	1.37	4.06	1.95
Sn	1.46	1.03	1.34	2.01	2.01	1.61	1.55	1.34	1.82	2.26	1.64
Sb	0.59	<0.50	<0.50	0.59	0.57	0.57	0.58	<0.50	0.61	<0.50	0.35
Cs	3.43	1.60	2.50	4.27	3.76	2.13	2.73	2.02	4.38	1.18	2.8
Ba	386.31	355.3	373.7	401.9	345.2	286.50	309.89	309.48	400.2	215.1	338.35
Hf	18.56	4.87	11.90	16.22	13.82	12.27	15.61	6.15	12.45	31.53	14.33
Ta	1.22	0.71	0.88	1.36	1.06	0.94	1.05	0.73	1.14	1.52	1.06
Tl	8.87	6.83	5.75	11.74	10.07	9.24	10.18	8.93	11.46	1.92	8.49
Pb	16.42	14.37	10.85	15.74	15.03	15.38	15.59	14.98	17.54	9.18	14.5
Th	8.19	4.12	6.15	9.68	7.7	5.69	6.96	4.67	8.70	4.82	6.66
U	2.67	1.18	1.82	3.11	2.45	1.74	2.28	1.36	2.66	2.38	2.16

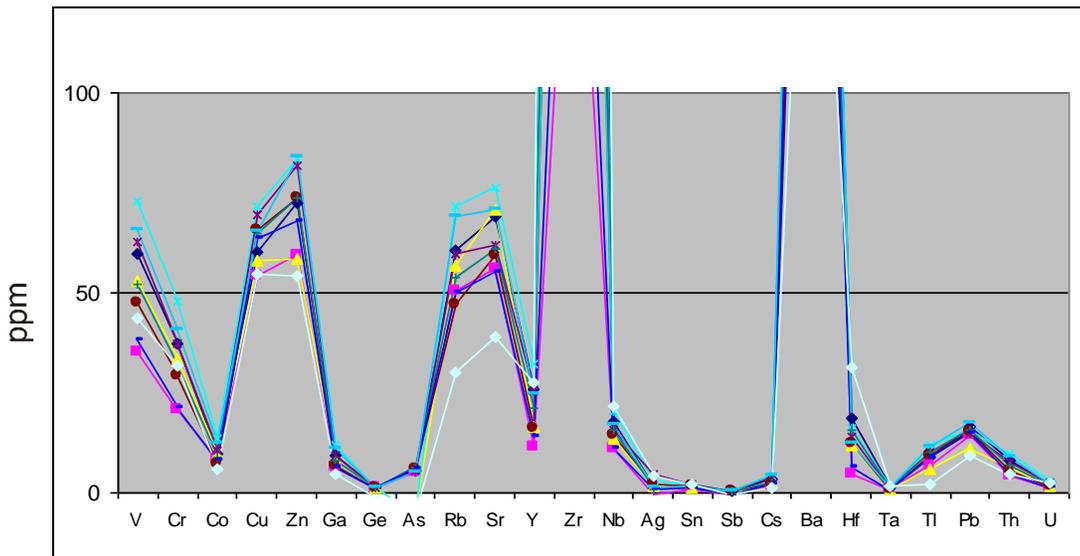
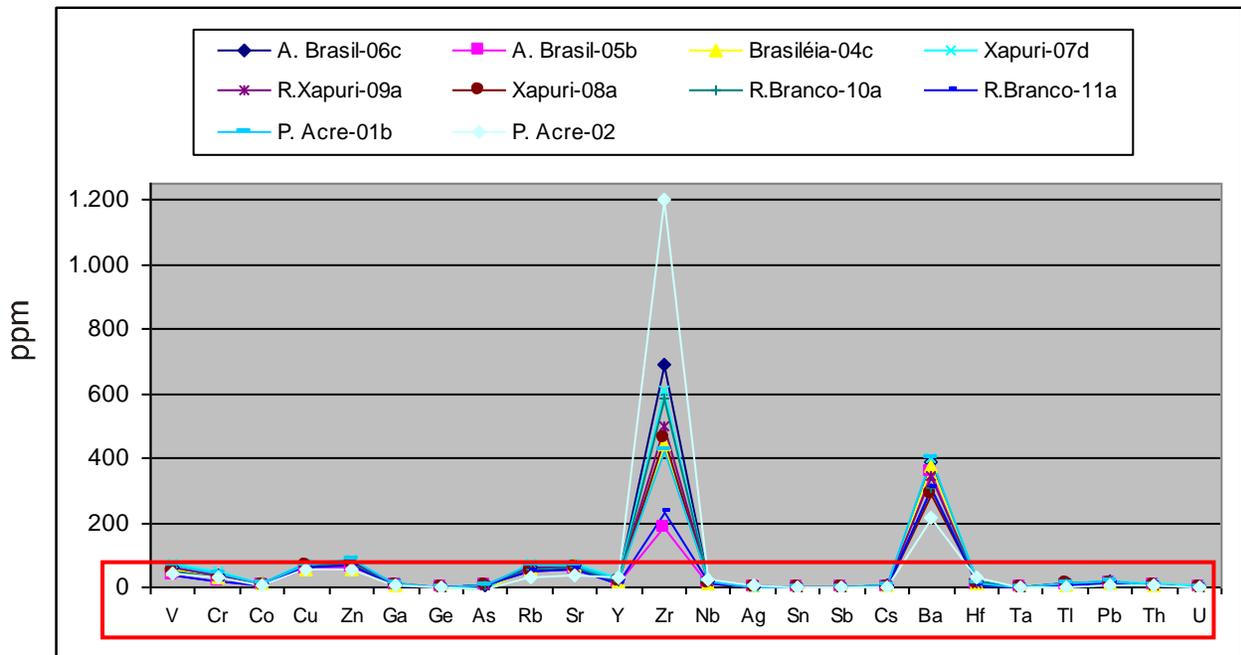


Figura 58- Concentrações de elementos- traço em 11 estações de montante para jusante ao longo do rio Acre. Abaixo, detalhe das concentrações de elementos < 85 ppm.

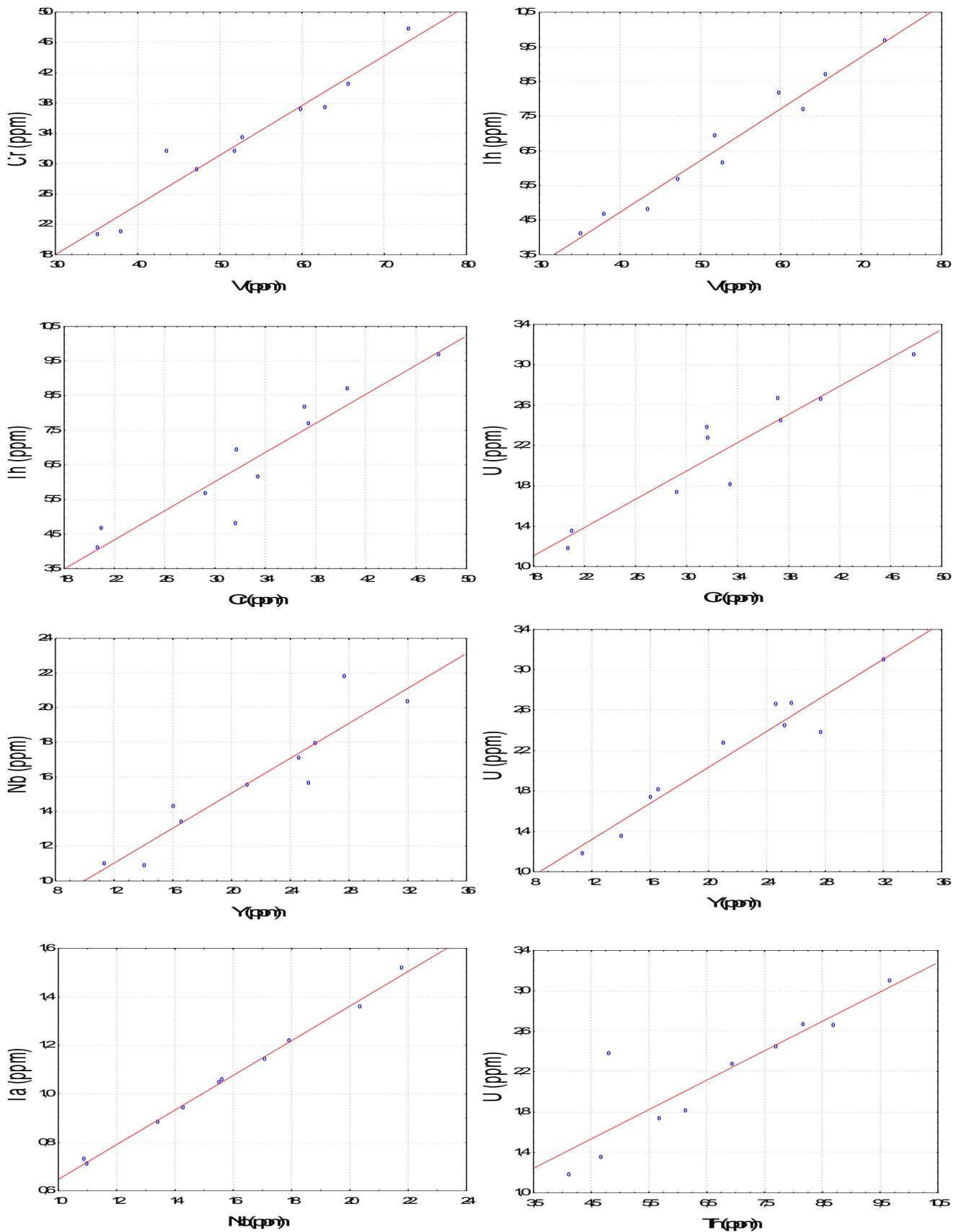


Figura 59- Correlações positivas entre V, Cr, Y, Nb, Ta, Th e U indicando que podem estar associados em minerais como óxidos de ferro, columbita-tantalita e uraninita.

Os elementos-traço normalizados à crosta continental superior com base nos dados de Wedepohl (1995) sugere que a crosta continental teria uma composição tonalítica. Em geral, os sedimentos praianos apresentam padrões similares à crosta continental superior, com exceção de Cu, Zr, Ag, Hf e Tl, os quais estão enriquecidos e Sr, Ba e Rb que estão empobrecidos (Figura 60).

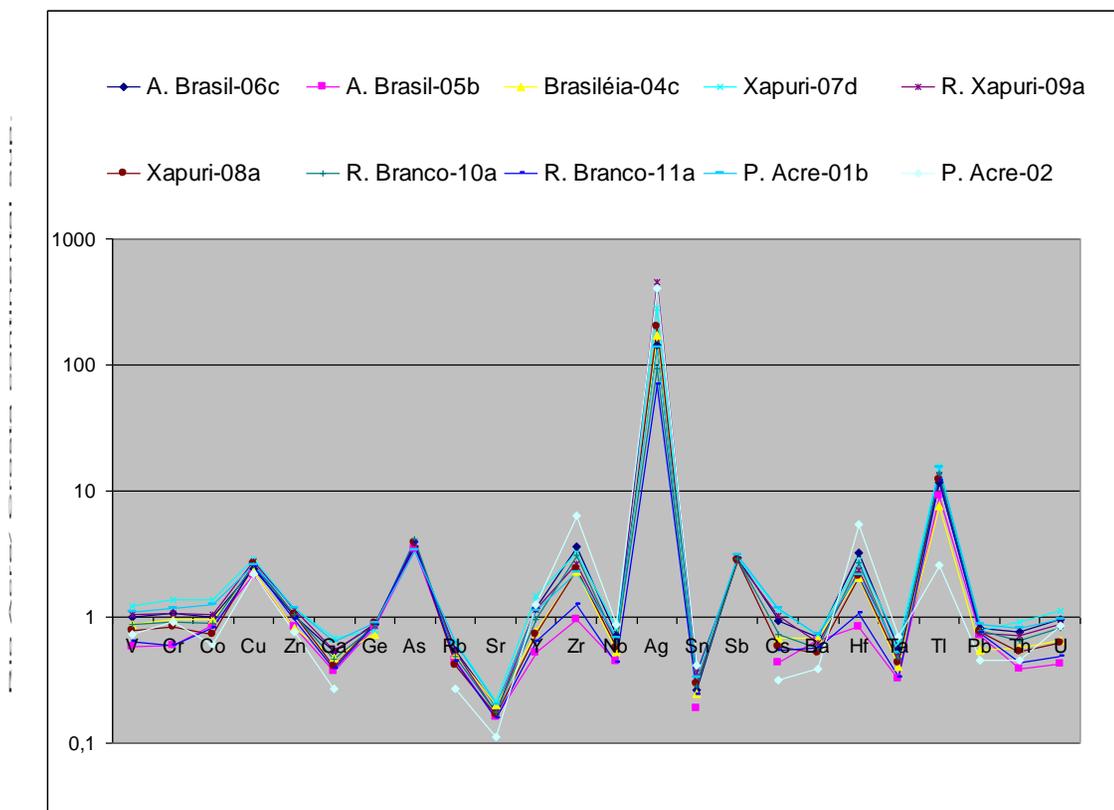


Figura 60- Padrão de elementos- traço normalizados para a crosta continental (Wedepohl,1995) nos sedimentos praianos do rio Acre.

