UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
DEPARTAMENTO DE APOIO A PESQUISA
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS DE INICIAÇÃO CIÊNTÍFICA

RELATÓRIO FINAL

QUÍMICA DAS ROCHAS SEDIMENTARES DA FORMAÇÃO ALTER DO CHÃO

PIBIC –E 0010/2008 – CNPQ

Manaus – Amazonas
2009

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS

DEPARTAMENTO DE APOIO A PESQUISA

DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS

PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS DE INICIAÇÃO CIÊNTÍFICA

RELATÓRIO FINAL

QUÍMICA DAS ROCHAS SEDIMENTARES DA FORMAÇÃO ALTER DO CHÃO

PIBIC –E 0010/2008 – CNPQ

Bolsista: Newton Cortez da Silva Filho

Curso: Geologia

Orientadora: Adriana Maria Coimbra Horbe, Dra..

Unidade de Execução: Universidade Federal do Amazonas, Instituto de Ciências Exatas, Departamento de Geociências.

Órgão Financiador: CNPQ

Manaus – Amazonas

2009

TÍTULO: QUÍMICA DAS ROCHAS SEDIMENTARES DA FORMAÇÃO ALTER DO CHÃO.

RESUMO

O estudo de proveniência de rochas sedimentares e sedimentos é de grande importância no conhecimento da evolução das rochas no contexto geológico regional, em especial da cobertura sedimentar, sua origem, composição e transformação ao longo do tempo geológico sob a ação dos processos de alteração natural do planeta. Muitos estudos de estratigrafia e reconstrução paleoambiental têm sido realizados no contexto geológico regional, porém estudos de proveniência com base na assinatura geoquímica dos sedimentos são promovidos em menor escala. A proposta deste trabalho é a caracterização química das rochas sedimentares da Formação Alter do Chão e com base nesses dados fazer inferências sobre a proveniência dessas rochas. Essa unidade geológica é a de maior extensão aflorante na bacia do Amazonas, datada do Neocretáceo e caracterizada como depósitos de um sistema flúvio–lacustre. É composta por conglomerados, arenitos, siltitos, argilitos. Para este projeto foram escolhidos afloramentos da Formação Alter do Chão localizados em Manaus (Ponta Negra, Brejo do Matão, Ponte do Rio Negro), Cacau Pirera, Silves, Itacoatiara, Parintins (Ponta de Lajes, Porto de Pedras, Serra de Parintins) e em Óbidos (Serra de Óbidos). As amostras foram processadas no laboratório de Geoquímica do Departamento de Geociências da UFAM e posteriormente enviadas para análises químicas, em laboratório comercial, dos elementos maiores e traços por ICP-OES e MS. Como apoio foi utilizada a técnica de difração de raios-x, no laboratório específico do Departamento de Geociências da UFAM, para identificação mineralógica.

Os resultados obtidos refletem três assinaturas geoquímicas: 1 – com elevados teores de SiO_2 e baixos em elementos traço (amostras 1, 3, 7, 9, 10, 11, 12), 2 – apresenta elevado teor de K_2O e enriquecimento em Ba, Mo, Sr, Ni e As (amostra 2), estas semelhantes ao registro encontrado por Horbe et al., (2006), e 3 –com teores de Al_2O_3 maiores que as demais amostras e enriquecimento em Ga, Hf, Nb, Ta, Th, U, W e Zr (amostras 4, 5, 6, 8 e 13). Esta heterogeneidade das assinaturas químicas das rochas deve-se, provavelmente a variação da fonte dos sedimentos e suas condições diagenéticas, durante o Cretáceo na Bacia do Amazonas, contudo o intenso intemperismo da região pode ter contribuído em parte das características geoquímica encontradas.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO..... 5

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... 5

Bacia do Amazonas..... 5

Formação Alter do Chão..... 6

Arenito Manaus..... 6

MÉTODOS..... 7

RESULTADOS E DISCUSSÕES..... 9

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES..... 13

REFERÊNCIAS..... 15

CRONOGRAMA..... 16

INTRODUÇÃO

O estudo de proveniência é de grande importância no conhecimento da evolução das rochas no contexto geológico regional, em especial da cobertura sedimentar, pode-se inferir sobre sua origem, composição e transformação ao longo do tempo geológico sob a ação dos processos de alteração natural do planeta. Esse estudo é realizado com base na composição química e mineralógica do material, que além de revelar informações sobre os seus minerais constituintes, complementam os dados de proveniência os minerais pesados, mais comumente utilizados nesse tipo de trabalho. A proveniência química e mineralógica permite inferir o ambiente de formação e os grandes grupos de rochas que foram a fonte de material para sua formação e até mesmo a respeito de possíveis misturas de diferentes fontes formadoras, além de revelar indicações sobre paleorelevo e paleogeografia (Roddaz, 2006).

