

# CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E MINERALÓGICA DOS SUSPENSATOS DOS RIOS PURUS E JURUÁ NO ESTADO DO ACRE\*

Aliane Trindade Carvalho<sup>1</sup>

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

Henrique Diniz Farias de Almeida<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Então em 2005 graduanda do curso de Química Industrial da Universidade Federal do Pará (UFPA)

<sup>2</sup>Então professor do PPGG/UFPA, orientador do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) de A.T. Trindade, professor titular voluntário do mesmo; [marcondeslc@gmail.com](mailto:marcondeslc@gmail.com)\*\*

<sup>3</sup>Então pesquisador voluntário (geólogo mestre) junto ao Grupo de Mineralogia e Geoquímica (GMGA-CNPQ) no Instituto de Geociências da UFPA.

*\*Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no segundo semestre de 2005 ao Colegiado dos Cursos de Química Industrial e Bacharelado em Química do Centro de Ciências Exatas e Naturais da Universidade Federal do Pará (UFPA), como requisito para a obtenção do grau de Químico Industrial, sob a orientação do prof. Dr. Marcondes Lima da Costa (IG/UFPA) e apoiado financeiramente pelo CNPQ através dos projetos de pesquisa SelenMerAs e Geosedintama, coordenados pelo professor orientador, bem como por sua taxa de bancada, também do CNPQ. Esse trabalho foi avaliado e aprovado pela banca constituída pelos professores MsC Afonso Silva Mendes (UFPA), MsC Reginaldo Wanghon Monteiro (UFPA) e pelo próprio orientador prof. Marcondes Lima da Costa (IG/UFPA). Nesta publicação manteve-se o conteúdo técnico original, não havendo qualquer alteração, exceto as referências bibliográficas relativas aos trabalhos publicados sobre o TCC, mesmo considerando as quase duas décadas decorridas sobre a conclusão do trabalho. Acredita-se que este trabalho em sua íntegra original é ainda de real importância para as ciências geológicas, tanto no Acre como além de suas fronteiras. Parte do conteúdo dele foi publicado em Almeida et al. (2007) e em Trindade et al (sem data) em revista on line dedicada a Iniciação científica da UFPA, que aparentemente não é mais acessível. Desta forma será publicado no BOMGEAM em conjunto com este trabalho completo.*

*\*\*Autor para correspondência*

## ABSTRACT

The state of Acre, located in the southwest of the Brazilian Amazon, is drained by two large river basins, the Purus and Juruá rivers, which have their sources on the sub-Andean slopes of Peru and cross the state in a path almost parallel to each other and a southwest-northeast direction. They are meandering rivers, with a large amount of suspended sediment (suspended solids or load materials), which gives them their white or muddy color, in addition to

transporting a lot of silty-sandy sediments by traction, forming significant beach bodies (pointed bars). The geological terrains drained by these rivers are made up of rocks from the Solimões Formation and sediments from the Alluvial Terraces. The present work sought to characterize the granulometry, mineralogy and chemical composition of suspensions from rivers in the State of Acre. These were subjected to granulometric analysis, mineral identification using X-ray diffraction (XRD) and scanning electron microscopy (SEM/SED) and total chemical analysis of trace elements. The highest concentration of suspended solids was found in the central part of the State both during the flood and dry periods, while the lowest are in the Moa and Paraná dos Mouras rivers. They are predominantly made up of silt with little fine sand and clay, averaging 12 microns. Mineralogically, they are made up of quartz, mica, smectite, illite, kaolinite, as well as albite and K-feldspar. These are sediments rich in SiO<sub>2</sub> (55.69% +/- 3.89%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (18.68% +/- 1.76%), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (5.89% +/- 0.41%), with significant K<sub>2</sub>O values (1, 93% +/- 0.07%), MgO (1.17% +/- 0.22%), Na<sub>2</sub>O (0.41% +/- 0.06%), in addition to TiO<sub>2</sub> (0.85% +/- 0.10%). The values of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (0.10% +/- 0.014%), CaO (0.14% +/- 0.17%) and MnO (0.10% +/- 0.021%) are at crustal levels. In terms of trace elements Rb, Sr, Cs, Ba, Th, U, Zr, Hf, Y, Nb, Cr, Co, Ni, Cu, Sc and V, are the elements that presented the highest concentrations. The average concentrations of these elements in the suspended materials when compared with beach sediments show enrichment in Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO, MgO, Rb, Cs, Sc, and V. On the other hand, with the upper earth's crust they show enrichment in Cs, Y, Cr, Co, Ni, Cu, Sc and V and with post-Archaeon Australian shales only slightly enriched in Y. The presence of clay minerals (smectite, illite and kaolinite) and feldspars (albite and K-feldspars) are responsible for the high concentrations not only Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, but also K<sub>2</sub>O, MgO and Na<sub>2</sub>O. The mineralogical and chemical composition shown by these suspensions, in addition to their granulometry, contribute to fertilizing both the floodplains (“varzeas”) as well as the beaches exposed by the rivers during the dry period, which are intensely cultivated with corn (*Zea-mays*) and beans (*Vigna unguiculata* (L) Walp) by riverside dwellers.

## **INTRODUÇÃO**

O Estado do Acre, antes pertencente à Bolívia, foi anexado ao Brasil em novembro de 1903 com assinatura do Tratado de Petrópolis. Situado no extremo sudoeste da Amazônia brasileira, com uma superfície territorial de 153.149,9 Km<sup>2</sup>, ocupando 3,9% da área amazônica brasileira e 1,8% do território nacional, limitando-se internacionalmente com o Peru e Bolívia e nacionalmente com os Estados do Amazonas e Rondônia (IBGE, 1995).

Esta região era habitada primeiramente por índios aculturados; até que a partir de 1877 grandes levas de imigrantes nordestinos, fugindo da seca e atraídos pelos altos preços da borracha no mercado internacional, iniciaram a abertura de seringais e avançaram pelas vias hidrográficas (Tocantins, 1979), constituindo-se nas mais importantes vias de acesso. Como resultante deste avanço, a maioria das cidades acreanas localiza-se atualmente às margens dos principais rios da rede de drenagem do Estado, como exemplo: Rio Branco, Cruzeiro do Sul, Tarauacá, Sena Madureira e Brasiléia.

O Estado apresenta terrenos planos, de baixa altitude e geologicamente representados por rochas da Formação Solimões e por sedimentos dos Terraços Aluviais, com uma drenagem complexa, formada pelas bacias dos rios Purus e Juruá, que desenvolvem seus cursos iniciais nos terrenos sub-andinos, no Peru, em região limite com o Brasil, desembocando no rio Solimões. Esses dois rios e seus afluentes assumem cursos meandantes e trechos consideráveis de forma retilínea, os estirões, segundo conhecimento popular da região. São rios constituídos, em sua maioria, de águas brancas ou barrentas devido a expressiva carga de material em suspensão transportado (Sioli, 1984), isto se deve a uma dinâmica geomorfológica muito comum, o deslizamento de suas margens, o que está relacionado às variações de regime fluvial de cheias e vazantes, que ocorrem comumente no período chuvoso.

No período seco, quando as águas começam a baixar, este material em suspensão (ou suspensato) é depositado nas planícies de inundação e barras em pontal, conhecidas na região como praias, que são utilizadas intensamente para agricultura, suprimindo fundamentalmente a demanda interna (subsistência).

Dentre as lavouras temporárias destaca-se em 2002, com relação ao valor da produção, em ordem decrescente, a mandioca, o milho, o arroz e o feijão (IBGE, 1990-2002).

Este cultivo é possível uma vez que os processos geológicos contribuíram para a formação de solos imaturos, em geral de boa a alta fertilidade.

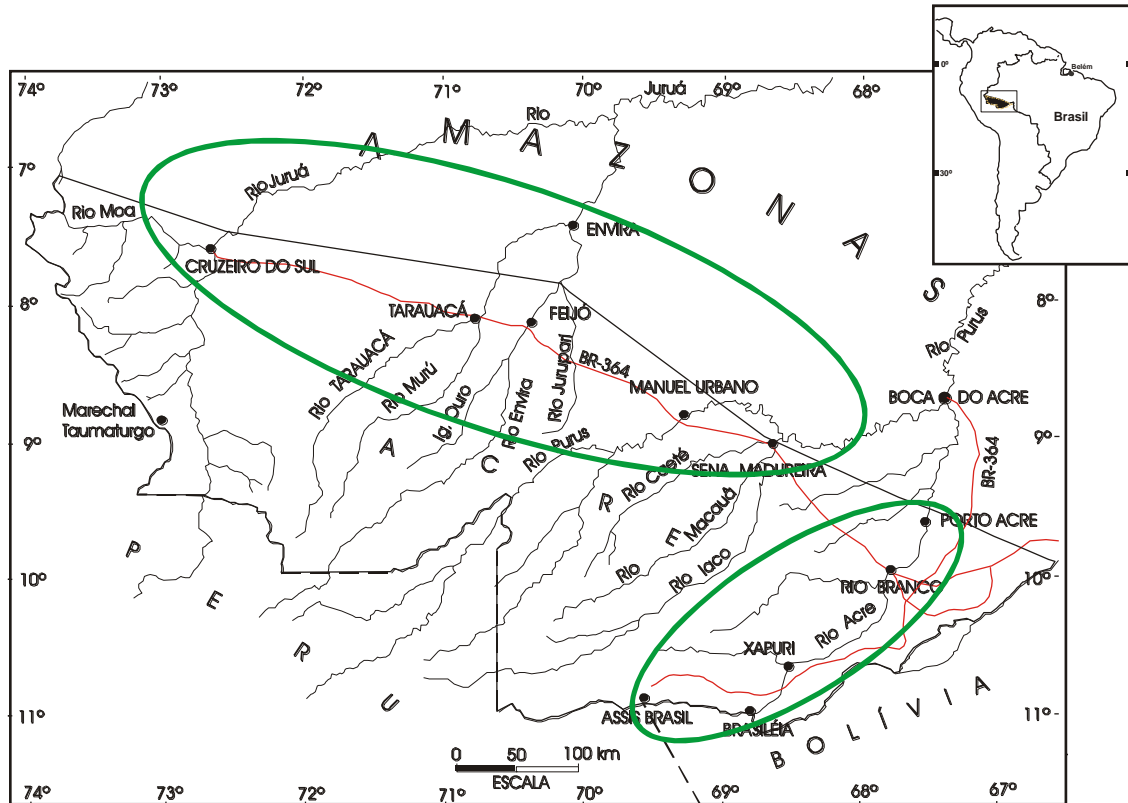
Lima Figueiredo 1928 (IBGE, 1944) em suas observações nas fronteiras do Brasil com o Peru e Bolívia destaca o cultivo de milho (*Vigna unguiculata (L) Walp*) e feijão (*Zea-mays*) por seringueiros em terras firmes, praias e barrancos dos rios pesquisados.

## **Objetivo**

Caracterizar os suspensatos dos rios Purus e Juruá e de seus principais tributários dentro do Estado do Acre, envolvendo a granulometria, mineralogia e composição química.

### Localização e acesso à área

A área estudada abrange o vale do rio Acre, entre as cidades de Assis Brasil e Porto Acre e região seguindo a BR-364 desde Sena Madureira até Cruzeiro do Sul (Figura 1).



**Figura 1-** Localização do Estado do Acre, suas principais cidades e a área de estudo.

#### Legenda:

 Áreas de estudo.

### Conhecimento atual

O Estado do Acre é drenado por rios que fazem parte da grande bacia de drenagem que tem como principal curso d'água o rio Solimões. São rios de aspecto barrento devido a grande quantidade de material em suspensão transportado, concentrando-se principalmente no período chuvoso, característica correspondente aos rios de água branca na classificação de Sioli (1984).

Estes sedimentos em suspensão são depositados como barras em pontal, mais conhecidas como praias e/ou planícies de inundação tendo como principal fonte rochas da Formação Solimões.

Entre os trabalhos publicados sobre os sedimentos transportados pelos rios que formam as bacias de drenagens do Rio Solimões-Amazonas, cuja composição tem contribuição de rochas

terciárias, que afloram nos Andes Orientais ou nas proximidades incluindo a Formação Solimões, destacam-se os de Gibbs (1967, 1977); Franzinelli & Potter (1983, 1985); DeCelles & Hertel (1989); Kroonenberg & Hoorn (1990); Savage & Potter (1991); Kalliola *et al.* (1993); Konhauser *et al.* (1994); Gaillardet *et al.* (1997); Vital & Stattegger (2000); Costa *et al.* (2003) e Almeida *et al.* (2003).

Os trabalhos de Gibbs (1967, 1977) mostraram que os sedimentos em suspensão de rios de água branca apresentam consideráveis variações entre os períodos chuvoso e seco, chegando a valores 3,5 vezes mais concentrados no período chuvoso, nos rios Purus e Juruá. Estes sedimentos mineralogicamente são constituídos de quartzo, minerais de argila (montmorillonita e caulinita), mica, clorita e minerais pesados (anfíbólio, anatásio, biotita, rutilo, turmalina e zircão). Gibbs *op. cit.* pesquisou ainda o transporte de metais de transição (Cr, Mn, Fe, Co, Ni e Cu) nos sedimentos em suspensão do rio Amazonas na região de Macapá, que recebe contribuição de rochas da Formação Solimões, e constatou que Cr, Co e Cu são transportados preferencialmente adsorvidos em fases minerais, Mn como hidróxido em película recobrando o material sólido, Fe como fase mineral e película de metal recobrando partículas de material sólido e o Ni como película metálica sobre partículas de material sólido. Gaillardet *et al.* (1997) mostrou que os sedimentos em suspensão, também no rio Amazonas entre Manaus, no estado do Amazonas, e Santarém, no Pará, no período chuvoso apresentaram elevadas concentrações e K, Na, Fe, Co, Cr, Ni além das terras raras Nd, Sm, Eu e Yb.

Konhauser *et al.* (1994) pesquisaram nos arredores de Manaus sedimentos de fundo e os de planície de inundação do rio Solimões, encontrando concentrações de MgO, CaO, K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O e P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> maiores que as observadas nos sedimentos do rio Negro, apresentando mineralogia semelhante a encontrada por Gibbs (1967), com exceção do plagioclásio e K-feldspatos.

A pesquisa de Franzinelli & Potter (1983, 1985) em sedimentos transportados pelos principais rios da bacia Amazônica envolvendo a composição química, características texturais e petrográficas, mostrou que os sedimentos dos afluentes andinos do rio Solimões, incluindo os rios Purus e Juruá, são angulosos de granulometria média correspondente a 0,31mm e tem alto grau de imaturidade, mostrado pela razão entre quartzo, feldspatos e fragmentos de rocha e as baixas razões de SiO<sub>2</sub> / Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e K<sub>2</sub>O / Na<sub>2</sub>O.

Esta imaturidade foi também identificada por Vital & Stattegger (2000) em sedimentos do rio Amazonas, desde a foz do rio Xingu até Macapá, encontrando índice de alteração químico (IAQ) para as areias o valor médio de 68, próximo ao valor obtido para os sedimentos dos rios Marañon e Solimões com predominância de quartzo, enquanto os sedimentos finos

apresentaram valores 70 a 75, dominados por minerais de argila. Estes autores observaram que a concentração dos elementos maiores em geral depende da granulometria, nos grossos SiO<sub>2</sub> aumenta e Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> juntamente com outros elementos maiores aumentam com quantidade de finos.

O IAQ é definido como  $[Al_2O_3/(Al_2O_3 + CaO + K_2O + Na_2O)] \times 100$  (conteúdo molar e CaO pertencente a silicatos) e varia de 50, para média das rochas da Crosta Superior não alterada, a 100, para materiais intensamente alterados (Nesbitt & Young, 1982 e 1984).

Pesquisas foram realizadas nos países vizinhos confirmando a imaturidade desses sedimentos. DeCelles & Hertel (1989) na bacia do rio Madre de Dios, Kroonenberg & Hoorn (1990) no rio Caquetá e Savage & Potter (1991) no rio Guaviare, identificaram entre os componentes desses sedimentos fragmentos de rochas vulcânicas, sedimentares e metamórficas de baixo e alto grau, além da presença de minerais instáveis como K-feldspatos, plagioclásio, anfibólio e piroxênio. A imaturidade implica em fertilidade natural, como observado por Kalliola *et al.* (1993) nos sedimentos do rio Ucayali, no Peru, e por Costa *et al.* (2003) e Almeida *et al.* (2003) nos rios pertencentes às bacias dos rios Purus e Juruá, no Estado do Acre, onde as barras em pontal e/ou planícies de inundação são utilizadas intensamente pelos ribeirinhos para agricultura de subsistência, principalmente milho (*Zea mays*) e feijão (*Vigna unguiculata* (L) Walp).

## **CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA**

### **GEOLOGIA**

A região estudada, do ponto de vista geológico, é constituída por sedimentos plio-pleistocênicos da Formação Solimões (Silva et al., 1976) e por depósitos holocênicos (Figura 2). A Formação Solimões é constituída de sedimentos sílticos argilosos com níveis de arenito fino com estratificação cruzada, apresentando concreções carbonáticas e gipsíferas na sequência argilosa. Ocasionalmente pode apresentar material carbonizado contendo pirita e localmente grande acúmulo de fósseis de vertebrados e invertebrados.

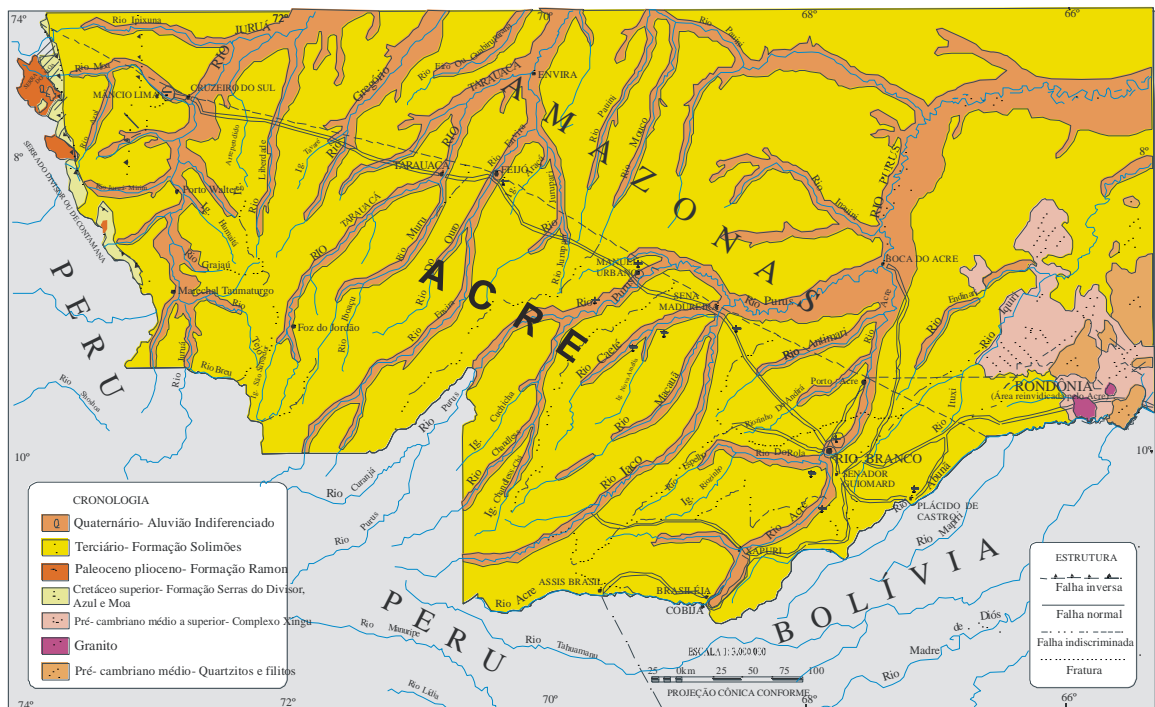
A presença de concreções carbonáticas e gipsíferas indica que a sedimentação ocorreu parcialmente sob clima semiárido (Costa, 2002).

Segundo RADAMBRASIL (1976) a Formação Solimões foi depositada em resposta a movimentos tectônicos que soergueram a Cadeia Andina e como consequência inverteram o sentido da drenagem que passa a fluir para nordeste criando assim ambientes fluviais no qual foram depositados extensos pacotes argilo-arenosos da Formação Solimões. Por outro lado,

Latrubesse *et al.* (1994) consideram que a Formação Solimões foi depositada em ambientes de mega leques aluviais com cabeceiras localizadas nos Andes peruanos. Nesse ambiente desenvolveram-se grandes lagos e pântanos onde se estabeleceram faunas diversas de idade miocênica superior-pleistocênica.

Os sedimentos holocênicos antigos acompanham as faixas fluviais atuais formando terraços e são depositados sob a Formação Solimões, cujo contato é feito através de um conglomerado basal rico em restos ósseos fósseis na fauna antes mencionada.

Outras feições bastante comuns no Estado do Acre são os barrancos e as praias. Os primeiros são esculpidos tanto nos terraços como em litotipos da Formação Solimões e as praias representam a deposição de sedimentos dos últimos anos nos leitos dos rios e são expostas durante o período seco. São constituídas por sedimentos finos (silte e areia fina) e mineralogicamente de quartzo, feldspato e minerais de argila, formando depósito de dimensões por volta de dois hectares.



**Figura 2-** Mapa geológico do Estado do Acre e adjacências. Fonte Atlas Geográfico Ambiental do Acre (1991).

## PAISAGEM

Do ponto de vista do relevo, os terrenos do Estado do Acre são representados por pequenos morros ou colinas arredondadas, regiões de planícies que acompanham os principais cursos

d'água como os rios Purus e Juruá, além da Serra do Divisor, situada na região sudoeste do Estado limitando Brasil e Peru. Nesse contexto três unidades morfoestruturais foram identificadas pelo Projeto RADAMBRASIL durante o levantamento dos recursos naturais das Folhas SC. 19 Rio Branco e SB/SC. 18 Javari/Contamana que foram denominadas de Depressão Rio Acre-Rio Javari, Planície Amazônica e Planalto Rebaixado da Amazônia Ocidental.