Elementos-traço enriquecidos nos sedimentos praianos como Zr e Hf não são móveis em processos de intemperismo e estão associados a minerais resistentes como o zircão (Yang *et al*, 2003) (Figura 61). Além do Hf, o zircônio (Zr) apresenta suas melhores correlações com Nb, Ag, Sn e Ta nos sedimentos praianos, como se observa na figura 62.

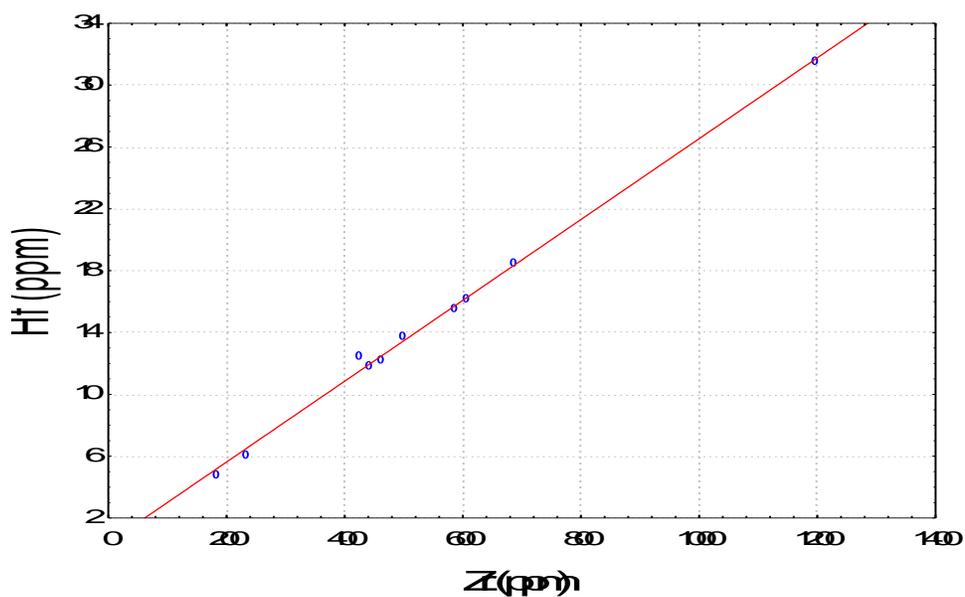


Figura 61- Correlação altamente significativa entre Zr e Hf dos sedimentos praianos do rio Acre.

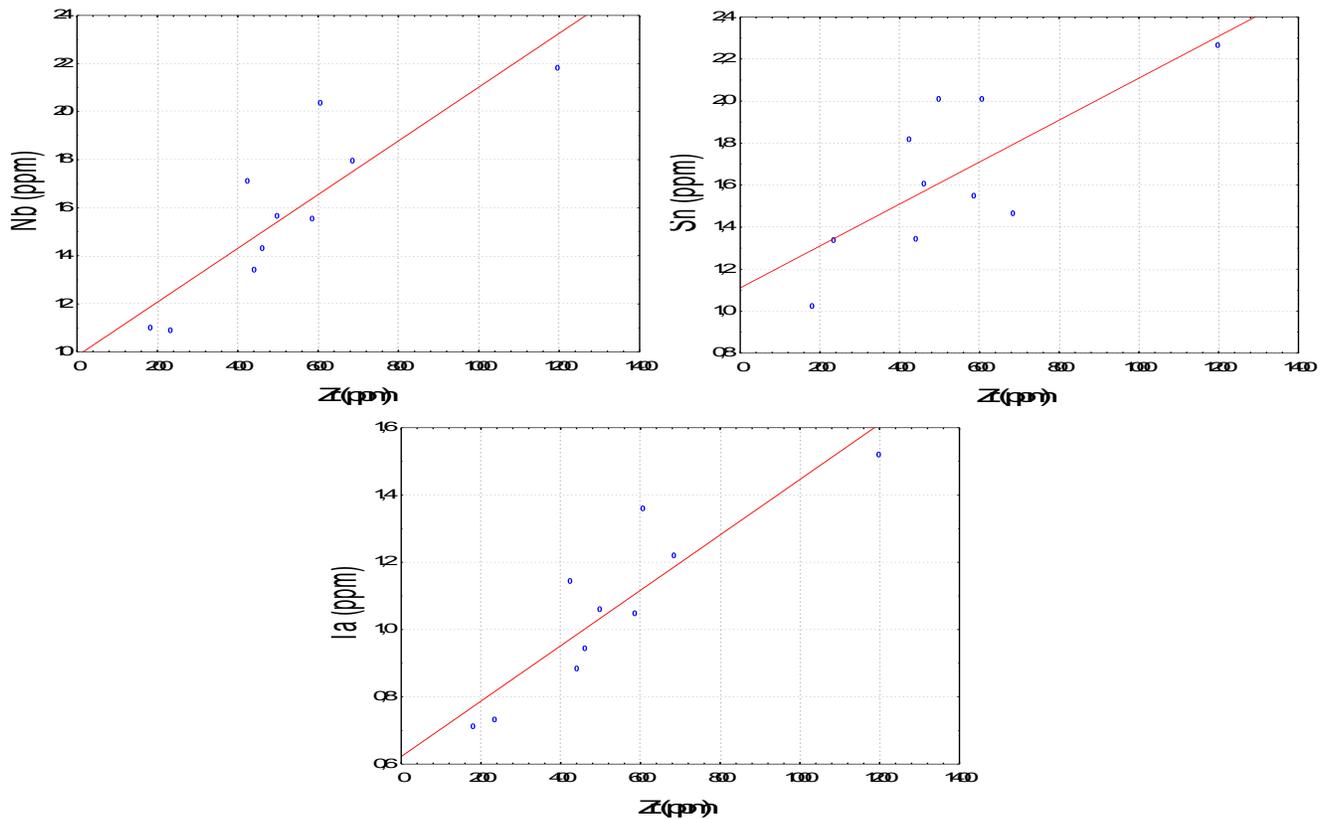


Figura 62- Melhores correlações entre Zr e elementos- traço (Nb, Sn e Ta) dos sedimentos praianos do rio Acre.

Os elementos-traços empobrecidos (Rb, Sr e Ba) nos sedimentos praianos são altamente móveis durante processos de intemperismo. O Sr pode residir principalmente em minerais que contenham Ca (Yang *et al*, 2003) indicando que a maior parte do Sr presente nos sedimentos praianos pode estar associada a minerais que apresentem Ca em sua estrutura (Figura 63).

Ba e Rb possuem afinidades químico-cristalográficas com o K, podendo, portanto, substituí-lo em minerais como o feldspato potássico, micas e illitas (Wedepohl, 1995; Kroonenberg & Hoorn, 1990; Yang *et al.*, 2003), conforme mostra a figura 64, onde se observam boas correlações de K_2O com Ba e Rb.

Tais relações podem ser também observadas na matriz de correlação da tabela 10.

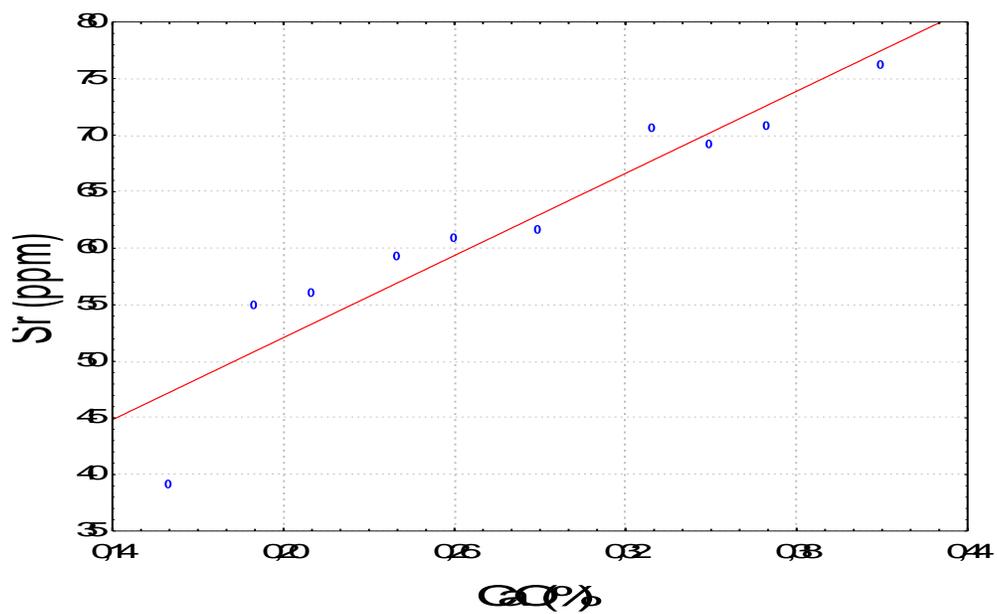


Figura 63- Correlação positiva entre Sr e CaO, indicando que podem estar associados em uma mesma fase mineral.

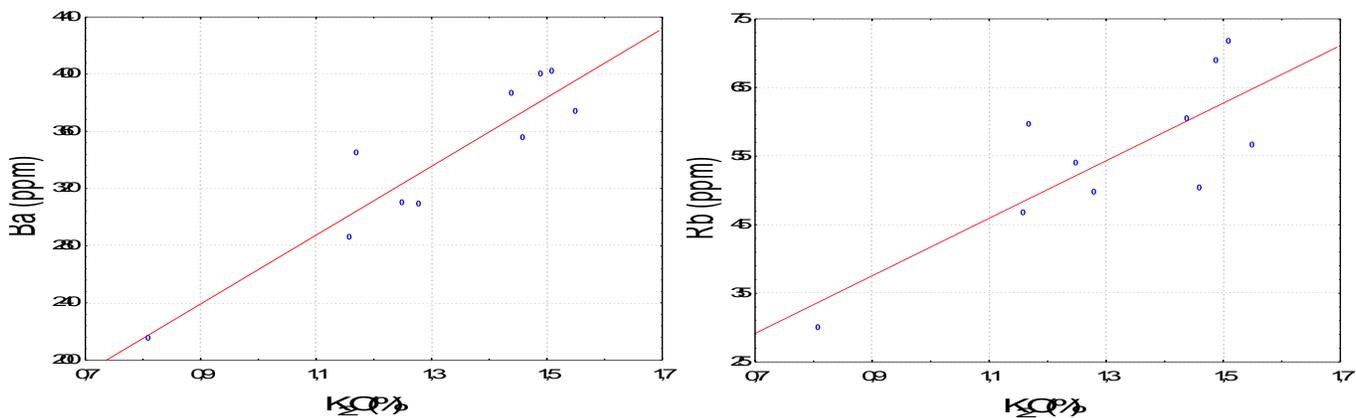


Figura 64- Boas correlações de Ba e Rb com K₂O, indicando suas afinidades químico-cristalográficas.