Muitos estudos de estratigrafia e reconstrução paleoambiental têm sido realizados no contexto geológico regional, porém estudos de proveniência com base na assinatura geoquímica dos sedimentos são promovidos em menor escala. Nesta era de geologia global, as idades e paleodrenagem de todo o continente merecem muito mais atenção, da comunidade científica, do que tem recebido.

A 110 milhões de anos, a cordilheira dos Andes, a oeste da bacia do Amazonas, não existia. Nessa época o super continente Gondwana iniciou sua fragmentação, porém a América do Sul e África ainda continuavam unidas e a paleodrenagem Alter do Chão migrava para oeste em direção ao Oceano Pacífico. Nesse processo a fonte dos sedimentos transportados por essa drenagem e depositados em sua calha, estava relacionada as rochas do cráton africano localizado mais a leste (Cunha, et AL.1994). Este trabalho visa caracterizar a química das rochas sedimentares da Formação Alter do Chão e com base nesses dados inferir sobre a proveniência dessas rochas, para isso foram selecionadas amostras do fácies Arenito Manaus, além de níveis vermelhos friáveis que estariam mais preservados do intemperismo e guardam a composição química original.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

BACIA DO AMAZONAS

A bacia do Amazonas é uma bacia intracratônica com aproximadamente 500.000 Km^2 de área e 5.000 m de preenchimento sedimentar que abrange porções dos estados do Pará e Amazonas. Seu limite norte é com o Escudo das Guianas, ao sul com o Escudo do Brasil Central, a oeste com o Arco do Purus e a leste com o Arco do Gurupá (Cunha, et al. 1994).

O embasamento cristalino da bacia envolve vários tipos de rochas graníticas de idade proterozóica (Cunha, et al. 1994). O empilhamento estratigráfico é marcado por três seqüências

deposicionais principais, uma do Ordoviciano ao Devoniano, seguida de outra do Devoniano ao Carbonífero e uma terceira do Carbonífero ao Permiano. Essas seqüências são responsáveis pelos grupos Trombetas, Curuá, e Tapajós, respectivamente e representam diversas unidades estratigráficas, em conformidade com os eventos geológicos responsáveis por suas gerações (Cunha, et al. 1994). Na porção superior encontra-se o Grupo Javari com idade relacionada ao Neocretáceo, onde se enquadra a Formação Alter do Chão.

Formação Alter do Chão

A Formação Alter do Chão é a unidade de maior extensão aflorante na bacia do Amazonas, data do Neocretáceo, com base no achado de um dente de dinossauro da classe Theropoda, além de estudos palinológicos (Price, 1960). É caracterizada por depósitos flúvio–lacustres originados a partir de um sistema fluvial de alta energia instalado no Neocretáceo (Cunha et al. 1994). É composta por conglomerados, arenitos, siltitos e argilitos, muitas vezes com bioturbações, brechas intra-formacionais e ainda um fácies mais silicificado designado informalmente como Arenito Manaus. Os afloramentos desta unidade estão bastante intemperizados o que resulta na coloração esbranquiçada do material, contudo níveis avermelhados, geralmente pelíticos ainda preservam a coloração vermelha original (Horbe et al. 2006). Segundo Viera (1999), a interpretação das associações faciológicas da Formação Alter do Chão, ao menos na parte aflorante na região de Manaus, indica sistema deposicional fluvial de grande dimensão tipo braided, com migração preferencial para SW.

Arenito Manaus

O Arenito Manaus foi inicialmente definido por Albuquerque (1922 in Franzinelli, 2003) como uma “formação geológica” aflorante na Cidade de Manaus e arredores, e posteriormente descrito por Santos et al (1974 in Franzinelli, 2003) como “corpos lenticulares” inclusos na formação Alter do Chão. É uma rocha litificada vermelha ou rósea que aflora descontinuamente nas margens do baixo Rio Negro e seus tributários. Apresenta-se muitas vezes bioturbado, de estrutura maciça e granulometria de fina a média-grossa.