A Depressão Rio Acre-Rio Javari é a que tem maior distribuição no Estado e é representada por uma grande área rebaixada com altitude média de 200m formando planícies sobre a Formação Solimões. Sua feição morfológica característica é o domínio de colinas de 30 a 40m de altura, interflúvios não superiores a 250m de largura e drenagem pouco entalhada (RADAMBRASIL, 1976 e 1977).

A Planície Amazônica ocorre ao longo dos cursos dos rios Purus, Juruá e parte do rio Moa. Desenvolve-se sobre os sedimentos holocênicos que são atingidos pelas grandes cheias dos rios (RADAMBRASIL, 1976 e 1977).

O Planalto Rebaixado da Amazônia Ocidental é a segunda unidade morfoestrutural e ocorre principalmente nas porções sudoeste e noroeste do Estado, se caracteriza por interflúvios tabulares com altitudes entre 250 e 300m. A drenagem secundária é relativamente aprofundada, densa, de padrão dendrítico a subdendrítico (RADAMBRASIL, 1976 e 1977).

## DRENAGEM

Duas grandes bacias hidrográficas drenam os terrenos acreanos: a do rio Purus e a do rio Juruá. Os rios formadores dessas bacias apresentam em sua maioria águas brancas, com exceção dos afluentes da margem esquerda do rio Juruá que são de águas claras (Sioli, 1984) (Figura 3). Os rios Purus e Juruá e seus afluentes de primeira ordem nascem no Alto de Fitzcarrald, no vizinho Peru. Mostram direção geral SW-NE e sentido NE, com exceção do rio Juruá entre sua nascente e a cidade de Cruzeiro do Sul, cuja direção é N-S e partir dessa cidade toma a direção SW-NE.

O rio Purus tem extensão de 3.210Km (Figueiredo, 1944), enquanto a extensão do rio Juruá é de 3.280Km (Acre, 2000). Os principais afluentes desses dois rios estão localizados pela margem direita, como o rio Acre no Purus e Tarauacá e seus afluentes, Muru e Envira, no Juruá. São rios no geral meandantes e apresentam vales em forma de “U” de fundo achatado, principalmente os dois principais rios (RADAMBRASIL, 1976 e 1977) (Figura 4).



No período chuvoso estes rios chegam a alcançar profundidade de 11m, enquanto no período seco pode atingir 0,60m, como alguns trechos do rio Purus (Figueiredo, 1944).

De um modo geral os rios que drenam os terrenos acreanos apresentam padrão de drenagem do tipo dendrítico.



**Figura 3-** Encontro das águas dos rios Juruá (rio de água branca) e Moa (rio de água clara).



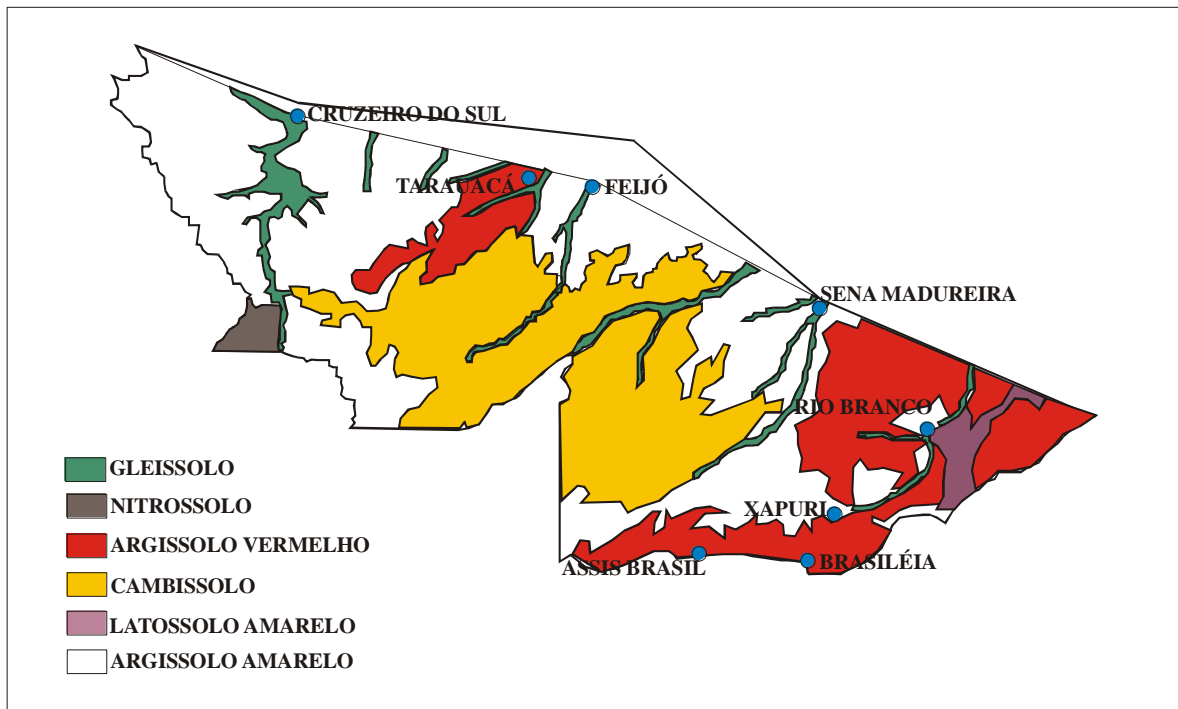
**Figura 4-** Rio Purus, à jusante da cidade de Manuel Urbano, mostrando seu caráter meandrante e águas esbranquiçadas indicando grande quantidade de material em suspensão.

## CLIMA

De acordo com a classificação de Köppen, o clima acreano é do tipo am. Equatorial, quente e úmido, com dois períodos: chuvoso e seco. O período chuvoso, “inverno” para os habitantes do Acre, caracteriza-se por chuvas constantes e abundantes, estende-se de novembro a abril. Durante o período seco, que se inicia no mês de maio prolongando-se até outubro, são comuns as “friagens”. Estas são resultantes do avanço à Frente Polar impulsionada por uma Massa de Ar Polar Atlântica que avança pela Planície do Chaco até a Amazônia Ocidental provocando queda de temperatura, chegando em torno de 10°C (Acre, 2000). A temperatura média anual varia entre 24,5° e 32°C (máxima), permanecendo uniforme em todo o Estado e predominando em toda a região amazônica. Porém, em função da maior ou menor exposição aos sistemas extratropicais, as temperaturas mínimas podem variar de local para local. No mês mais frio a temperatura média gira em torno de 18°C, ocorrendo grandes oscilações durante o ano. A umidade relativa do ar atinge 80-90%, índice bastante elevado se comparado ao de outras regiões brasileiras. Já os índices pluviométricos variam de 1600mm a 2750mm/ano, com tendência a aumentar no sentido Sudoeste-Noroeste (Acre, 2000). Os meses de junho a agosto são menos chuvosos; em contrapartida nos demais meses do ano as chuvas são abundantes sem um nítido período seco. Vale ressaltar que a vegetação local não sofre nenhum retardamento em seu metabolismo durante as “friagens”, pois à tarde têm uma elevação significativa, compensando e não se constituindo em fator limitante para o crescimento da vegetação (Acre, 2000).

## SOLO

Os principais solos identificados nos limites territoriais no Estado do Acre pelo Projeto RADAMBRASIL durante o levantamento de recursos naturais das Folhas SC. 19 Rio Branco e SB/SC. 18 Javari/Contamana foram: Argissolos (Amarelo e Vermelho) e Cambissolos que são os de maior expressão em área seguidos de Latossolos Amarelo, Gleissolos e Nitrossolos (Figura 5).



**Figura 5-** Distribuição dos principais solos que ocorrem no Estado do Acre. Adaptado de RADAMBRASIL 1976 e 1977.

## VEGETAÇÃO

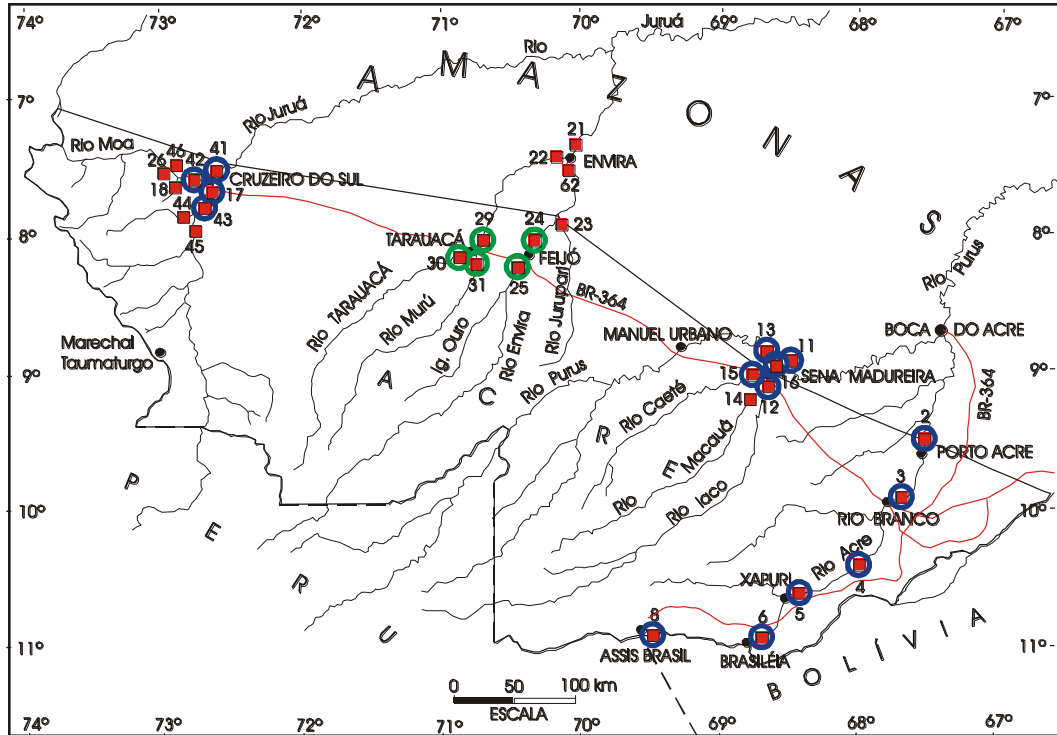
Dois grandes domínios de cobertura vegetal são observados nos terrenos do Estado do Acre: a Floresta Ombrófila Densa e Floresta Ombrófila Aberta (Acre, 2000). Sendo que a primeira ocorre em áreas de maior umidade relativa e precipitação, onde se destacam relevos colinosos em crista ou tabulares sob a Formação Solimões e Serra do Divisor, enquanto a segunda ocupa grande parte das áreas dissecadas de relevo colinoso ou ondulado da Formação Solimões, bem como áreas de planície de inundação dos rios (RADAMBRASIL, 1976 e 1977).

## MATERIAIS E MÉTODOS

### AMOSTRAGEM

As coletas dos suspensatos foram realizadas no período chuvoso (março/2004) com 30 estações de amostragem e no seco (julho e setembro/2004) com 20 estações de amostragem (Figura 6).

Os materiais e métodos empregados consistiram na separação do material em suspensão, análise granulométrica, mineralógica (DRX e MEV) e química (Figura 7).



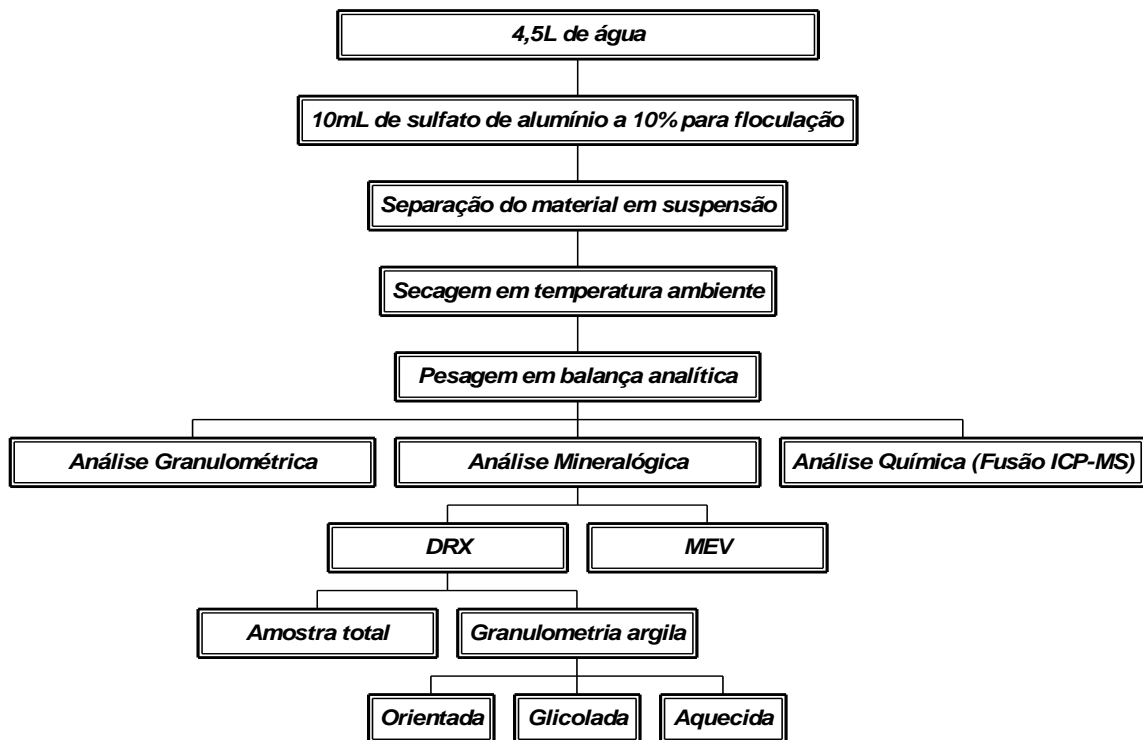
**Figura 6-** Localização das estações de amostragem dos suspensos nos períodos: chuvoso (março) e seco (julho e setembro) no Estado do Acre.

**Legenda:**

■ Março/2004

○ Julho/2004

○ Setembro/2004



**Figura 7-** Fluxograma das várias etapas desenvolvidas no tratamento e análises das amostras coletadas.

### EXTRAÇÃO DO SUSPENSATO

Para a extração do suspensato, coletaram-se 4,5L de água em frascos de polietileno de 5L, ao qual foi adicionado 10ml de sulfato de alumínio a 10%. Após a decantação do suspensato no fundo do frasco, retirou-se o sobrenadante e depois se recuperou o decantado (suspensato), acondicionando-os em tubos cilíndricos cônicos de 50mL.

Através da centrifugação foi possível a separação dos suspensatos que ainda estavam imersos em um pequeno volume de água, sendo submetidos a 1000rpm durante 5 minutos. Posteriormente seco em temperatura ambiente e a massa medida em balança analítica de precisão. Com os resultados calcularam-se as concentrações.

### ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

A análise granulométrica foi realizada com laser-granulômetro no laboratório da Universidade Halle (Alemanha) pelo coordenador do projeto com o intuito de identificar as diferentes classes granulométricas nos suspensatos dos rios estudados.

### ANÁLISES MINERALÓGICAS

As fases mineralógicas foram identificadas principalmente por difração de raios-X (DRX), em amostra total (método do pó) e com tratamento especial para os minerais de argila (lâminas orientada, glicolada e aquecida), complementarmente por microscopia eletrônica de varredura com sistema de energia dispersiva (MEV/SED).

### ***Difração de raios-X (DRX)***

Inicialmente as amostras foram pulverizadas com o auxílio do gral de ágata, para análise em amostra total. Colocou-se uma fina camada da amostra sobre uma lâmina de vidro (método do pó) e foram levadas à difração de raios-X. Para identificação de minerais de argila foi realizada iniciando-se com a amostra orientada em lâminas vidro. Devido às amostras estarem em pequenas quantidades, foi feita uma adaptação retirando-se apenas uma fração suficiente para preparação da lâmina, na qual se acrescentou água destilada e em seguida agitou-se até homogeneizar. Posteriormente com uma pipeta retirou-se uma alíquota que foi colocada sobre a lâmina de vidro.

Após a secagem foi realizada a difração da amostra orientada em lâmina de vidro, em seguida a mesma foi glicolada e levada novamente à difração, e finalmente foi calcinada durante duas horas à temperatura de 550°C na Mufla do Laboratório de Química do Centro de Geociências na UFPA e mais uma vez submetida à difração. O aparelho utilizado foi um difratômetro da marca PHILIPS, modelo PW 3710 BASED, do Centro de Geociências da UFPA, equipado com tubo de anodo de cobre, com monocromador e gerador de tensão e corrente, respectivamente, ajustados para 45kV e 40mA, onde somente uma linha do espectro discreto de raios-X, a linha  $K\alpha$  ( $\lambda_{CuK_{\alpha 1}} = 1,54060\text{Å}$ ), é selecionada. A radiação difratada é registrada eletronicamente por detectores. O difratograma é obtido através de uma varredura do detector sobre o intervalo de exposição de 5 a 65° 2 $\theta$  em amostra total e 3 a 36° 2 $\theta$  em amostra orientada. A identificação dos minerais foi feita utilizando o software MINERVA, como banco de dados dos picos dos minerais encontrados (baseados no ICDD-International Center for Diffraction Data) e a dos minerais de argila através de comparações de espaçamentos basais dos difratogramas das amostras orientada, glicolada e aquecida a 550°C entre si e sua posição 2 $\theta$  conforme a Tabela 1.

**Tabela 1:** Distâncias basais em Å e posição  $2\theta$  utilizadas para identificação de minerais de argila. Adaptada de Carrol (1974) e Moore & Reynolds (1997).

<b>Mineral de argila</b>	<b>Orientada/<math>2\theta</math></b>	<b>Glicolada/<math>2\theta</math></b>	<b>Aquecida</b>
<b>Esmectita</b>	15 Å /6°	16,9 Å /5,2°	10 Å /8,4°
<b>Illita</b>	10 Å /8,4°	10 Å /8,4°	10 Å /8,4°
<b>Caulinita</b>	7,1 Å /12,5°	7,1 Å /12,5°	desaparece

### ***Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)***

Em um suporte de alumínio foi colocada uma porção do suspensato, o qual foi levado à estufa sob temperatura de aproximadamente 30°C e finalmente metalizado com ouro através do EMITEC K550. Após este tratamento foi analisado com o microscópio eletrônico de varredura, LEO VP 1450. Com operação controlada via software obtendo-se imagens e análises semiquantitativas, com um sistema de espectrometria de dispersão de raios-X (SED 500 DP). Este equipamento pertence ao laboratório de microscopia eletrônica de varredura do Museu Paraense Emilio Goeldi.

### **ANÁLISES QUÍMICAS**

As amostras empregadas para as análises químicas foram selecionadas no sentido de melhor cobrir toda a região estudada. Alíquotas de 1g de suspensato foram enviadas ao Laboratório de Análise Química *ActLabs (Activation Laboratories Ltd)* no Canadá para a realização das análises químicas representando a amostra total. O método envolveu fusão alcalina das amostras e leitura com ICP-MS. Foram dosados tanto os elementos maiores como os elementos-traço (Tabela 2).

**Tabela 2:** Método e Laboratório utilizados e elementos analisados.

<b>Método</b>	<b>Elementos Analisados</b>	<b>Laboratório</b>
ICP-MS (Fusão)	SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , MnO, MgO, CaO, Na <sub>2</sub> O, K <sub>2</sub> O, TiO <sub>2</sub> e P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .	ActLabs
ICP-MS (Fusão)	Sc, Be, V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, As, Rb, Sr, Y, Zr, Nd, Mo, Ag, In, Sn, Sb, Cs, Ba, Lu, Hf, Ta, W, Tl, Pb, Bi, Th e U.	ActLabs

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### CONCENTRAÇÃO DOS SUSPENSATOS

A partir das massas obtidas pode-se constatar que os suspensatos correspondentes ao período chuvoso apresentaram concentração variando de 19,00mg/L a 1055,18mg/L e os correspondentes ao período seco apresentam concentração variando de 17,82 mg/L a 179,62 mg/L, ou seja, concentrações menores que no período chuvoso, mostrando que estão de quatro a cinco vezes em média menores. Estas concentrações estão bem semelhantes às encontradas por Gibbs (1967) para os sedimentos em suspensão transportados pelos rios Solimões/Amazonas e Marañon (Tabela 3).