V, Cr, Co, Zn, Ga, Rb, Sr, Sn, Cs, Ba, Th e U apresentam suas maiores proporções em Xapuri-07d e Porto-Acre-01b, onde estão também as maiores concentrações de argilominerais 2:1, indicando que estão associados aos argilominerais. Isto é corroborado pela matriz de correlação entre estes elementos e Fe_2O_3 e MgO (Tabela 10).

Tabela 10- Correlações entre elementos maiores e alguns elementos-traço.

Correlações marcadas são significantes a $p < ,05000$
n=10

	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	K ₂ O	V	Cr	Co	Zn	Ga	Rb	Sr	Sn	Cs	Ba	Th	U
Fe ₂ O ₃	1,00															
MgO	,94	1,00														
CaO	,92	,96	1,00													
K ₂ O	,42	,61	,71	1,00												
V	,98	,95	,90	,36	1,00											
Cr	,97	,86	,84	,24	,97	1,00										
Co	,87	,94	,91	,71	,85	,76	1,00									
Zn	,69	,81	,66	,29	,77	,64	,74	1,00								
Ga	,91	,99	,95	,65	,92	,82	,97	,83	1,00							
Rb	,79	,93	,91	,80	,79	,65	,96	,77	,96	1,00						
Sr	,76	,90	,94	,86	,75	,64	,86	,63	,90	,94	1,00					
Sn	,50	,26	,14	-,55	,52	,64	,16	,32	,21	-,05	-,15	1,00				
Cs	,91	,98	,90	,53	,93	,83	,92	,88	,98	,92	,82	,30	1,00			
Ba	,65	,81	,86	,93	,62	,49	,87	,52	,85	,93	,92	-,28	,77	1,00		
Th	,96	,96	,91	,42	,98	,93	,86	,81	,94	,83	,78	,43	,95	,67	1,00	
U	,89	,74	,69	,04	,89	,94	,62	,59	,69	,50	,44	,73	,74	,31	,88	1,00

Os sedimentos praianos apresentam em geral, padrões similares ao NASC (North American Shale Composite; Gromet *et al.*, 1984 in Rollinson, 1993) (Figura 65). Cu, Zr, Ag, Hf e Tl estão enriquecidos nos sedimentos praianos do rio Acre e somente o Cr está empobrecido.

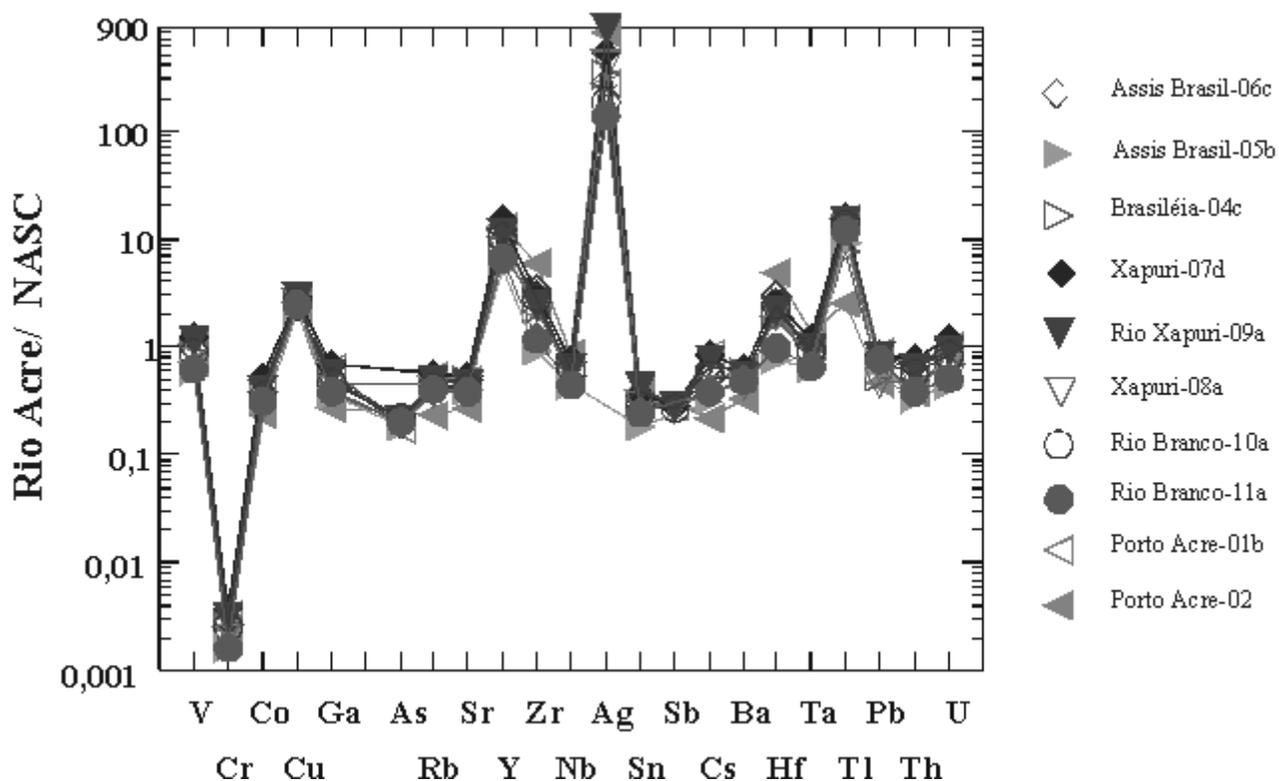


Figura 65- Padrões de elementos-traço normalizados para o NASC (Gromet *et al.* 1984 in Rollinson, 1993) nos sedimentos praianos do rio Acre.

Elementos terras raras

As concentrações de elementos terras raras dos sedimentos praianos do rio Acre não apresentaram variações significativas dentre as amostras estudadas (Figura 66 e Tabela 11). Estas concentrações indicam maiores proporções de elementos terras raras leves (ETRL) em relação aos pesados (ETRP). As maiores concentrações de ETR estão presentes na amostra Xapuri-07d, enquanto as menores são observadas na amostra Assis Brasil- 05b.

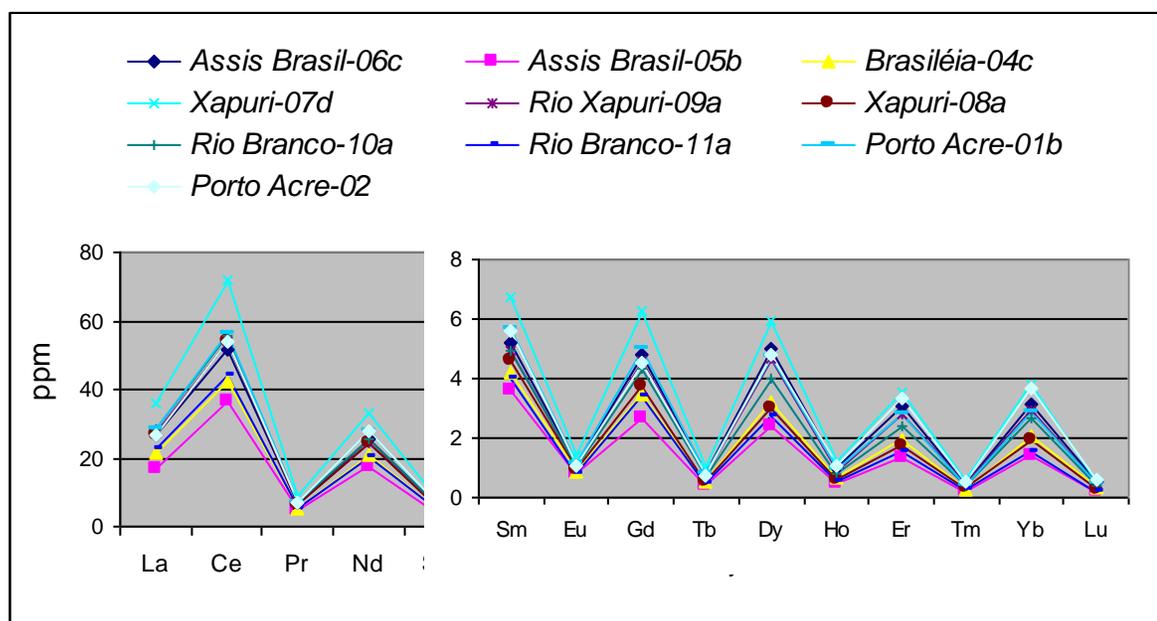


Figura 66- Concentração de ETR em cada amostra de sedimentos praianos, exibindo variações pouco significativas.

Tabela 11- Concentrações de ETR nos sedimentos praianos do rio Acre (ppm).

Amostra	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Assis Brasil- 06c	26.52	51.61	6.44	25.39	5.20	1.06	4.77	0.77	4.98	0.99	3.04	0.45	3.15	0.51
Assis Brasil- 05b	16.76	36.29	4.36	17.44	3.57	0.77	2.65	0.40	2.37	0.44	1.30	0.17	1.37	0.20
Brasília- 04c	21.25	42.27	5.26	20.77	4.18	0.90	3.48	0.53	3.22	0.63	1.93	0.28	2.09	0.32
Xapuri-07d	35.77	71.60	8.71	33.33	6.72	1.39	6.26	0.97	5.94	1.20	3.54	0.57	3.79	0.55
Rio Xapuri-09a	27.41	54.08	6.5	24.52	4.96	1.00	4.63	0.75	4.67	0.89	2.77	0.45	2.92	0.44
Xapuri-08a	26.60	53.73	6.55	24.36	4.59	0.90	3.75	0.52	2.98	0.61	1.76	0.30	1.93	0.29
Rio Branco-10a	28.41	55.39	6.74	25.26	4.95	0.99	4.34	0.66	4.02	0.82	2.40	0.39	2.70	0.39
Rio Branco-11a	22.51	44.11	5.36	20.11	3.99	0.83	3.40	0.47	2.72	0.54	1.52	0.25	1.56	0.22
Porto Acre- 01b	28.32	56.04	6.99	27.78	5.69	1.16	5.00	0.78	4.76	0.92	2.82	0.41	2.85	0.44
Porto Acre- 02	26.65	53.70	6.94	27.63	5.59	1.04	4.55	0.76	4.78	1.03	3.33	0.51	3.64	0.58
Média	26.02	51.88	6.38	24.66	4.94	1.00	4.28	0.66	4.04	0.80	2.44	0.37	2.60	0.39

Os sedimentos praianos apresentam composição de ETR similar à crosta superior, a qual se aproxima de uma composição tonalítica conforme os dados apresentados por Wedepohl (1995). Isto indica que rochas similares à crosta com seus equivalentes sedimentares ou metamórficos foram a fonte dos sedimentos praianos. A figura 67 apresenta os ETR dos sedimentos praianos normalizados em relação à crosta superior segundo o referido autor.