Petrograficamente, os fácies mais arenosos apresentam-se como quartzo-arenito de granulação fina a grossa, com predominância de grãos sub-arredondados e, algumas vezes, sub-anguloso. Predomina o tipo de quartzo monocristalino (70%) sobre os policristalinos (30%) e, subordinadamente, ocorrem fragmentos líticos (sílex, siltito e vulcânica) e argilo-minerais (caulinita, ilita e esmectita). Os contatos intergranulares são pontuais ou tangenciais e retilíneos. Os grãos mostram-se freqüentemente corroídos (angulosos) constituem um arcabouço aberto composto

por porosidade agigantada e alongada preenchida por cimento sílico-ferruginoso. Em alguns casos apresentam fragmentos de madeira silicificada, intensa bioturbação monoicnoespecífica de *Taenidium*. As fácies finas são impregnadas por óxidos e hidróxidos de ferro, com grãos de quartzo arredondados disseminados (granulação areia fina média) (Nogueira et al., 2003).

Quanto a gênese foram identificadas por Nogueira et al. (2003) as seguintes fases: 1) de infiltração mecânica (presença de cutículas); 2) pedogênese (fase úmida: dissolução de grãos instáveis, corrosão de quartzo, bioturbação, aumento da porosidade); 3) cimentação de sílica amorfa com ferro (fase seca); 4) compactação mecânica incipiente (empacotamento frouxo, microfraturas e pseudomatriz pontuais); 5) compactação química e cimentação de sílica. A formação de minerais autigênicos como caulinita e vermiculita, é uma das mais freqüentes evidências das modificações diagenéticas. Óxido de ferro ocorre sob diferentes formas, pequenos cristais alongados de hematita autigênica, rosetas bem cristalizadas ou ainda incrustações recobrindo grãos de quartzo (Franzinelli et al, 2003). Esses aspectos revelam que a progressiva dissolução química por água subterrânea causou a completa "digestão" dos grãos minerais mais instáveis em um processo similar ao identificado por Choquette & Pray (1970 in Nogueira, 2003) e Tucker (1994 in Nogueira, 2003) que remete ao estágio eodiagenético e telodiagenético, enquanto que a fase mesodiagenética foi pouco desenvolvida.

MÉTODOS

Para este projeto foram selecionadas amostras de Arenito Manaus, bem como de níveis friáveis avermelhados provenientes de afloramentos da Formação Alter do Chão localizados no estado do Amazonas em Manaus (Ponta Negra), BR-174 (Brejo do Matão, ZF 60), Cacau Pirera, Silves, Itacoatiara, Parintins (Porto das Pedras, Serra de Parintins) e no estado do Pará em Óbidos (Serra de Óbidos) e Porto Trombetas (Figura 1, Tabela 1).

As amostras foram processadas no laboratório de Geoquímica do Departamento de Geociências da UFAM onde foram secas, britadas e quarteadas, em seguida uma porção foi armazenada e outra pulverizada no laboratório de laminação do DEGEO/UFAM. Posteriormente as amostras foram enviadas para análises químicas em laboratório comercial, onde foram submetidas a abertura por fusão com meta e tetraborato de lítio para análise dos elementos maiores (SiO_2, Al_2O_3, CaO, Fe_2O_3, MgO, Na_2O, K_2O, MnO, TiO_2, P_2O_5) e dissolução ácida (ácido nítrico) onde em seguida serão quantificados os elementos traços (Mo, Zn, As, Cd, Sb, Bi, Ag, Au, Hg, Tl, Se, Ba, Be, Cs, Ga, Rb, Sr, Sn, V, Zr, Nb, Hf, Ta, W, Pb, Th, Y, Sc, F, U, Cu, Zn, Ni, Cr, Co) por ICP-OES e MS. Como apoio foi utilizada a técnica de difração de raios-x no Laboratório específico do Departamento de Geociências da UFAM para identificação mineralógica.