**Tabela 3-** Concentração (mg/L) do material em suspensão nos rios do Acre.

	Local	Estação de amostragem	Período chuvoso	Estação de amostragem	Período seco
Bacia Purus	Rio Acre	02	512,29	21	53,58
		03	208,15	23	124,11
		04	263,33	22	82,71
		05	576,42	15	38,31
		06	426,13	14	59,20
		08	840,07	13	57,78
	Rio Purus	11	840,40	17	133,22
		13	213,02	16	179,62
	Rio Iaco	16	1055,18	18	172,67
		12	975,29	20	139,31
	Rio Macauã	14	313,07		
Rio Caeté	15	216,31	19	151,93	
Bacia Juruá	Rio Envira	21	806,42		
		62	677,24		
		24	570,80	6	169,58
		25	587,02	5	152,89
	Rio Tarauacá	22	830,47		
		29	537,38	7	169,56
		30	394,24	9	177,84
	Rio Muru	31	549,58	8	167,27
	Rio Jurupari	23	188,07		
	Rio Juruá	41	420,18	27	51,64
		17	141,24	26	52,29
		43	386,62	24	121,80
		45	206,87		
		Paraná dos Mouras	44	30,80	
	Rio Moa	42	43,15	25	17,82
26		62,91			
46		62,82			
Ig. Barão	18	19,00			
Rio Solimões/Amazonas <sup>1</sup>		123,00		22,00	
Rio Marañon <sup>1</sup>		464,00		95,00	

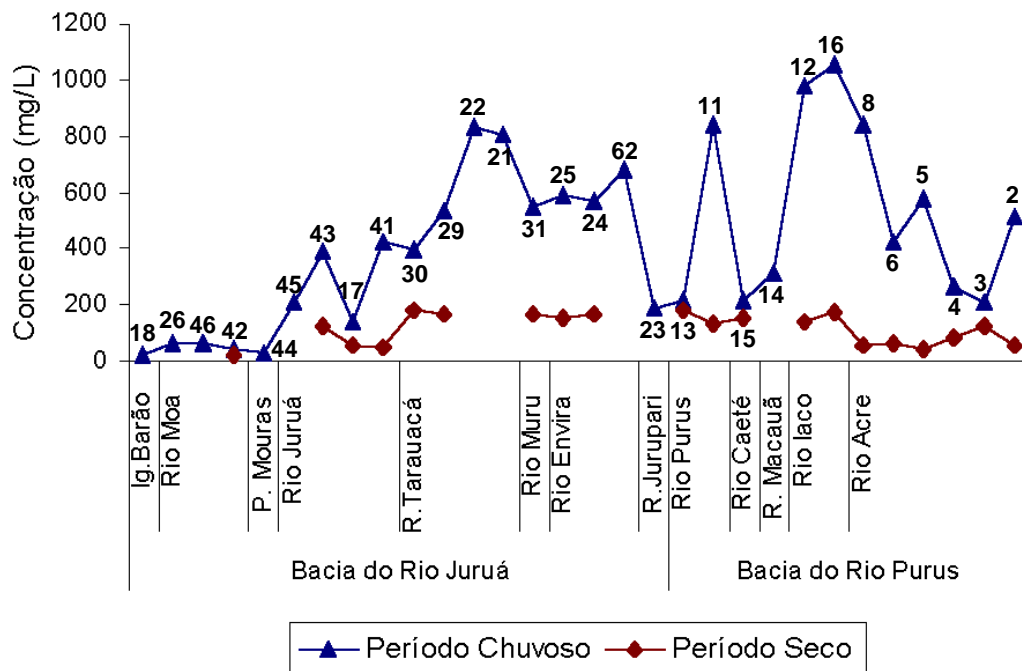
<sup>1</sup> Gibbs (1967)

Nas Figuras 8 e 9 podemos observar que no período chuvoso as maiores concentrações estão localizadas na região central do Estado do Acre, nos rios Envira e Tarauacá, no encontro do rio Iaco com o rio Purus, próximo a cidade de Sena Madureira e nas cabeceiras do rio Acre,

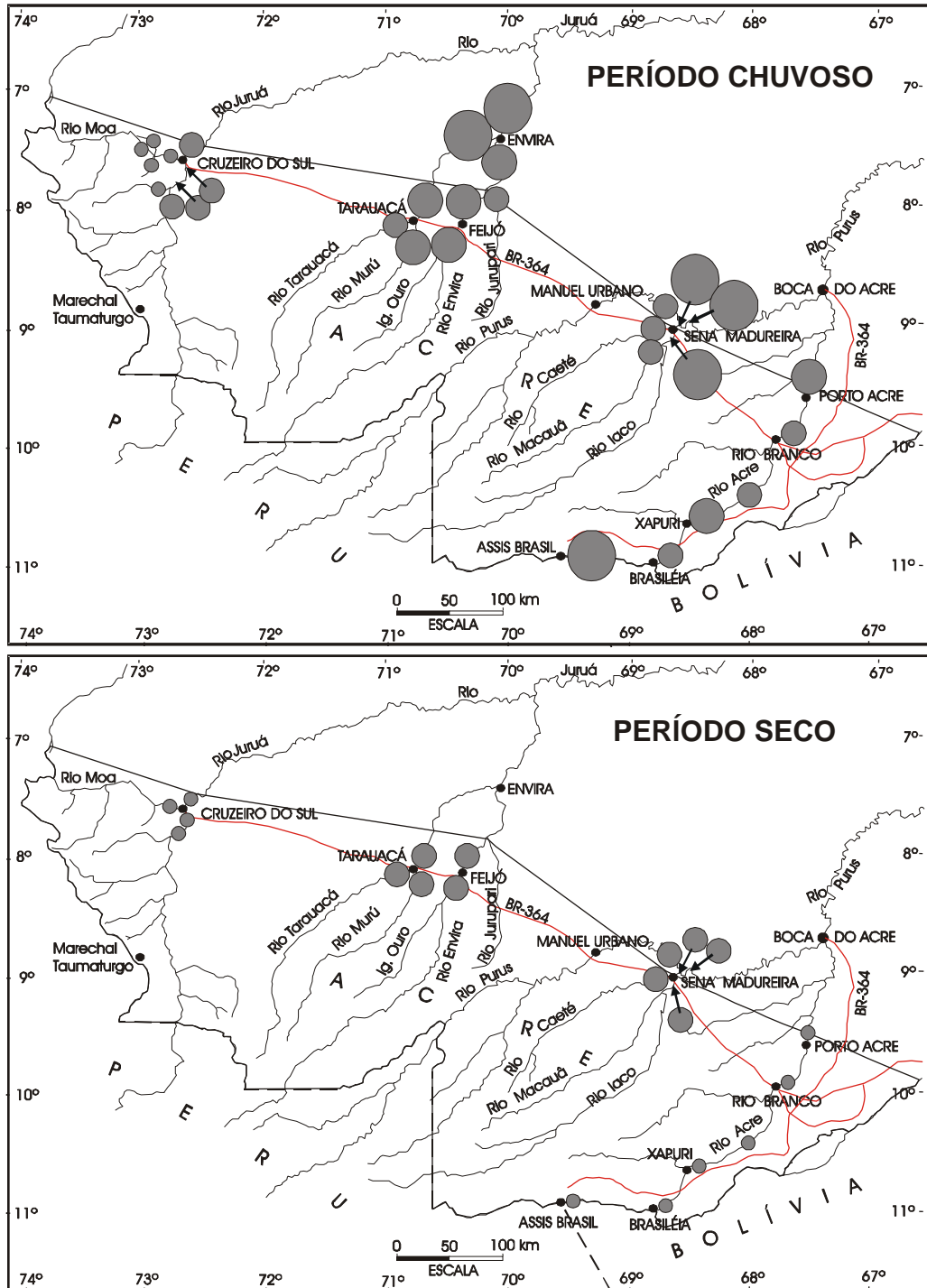
próximo a cidade de Assis Brasil. Por outro lado, as menores concentrações são observadas no Igarapé Barão e nos rios Moa e Paraná dos Mouras, afluentes pela margem esquerda do rio Juruá, próximo as cidades de Mâncio Lima e Cruzeiro do Sul.

No período seco embora as concentrações dos suspensatos sejam menores que no período chuvoso, as maiores concentrações no período seco são também observadas na região central do Estado e no encontro dos rios Iaco e Purus, enquanto as menores são observadas no rio Acre em toda a sua extensão e na região do encontro dos rios Moa e Juruá. Os intervalos utilizados para mostrar a distribuição dos suspensatos, foram baseados na média (X) e desvio padrão aritmético (DP) das concentrações do período chuvoso, obtendo os seguintes intervalos:  $<X - DP$ ,  $(X - DP)$  a  $X$ ,  $X$  a  $(X + DP)$  e  $>X + DP$ .

Como se pode observar pelos resultados obtidos no período chuvoso os rios transportam maior quantidade de suspensatos, isto se deve a maior energia dos mesmos que aumentam sua capacidade de transporte.



**Figura 8-** Distribuição das concentrações de suspensatos em águas fluviais no Estado do Acre mostrada em perfil desde o Igarapé Barão até o rio Acre. Para detalhar a localização geográfica de cada estação de amostragem vide figura 4 e tabela 3.



**Figura 9-** Mapa de distribuição das concentrações (mg/L) de suspensatos em águas fluviais do Estado do Acre.

**Legenda:**

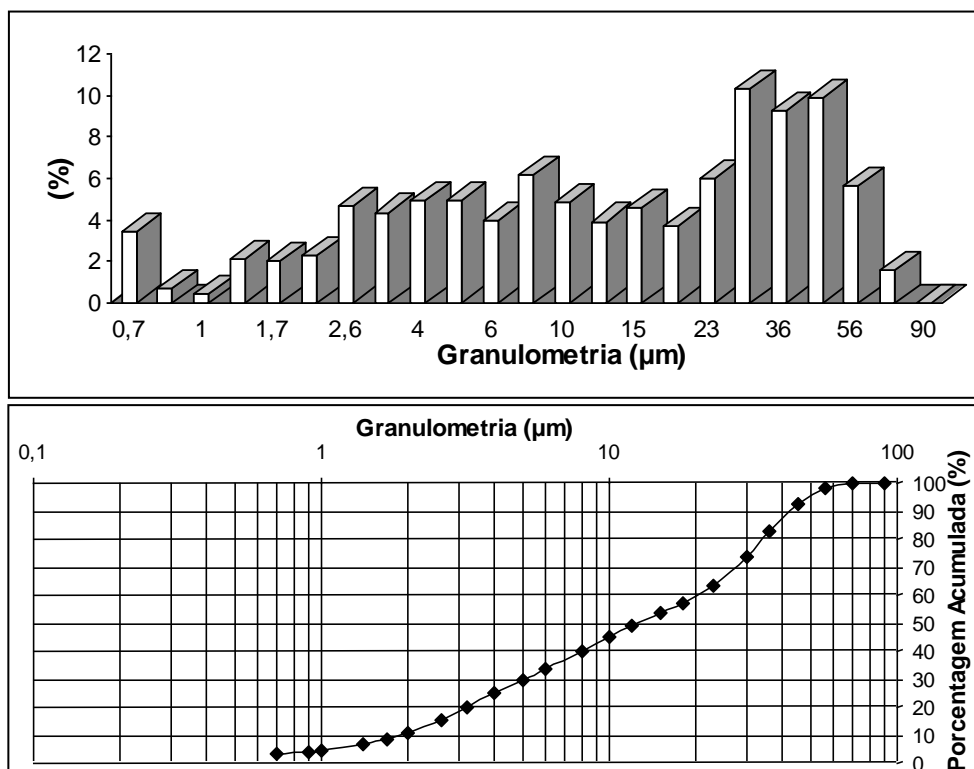
● <131,69    ● 131,69 - 431,82    ● 431,82 - 731,95    ● >731,95

**Período chuvoso:** Média=431,82    D.Padrão aritmético=300,13

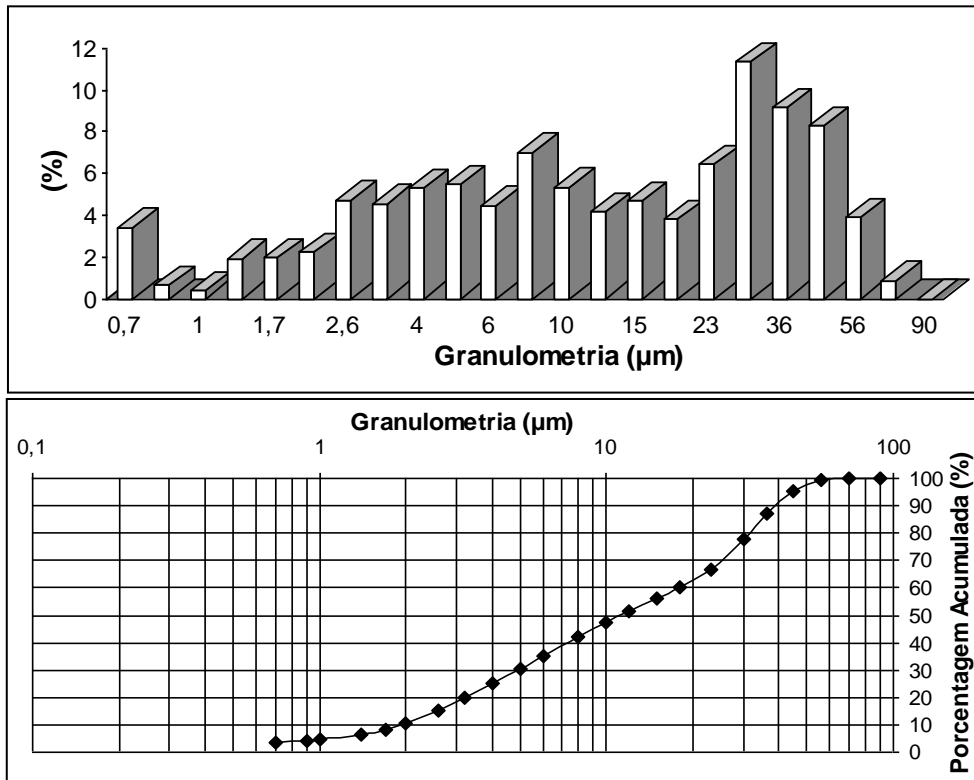
**Período seco:** Média=113,66    D.Padrão aritmético=55,45

## GRANULOMETRIA

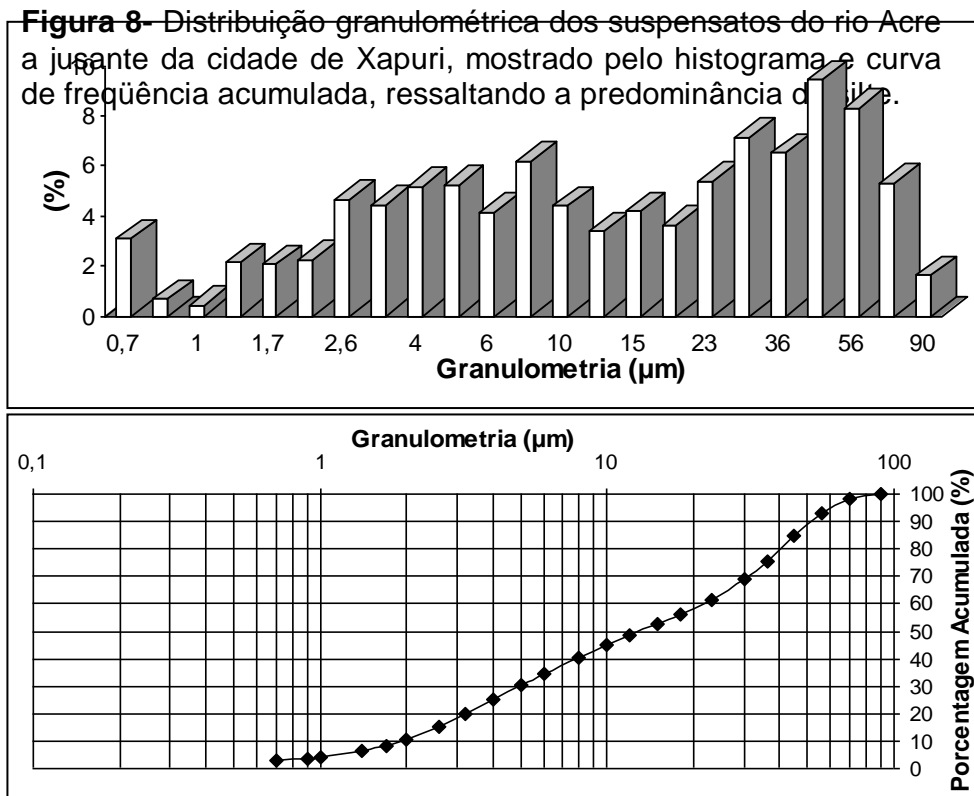
Os histogramas de frequência granulométrica (Figuras 10, 11, 12 e 13) mostram que os suspensatos dos rios que drenam o Estado do Acre são predominantemente constituídos de silte contendo pouca areia fina e argila. É possível observar também que os suspensatos do rio Acre (Figura 8) mostram pequena diferença no conteúdo de areia fina em relação aos rios Purus, Envira e Juruá (Figura 11, 12 e 13). Por outro lado, esses suspensatos indicam tendência de distribuição em quatro populações e apresentam granulometria média de 12 micras (Figura 14).



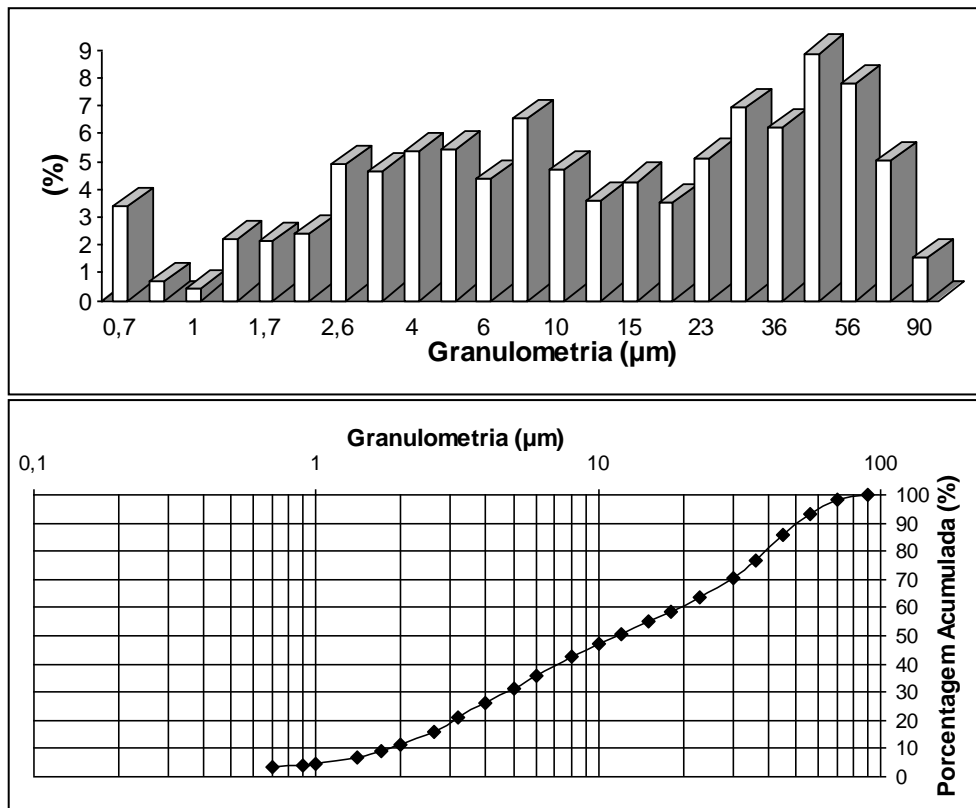
**Figura 10-** Distribuição granulométrica dos suspensatos do rio Acre a jusante da cidade de Xapuri, mostrado pelo histograma e curva de frequência acumulada, ressaltando a predominância de silte.



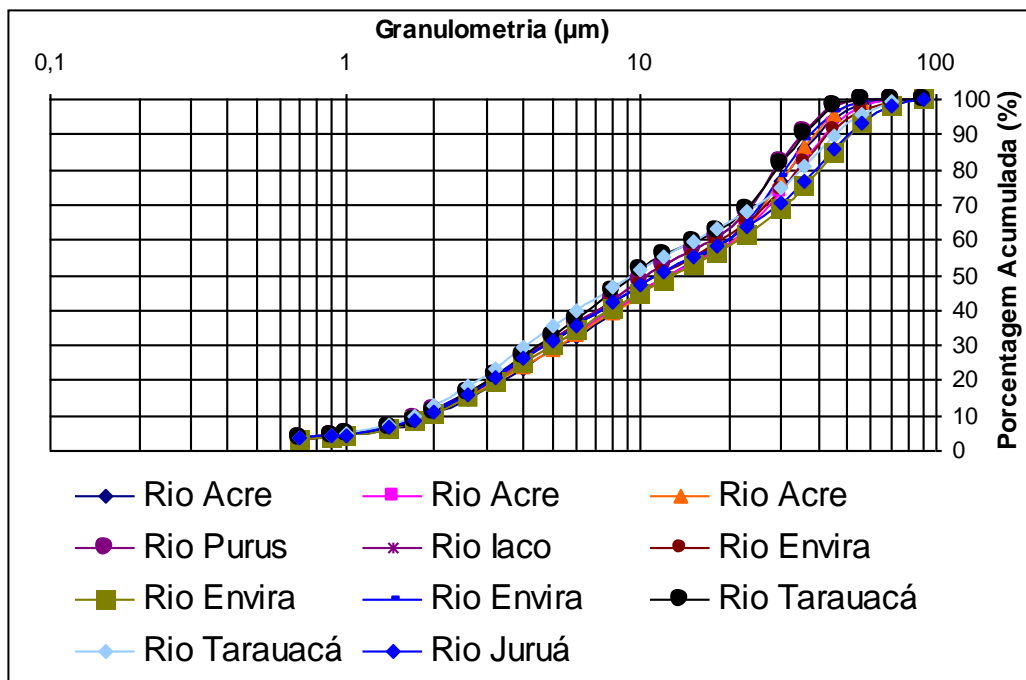
**Figura 11-** Distribuição granulométrica dos suspensos do rio Purus, mostrado pelo histograma e curva de frequência acumulada, ressaltando a predominância de silte.



**Figura 12-** Distribuição granulométrica dos suspensos do rio Envira a jusante da cidade de Feijó, mostrado pelo histograma e curva de frequência acumulada, ressaltando a predominância de silte.



**Figura 13-** Distribuição granulométrica dos suspensos do rio Juruá a montante da cidade de Cruzeiro do Sul, mostrado pelo histograma e curva de frequência acumulada, ressaltando a predominância de silte.



**Figura 14-** Distribuição granulométrica em conjunto das amostras analisadas mostradas pela curva de frequência acumulada ressaltando a predominância de silte.