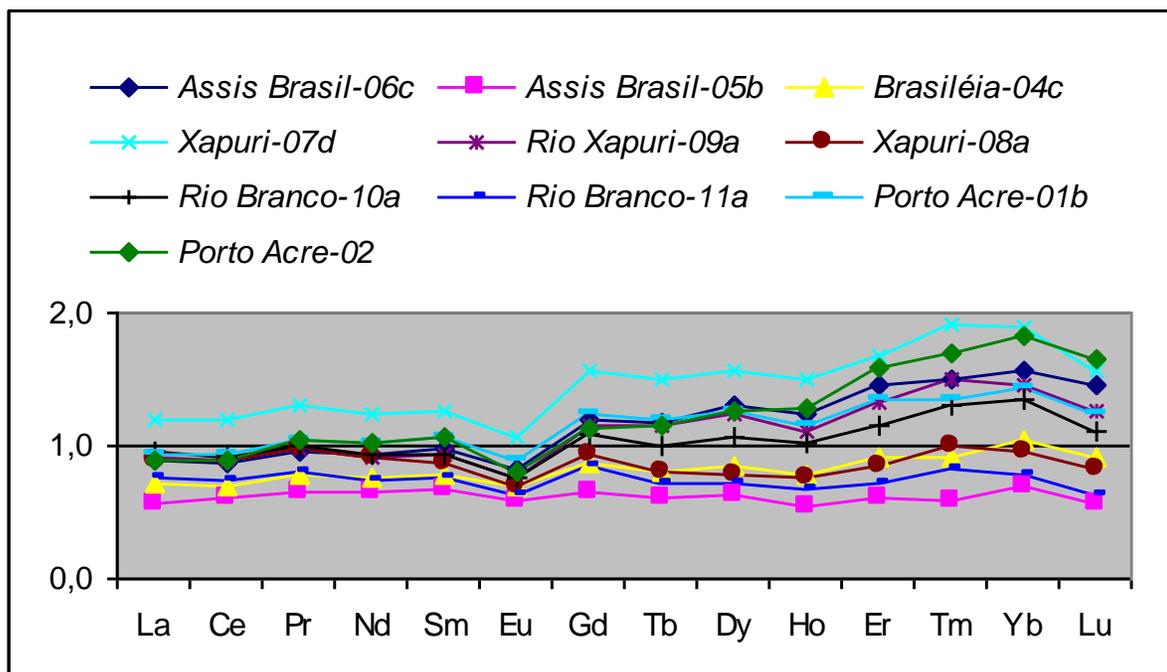


Figura 67- Padrões de ETR normalizados para a crosta superior (Wedepohl, 1995) nos sedimentos praianos do rio Acre.

Os ETR dos sedimentos praianos foram também normalizados para os condritos segundo os dados de Taylor & McLennan (1985) (Figura 68). Todas as amostras apresentaram-se forte enriquecimento nos ETRL com anomalia negativa de Eu, indicando o fracionamento de feldspato na rocha-fonte dos sedimentos praianos. A amostra Xapuri-07d apresenta maior enriquecimento em ETR em relação às outras. A média dos padrões de ETR dos sedimentos praianos normalizados em relação aos condritos mostrou-se semelhante àqueles observados por Yang *et al.* (2002) em sedimentos dos rios Changjiang e Huanghe, como mostra a figura 69.

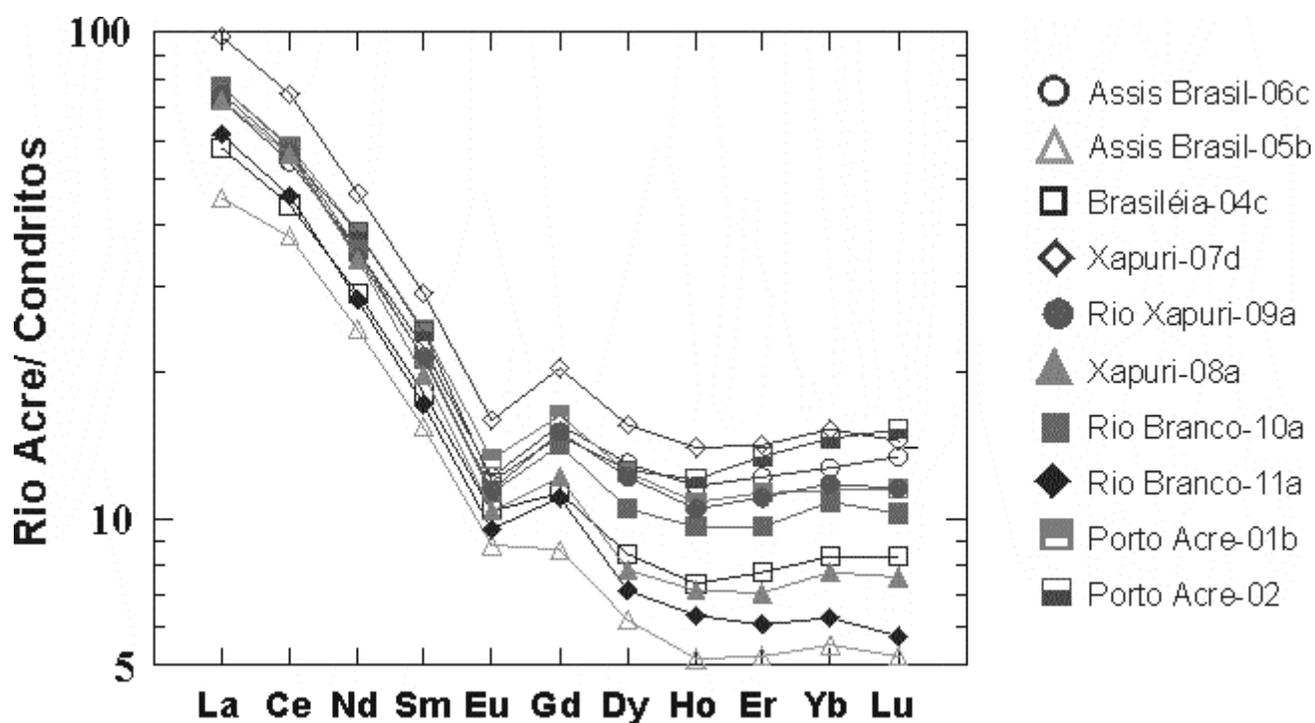


Figura 68- Padrão de elementos terras raras normalizados para os condritos (Taylor & McLennan, 1985) nos sedimentos praianos do rio Acre.

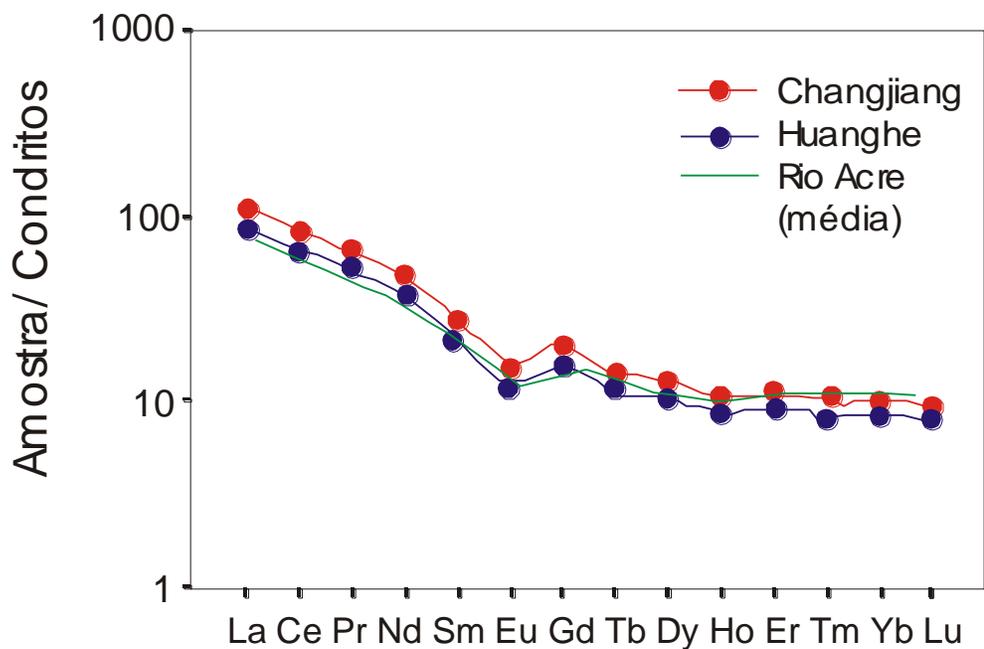


Figura 69- Comparação entre os padrões de ETR normalizados para os condritos nos sedimentos dos rios Changjiang e Huanghe com a média dos sedimentos praianos do rio Acre, os quais mostram-se enriquecidos, sobretudo em ETRL.

Os padrões dos ETR dos sedimentos praianos normalizados para o NASC (Gromet *et al.* 1984 in Rollinson, 1993) são observados na figura 70. Considerou-se que a maioria das amostras, destacadas na figura 70, não apresentam enriquecimento ou empobrecimento mostrando, portanto, padrões similares ao NASC. As amostras Brasília-04c, Rio Branco-11a e Assis Brasil-05b estão empobrecidas, assim como os ETRP da amostra Xapuri-08a, em relação ao NASC. A figura 71 compara a média dos ETR dos sedimentos praianos com os valores determinados para os sedimentos dos rios Changjiang e Huanghe (Yang *et al.* .2002), todos normalizados para o NASC. Os rios Changjiang e Huanghe, apesar de empobrecidos em ETRP, apresentam-se mais enriquecidos em ETR do que os sedimentos praianos em relação ao NASC.

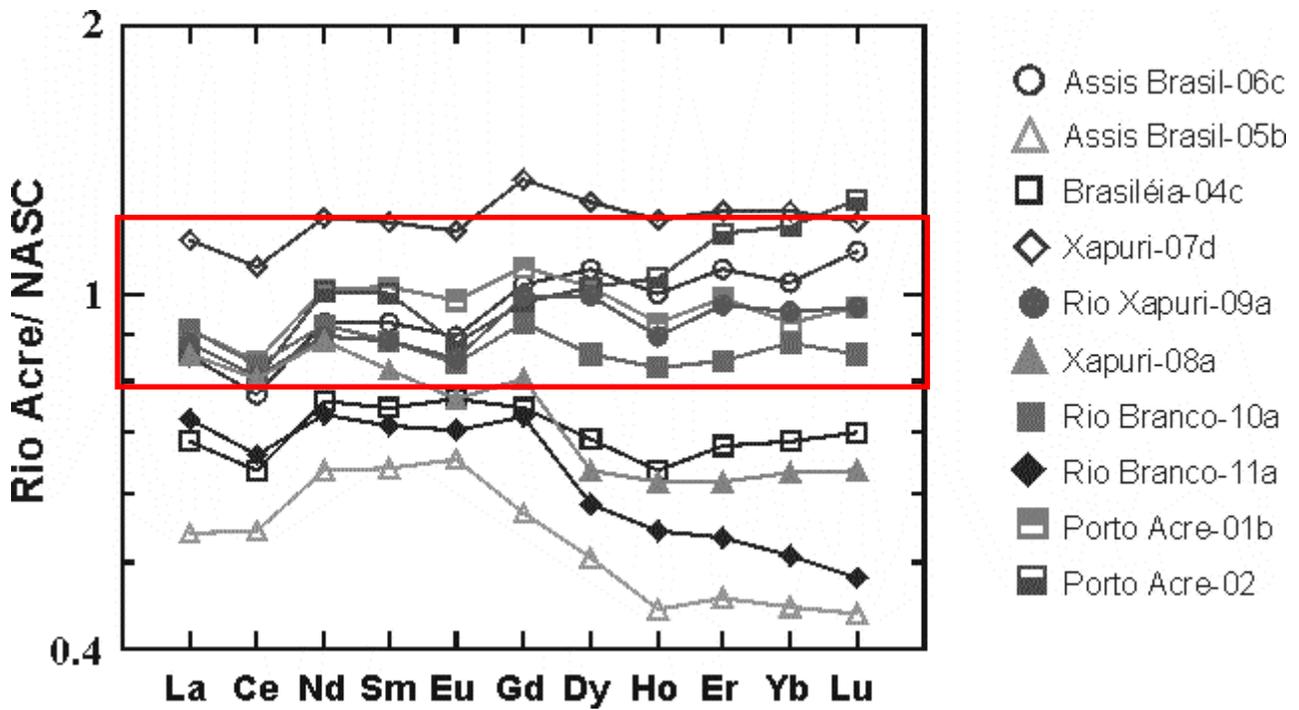


Figura 70- Padrões de ETR normalizados para o NASC (Gromet *et al.* 1984 *in* Rollinson, 1993) nos sedimentos praianos do rio Acre. Em destaque, as amostras apresentando padrões similares ao NASC.