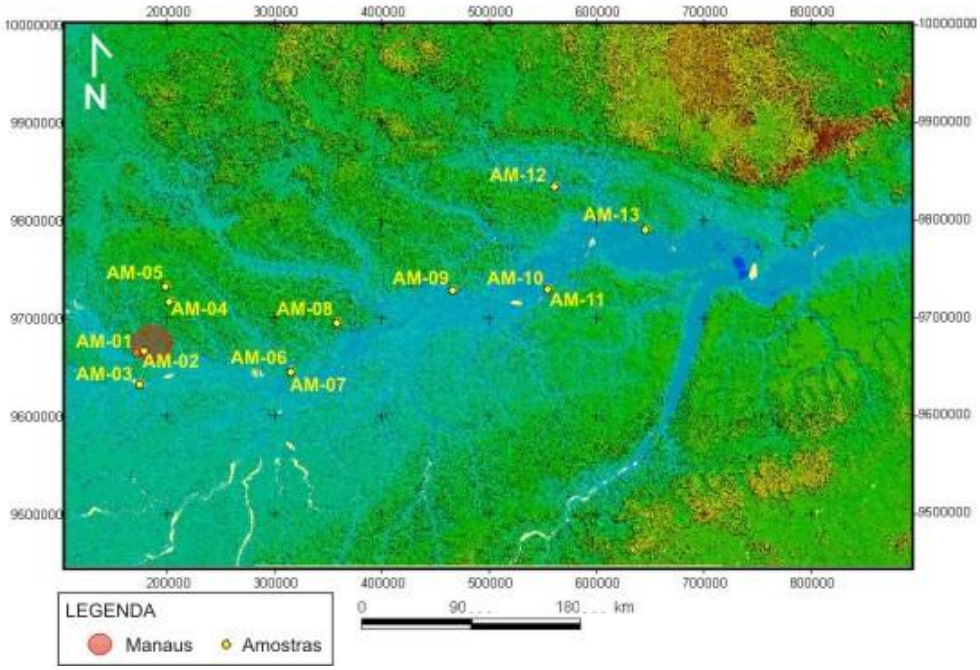

Figura 1. Imagem SRTM de localização dos pontos de coleta das amostras enumeradas de 1 a 13 e distribuídas de oeste para leste, respectivamente.

Tabela 1: Localização e descrição macroscópica das amostras selecionadas para estudo.

AMOSTRA	LOCALIZAÇÃO	DESCRIÇÃO
AM-01	Ponta Negra (Manaus/AM)	Arenito fino a médio de coloração rósea, maciço, com estratificação cruzada acanalada e bioturbação.
AM-02	Fundações da ponte do Rio Negro (Manaus/AM)	Arenito fino a médio, silicificado, de coloração vermelha e pouca bioturbação.
AM-03	Cacau Pirera (AM)	Arenito médio de coloração rósea, silicificado, apresenta bioturbação e sem estrutura aparente.
AM-04	BR-174 (ZF km 60/AM)	Arenito fino, silicificado, coloração vermelha e apresenta marcas de raízes.
AM-05	BR-174 (Brejo do Matão/AM)	Arenito fino de coloração vermelha, silicificado e sem estrutura visível.
AM-06*	SR-72 (Itacoatiara/AM)	Arenito médio a grosso de coloração vermelha, silicificado. Apresenta poucos grânulos de quartzo dispersos e marcas de raízes.
AM-07*	SR-73 (Itacoatiara/AM)	Arenito médio a grosso de coloração rósea, silicificado e apresenta alguns grânulos de quartzo dispersos.
AM-08	Silves (AM)	Argilito de coloração vermelho e friável.
AM-09	Porto das Pedras (AM)	Arenito fino a médio de coloração rósea, friável, com estratificação cruzada acanalada e bioturbação.
AM-10	Serra de Parintins (Parintins/AM)	Arenito médio a grosso de coloração vermelha, friável, com estratificação cruzada acanalada cujos sets diminuem para o topo. Apresenta bioturbação e ciclos granodecrescentes ascendentes.
AM-11	Serra de Parintins (Parintins/AM)	Arenito grosso de coloração vermelha, friável, com estratificação cruzada acanalada, onde ocorre segregação de grânulos de quartzo subarredondados no topo dos sets.
AM-12	Porto Trombetas (PA)	Arenito médio a grosso de coloração vermelha, silicificado. Apresenta bioturbação e pequenas pelotas de argila.
AM-13	Serra de Óbidos (Óbidos/PA)	Argilito de coloração roxa, friável, com estratificação cruzada tabular e estruturas de deformação por sobrecarga. Apresenta-se na forma de

		uma camada de aproximadamente 2m de espessura localizada a 5m da base do perfil, diretamente sob uma pedra de ferro.