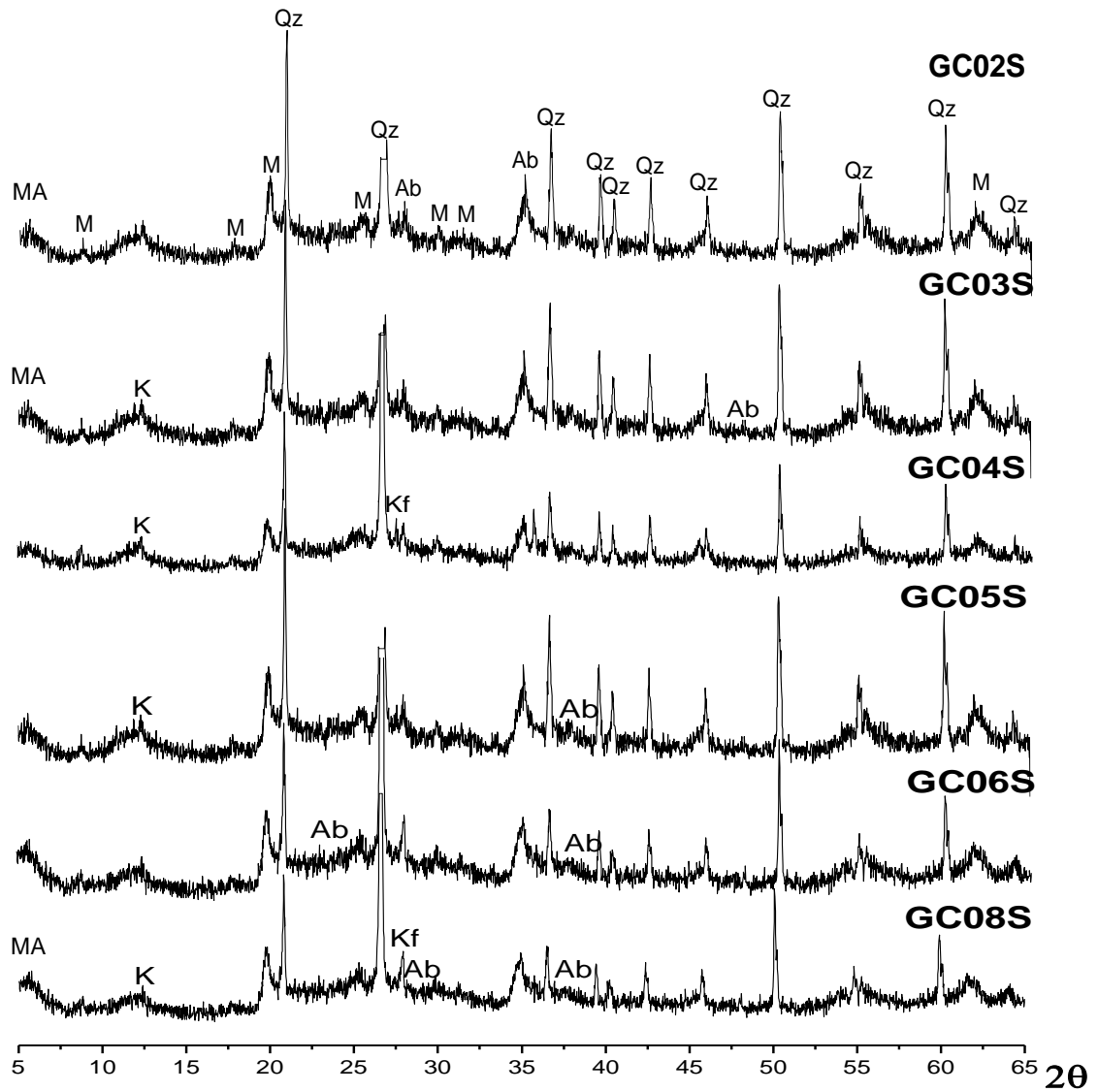
## MINERALOGIA

### *Minerais identificados por difração de raios-X em amostra total*

Os principais minerais identificados por difração de raios-X (DRX) nos suspensatos dos rios estudados, em amostra total, nos dois períodos de coleta foram quartzo, mica, albita, K-feldspato, caulinita e minerais de argila (Figuras 15 a 22).

Analisando os difratogramas pode-se dizer que nestes suspensatos quartzo e mica são os minerais mais abundantes seguidos de caulinita, albita, minerais de argila e K-feldspato. Quartzo e mica foram identificados em todas as amostras estudadas enquanto os demais aparecem com menor frequência (Tabela 4).

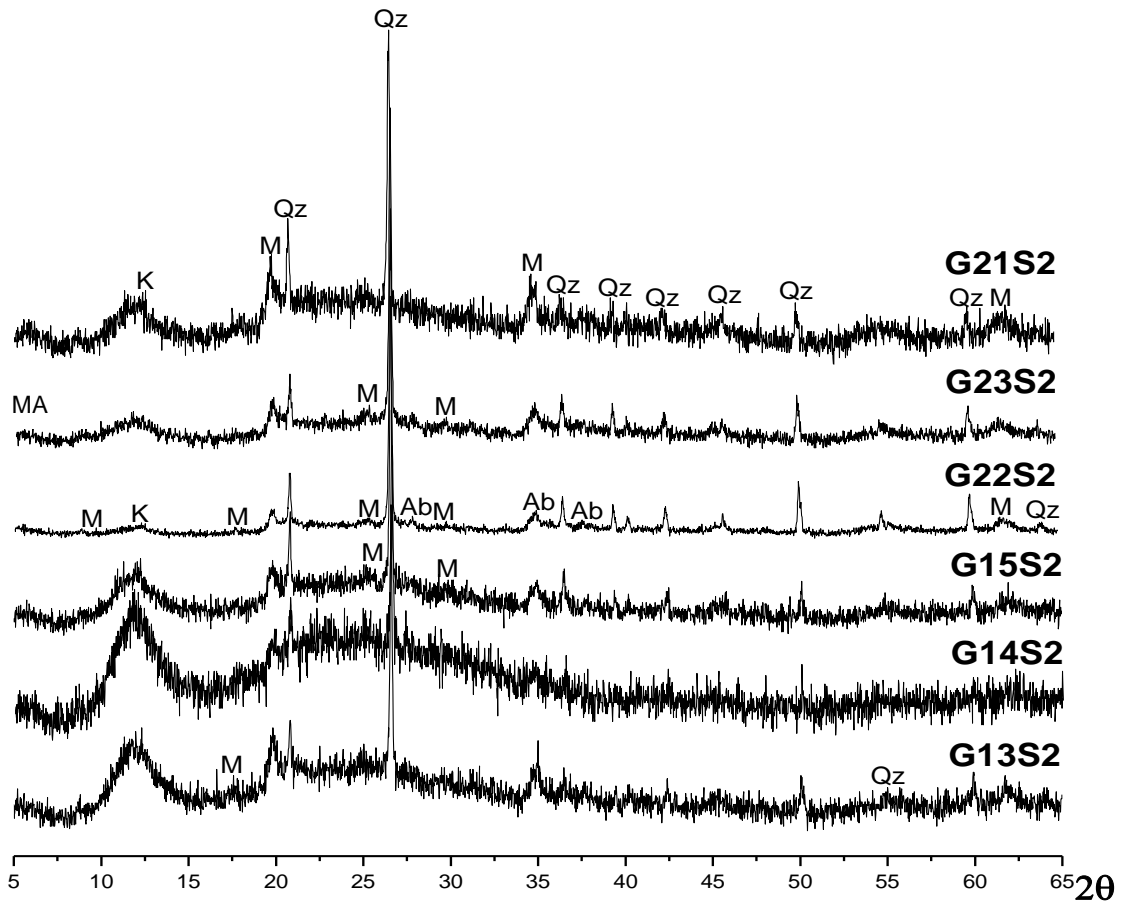
Estes resultados, conforme mostram os difratogramas, não permitiram identificar diferenças mineralógicas marcantes entre os vários rios estudados.



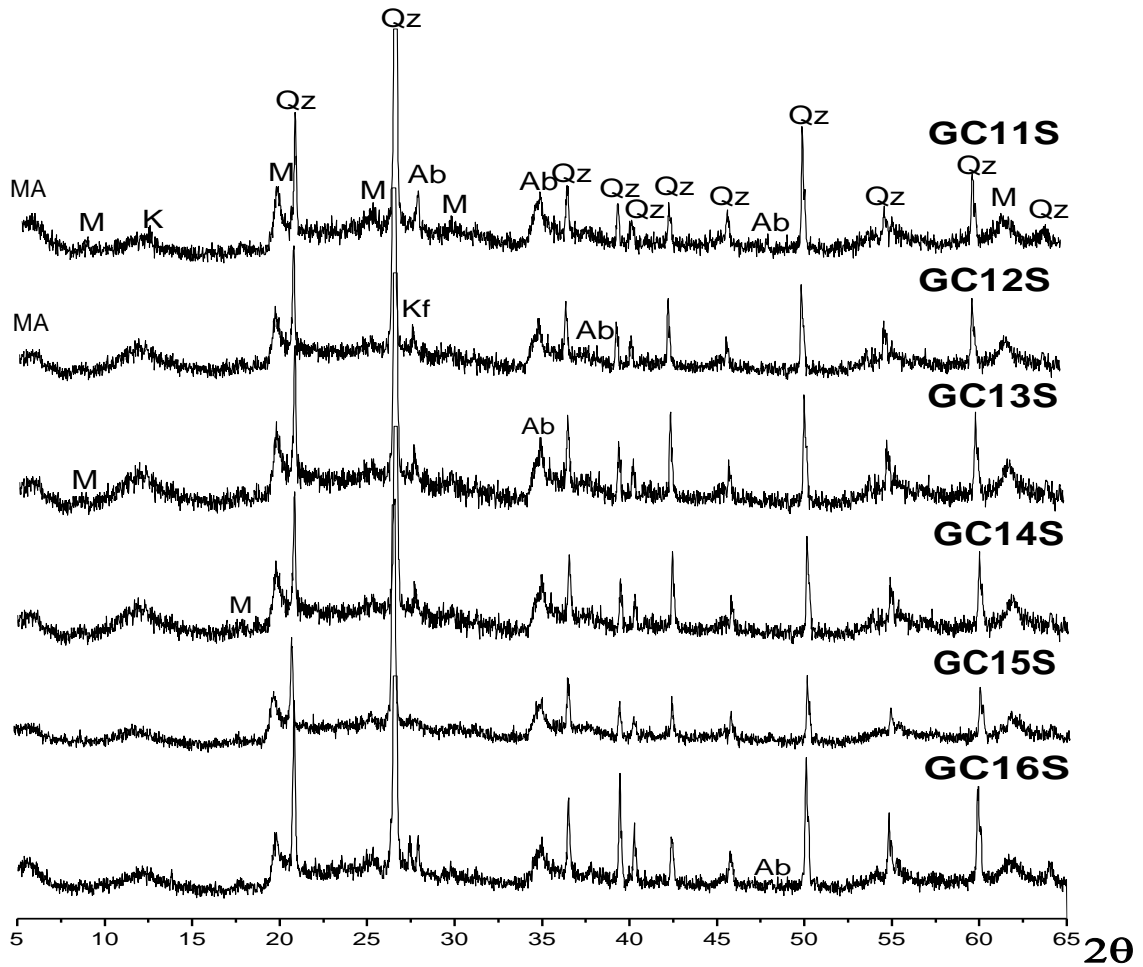
**Figura 15-** Minerais identificados por DRX em amostra total de suspensatos na região do rio Acre no período chuvoso.

Qz- quartzo, M- mica, Ab- albita, Kf- K-feldspato, K- caulinita e MA- mineral de argila.

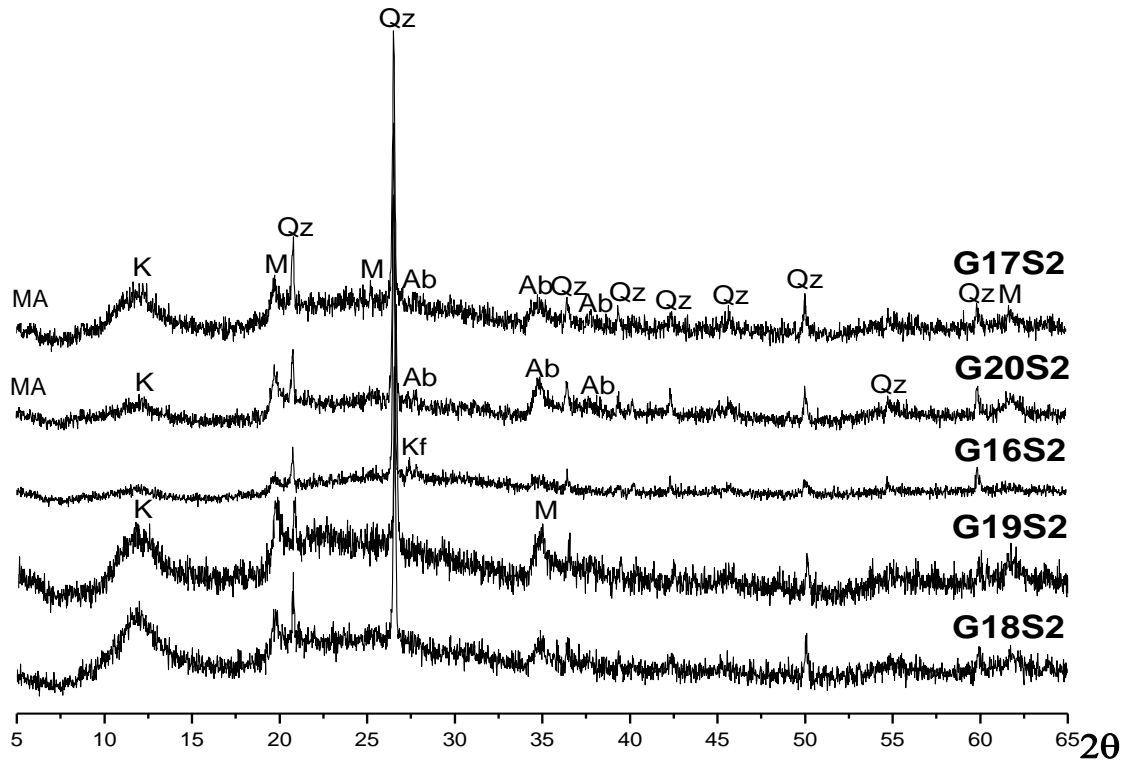




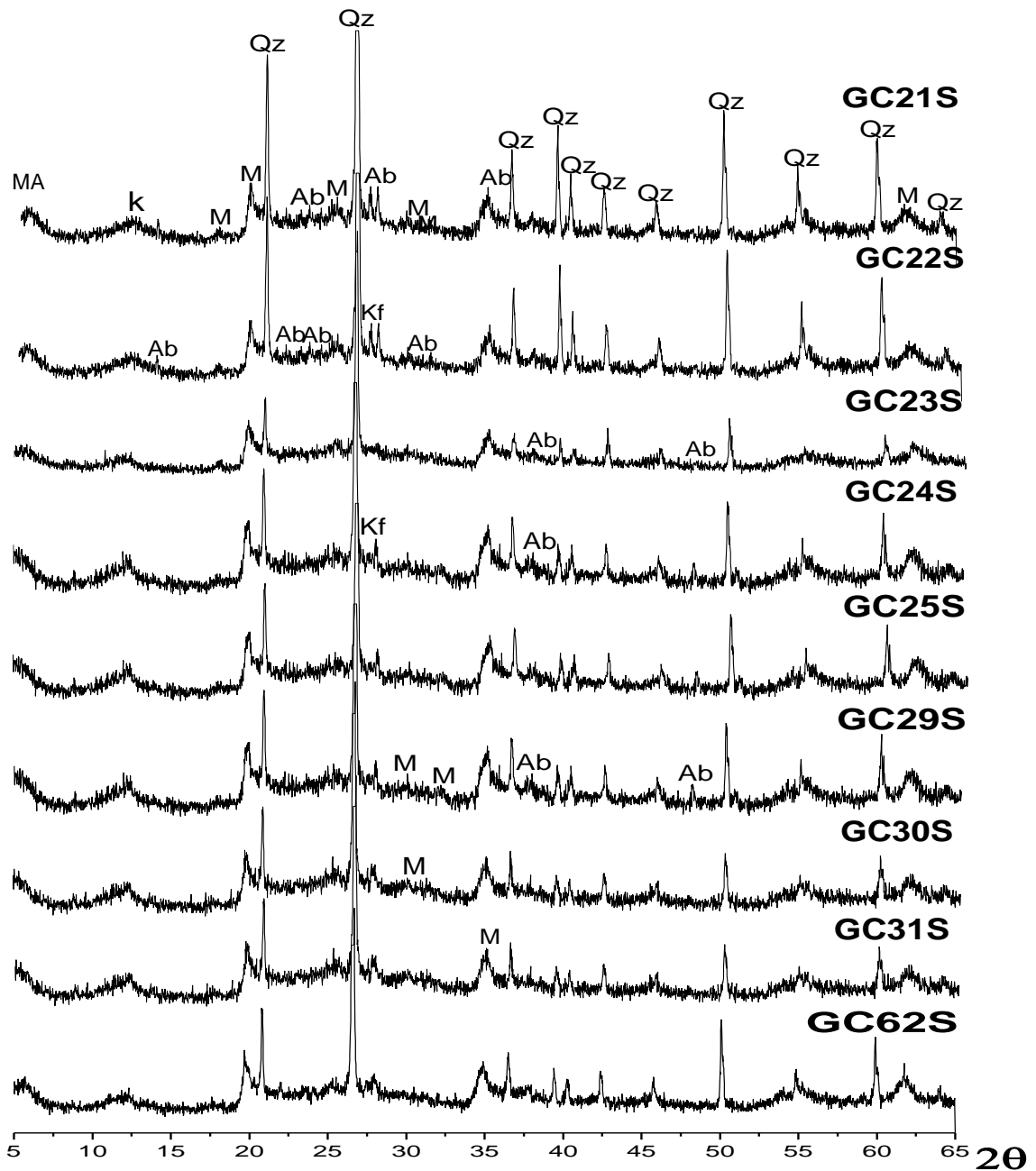
**Figura 16-** Minerais identificados por DRX em amostra total de suspensatos na região do rio Acre no período seco.  
 Qz- quartzo, M- mica, Ab- albita, K- caulinita e MA- mineral de argila.



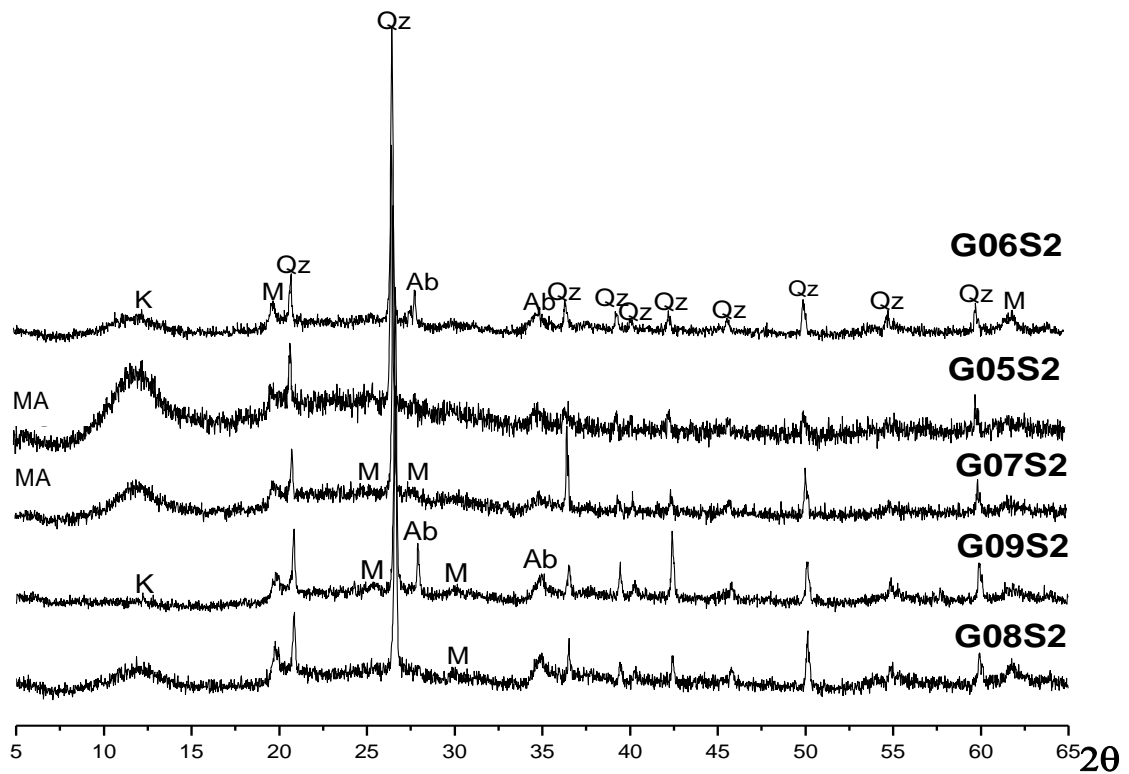
**Figura 17-** Minerais identificados por DRX em amostra total de suspensatos na região da cidade de Sena Madureira no período chuvoso. Qz- quartzo, M- mica, Ab- albita, Kf- K-feldspato, K- caulinita e MA- mineral de argila.