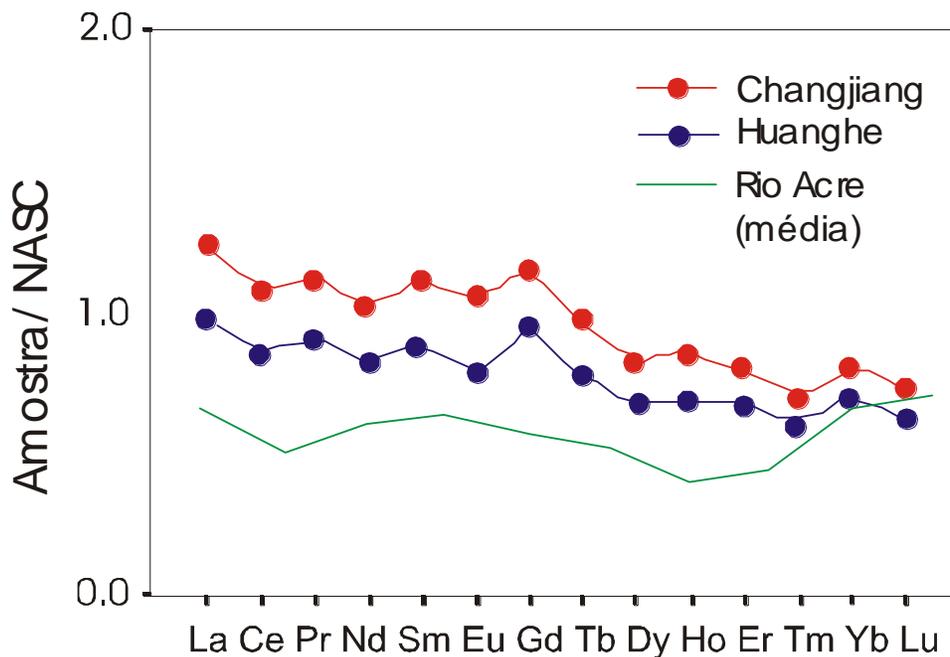


Figura 71- Comparação entre os padrões de ETRs normalizados para o NASC nos sedimentos dos rios Changjiang e Huanghe com a média dos sedimentos praianos do rio Acre, a qual apresenta-se mais empobrecida em relação aos outros sedimentos.

As concentrações dos ETR em sedimentos estão intimamente relacionadas à granulometria: os ETR são em geral enriquecidos nas frações silte e argila, mas empobrecidos na fração areia (McLennan, 1989; Vital *et al.*, 1999 *in* Yang *et al.*, 2002). Isto pode ser observado nos sedimentos praianos do rio Acre, onde as duas amostras (Xapuri-07d e Porto Acre-01b) com o maior conteúdo de ETR apresentam as maiores porcentagens de argila em relação às outras. A amostra Assis Brasil-05b, que apresenta as menores concentrações de ETR, possui também a menor quantidade de argila.

As boas correlações entre a granulometria e as concentrações de ETR apresentadas na figura 72 corroboram as afirmações acima, sendo possível observar que os ETRs se concentram principalmente nas amostras que apresentam maior quantidade de sedimentos finos.

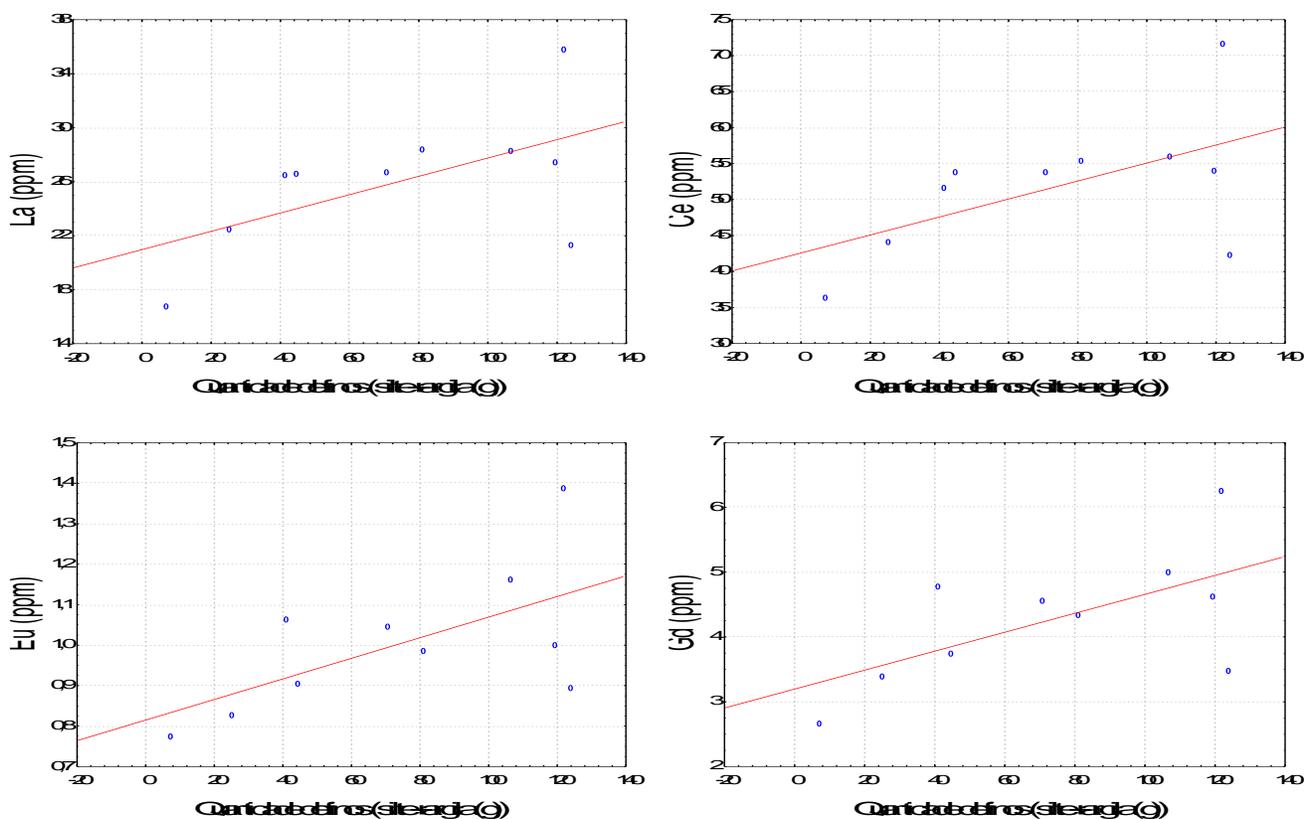


Figura 72- Correlações positivas de concentrações de ETR (ppm) com a quantidade de finos (g).

As espécies mineralógicas são também um fator importante nas concentrações de ETR. As contribuições de alguns minerais para as concentrações de ETR estão apresentadas na tabela 12.

Tabela 12- Concentração de ETR em alguns minerais.

Minerais	Concentrações médias de ETR (ppm)
Feldspato	10
Hornblenda	100
Epidoto	250, ETRL dominantes
Zircão	Yb 500, ETRP dominantes
Apatita	1500, ETRL dominantes
Titanita	10000, ETRL dominantes
Granada	500, ETRP dominantes
Allanita	100000, ETRL dominantes
Monazita	500000, ETRL dominantes

ETRL= Elem. Terras Raras Leves

ETRP= Elem. Terras Raras Pesados

FONTE: Gromet & Silver (1983); Taylor & McLennan (1985) e Condie (1991) in Yang *et al.* (2002).

Os feldspatos, apesar de relativamente abundantes nos sedimentos praianos, apresentam uma baixa contribuição para as concentrações de ETR. Mesmo os minerais mais importantes na contribuição dos ETR, como a monazita e a allanita (Tabela 12), apresentam concentração muito baixa ou mesmo ausente em relação aos outros minerais pesados presentes nos sedimentos praianos, devido à sua abundância na ordem de traços de grãos.

Segundo Condie (1991) os argilominerais podem ser outra importante “fonte” de ETR. Yang *et al.* (2002) afirmam que os principais minerais, bem como os pesados, contribuem com menos de 20% do conteúdo total de ETR em sedimentos de rios. Assim, grande parte deste conteúdo reside provavelmente nos argilominerais, os quais acomodam/herdam em sua estrutura cristalina os ETR liberados durante reações de intemperismo ou alteração de minerais primários (Henderson, 1984).

Esta correspondência entre argilominerais e ETR é claramente observada nos sedimentos praianos, visto que as amostras com as maiores proporções de argilominerais

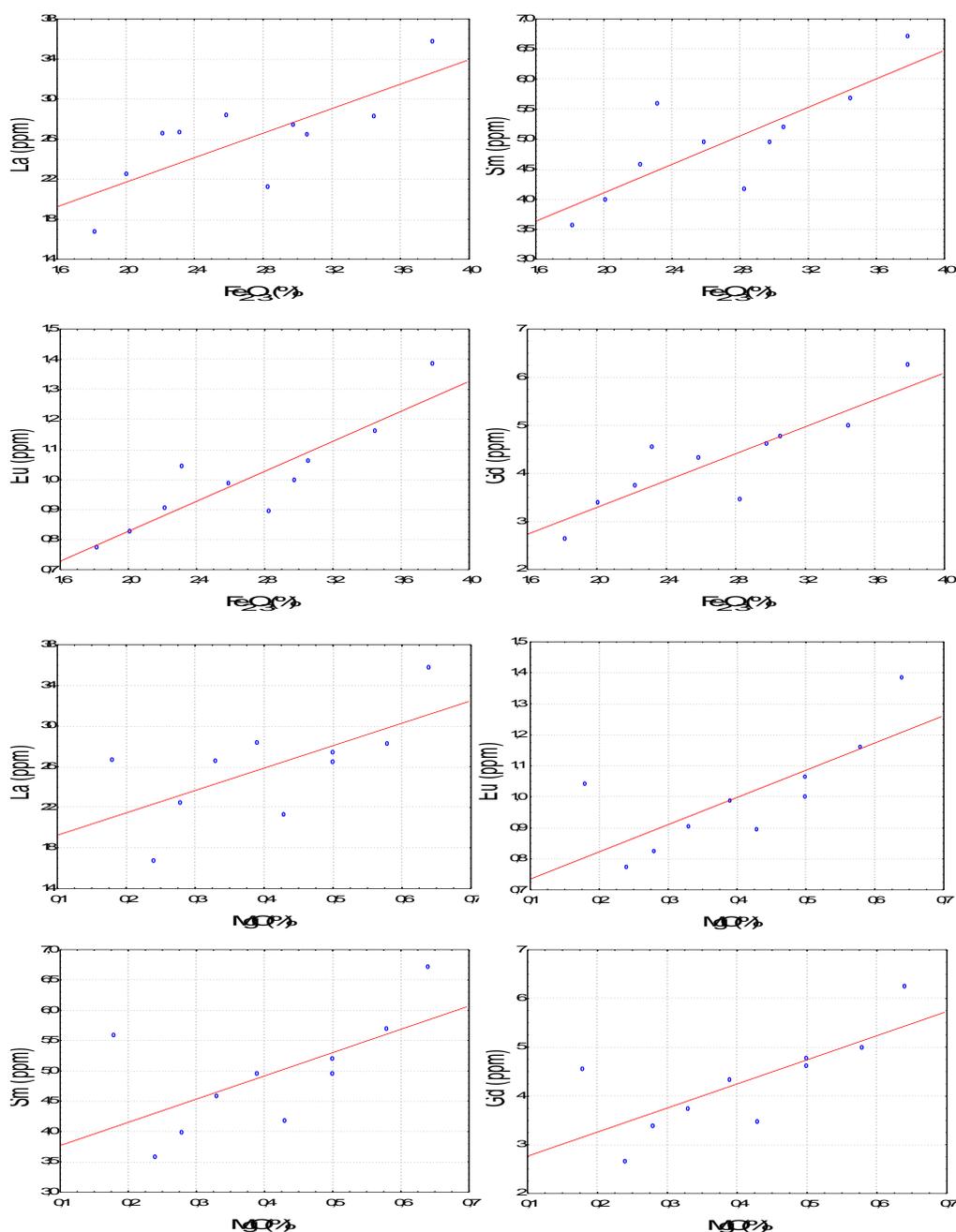


Figura 73- Correlações positivas de ETR com Fe₂O₃ e MgO. As melhores correlações são observadas entre ETR e Fe₂O₃.