* Amostra coletada pela CPRM

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As análises de difração de raios-x revelaram a predominância de quartzo e a presença de caulinita em todas as amostras, a caulinita é mais abundante apenas na amostra 8 (Figura 2). As amostras 1, 4, 8 e 13 apresentaram também ilita/muscovita e goethita.

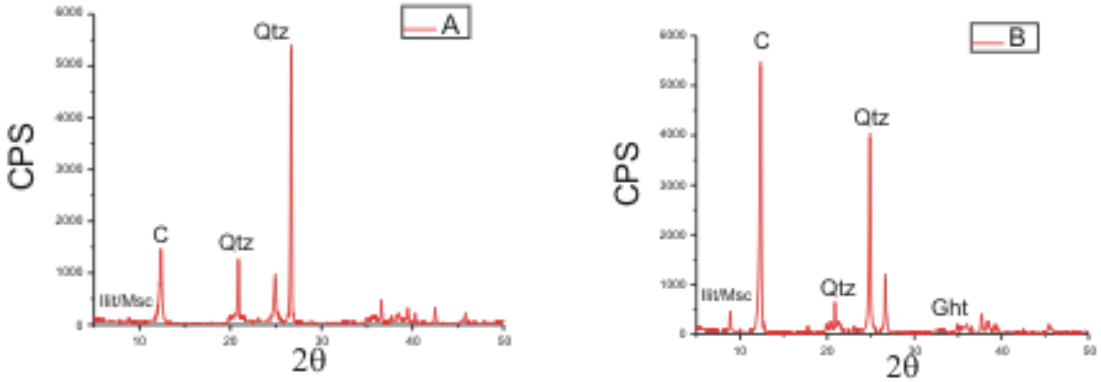

Figura 2: Difratogramas da amostra (A) da Serra de Óbidos (AM-13) com as reflexões referentes a quartzo (Qtz) e caulinita (C) e (B) de Silves (AM-08) onde também ocorre a presença de ilita/muscovita (Ilit/Msc).

Os elementos maiores apresentaram valores abaixo de 0,16% para Na_2O, K_2O, CaO e MgO, e as maiores concentrações para SiO_2 (47,98 a 97,26 %), intermediárias de Al_2O_3 (0,92 a 29,78%), seguidos em menor proporção por Fe_2O_3 (0,77 a 9,14%) e TiO_2 (0,03 a 1,24%). O SiO_2 apresentou valores médios de 81,74%, semelhantes ao encontrado por Horbe et al., 2006 na região, exceto nas amostras 8 e 13, Silves-AM e Serra de Óbidos- PA respectivamente, onde esse óxido ocorre com valores de 47,98% e 66,67% respectivamente e consequentemente o Al_2O_3 (29,78%), Fe_2O_3 (9,14%) e TiO_2 (1,24%) são mais elevados que nas demais amostras, provavelmente devido a presença de maior quantidade de ilita/muscovita e goethita identificados nas análises de difração de raios-x.