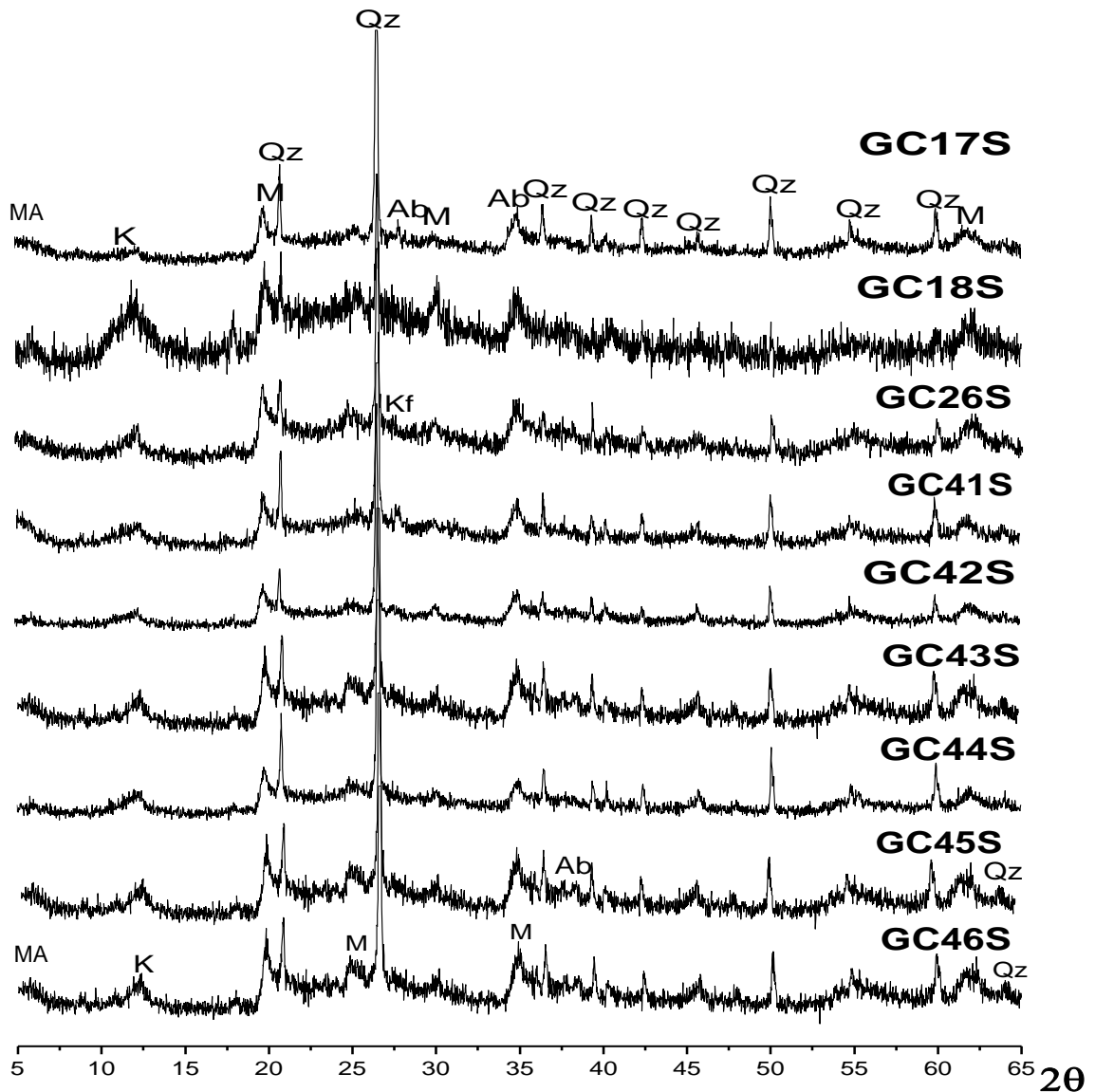
**Figura 18-** Minerais identificados por DRX em amostra total de suspensatos na região da cidade de Sena Madureira no período seco.  
 Qz- quartzo, M- mica, Ab- albita, Kf- K-feldspato, K- caulinita e MA- mineral de argila.



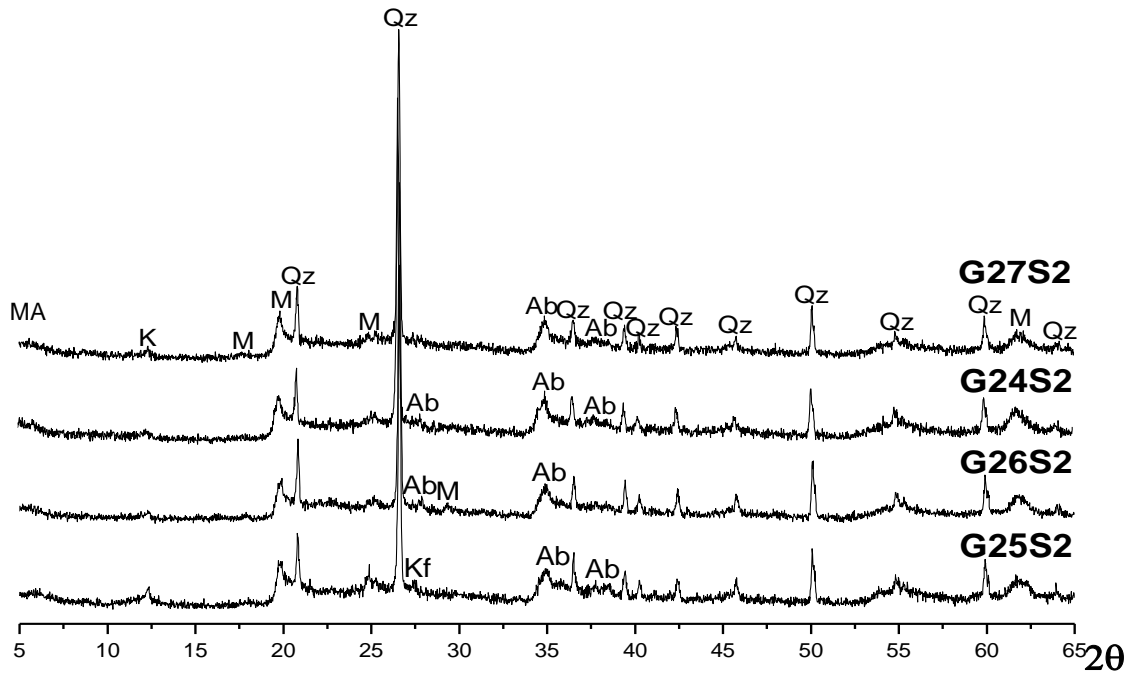
**Figura 19-** Minerais identificados por DRX em amostra total de suspensatos na região das cidades de Tarauacá e Feijó no período chuvoso.  
 Qz- quartzo, M- mica, Ab- albite, Kf- K-feldspato, K- caulinita e MA- mineral de argila.



**Figura 20-** Minerais identificados por DRX em amostra total de suspensatos na região das cidades de Tarauacá e Feijó no período seco.  
 Qz- quartzo, M- mica, Ab- albita, K- caulinita e MA- mineral de argila.



**Figura 21-** Minerais identificados por DRX em amostra total de suspensatos na região da cidade de Cruzeiro do Sul no período chuvoso. Qz- quartzo, M- mica, Ab- albita, Kf- K-feldspato, K- caulinita e MA- mineral de argila.



**Figura 22-** Minerais identificados por DRX em amostra total de suspensatos na região da cidade de Cruzeiro do Sul no período seco.  
 Qz- quartzo, M- mica, Ab- albita, Kf- K-feldspato, K- caulinita e MA- mineral de argila.

**Tabela 4-** Minerais identificados nos suspensos dos rios do Acre. Para localização geográfica vide figura 4.

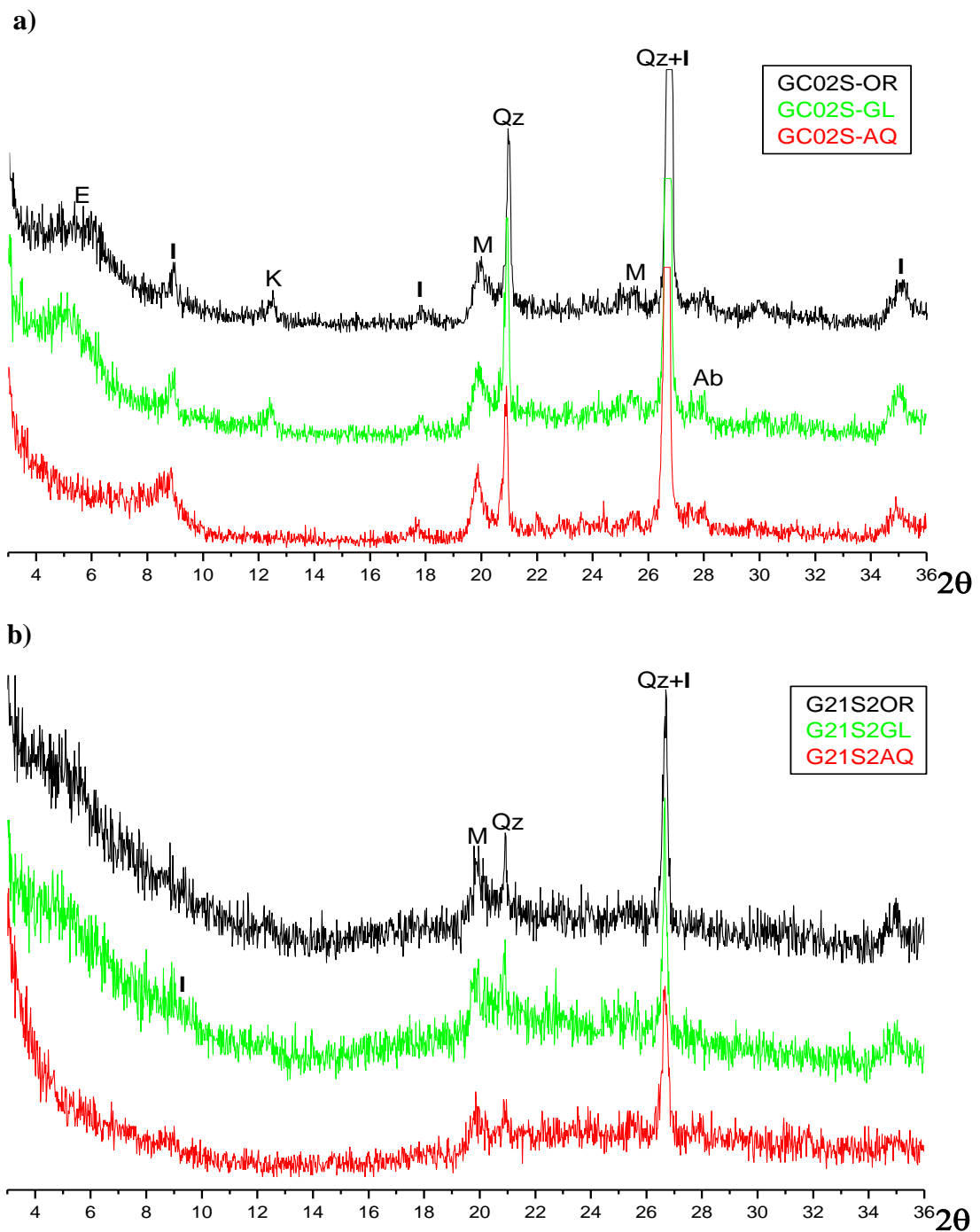
	Período chuvoso	Amostra total						Fração argila						Período seco	Amostra total						Fração argila					
		Qz	M	Ab	Kf	K	MA	E	I	K	Qz	M	Ab		Qz	M	Ab	Kf	K	MA	E	I	K	Qz	M	Ab
Bacia Purus	2	**	**	*			*	*	**	**	*	*	*	21	**	**			*			**	*	*		
	3	**	**	*		*	*	*	**	**	*	*	*	23	**	**			*			**	**	*	*	
	4	**	**	*	*	*		*	**	**	*	*	*	22	**	**	*		*	*	*	**	**	*	*	*
	5	**	**	*		*		*	**	**	*	*	*	15	**	**			*	*	*	**	**	*	*	
	6	**	**	*			*	*	**	**	*	*	*	14	**	**						**	*	*		
	8	**	**	*	*	*	*	*	**	**	*	*	*	13	**	**				*	**	**	*	*		
	Rio Purus	11	**	**	*		*	*	**	**	*	*	*	17	**	**	*		*	*	**		*	*		
		13	**	**	*		*	*	**	**	*	*	*	16	**	**	*	*	*	*	**	**	*	*	*	
	Rio Iaco	16	**	**	*		*	*	**	**	*	*	*	18	**	**	*			*	**	**	*	*		
		12	**	**	*	*		*	**	**	*	*	*	20	**	**	*		*	*	**	**	*	*		
	Rio Macauã	14	**	**			*	*	**	**	*	*	*													
	Rio Caeté	15	**	**			*	*	**	**	*	*	*	19	**	**				**		*	*			
	Bacia Juruá	21	**	**	*		*	*	**	**	*	*	*													
		Rio Envira	62	**	**	*		*	*	**	**	*	*	*												
		24	**	**	*	*		*	*	**	**	*	*	*	6	**	**	*		*	*	**	**	*	*	*
25		**	**	*		*		*	**	**	*	*	*	5	**	**	*		*	*	**	**	*	*		
Rio Tarauacá		22	**	**	*	*	*	*	**	**	*	*	*													
29		**	**	*		*		*	**	**	*	*	*	7	**	**			*	*	**	**	*	*	*	
30		**	**			*		*	**	**	*	*	*	9	**	**	*		*	*	**	**	*	*		
Rio Muru		31	**	**			*	*	**	**	*	*	*	8	**	**			*	**		*	*			
Rio Jurupari		23	**	**	*		*	*	**	**	*	*														
Rio Juruá		41	**	**			*	*	**	**	*	*	*	27	**	**	*		*	*	**	**	*	*		
17		**	**	*		*	*	*	**	**	*	*	*	26	**	**	*		*	*	**	**	*	*	*	
43		**	**	*		*		*	**	**	*	*	*	24	**	**	*		*	*	**	**	*	*		
45		**	**	*		*	*		**	**	*	*	*													
Par. Dos Mouras		44	**	**	*		*	*	**	**	*	*	*													
Rio Moa		42	**	**	*		*	*	**	**	*	*	*	25	**	**	*	*	*		**	**	*	*		
46	**	**		*	*	*	*	**	**	*	*															
Ig. Barão	18	**	**			*		**	**	*	*															

**Legenda:** Qz- quartzo, M-mica, Ab- albita, Kf- K-feldspato, K- caulinita, MA- mineral de argila, E- esmectita, I- illita. \*\*mais abundante; \*menos abundante

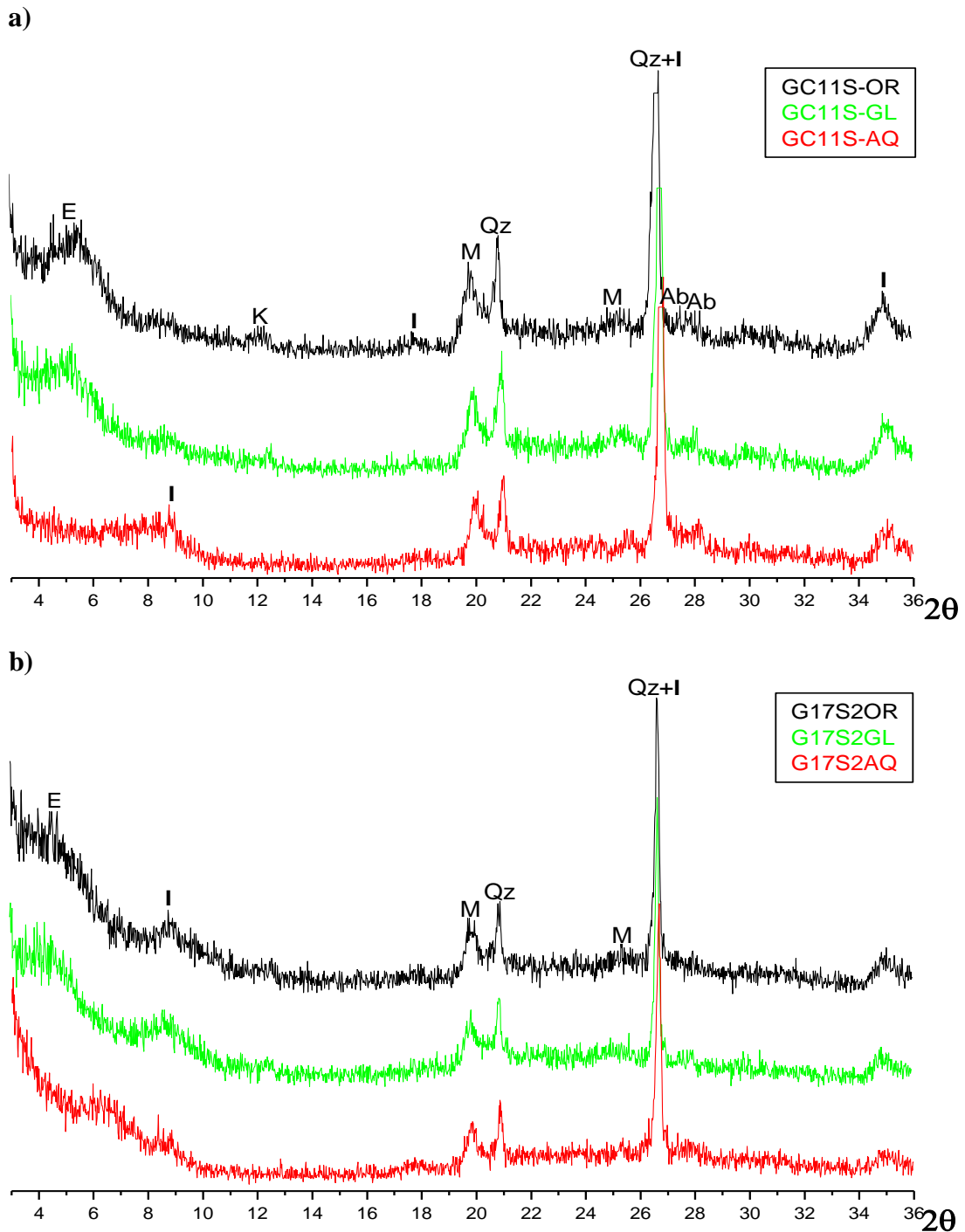


***Minerais identificados por difração de raios-X na fração argila***

Os minerais identificados nessa fração foram esmectita, illita e caulinita além dos minerais já identificados (Figuras de 23 a 26). Como se pode observar esses minerais foram identificados em quase todas as amostras analisadas, porém o quartzo e mica foram os mais frequentes. Assim como nos difratogramas em amostra total não foi possível observar diferenças mineralógicas entre as amostras estudadas dos rios do Acre (Tabela 4).

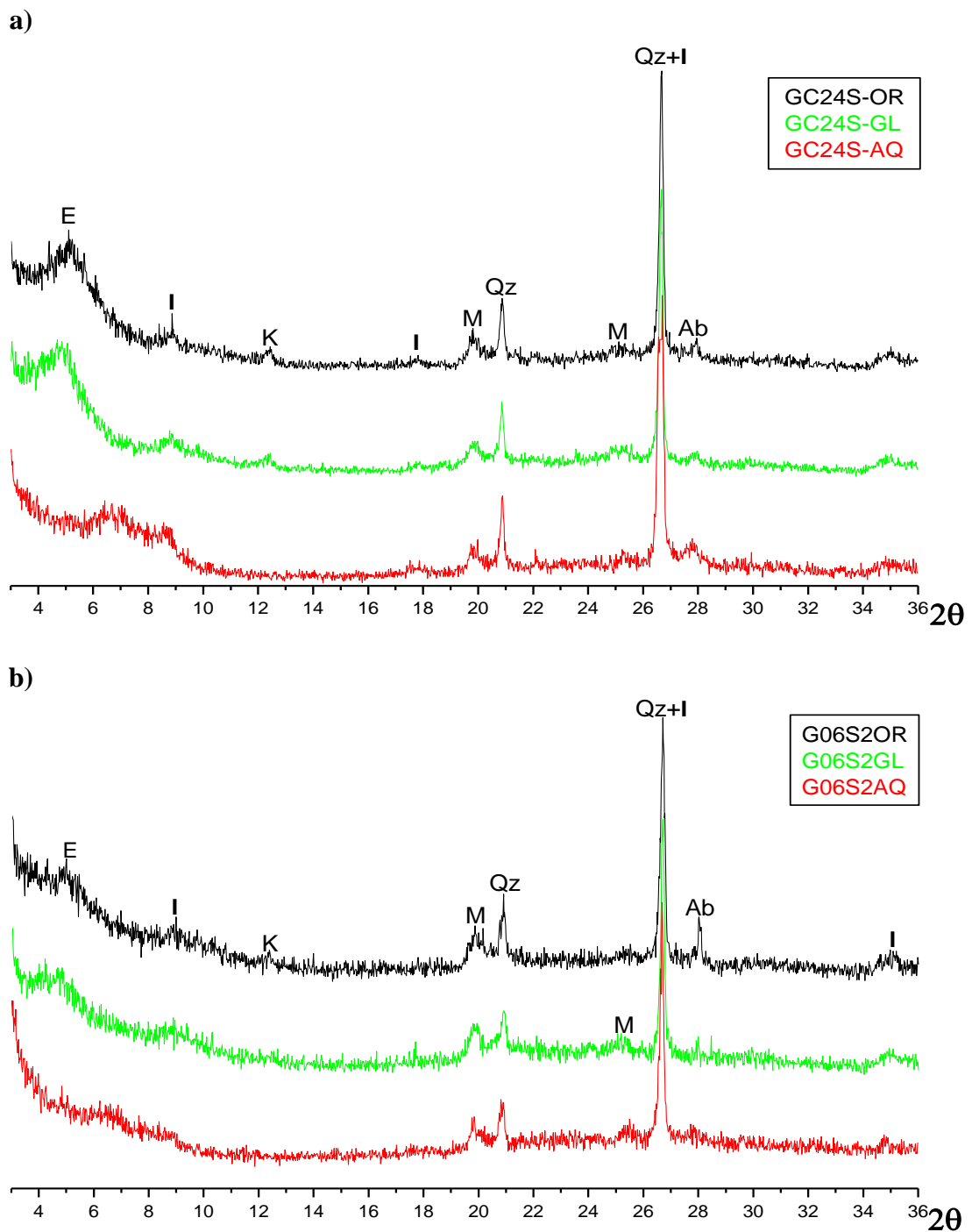


**Figura 23-** Minerais identificados por DRX na fração argila em amostra de suspensatos orientada, glicolada e aquecida a 550°C em lâmina de vidro. Região do rio Acre. (a) Período chuvoso e (b) Período seco. E- esmetita, I- illita, K- caulinita, Qz- quartzo, M- mica e Ab- albita.