(Xapuri-07d e Porto Acre-01b) apresentam o maior conteúdo de ETR e a com menor quantidade de argilominerais (Assis Brasil- 05b) possui o menor conteúdo de ETR.

A figura 73 apresenta correlações entre os ETRs e argilominerais, representados por Fe_2O_3 e MgO . As melhores correlações são entre os ETRs e Fe_2O_3 , componente da esmectita. A amostra destacada na figura 73 é Porto Acre- 02, a qual apresenta as menores porcentagens de caulinita, illita, K-feldspato e albita em relação às outras amostras, porém porcentagens maiores de esmectita em relação aos minerais citados.

A fertilidade

Neste capítulo os sedimentos praianos não serão considerados como solos no seu sentido clássico, ou seja, resultantes da decomposição *in situ* de uma rocha preexistente e composto essencialmente de camadas e horizontes (visão geológica) e sim num contexto agrônomico onde o solo representa o material inconsolidado na superfície da Terra que sustenta a vida vegetal e animal (Vaughan & Wogelius, 2000) a exemplo das praias do rio Acre. Dentro desta ótica os sedimentos praianos foram objetos de análises químicas para avaliação da fertilidade.

Na verdade, tais conceitos permanecem ainda conflitantes, pois na maioria das universidades modernas o solo pertence à agricultura, as rochas à geologia e a interface a praticamente ninguém (Fyfe *et al.* 1983). Segundo os referidos autores, talvez as características inorgânicas essenciais do solo que o distingue do que os geólogos chamam de rocha sejam a presença de argilominerais e a substituição gradual de minerais primários por minerais estáveis na superfície. Segundo Radambrasil (1976), o material de origem é um fator de muita importância na formação dos solos, pois determinam características marcantes em suas propriedades físicas, químicas e morfológicas. Tais características dos sedimentos praianos como sua granulometria areno-siltosa, lhes confere boa permeabilidade, além da presença de argilominerais 2:1, responsáveis pela sua alta capacidade de troca catiônica (CTC), como veremos a seguir.

Os solos amazônicos apresentam em geral baixa fertilidade, devido ao domínio de minerais de baixa capacidade de troca iônica sofrendo lixiviação por causa da alta pluviosidade da região. Entretanto, existem áreas ao longo dos rios que apresentam fertilidade, denotada principalmente pelo cultivo do feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L)

Walp.) e milho (*Zea- Mays*). Estas áreas são formadas por sedimentos depositados de enchente para vazante sendo constituídos de minerais ricos em nutrientes. Quando o nível dos rios baixa, expõe as praias onde a população ribeirinha pratica a agricultura que, em geral, é de subsistência.

A fertilidade das terras e solos acreanos já é há muito tempo noticiada não só pela sabedoria popular como também, por observações e pesquisas desenvolvidas na região por Carneiro (1930), dentre outros (Radambrasil, 1976 e UFAC, 1988).

Os resultados das análises químicas para a avaliação da fertilidade dos sedimentos praianos indicam concentrações elevadas de macronutrientes como P, Mg, Ca e K e baixos teores de Na e Al disponíveis, sendo praticamente desprovidos de matéria orgânica (Tabela 13).

As concentrações de P disponível tendem a aumentar de montante para jusante, sendo que duas das amostras com maiores concentrações de P (Xapuri-07d e Porto Acre-01b) apresentam também as maiores quantidades de argilominerais 2:1 nos sedimentos praianos. As amostras Assis Brasil-05b e Rio Branco-11a, com as menores concentrações de P, são as que apresentam as menores quantidades de argilominerais 2:1 dentre as amostras (Figura 74).

Ca^{2+} e Mg^{2+} apresentam variações em suas concentrações de montante para jusante. O Ca^{2+} apresenta maior concentração em Xapuri-07d e a menor em Assis Brasil-05b. Tais amostras, apresentam importantes informações acerca da quantidade de argilominerais 2:1, como visto anteriormente. O Mg^{2+} , por sua vez, tem maior concentração na amostra Xapuri-09a. K^{+} e Na^{+} diminuem suas concentrações de montante para jusante, mostrando padrões de distribuição semelhantes ao longo do rio Acre, o que evidencia boa correlação entre esses cátions (Figura 75).

O Al^{3+} e a acidez potencial apresentam-se praticamente constantes e baixas ao longo do rio Acre. Observa-se um pequeno aumento na concentração de Al^{3+} na amostra Xapuri-07d, enquanto a acidez potencial tem suas maiores concentrações nas amostras Xapuri-07d e Porto Acre-01b (Figura 76). A clara correlação entre C orgânico e matéria orgânica é observada na figura 77, onde suas concentrações tendem a aumentar em direção à jusante.

Os índices empregados nas análises destes solos-sedimentos foram calculados segundo os métodos em Silva (1991) e mostram uma elevada capacidade de troca de

cátions (CTC) (± 11.03 Cmolc/Kg) com porcentagem média de saturação de bases permutáveis (V) acima de 90% nos sedimentos praianos (Tabela 13).

Para caracterizar uma boa fertilidade natural o solo não deve apenas ter uma alta V, mas também uma alta CTC. A CTC é de grande importância para caracterizar a fertilidade do solo porque indica a capacidade total de retenção de cátions, os quais, em geral, irão tornar-se disponíveis às plantas (Chaves *et al.*, 2004). Em geral, uma CTC potencial considerada baixa está abaixo de 4 Cmolc/Kg.

Nos sedimentos analisados a saturação de alumínio é de ± 1.11 %, muito abaixo do caráter álico (acima de 50%), que é um fator limitante à fertilidade. No caso da saturação de sódio, o valor obtido foi de ± 4.91 %. A saturação de sódio acima de 6% indica que o solo já é solódico e apresenta limitações, comprometendo as propriedades físicas do solo e a nutrição das plantas.

Todas estas características indicam que os sedimentos praianos do rio Acre podem ser comparados a cambissolos eutróficos, portanto férteis.

Os resultados obtidos nos sedimentos praianos são comparáveis àqueles publicados por Radambrasil (1976), que observou em solos sobre a Formação Solimões na região de Tarauacá, Estado do Acre, valores médios de CTC, V, saturação de alumínio e saturação de sódio de 13.27 Cmolc/Kg, 90%, 18.64% e 0.53%, respectivamente, classificando-os como cambissolos eutróficos, que possivelmente correspondem a sedimentos antigos de terra firme.

Estudos realizados por Radambrasil em áreas amazônicas indicam grandes contrastes em relação aos sedimentos praianos e a outras regiões de reconhecida fertilidade na Amazônia (Tabela 14). Radambrasil (1976) estudando Latossolos Vermelho Amarelos, caracteristicamente de baixa fertilidade e comuns à Amazônia, obteve valores médios de CTC= 6.9 Cmolc/Kg, V= 12.83%, saturação de alumínio equivalente a 71.93% e saturação de sódio de 0.6%. Estes estudos foram realizados às proximidades de Rio Branco, Estado do Acre. Em outras regiões da Amazônia, Radambrasil (1978) obteve valores médios de CTC= 4.98 Cmolc/Kg, V= 9.4 %, saturação de alumínio de 61.4% e saturação de sódio de 0.8%, em Latossolos Vermelho Amarelos no município de Manicoré, Estado do Amazonas.

Apesar do conhecimento da fertilidade de áreas amazônicas, estes solos são bastante subutilizados, pois os sistemas de uso e ocupação adotados são os mesmos da agricultura de terra firme (Meira, 1987).

Tabela 13- Parâmetros químicos de fertilidade dos sedimentos praianos do rio Acre.

	P	Ca²⁺	Mg²⁺	K⁺	Na⁺	S	Al³⁺	Acidez Pot.	CTC (T)	V	C org.	M.O
Amostras	ppm	Cmolc/Kg							%			
Assis Brasil-06c	46	5.41	2.96	0.4	0.56	9.33	0.1	0.10	9.43	98.94	0.14	0.25
Assis Brasil- 05b	40	2.86	1.32	0.43	0.65	5.26	0.1	0.51	5.77	91.16	0.04	0.07
Brasiléia- 04c	51	7.14	3.98	0.27	0.4	11.79	0.1	0.41	12.2	96.64	0.20	0.35
Xapuri-07d	55	11.53	1.69	0.36	0.50	14.08	0.15	1.73	15.81	90	0.46	0.80
Rio Xapuri- 09a	55	9.49	5.81	0.37	0.5	16.17	0.1	0.71	16.88	95.8	0.49	0.84
Xapuri- 08a	44	4.59	1.43	0.25	0.37	6.64	0.1	0.05	6.69	99.25	0.12	0.20
Rio Branco- 10a	49	5.81	2.76	0.34	0.47	9.38	0.1	0.41	9.79	95.81	0.26	0.45
Rio Branco-11a	40	3.37	1.93	0.25	0.38	5.93	0.1	0.31	6.24	95.03	0.09	0.15
Porto Acre- 01b	55	9.59	3.98	0.30	0.44	14.31	0.1	1.43	15.74	90.91	0.49	0.84
Porto Acre- 02	55	7.14	3.47	0.25	0.38	11.24	0.1	0.51	11.75	95.65	0.23	0.40
Média	49	6.69	2.93	0.32	0.46	10.41	0.1	0.61	11.03	94.91	0.25	0.43

S= Soma de bases

CTC= Capacidade de Troca de Cátions

V= Saturação de bases

M. O= Matéria orgânica

Tabela 14- Comparações de parâmetros químicos de fertilidade entre algumas áreas na região amazônica e o rio Acre.

	Radambrasil (1976)		Este estudo
	Rio Branco (AC)	Manicoré (AM)	Estações no rio Acre (média)
CTC (Cmolc/Kg)	6.9	4.98	11.03
V (%)	12.83	9.4	94.91
Saturação de alumínio (%)	71.93	61.4	1.11
Saturação de sódio (%)	0.6	0.8	4.91

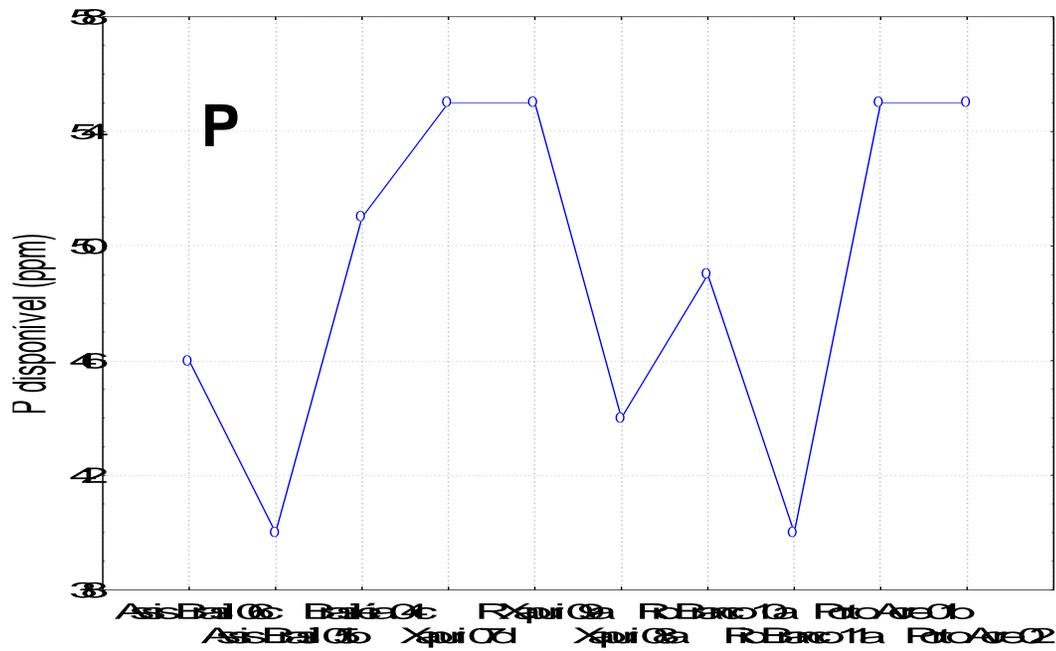


Figura 74- Concentrações de P disponível em 11 estações de montante para jusante ao longo do rio Acre.