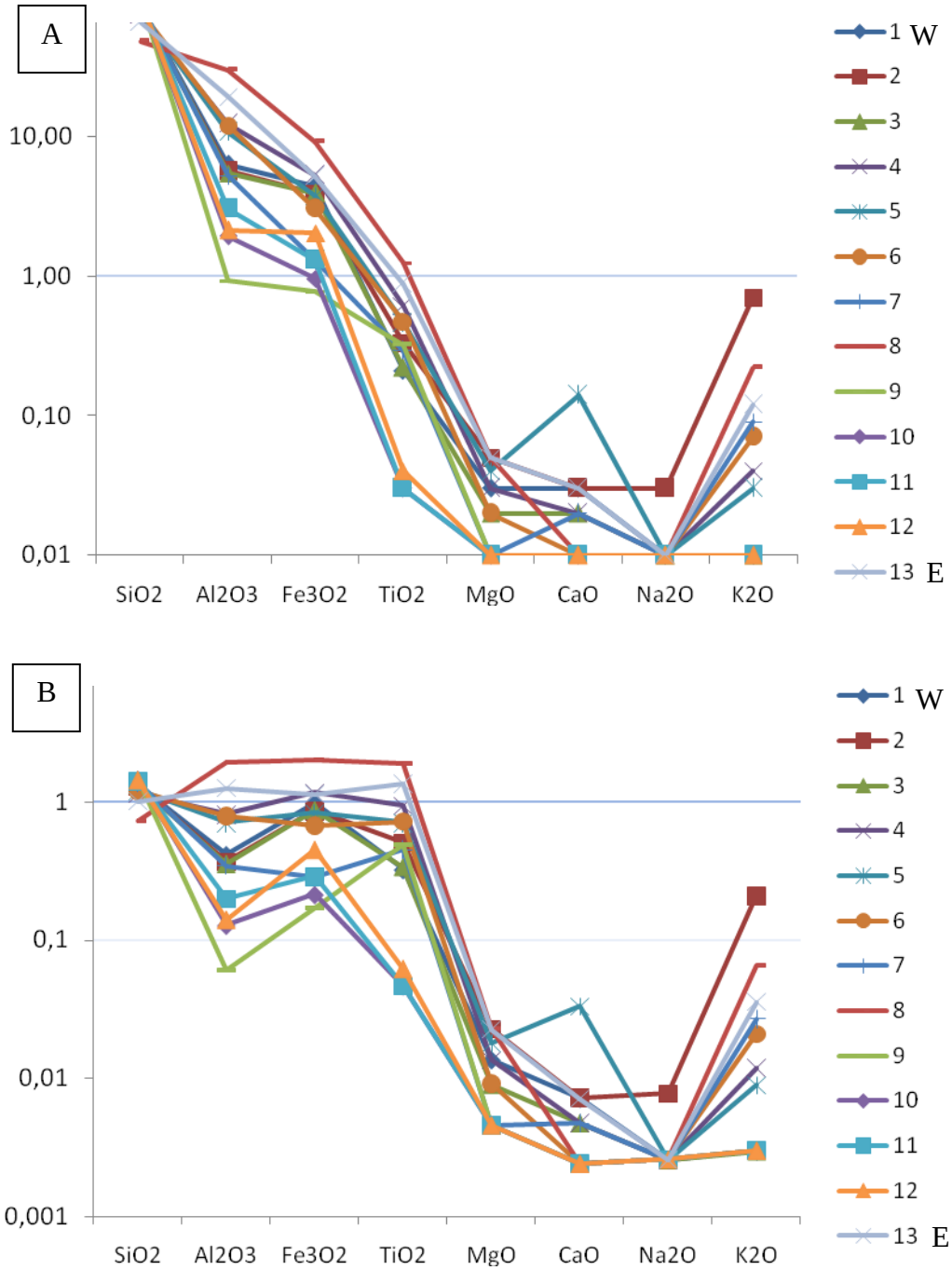

Figura 3. **A**: Composição química de todas as amostras. **B**: amostras normalizadas em relação a crosta continental superior (CCS) em uma seção W – E.

Com relação a crosta continental superior observa-se que exceto SiO_2, que está enriquecido em todas as amostras e Al_2O_3 na 8 e 13, todos os demais óxidos formam anomalia negativa, especialmente os álcalis (Figuras 3 e 4).

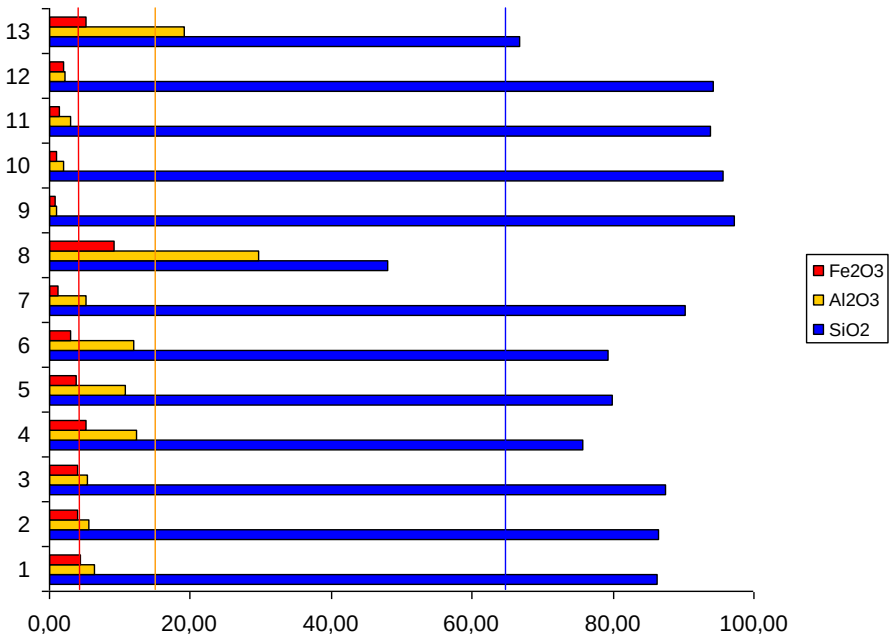

Figura 4. Relação dos óxidos SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3 (barras horizontais) com os valores para crosta continental superior (CCS) (linhas verticais): Linha azul (SiO_2), amarela (Al_2O_3), vermelha (Fe_2O_3).