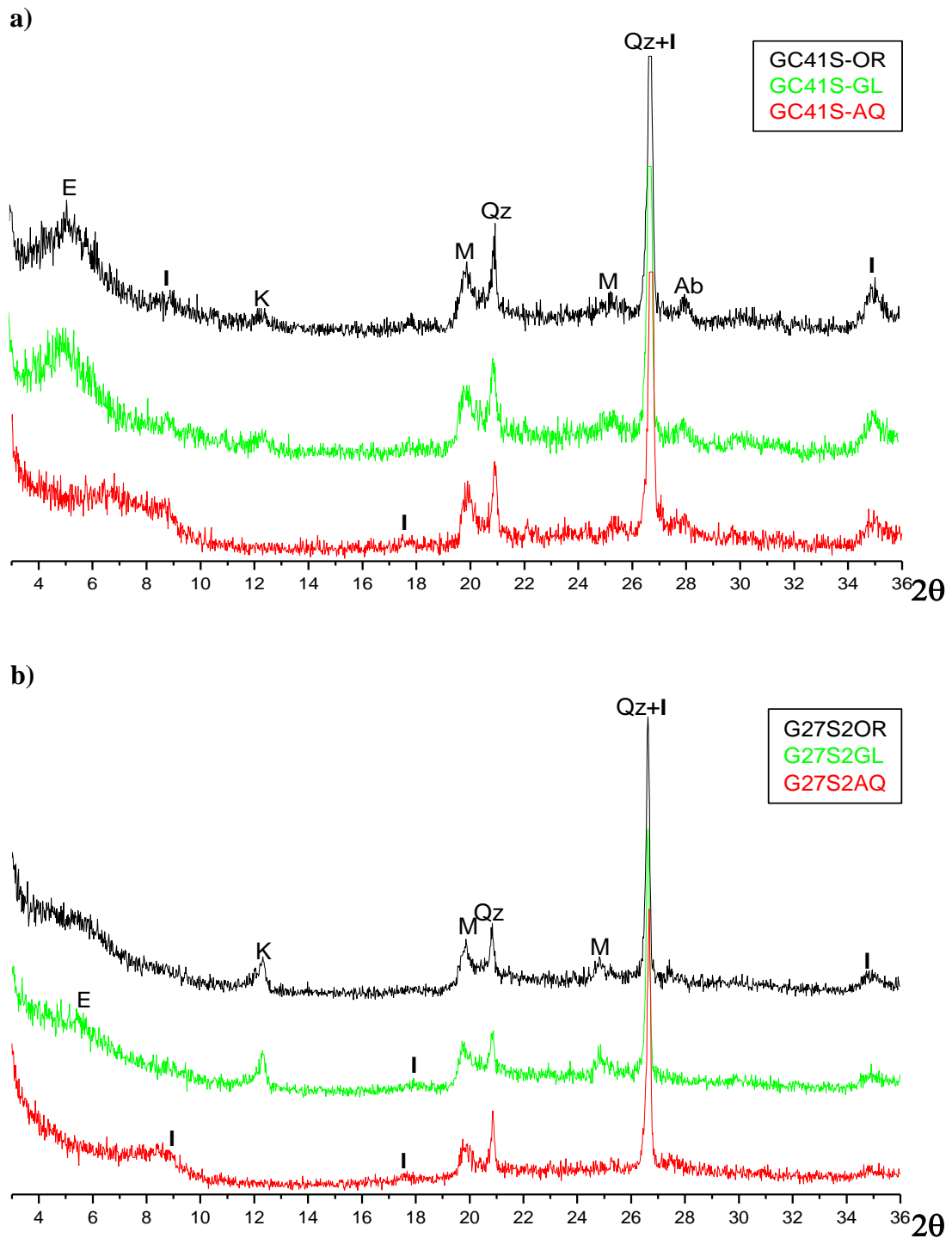
**Figura 24-** Minerais identificados por DRX na fração argila em amostra de suspensatos orientada, glicolada e aquecida a 550°C em lâmina de vidro. Região da Cidade de Sena Madureira. (a) Período chuvoso e (b) Período seco.

E- esmectita, I- illita, K- caulinita, Qz- quartzo, M- mica e Ab- albita.



**Figura 25-** Minerais identificados por DRX na fração argila em amostra de suspensatos orientada, glicolada e aquecida a 550°C em lâmina de vidro. Região das Cidades de Tarauacá e Feijó. (a) Período chuvoso e (b) Período seco.

E- esmectita, I- illita, K- caulinita, Qz- quartzo, M- mica e Ab- albita.

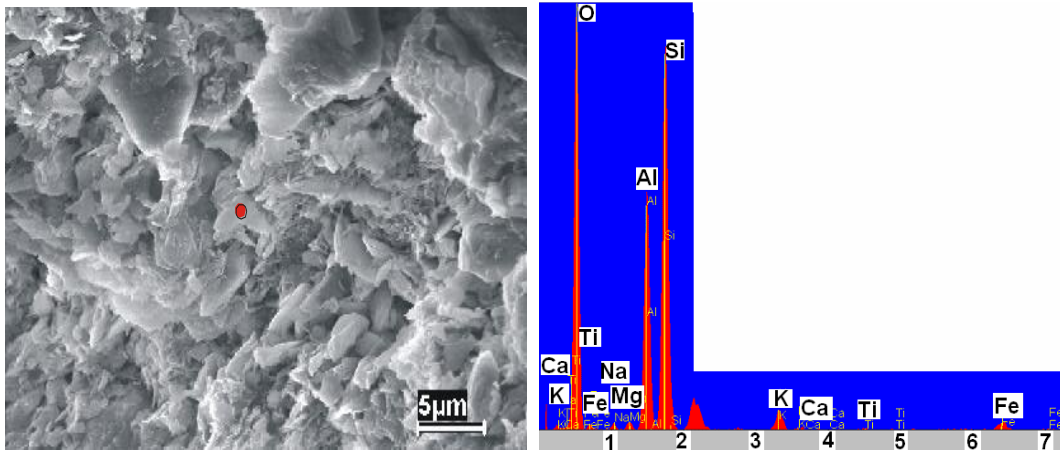


**Figura 26-** Minerais identificados por DRX em amostra de suspensatos orientada, glicolada e aquecida a 550°C em lâmina de vidro. Região da Cidade de Cruzeiro do Sul. (a) Período chuvoso e (b) Período seco. E- esmectita, I- illita, K- caulinita, Qz- quartzo, M- mica e Ab- albita.

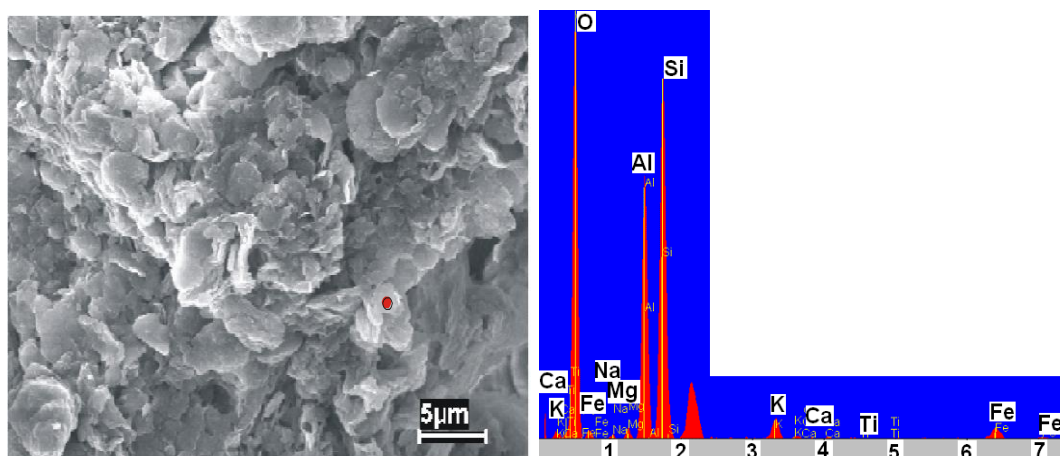
***Microscopia eletrônica de varredura (MEV) e análises químicas por SED***

A microscopia eletrônica de varredura que foi utilizado como método auxiliar a difração de raios-X, veio mostrar que o mineral de argila esmectita é o mais abundante entre os argilominerais nos suspensatos. Nas figuras 27, 28, 29 e 30 é possível observar imagens obtidas desse mineral de argila por MEV além de seus respectivos SED.

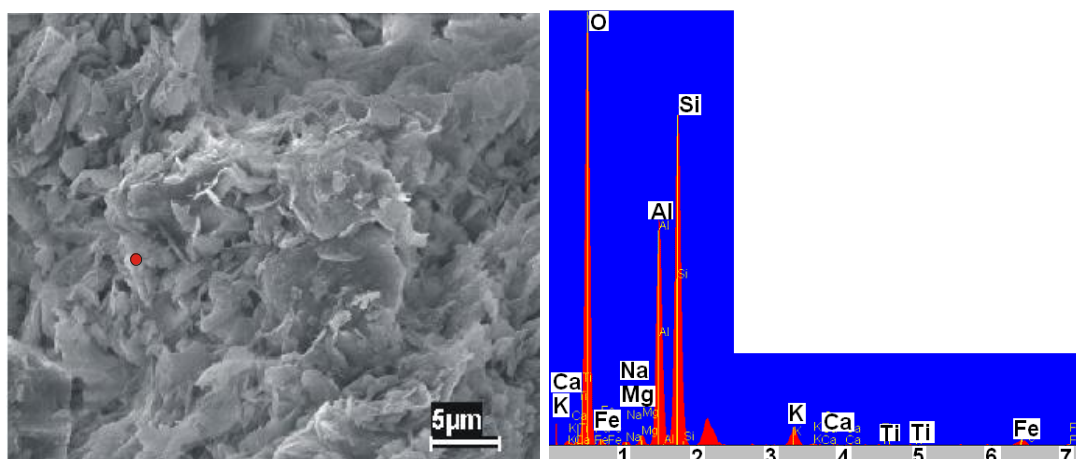
A mineralogia identificada por este método, além da DRX, é bem semelhante àquela encontrada por Gibbs (1967), quando do seu estudo dos suspensatos dos rios da Bacia Amazônia desde os rios Marañon e Ucayali até os rios próximos a foz do rio Amazonas.



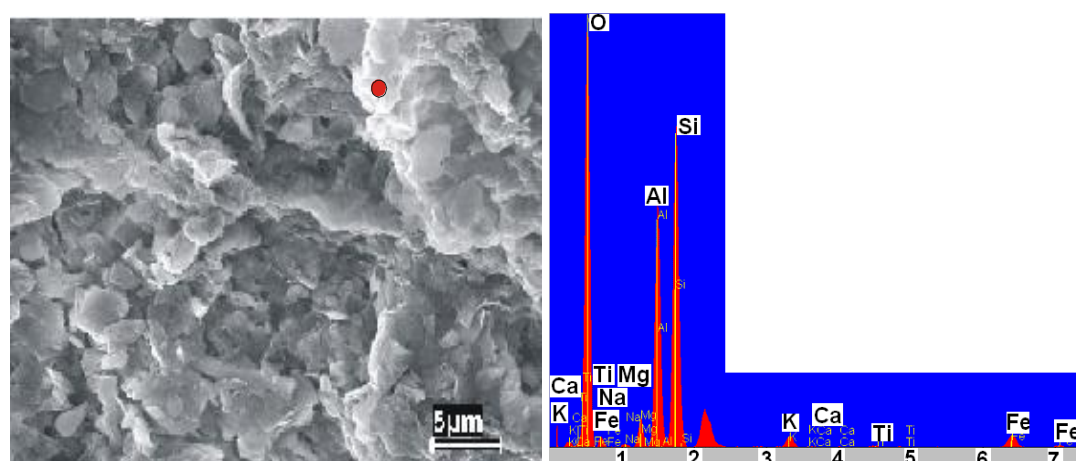
**Figura 27-** Imagem de MEV de esmectita nos suspensatos do rio Acre com seu respectivo SED, representado pela Estação de amostragem 6 do período chuvoso.



**Figura 28-** Imagem de MEV de esmectita nos suspensatos do rio Macauã com seu respectivo SED, representado pela Estação de amostragem 14 do período chuvoso.



**Figura 29-** Imagem de MEV de esmectita nos suspensatos do rio Tarauacá com seu respectivo SED, representado pela Estação de amostragem 29 do período chuvoso.



**Figura 30-** Imagem de MEV de esmectita nos suspensatos do rio Juruá com seu respectivo SED, representado pela Estação de amostragem 43 do período chuvoso.

## COMPOSIÇÃO QUÍMICA

Os resultados das análises químicas mostram que estes suspensatos em média são ricos em  $\text{SiO}_2$  ( $55,69\% \pm 3,89\%$ ),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ( $18,68\% \pm 1,76\%$ ),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ( $5,89\% \pm 0,41\%$ ), além de valores significativos de  $\text{K}_2\text{O}$  ( $1,93\% \pm 0,07\%$ ),  $\text{MgO}$  ( $1,17\% \pm 0,22\%$ ),  $\text{Na}_2\text{O}$  ( $0,41\% \pm 0,06\%$ ), além de  $\text{TiO}_2$  ( $0,85\% \pm 0,10\%$ ). Os valores de  $\text{P}_2\text{O}_5$  ( $0,10\% \pm 0,014\%$ ),  $\text{CaO}$  ( $0,14\% \pm 0,17\%$ ) e  $\text{MnO}$  ( $0,10\% \pm 0,021\%$ ) são os mais baixos (Tabela 5). Estes resultados estão compatíveis com a mineralogia encontrada onde o quartzo é o mineral mais abundante seguido de mica e dos minerais de argila. A presença de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$  e  $\text{CaO}$  em concentrações consideráveis



reflete a presença dos minerais de argila esmectita e illita e mesmo da mica possivelmente muscovita. O Na<sub>2</sub>O representa a albita e o K<sub>2</sub>O a illita e novamente a mica. Estes resultados não mostram grandes variações nas suas concentrações em toda a área estudada, indicado que os sedimentos têm fonte homogênea em termos químicos e mineralógicos.

Tabela 5- Composição química dos suspensatos dos rios que drenam o Estado do Acre e dos materiais de referência.

Elementos maiores (%)												
Estação amostrada	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (T)	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	PF	Total
2	60,90	15,99	5,68	0,08	0,83	0,16	0,43	1,89	1,00	0,11	11,90	98,93
5	59,12	17,19	6,24	0,09	0,84	0,03	0,31	1,91	0,98	0,11	13,20	99,97
8	55,22	18,60	6,39	0,09	1,03	0,04	0,38	2,02	0,94	0,10	14,50	99,28
11	55,90	18,82	6,20	0,10	1,25	0,10	0,54	2,02	0,91	0,11	13,90	99,85
16	57,21	18,16	6,20	0,07	1,08	0,05	0,44	2,03	0,95	0,10	13,60	99,92
21	58,32	17,85	5,50	0,08	1,14	0,09	0,39	1,89	0,82	0,08	13,90	100,1
22	61,73	15,88	4,99	0,06	0,97	0,08	0,41	1,83	0,78	0,07	12,30	99,08
24	54,45	19,25	5,57	0,12	1,43	0,47	0,48	1,94	0,75	0,09	15,50	100
25	52,20	20,33	5,76	0,12	1,51	0,54	0,45	1,92	0,75	0,10	16,10	99,80
29	52,84	20,05	5,89	0,12	1,31	0,08	0,36	1,93	0,76	0,08	16,50	99,91
41	50,07	21,04	6,07	0,11	1,27	0,03	0,37	1,85	0,77	0,10	17,60	99,21
43	50,35	21,02	6,28	0,12	1,32	0,03	0,38	1,92	0,78	0,11	17,50	99,85
<b>Média</b>	55,69	18,68	5,90	0,10	1,17	0,14	0,41	1,93	0,85	0,10	14,70	99,66
<b>D.Padrão</b>	3,89	1,76	0,41	0,02	0,22	0,17	0,06	0,07	0,10	0,01	1,92	0,41
<b>CTS</b>	64,92	14,63	4,42	0,07	2,24	4,12	3,46	3,45	0,52	0,15		
<b>PAAS</b>	62,80	18,90	6,50	0,11	2,20	1,30	1,20	3,70	1,00	0,16		
<b>Praias</b>	82,68	6,70	2,61	0,05	0,48	0,41	0,60	1,42	0,67	0,07		

CTS- Crosta terrestre superior (Wedepohl, 1995).

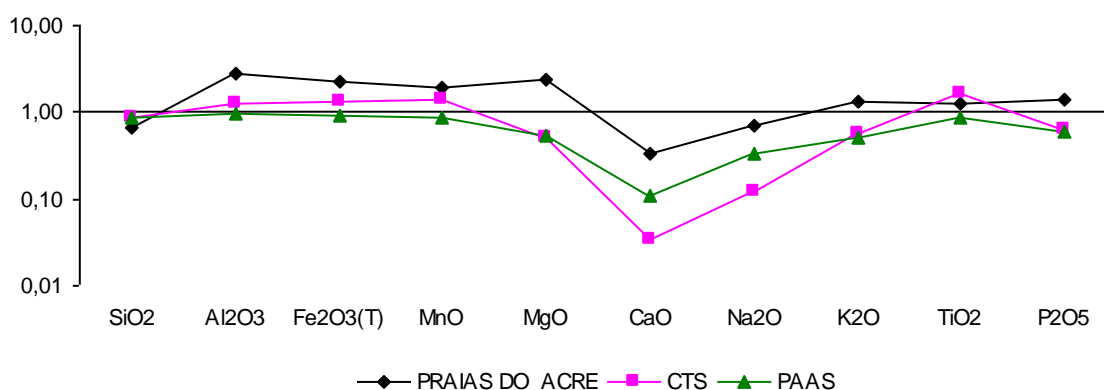
PAAS- folhelhos pós-Arqueanos da Austrália (Taylor & McLennan, 1985).

Praias- Composição química média dos sedimentos de praia dos rios do Acre (Almeida *et al*, 2005).

PF- Perda ao Fogo.

As concentrações obtidas quando comparadas com as concentrações médias destes elementos nas Praias dos rios do Acre, Crosta terrestre superior (CTS) e folhelhos pós-Arqueanos da Austrália (PAAS) observa-se enriquecimento em Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO e MgO e empobrecimento em CaO em relação aos sedimentos de praia dos rios do Acre. Por outro lado, a mesma comparação feita com a CTS e PAAS os suspensatos aos rios do Acre estudado

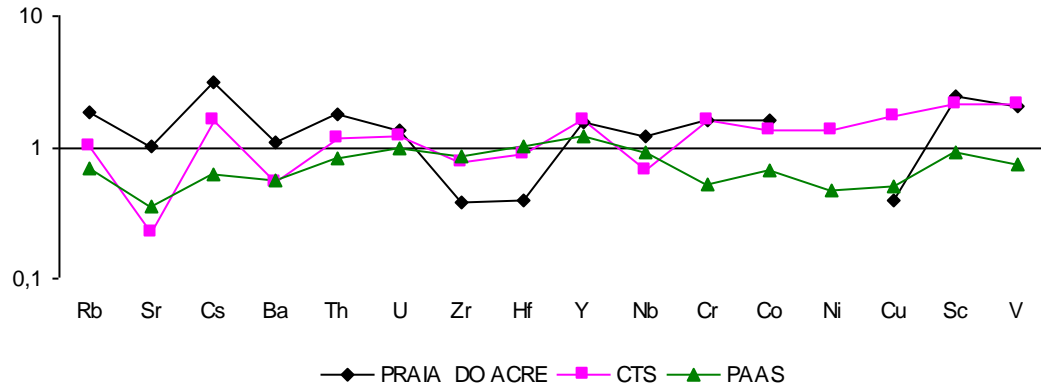
estão empobrecidos em metais alcalinos e alcalinos terrosos e semelhantes nos demais óxidos. Mesmo com concentrações em álcalis menores que as concentrações médias destes elementos na CTS, as concentrações dos suspensatos são consideráveis no sentido de contribuir para a fertilidade de praias e planícies de inundação que são aproveitadas pelos ribeirinhos para o cultivo de subsistência de pequeno ciclo de verão, especialmente milho (*Zea mays*) e feijão (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) (Figura 31).



**Figura 31-** Normalização da composição química dos suspensatos dos rios do Acre contra a média das concentrações nos sedimentos de praia no Estado do Acre, com dados de Almeida *et al* (2003), CTS, com dados de Wedepohl (1995) e PAAS, com dados de Taylor & McLennan (1985).

Na tabela 6 são apresentadas concentrações dos elementos-traço que apresentaram teores acima do limite de detecção do método analítico, para os suspensatos do Estado do Acre.