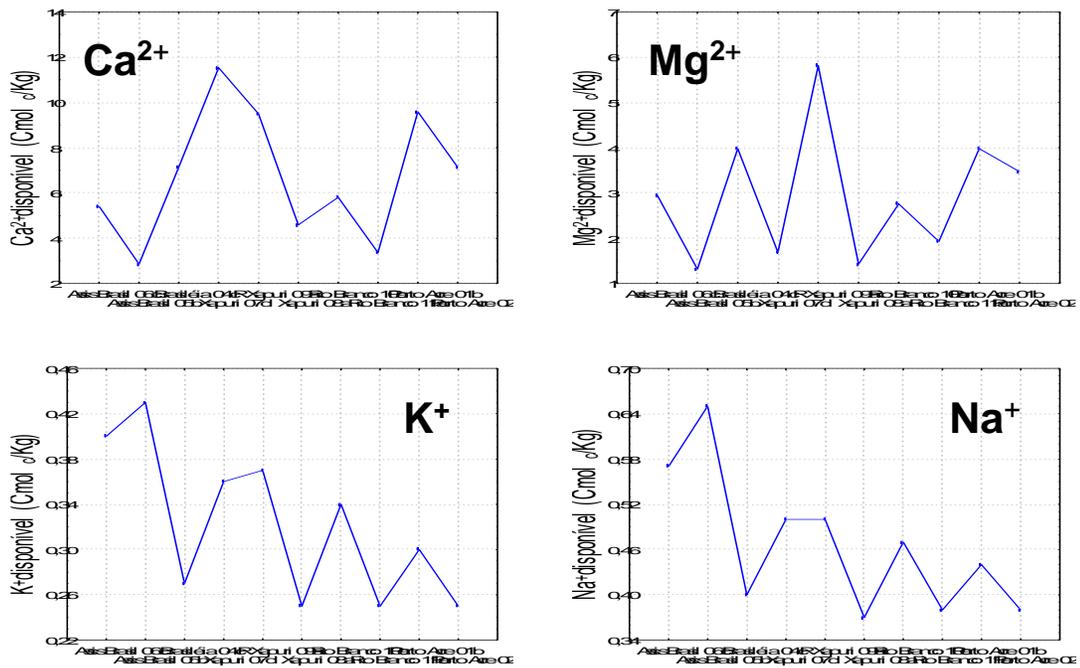


Figura 75- Concentrações de Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ e Na⁺ disponíveis, em 11 estações de montante para jusante ao longo do rio Acre.

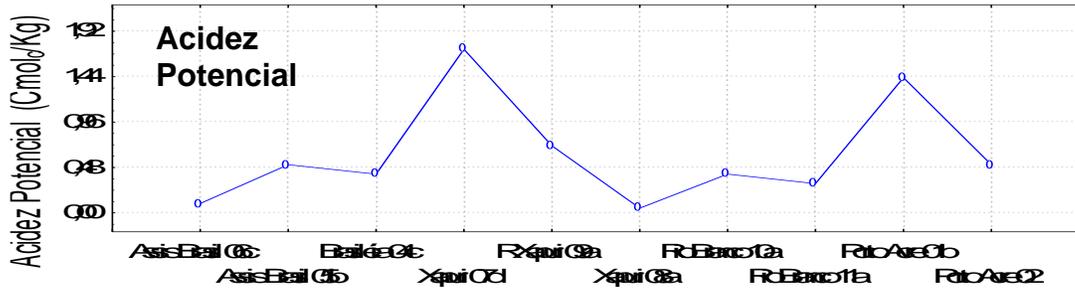
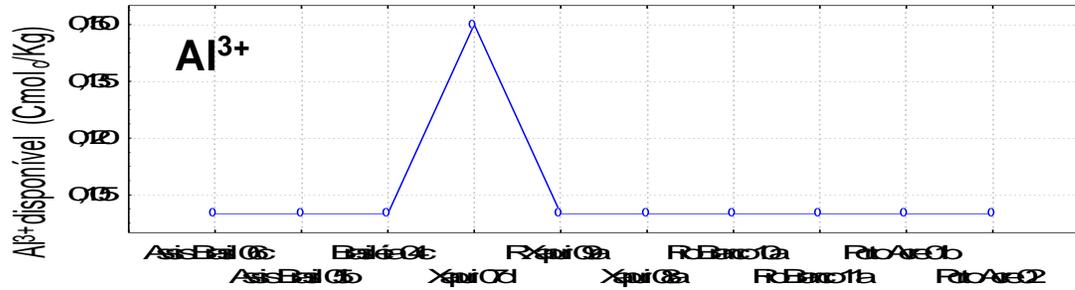


Figura 76- Concentrações de Al³⁺ e acidez potencial em 11 estações de montante para jusante ao longo do rio Acre.

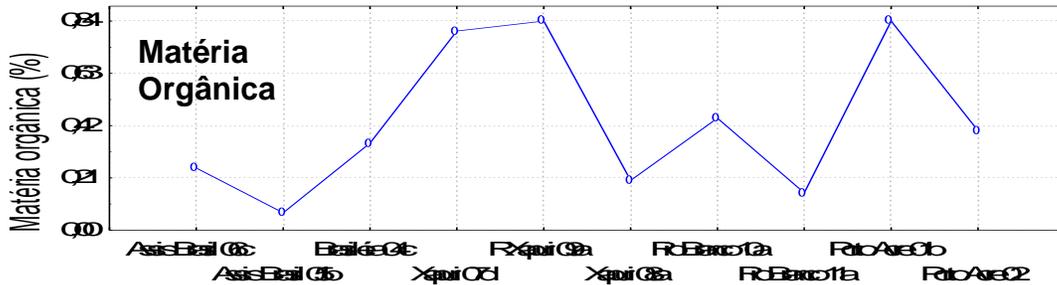
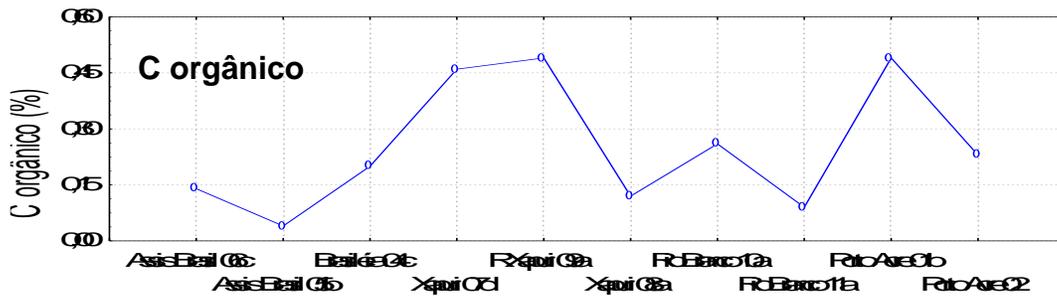


Figura 77- Concentrações de C orgânico e matéria orgânica em 11 estações de montante para jusante ao longo do rio Acre.

CONCLUSÕES

As praias do rio Acre são expostas nas concavidades dos meandros durante o período de estiagem. Embora uma das características mais marcantes dos rios do Estado do Acre seja seu acentuado padrão meandrante, o rio Acre não constitui um padrão meândrico típico. Suas praias não são extensas como se observa em outros rios do Estado, provavelmente por ser um rio condicionado à tectogênese, a julgar pelo seu padrão retilíneo de direções preferenciais E- W e SW- NE. Os barrancos apresentam, em geral, altura de 5 a 15 m e são constituídos de areia fina a silte, apresentando da base para o topo argilitos gipsíticos cinza-esverdeados com concreções calcíferas e intercalados com siltitos, correspondentes à Formação Solimões. Sobre essa formação estabeleceu-se a sedimentação holocênica que constitui em parte barrancos instáveis e as praias.

Estas praias, assim como outras praias dos principais rios que cortam o Estado do Acre, são utilizadas pelos ribeirinhos para a prática da agricultura de subsistência, sendo cultivados principalmente feijão caupi (*Vigna unguiculata (L) Walp*), milho (*Zea- Mays*) e melancia (*Citrullus Lanatus*) em áreas com até 2 hectares.

Os sedimentos praianos, sobretudo as áreas cultivadas, são predominantemente silticos com distribuição unimodal. Os grãos são angulosos e subangulosos e são constituídos principalmente de quartzo, seguido de argilominerais 2:1 (esmectita e illita), caulinita e feldspatos. A presença de argilominerais de tamanho silte indica a provável alteração de minerais preexistentes. Os minerais pesados correspondem a até 1% do conteúdo total de minerais, sendo que cerca de 65% deste total correspondem a minerais não-opacos, os quais são representados principalmente por cianita, andalusita, zircão, epidoto, sillimanita, turmalina e muscovita.

A composição química dos sedimentos praianos mostra-se compatível com a assembléia mineralógica identificada, apresentando elevados teores de SiO₂ e valores relativamente elevados de Al₂O₃, Fe₂O₃, K₂O, Na₂O, CaO e MgO, portanto muito distinta das praias fluviais, em geral pobres nestes componentes. O alto teor de SiO₂ corresponde à abundância de quartzo, enquanto os teores de Al₂O₃, correspondem à esmectita, caulinita e feldspatos. Os valores de Fe₂O₃ e MgO referem-se à presença de esmectita e biotita, enquanto K₂O, Na₂O, CaO aos feldspatos, illita e biotita. As correlações altamente significativas entre Fe₂O₃ – MgO - Al₂O₃ – CaO indicam que constituem principalmente o

mineral esmectita, sugerindo ainda que possuem composição intermediária montmorillonita- nontronita. Os elementos- traço (V, Cr, Co, Zn, Ga, Rb, Sr, Sn, Cs, Ba, Th e U) e os ETRs estão associados aos argilominerais, como observados nas correlações entre estes elementos e Fe_2O_3 e MgO .

Os constituintes minerais como feldspatos, esmectitas e resistatos e a forma angulosa dos grãos dos sedimentos praianos indicam sua evolução imatura e os valores de IQA denotam a predominância de intemperismo físico na área- fonte, a qual é representada por rochas da Formação Solimões, a qual se estende além da Bacia do Acre, em direção aos Andes.

As análises de fertilidade indicam elevada capacidade de troca catiônica, elevada saturação de bases e baixa saturação de alumínio e sódio, confirmando o caráter fértil desses sedimentos praianos, mesmo com pouca matéria orgânica. Esta fertilidade resulta de um conjunto de fatores associados, tais como a presença de argilominerais 2:1 que, com sua elevada capacidade de troca catiônica, fornecem macronutrientes e micronutrientes para as plantas. Além disso, a composição química favorável e propriedades físicas como o tamanho dos grãos, silte, confere a esses sedimentos boa permeabilidade facilitando a penetração das raízes das plantas, auxiliando-as na fixação e na busca de nutrientes. Estas características reunidas permitem comparar os sedimentos praianos a cambissolos eutróficos.

A fertilidade das terras e solos amazônicos, inclusive acreanos, é há muito tempo relatada não apenas de forma empírica, mas também por pesquisas realizadas na região, reportando dentre outras características o alto valor protéico do feijão caupi.