As concentrações obtidas destes elementos para os suspensatos no geral mostram-se enriquecidas em Rb, Cs, Co, Sc e V e empobrecidas em Zr e Hf quando comparadas com as concentrações destes elementos nos sedimentos de praia dos rios do Acre. Isto certamente está refletindo a sua granulometria mais fina, em que os minerais de Zr estão mais restritos, como o zircão, já mostrados pelos estudos de Oliveira (2005) ao estudar minerais pesados nos sedimentos praianos, constatando que zircão se concentra preferencialmente na fração silte-areia fina, enquanto na silte fina estão os minerais de argila que controlam Rb, Cs, Co, V. Por outro lado, quando comparadas as concentrações dos elementos traços analisados com a média desses elementos na CTS observa-se que os mesmos nos suspensatos estão enriquecidos em Cs, Y, Cr, Co, Ni, Cu, Sc e V, e empobrecidos em Sr e Ba (Figura 32). Enquanto com o PAAS apenas o Y apresenta-se levemente enriquecido e os demais ou estão semelhantes ou empobrecidos (Figura 30).



**Figura 32-** Normalização da composição química média dos elementos-traço nos suspensatos dos rios do Acre contra: sedimentos de praia no Estado do Acre, com dados de Almeida *et al* (2003), CTS, com dados de Wedepohl (1995) e PAAS, com dados de Taylor & McLennan (1985).



**Tabela 6-** Concentração dos elementos-traço nos suspensatos dos rios estudados no Estado do Acre e dos materiais de referência.

<b>Elementos-traço (ppm)</b>																
<b>Estação amostrada</b>	<b>Rb</b>	<b>Sr</b>	<b>Cs</b>	<b>Ba</b>	<b>Th</b>	<b>U</b>	<b>Zr</b>	<b>Hf</b>	<b>Y</b>	<b>Nb</b>	<b>Cr</b>	<b>Co</b>	<b>Ni</b>	<b>Cu</b>	<b>Sc</b>	<b>V</b>
<b>2</b>	110	77	8,4	415	12,6	3,2	212	6,3	38	20	60	18	30	20	14	112
<b>5</b>	120	74	10,1	431	13,3	3,3	207	6,1	34	21	70	17	30	20	15	117
<b>8</b>	117	68	9,9	434	13,1	2,9	174	5	35	19	70	16	30	30	16	121
<b>11</b>	112	74	10,2	410	12,4	3,1	188	5,2	36	18	60	17	30	30	16	116
<b>16</b>	113	75	10,1	410	12,3	2,8	190	4,9	35	18	60	15	20	30	16	124
<b>21</b>	110	62	8,9	321	11,7	2,9	194	5,3	33	18	50	13	20	20	14	105
<b>22</b>	104	59	7,5	309	11,7	2,9	237	6,7	30	17	50	13	20	20	12	94
<b>24</b>	107	75	10,3	355	11,2	3,2	167	4,7	32	16	50	14	20	30	14	101
<b>25</b>	113	77	10,2	357	11,8	3,7	161	4,7	32	16	50	15	30	30	14	105
<b>29</b>	108	58	8,8	320	11,6	2,8	163	4,8	31	16	50	15	20	20	14	105
<b>41</b>	108	77	9,1	312	11,5	2,7	132	3,8	29	15	60	16	20	20	15	113
<b>43</b>	111	80	10,3	324	12,1	2,7	124	3,5	29	14	50	16	30	30	16	118
<b>Média</b>	111	71	9	367	12	3	179	5	33	17	57	15	25	25	15	111
<b>D.Padrão</b>	4	8	1	50	1	0,3	33	1	3	2	8	2	5	5	1	9
<b>CTS</b>	110	316	5,8	668	10,3	2,5	237	5,8	20,7	26	35	11,6	18,6	14,3	7	53
<b>PAAS</b>	160	200	15	650	14,6	3,1	210	5	27	19	110	23	55	50	16	150

CTS- Crosta terrestre superior (Wedepohl, 1995).

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

## CONCLUSÕES

Os resultados obtidos mostram que as concentrações dos suspensatos dos rios do Estado do Acre são maiores no período chuvoso que no período seco. De acordo com esses mesmos dados pode-se constatar que no período chuvoso as maiores concentrações estão situadas na região central do Estado do Acre, nos encontros dos rios Tarauacá/Envira, Iaco/Purus e nas cabeceiras do rio Acre, enquanto as menores ocorrem nos rios Moa e no Paraná dos Mouras, rios de águas claras, e afluentes pela margem esquerda do rio Juruá (Figuras 9). No período seco as maiores concentrações são observadas na parte central nos encontros dos rios Tarauacá/Envira e Iaco/Purus. A granulometria apresentada por estes suspensatos é essencialmente síltica com pouca de areia fina e argila conforme mostram as figuras 10, 11, 12, 13 e 14.

Os rios da parte central do Acre têm como fonte dos sedimentos, essencialmente os litotipos da Formação Solimões, ou seja, rocha síltica argilosas com níveis de arenitos finos, enquanto que as da margem esquerda do rio Juruá, além dos litotipos da Formação Solimões tem influência também de outras rochas que afloram na região da Serra do Divisor constituída de material com maior maturidade, como os arenitos da Formação Ramon, isto possivelmente é a causa da menor quantidade de material transportado em suspensão pelos rios da margem esquerda do rio Juruá.

A mineralogia identificada pelos métodos utilizados nessa pesquisa (DRX e MEV/SED) é constituída principalmente de quartzo, mica, albita, caulinita, K-feldspato, illita e esmectita (Figuras 15 a 30). Esta mineralogia é compatível com aquelas encontradas em outros trabalhos realizados no Estado do Acre, bem como em sedimentos dos rios Solimões e outros nos países vizinhos que têm como fonte também rochas de Formação Solimões, como exemplo as pesquisas realizadas pelo Grupo de Mineralogia e Geoquímica Aplicada (CG/UFPA) em sedimentos de praia durante a realização do Projeto SelenMerAs, bem como aqueles encontrados por Gibbs R.J. (1967), que estudando os sedimentos em suspensão dos rios da Bacia Amazônica desde a nascente até a foz do rio Amazonas, e os trabalhos de Kornhauser et al (1994) que estudando os sedimentos do rio Solimões, próximo a Manaus, encontraram mineralogia bem semelhante a dos suspensatos.

Além do mais na interpretação dos difratogramas constatou-se que na região das cidades de Tarauacá e Feijó há provavelmente uma maior concentração de feldspatos nos sedimentos.

A composição química desses suspensatos é compatível com a mineralogia encontrada, na qual apresenta concentrações elevadas de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , além de consideráveis concentrações de  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{MgO}$  e  $\text{Na}_2\text{O}$ , mostrando o predomínio de argilominerais e feldspatos

nestes suspensatos e sua importância como agente de fertilização das praias e das planícies de inundação formadas por esses rios que drenam o território do Estado do Acre. Por outro lado, as concentrações dos elementos-traço analisados não mostram grandes variações em relação aos materiais de referência (praias dos rios do Estado do Acre, CTS e PAAS).

### ***Agradecimentos***

O primeiro autor A.T. Carvalho agradece aos seus pais, Maria de Fátima Carvalho e Advaldo de Carvalho, pelo incentivo através do trabalho, da honestidade, da dignidade transmitida em todos os momentos de minha existência; às suas queridas irmãs, Shirlaine Carvalho e Dyenna Carvalho, e cunhado, Walter Maranhão, pelo incentivo e compreensão nos momentos que sempre precisou; aos seus familiares pelo incentivo e por estarem sempre dispostos em ajudar nos momentos de dificuldade; a todos os integrantes do Grupo de Mineralogia e Geoquímica Aplicada-GMGA pela amizade e incentivo durante todo o período que permaneci no mesmo; aos amigos devotados Josiane, Macris, Bruno, Carlos, Ronaldo, Itamar, Cristiane, Glayce, Manoel, Eliana, Neemias, Rai, Bruno Apolo, Lorena, Isabel, Milena, Waldemar, Alciney, Luis, Tatiane, Gabriela, Elen, Gisele, Francivaldo, Michelle, Leide, Cinthia e Alzilene, que estiveram sempre perto dela nas horas mais difíceis, compartilhando experiências e suas alegrias. São momentos únicos, por isso considera especiais e inesquecíveis que deixam saudades.

Ao CNPQ pelo apoio financeiro através dos projetos de Pesquisa SelenMeras e Geosedintama e pela concessão de bolsa de produtividade em pesquisa a M.L. Costa.

### **REFERÊNCIAS**

- ACRE. 1991. Governo do Estado do Acre. *Atlas geográfico e ambiental do Acre*. IMAC. Rio Branco.
- ACRE. 2000. Governo do Estado do Acre. *Programa estadual de zoneamento ecológico-econômico do Estado do Acre. Zoneamento ecológico-econômico: recursos naturais e meio ambiente - documento final*. Rio Branco: SECTMA, v.I.
- ALMEIDA, H. D. F.; COSTA, M.L.; REGO, J. A. R.; COSTA, A. M.; MARTINS, M. M. M.; OLIVEIRA, M. S. & ANGÉLICA, R. S. 2003 Contribuição mineralógica e química à

fertilidade dos sedimentos praianos no estado do Acre. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA. 9., Belém, *Anais*. SBGQ. p.174 – 178.

ALMEIDA, H.D.F., COSTA, M.L., PÖLLMANN, H., CARVALHO, A.T. 2007. Carga em suspensão em rios do Acre: caracterização mineralógica e química. In: *Contribuições à Geologia da Amazônia*, vol. 5: 167-178.

CARROLL, D. 1974. *Clay mineral: a guide to their x-ray identification*. The Geological Society of America. 75p. (Special Paper)

COSTA, M. L. 2002. Mineralização de fragmentos de tecidos ósseos fósseis de sedimentos da bacia do Acre. In: KLEIN, E.L.; VASQUES, M.L.; ROSA-COSTA, M.L. da (Ed.). *Contribuições à Geologia da Amazônia*. Belém, SBG. v. 3, p. 301-308.

COSTA, M. L.; ALMEIDA H. D. F.; REGO, J. A. R.; VIANA, E. C. A.; MARTINS, M. M. M.; ANGÉLICA, R. S. & MIRANDA, M. C. C. 2003. Point bar sediments (River sands) from the Acre State and their use for subsistence agriculture: granulometric, mineralogical and chemical parameters. In: LATINAMERICAN CONGRESS OF SEDIMENTOLOGY, 3. Belém. *Anais...* SBS. v.1, p.87.

DE CELLES, P. G & HERTEL, F. 1989. Petrology of fluvial sands from the Amazonian foreland basin, Peru and Bolivia. *Geological Society of America Bulletin*, 101: 1552-1562

FIGUEIREDO, L. 1944. O Acre e suas possibilidades: considerações gerais. In: IBGE. *Amazônia Brasileira*. Rio de Janeiro. p. 479. (*Excerptor da Revista Brasileira de Geografia*. Edição do Conselho Nacional de Geografia no Cong. Brás. Geograf.)

FRANZINELLI, H & POTTER, P. E. 1983. Petrology, chemistry and texture of modern river sands, Amazon Rivers System. *Journal of Geology*. 91: 23-39p.

FRANZINELLI, H & POTTER, P. E. 1985. Areias recentes dos rios da Bacia Amazônica: composições petrográfica, textural e química. *Revista Brasileira de Geociências*. 15(3): 213-220p.



- GAILLARDET, J. DUPRÉ, B. ALLÈGE, C. J.; NÉGREL, P. 1997. Chemical and physical denudation in the Amazon River Basin. *Chemical Geology*, 142: 141-173.
- GIBBS, R. J. 1967. The Geochemistry of the Amazon River System: Part I. The Factors that Control the Salinity and the Composition and Concentration of the Suspended Solids. *Geological Society of America Bulletin*, 78: 1203-1232.
- GIBBS, R. J. 1977. Transport phases of transition metals in the Amazon and Yukon Rivers. *Geological Society of America Bulletin*, 88: 829-843.
- IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário. n. 3, Rio de Janeiro: IBGE, 1995-1996.
- IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção agrícola municipal 1990-2002.
- KALLIOLA, R.; LINNA, A.; PUHAKKA, M.; SALO, J.; RASANEN, M. 1993. Mineral nutrients in fluvial sediments. *Catena*, 20: 333-349.
- KONHAUSER, K. O.; FYFE, W. S.; KRONBERG, B. I. 1994. Multi-element chemistry of some Amazonian water and soils. *Chemical Geology*, 111: 155-175.  
[https://doi.org/10.1016/0009-2541\(94\)90088-4](https://doi.org/10.1016/0009-2541(94)90088-4)
- KRONENBERG, S. B & HOORN, M. C. 1990. Bulk geochemistry of tertiary and quaternary fluvial sands in the Colombian Amazonas. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF GEOCHEMISTRY OF THE EARTH'S SURFACE AND MINERAL FORMATION, 2 Provence. *Anais*. v.1, p.92-95.
- LATRUBESSE, E. M.; RANCY, A.; RAMONELL, C.; SOUZA FILHO, J. P. 1994. A Formação Solimões: uma formação do Mio-Plioceno da Amazônia sul ocidental. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA. 4, Belém, *Anais...SBG*. 204-205
- MOORE, D. M. & REYNOLDS JR, R. C. 1997. *X-Ray Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals*. New York, Oxford. 378p.

- NESBITT, H. W. & YOUNG, G. M. 1982. Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites. *Nature*, 299: 715-717.
- NESBITT, H. W. & YOUNG, G. M. 1984. Prediction of same weathering trends of plutonic and volcanic rocks based on thermodynamic and kinetic considerations. *Journal of Geology*, 48: 1523-1534.
- OLIVEIRA, M. S.; COSTA, M. L. & LAFON, J. M. 2005. Os minerais pesados e idades de zircões dos sedimentos de praia (barras em pontal) dos rios Purus e Acre no Estado do Acre (Brasil). Universidade Federal do Estado do Pará. Centro de Geociências. Trabalho de conclusão de curso. 86p.
- RADAMBRASIL. Projeto RADAMBRASIL. 1976. *Folha SC. 19 Rio Branco: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial do solo*. Rio de Janeiro, DNPM. (Levantamento de recursos naturais, 12).
- RADAMBRASIL. Projeto RADAMBRASIL. 1977. *Folha SB/SC. 18 Javari/Contamana: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial do solo*. Rio de Janeiro, DNPM. (Levantamento de recursos naturais, 13).
- SAVAGE, K. M. & POTTER, P. E. 1991. Petrology of modern sands of the rios Guaviare and Inirida, southern Colombia: tropical climate and sand composition. *Journal of Geology*, 99: 289-298.
- 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).
- SIOLI, H. 1984. The Amazon and its main affluents: Hydrography, morphology of the river courses, and river types. In: SIOLI, H (ed.) *The Amazon, Limnology and Landscape Ecology of a Mighty Tropical River and Its Basin*. Dordrecht. P 127-166.

TAYLOR, S. R. & McLENNAN, S. M. 1985. *The Continental Crust: Its Composition and Evolution*. Victoria, Blackwell. 312p.

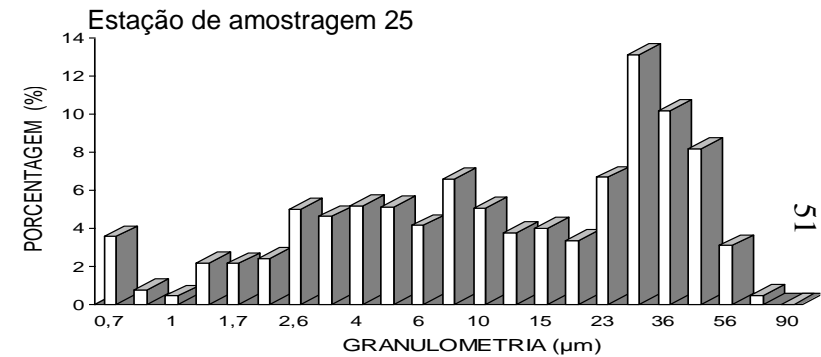
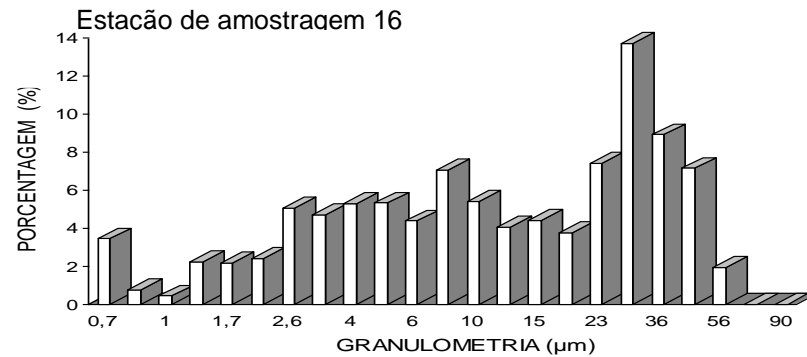
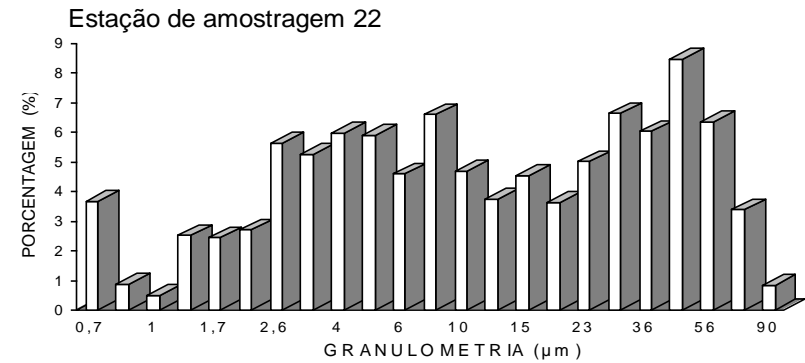
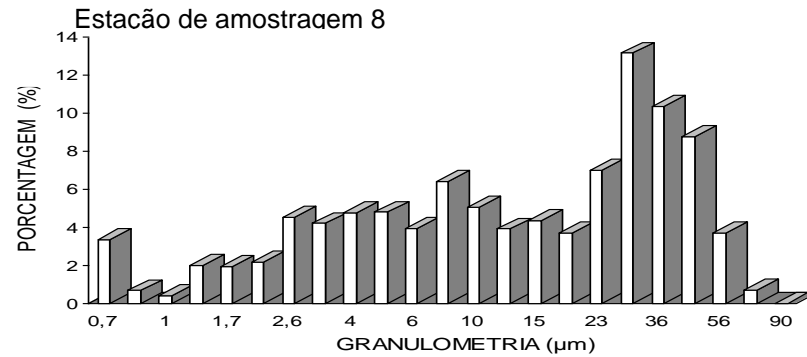
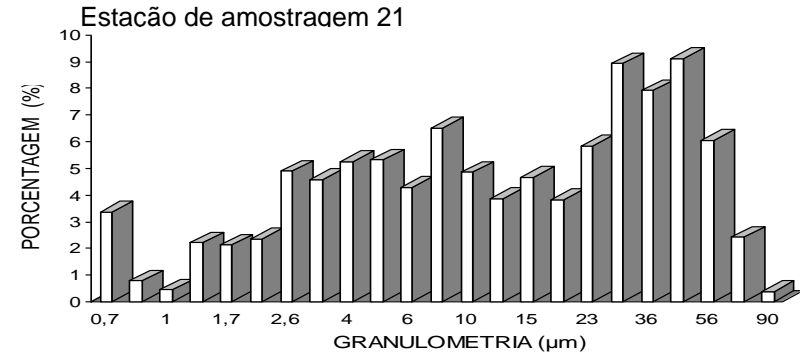
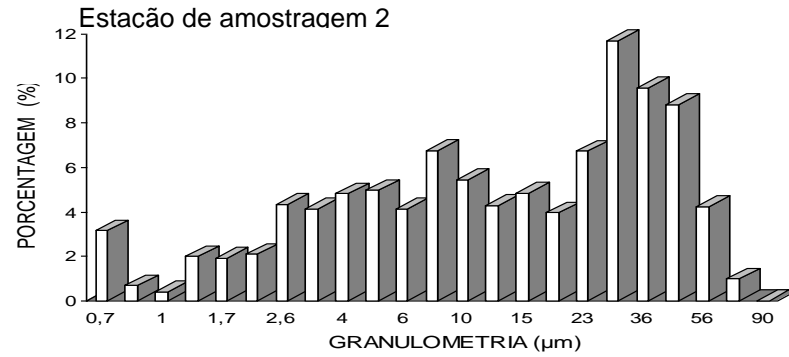
TOCANTINS, L. 1979. *Formação Histórica do Acre*. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, Vol. I, II e III.

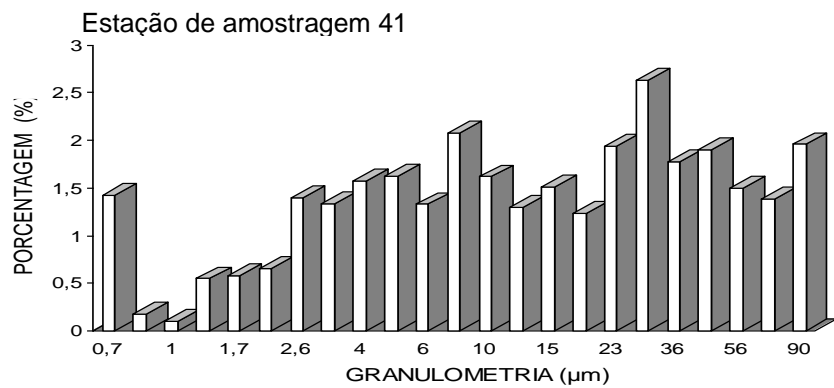
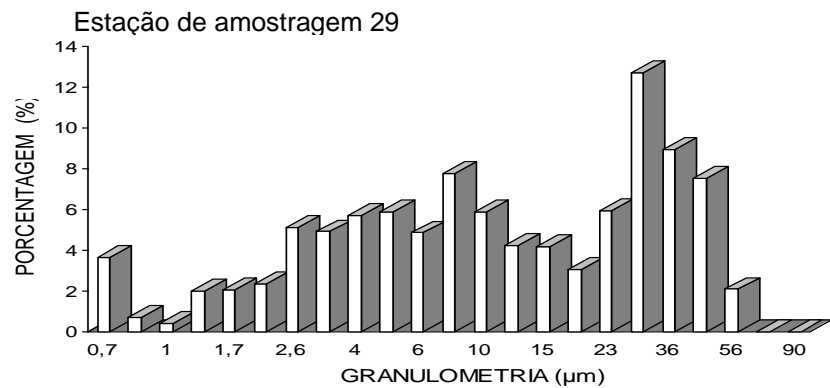
VITAL, H. & STATTEGGER, K. 2000. Major and trace elements of stream sediments from the lowermost Amazon River. *Chemical Geology*, 168:151-168.  
[https://doi.org/10.1016/S0009-2541\(00\)00191-1](https://doi.org/10.1016/S0009-2541(00)00191-1)

WEDEPOHL, K. H. 1995. The composition of the continental crust. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 59 (7): 217-232.