Apesar do conhecimento da fertilidade de áreas amazônicas, estes solos são bastante subutilizados, pois os sistemas de uso e ocupação adotados são os mesmos da agricultura de terra firme (Meira, 1987). Este quadro implica um plano de melhor aproveitamento destes recursos com o fornecimento de produtos de melhor qualidade, sobretudo em termos nutricionais. Assim, mais pessoas seriam beneficiadas não apenas no âmbito da saúde como também no próprio desempenho econômico da comunidade.

Agradecimentos

À Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo a mestranda e ao CNPQ pela bolsa de

Produtividade em Pesquisa e aos auxílios financeiros através dos projetos de pesquisa SelenMeras e Geosedintama concedidos ao orientador e segundo autor.

Ao Instituto de Geociências e ao curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica (PPGG) da UFPA pela utilização de sua infraestrutura.

Ao geólogo Henrique Diniz Farias de Almeida pelo apoio nas diferentes fases do trabalho

A Alciney Miranda e Marcos Oliveira por suas contribuições indispensáveis ao desenvolvimento deste trabalho.

Aos colegas do Grupo de Mineralogia e Geoquímica Aplicada: Ecilene, Edgar, Luísa, Mariléia, Mariane, Oscar, Patrícia, Socorro, Taís e Zezinho pelos momentos de descontração.

Ao prof. Dr. Rômulo Angélica pelo acompanhamento na viagem de campo.

Aos colegas de mestrado Aderson, Daniele, Ellen, Fábio Henrique, Fhabio, Fabíola, Fabrício, Francisco, Gisele e Wiverson pela solidariedade, pelas conversas, descontraídas ou sérias, porém sempre animadas.

Finalmente, a funcionários do Instituto de Geociências da UFPA, da secretaria de Pós- Graduação e da biblioteca pela atenção recebida.

REFERÊNCIAS

ACRE. Governo do Estado do Acre. Programa Estadual de Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Acre. Zoneamento ecológico- econômico: recursos naturais e meio- ambiente- documento final. Rio Branco: SECTMA, 2000. V.1. 116 p.

ACRE. Governo do Estado do Acre. Programa Estadual de Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Acre. Zoneamento ecológico- econômico: aspectos socioeconômicos e ocupação territorial- documento final. Rio Branco: SECTMA, 2000. V.2. 197 p.

ACRE. Governo do Estado do Acre. Programa Estadual de Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Acre. Zoneamento ecológico- econômico: indicativos para a gestão territorial do Acre- documento final. Rio Branco: SECTMA, 2000. V.3. 124 p.

ACRE. Governo do Estado do Acre. *Atlas Geográfico Ambiental do Acre*. IMAC- Rio Branco- Núcleo de Cartografia, 1991.

- BARROS, A. M.; ALVES, E. D. O.; ARAUJO, J. F. V.; LIMA, M. I. C. & FERNANDES, C.A. C. 1977. Geologia. *In: Projeto RADAMBRASIL. Folha SB/SC .18 Javari/Contamana. Rio de Janeiro. (Levantamento de Recursos Naturais, 13).*
- CALIXTO, V. O. 1982. *Acre: uma história em construção.* Rio Branco. Fundação de Desenvolvimento de Recursos Humanos da Cultura e do Desporto.
- CAMPBELL, K. E.; FRAILEY, C. D.; ARELLANO, J. 1985. *The geology of the Rio Beni: further evidence for holocene flooding in Amazonia.* Contributions in Science. Natural History Museum of Los Angeles County; nº 364, 1- 18 p.
- CAPUTO, M. V.; RODRIGUES, R. e VASCONCELOS, D. N. N., 1971. Litoestratigrafia da Bacia do Amazonas. Belém. PETROBRÁS- Sistema de informação de exploração 130-4054.
- CHAVES, L. H.G; TITO, G. A.; CHAVES, I. B.; LUNA, J. G.; SILVA, P. C. M. 2004. *Propriedades químicas do solo aluvial da Ilha de Assunção- Cabrobó (Pernambuco)- Seção IV- Fertilidade do solo e nutrição de plantas.* Revista Brasileira de Ciência o Solo, 28: 431- 437 p.
- CONDIE, K.C. 1991. *Another look at REEs in shales.* Geochim, Cosmochim. Acta 55, 2527- 2531 p.
- COSTA, M. L.; COSTA, W. A. M; SANTOS, A. J. M. 1989. *Exploração Geoquímica para fosfatos no Estado do Acre.* Anais do II Congresso Brasileiro de Geoquímica, Rio de Janeiro- RJ, 29- 37 p.
- COSTA, M.L., 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.
- DEKOV, V. M.; KOMY, Z.; ARAÚJO, F.; VAN PUT, A.; VAN GRIEKEN, R. 1997. *Chemical composition of sediments, suspended matter, river water and ground water of the Nile (Aswan- Sohag traverse).* The Science of the Total Environment 201, 195- 210 p.
- EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). 1987. Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual de Rio Branco. *Cultura do Caupi no Estado do Acre.* Rio Branco. Folder *in* EMBRAPA, 1997.

- EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). 1997. *Caracterização botânica, morfológica e agrônoma de cultivares de caupi coletadas no Estado do Acre*. Boletim de Pesquisa. Nº 17
- EMBRAPA MEIO NORTE. 2001. *Caupi movimentada mais de US\$ 249 milhões no Brasil*. Teresina, v. 3, n. 3, 4- 5 p, jul.
- FOLK, R. L. 1966. *A review of grain size parameters*. Sedimentology, 6: 73-93 p.
- FRANZINELLI, E. & POTTER, P. E. 1985. *Areias recentes dos rios da bacia amazônica: composições petrográfica, textural e química*. Revista Brasileira de Geociências. 15(3): 213- 220 p.
- FREIRE FILHO, F. R.; CARDOSO, M. J.; ARAÚJO, A. G. DE; SANTOS, A. A. dos; SILVA, P. H. S. da. 1981. *Características botânicas e agrônomicas de cultivares de feijão macassar (Vigna unguiculata (L.) Walp)*. EMBRAPA- UEPAE de Teresina. (Boletim de Pesquisa, 4).
- FREIRE FILHO, F. R.; CARDOSO, M. J.; ARAÚJO, A. G. de. 1983. *Caupi: nomenclatura científica e nomes vulgares*. Pesquisa Agropecuária Brasileira. V. 18, n. 12, 136- 137 p.
- FREIRE FILHO, F. R. 1988. *Origem, evolução e domesticação do caupi (Vigna unguiculata (L.) Walp)*. In: ARAÚJO, J.P. de; WATT, E. E (Coord.). 1988. *O caupi no Brasil*. Brasília. EMBRAPA, 722p.
- FYFE, W. S.; KRONBERG, B. I.; LEONARDOS, O. H.; OLORUNFERNI, N. 1983. *Global tectonics and agriculture: a geochemical perspective*. Agriculture, Ecosystems and Environment, 9 383- 399 p.
- GUERRA, A. T & GUERRA, A. J. T. 1997. *Novo Dicionário Geológico- Geomorfológico*. Bertrand Brasil.
- HENDERSON, P. 1984. *Rare Earth Element Geochemistry*. Elsevier. Amsterdam-Oxford-New York- Tokio. 510 p.
- HOORN, C. 1993. *Marine incursions and the influence of Andean tectonics on the Miocene depositional history of northwestern Amazonia: results of a palynostratigraphic study*. In: Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeogeography. - Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam. 267- 309 p.

- IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1990. PMACI I - Projeto de proteção do meio ambiente e das comunidades indígenas. *Diagnóstico geoambiental e socioeconômico: área de influência da BR-364 trecho Rio Branco/Cruzeiro do Sul*. Rio de Janeiro: DEDIT, 144 p.
- KRONBERG, B. I.; NESBITT, H. W.; LAM, W. W. 1986. *Upper pleistocene amazon deep- sea fan muds reflect intense chemical weathering of their mountainous source lands*. *Chemical Geology*, 54, 283- 294 p.
- KRONBERG, B. I.; FRANCO, J. R.; BENCHIMOL, R. E.; HAZENBERG, G.; DOHERTY, W.; VANDERVOET, A. 1989. *Geochemical variations in Solimões Formation Sediments (Acre basin, western Amazonia)*. *Acta Amazonica*. 319- 333 p.
- KRONBERG, B. I. & BENCHIMOL, R. E. 1992. *Geochemistry and geochronology of surficial Acre basin sediments (western Amazonia): key information for climate reconstruction*. *Acta Amazonica*, 22 (1):51-69 p.
- KROONENBERG, S. B.; & HOORN, M. C. 1990. *Bulk geochemistry of tertiary and quaternary fluvial sands in the colombian amazones*. *Geochemistry of the Earth' s surface and of mineral formation*. 2nd international Symposium, july, 2- 8, Aix en Provence, France. 92- 95 p.
- LATRUBESSE, E. M & RAMONELL, C. G.- 1994. *A Climatic Model for Southwestern Amazonia in Last Glacial Times*. *Quaternary International*. Vol. 21 163-169 p.
- LATRUBESSE, E. M. & RANCY, A. 1995. *The Late Quaternary of the Upper Juruá River, Southwestern Amazonia, Brazil: Geology and Vertebrate Palaeontology in Quaternary of South America and Antarctic Peninsula*. Vol 11. 27- 46 p.
- MEIRA, S. 1987. *A função social do uso da terra na Amazônia*. In: Congresso Brasileiro de Tropicologia, 1,1986, Recife. *Anais...* Recife: Fundaj, Massangana, 193- 198 p.
- MIURA, K. 1972. *Possibilidades petrolíferas da bacia do Acre*. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 26º, Belém, out. *Anais...* Belém, Sociedade Brasileira de Geologia, v. 3, 15- 20 p.
- OLIVEIRA, A. I & LEONARDOS, O. H. 1943. *Geologia do Brasil*. 2 ed. Ver. Atual. Rio de Janeiro, serviço de Informação Agrícola. (Série Didática, 2), 813 p.
- ROLLINSON, H. R. 1993. *Using Geochemical Data: evaluation, presentation, interpretation*. Longman Scientific & Technical. 350 p.

- SEHA- Secretaria Executiva de Hidrovias e Aerovias do Estado do Acre. 2000. *Banco de Dados Institucional*. Rio Branco.
- SILVA, L.L.; RIVETTE, M.; DEL´ARCO, J.º; ALMEIDA, L.F.G.; DREHER, A .M.; TASSINARI, C.C.G. 1976. Geologia, *In: Projeto RADAMBRASIL*, Folha SC. 19, Rio Branco. Rio de Janeiro (Levantamento de Recursos Naturais, 12).
- SILVA, S. B. 1991. *Análise química de solos*: FCAP. Informe didático 11. Belém. 7 – 36 p.
- SUGUIO, K. 1980. *Rochas sedimentares- Propriedades, Gênese e Importância econômica*. Ed. Universidade de São Paulo. 500 p.
- TAYLOR, S. R & McLENNAN, S. M. 1985. *The Continental Crust: its Composition and Evolution*. Blackwell scientific Publications. 312 p.
- TOCANTINS, L. 1979. *Formação Histórica do Acre*. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, Vol. I, II e III.
- VAUGHAN, D. J & WOGELIUS, R. A. 2000. *Environmental Mineralogy*. EÖTVÖS University Press. Vol. 2.
- WEDEPOHL, K. H. 1995. *The composition of the continental crust*. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol. 59, Nº 7, 1217- 1232 p.
- YANG, S. Y.; JUNG, H. S.; CHOI, M. S.; LI, C. X. 2002. *The rare earth element compositions of the Changjiang (Yangtze) and Huanghe (Yellow) river sediments*. *Earth and Planetary Science Letters* 201 407- 419 p.
- YANG, S.; JUNG, H. S.; LI, C. 2003. *Two unique weathering regimes in the Changjiang and Huanghe drainage basins: geochemical evidence from river sediments*. *Sedimentary Geology* 1- 16 p.