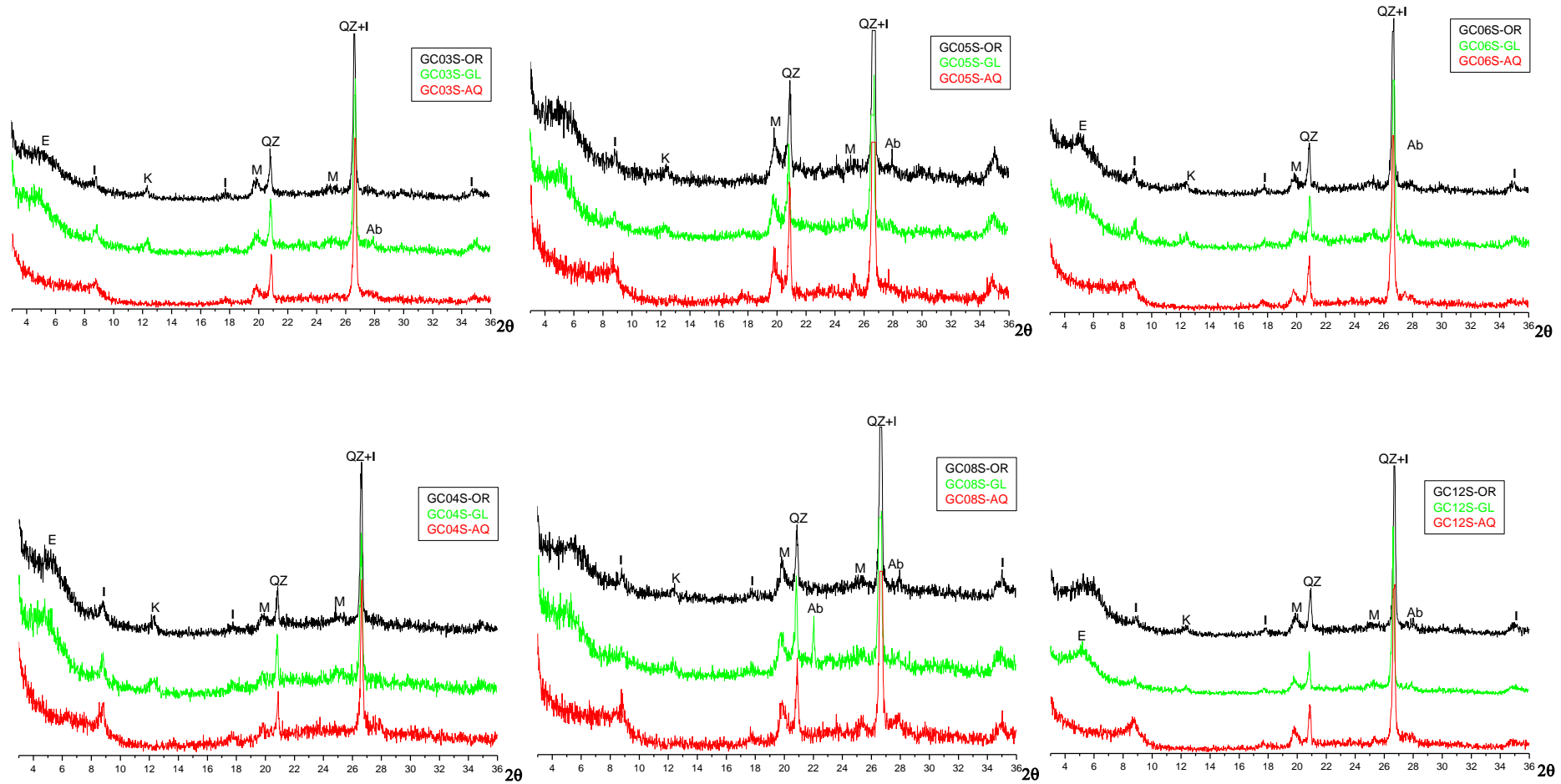
## **ANEXOS**

Histogramas das Análises Granulométricas das estações de amostragem do período chuvoso.

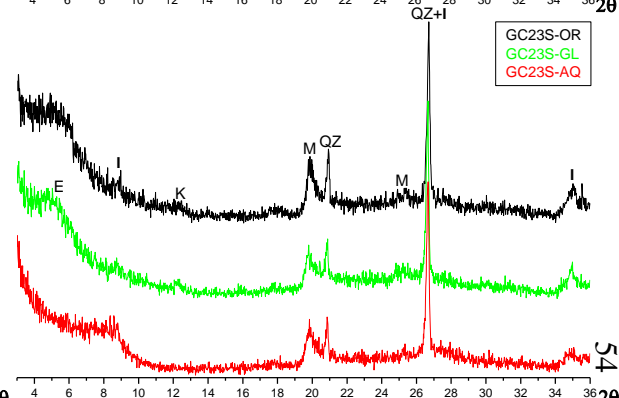
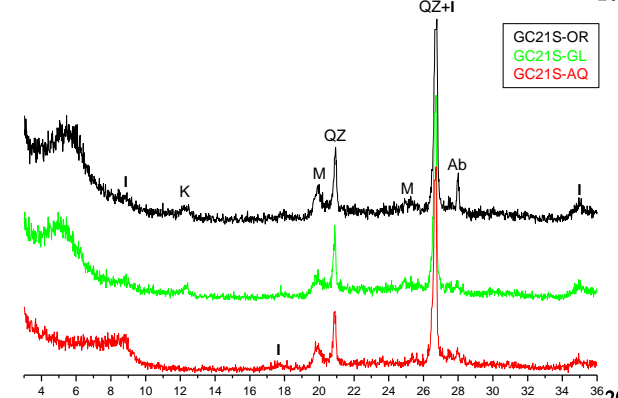
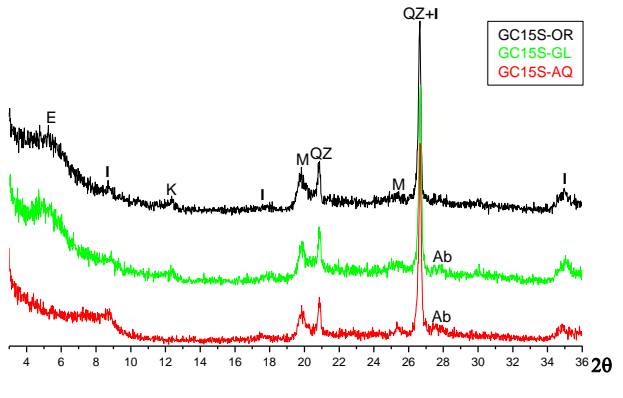
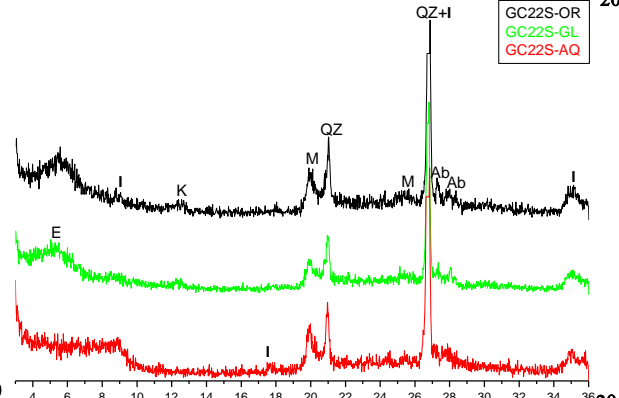
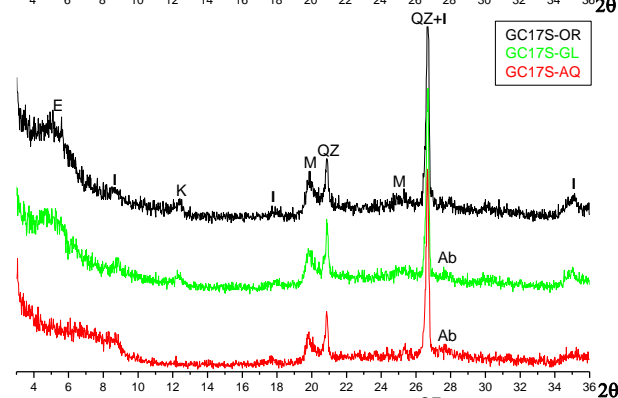
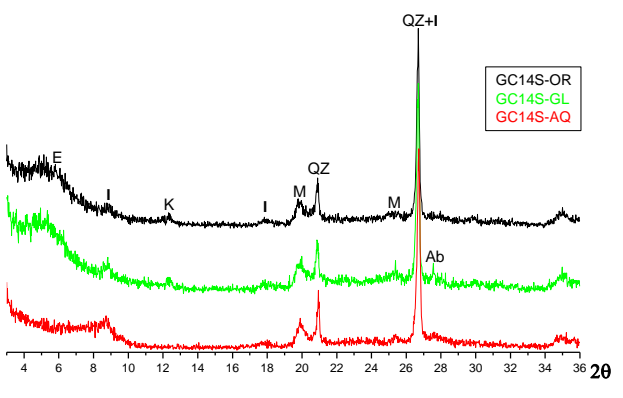
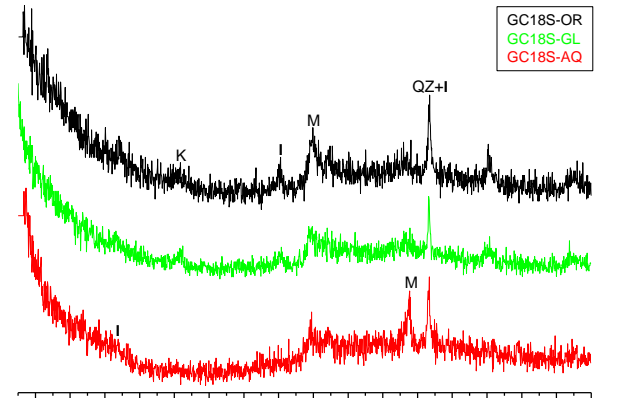
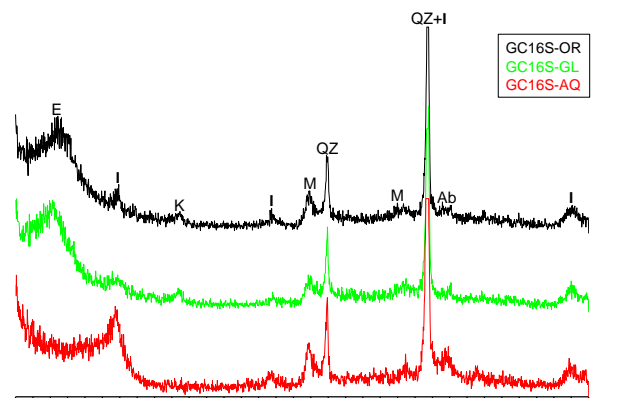
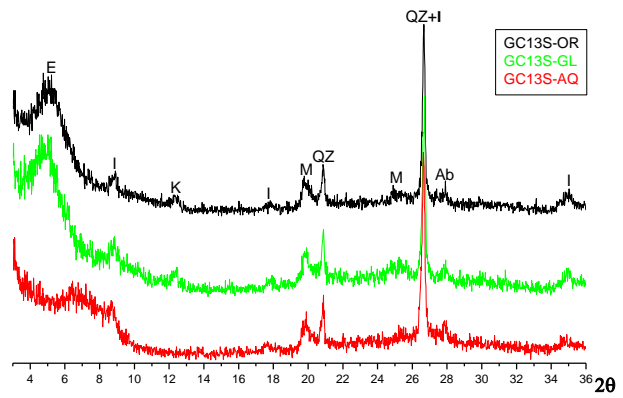


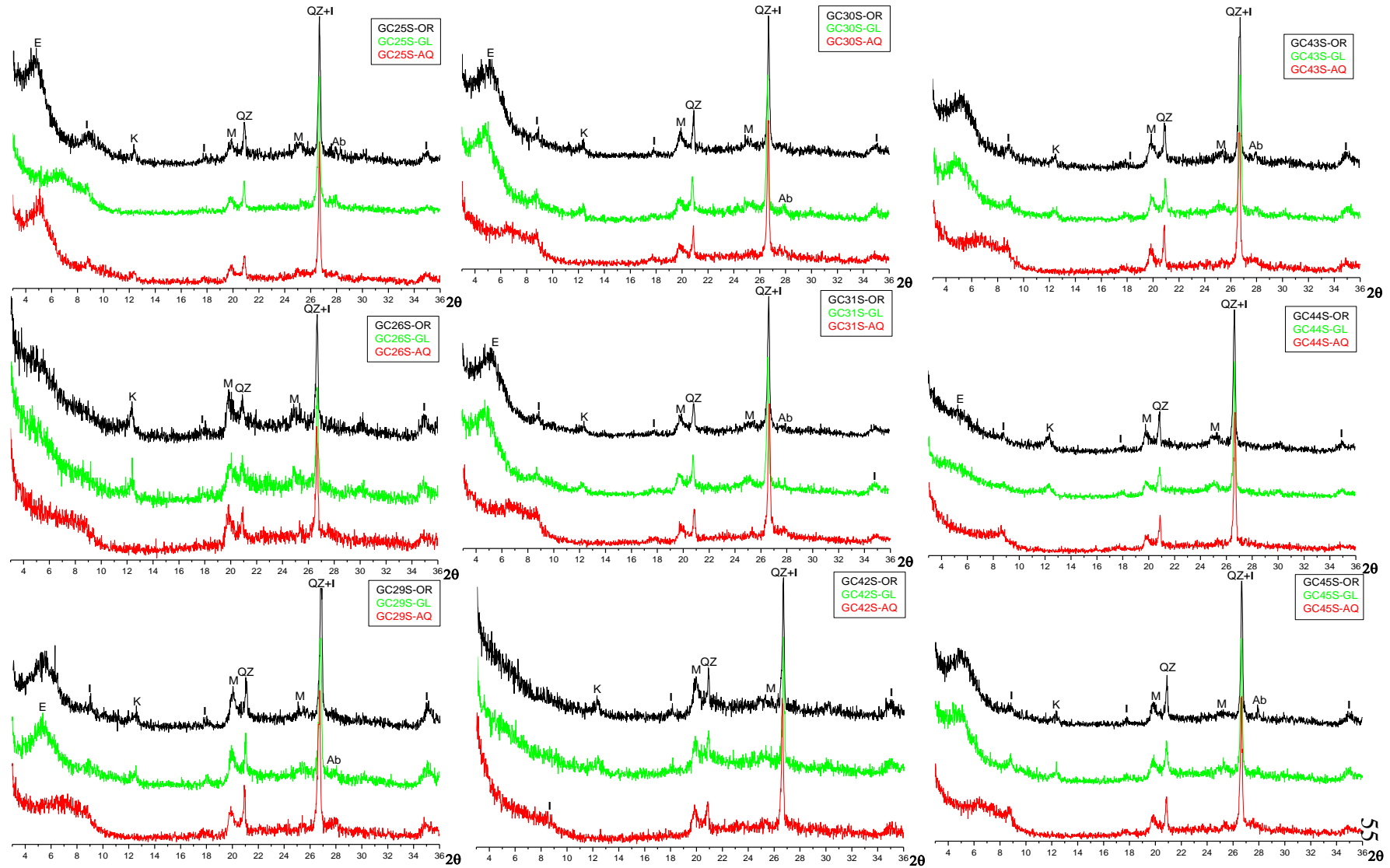


Difratogramas de minerais de argila das estações de amostragem do período chuvoso.

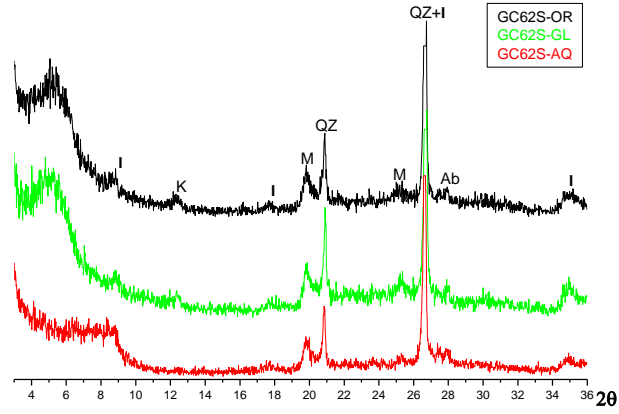
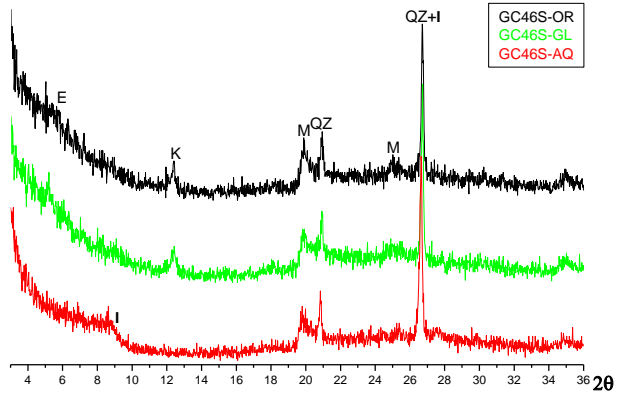


**Legenda:** Qz- quartzo, M- mica, Ab- albita, K- caulinita, E- esmectita, I- illita.

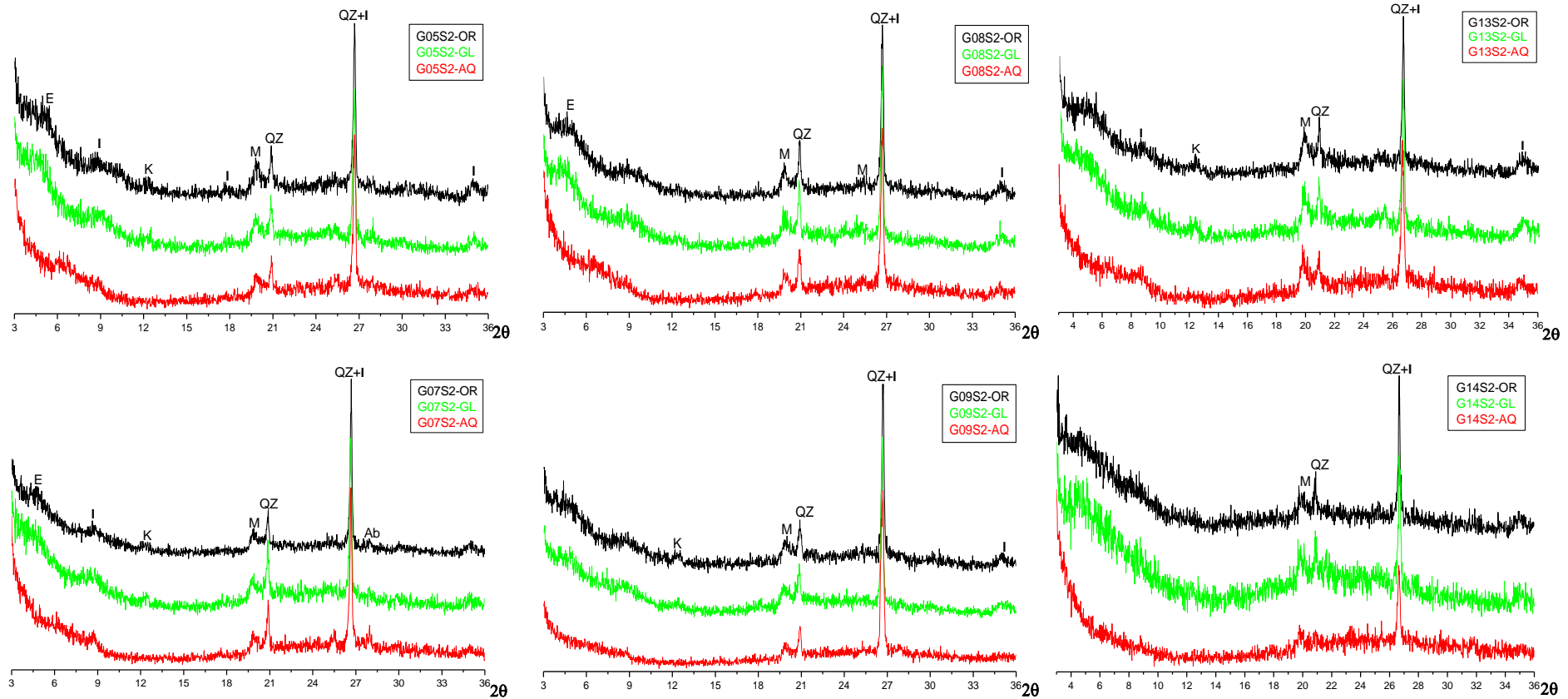








Difratogramas de minerais de argila das estações de amostragem do período seco.



**Legenda:** Qz- quartzo, M- mica, Ab- albita, K- caulinita, E- esmectita, I- illita.