Em geral os elementos traço apresentaram as maiores e mais variáveis concentrações para Ba (14 a 524 ppm), Sr (2,5 a 167 ppm), Th (3,0 a 34 ppm), V (8 a 92 ppm) e Zr (44 a 577 ppm) e menores para Cs (0,1 a 1,6 ppm), Ta (0,1 a 2,6 ppm), Hf (1,1 a 16 ppm), U (0,6 e 5,9 ppm), W (0,5 a 2,9 ppm) e Mo (0,1 a 1,6 ppm).

A amostra 8 (Silves – AM), destacou-se pelo conteúdo maior de Ga (35 ppm), Nb (37 ppm), Ta (13 ppm), Th (34 ppm), Sc (11 ppm), V (92 ppm) e Sn (5 ppm), assim como as amostras 13 (Serra de Óbidos – PA) para Y (22 ppm) e amostra 2 para Ba (524 ppm), Cs (1,6 ppm), Mo (1,6 ppm), Ni (18 ppm) e As (1,1 ppm), esta refletindo composição semelhante a assinatura encontrada por Horbe et al., 2006.

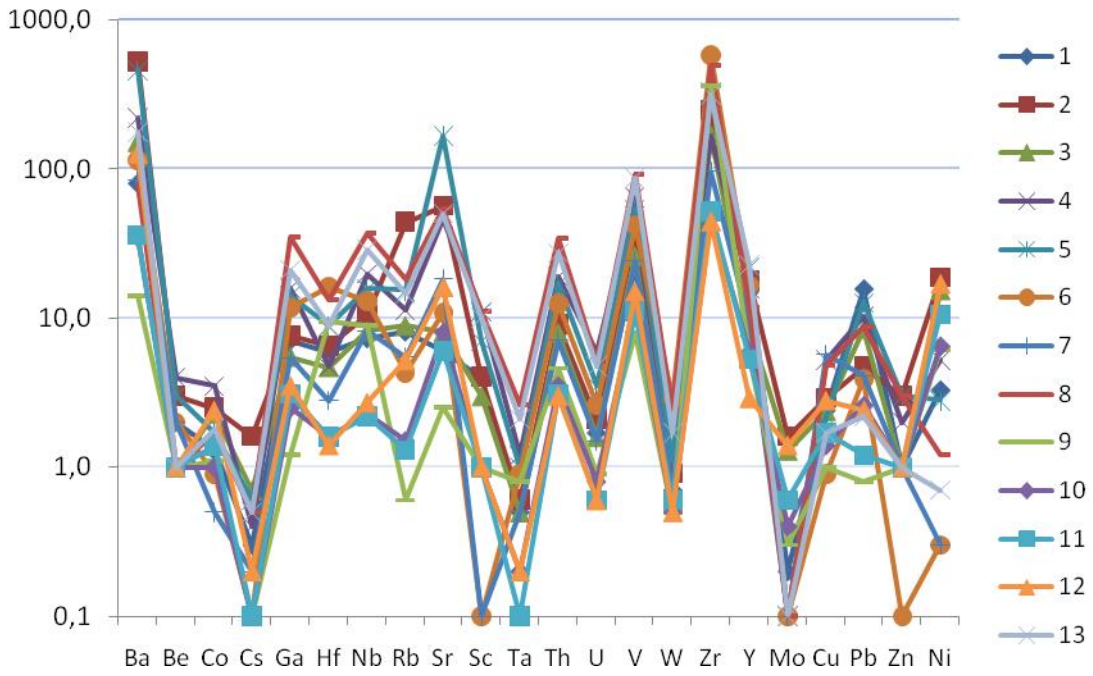

Figura 05. Variação da concentração de elementos traço.

Quando normalizadas em relação a crosta continental superior (CCS) é possível identificar anomalias positivas somente para Ga, Hf, Nb, Ta, Th, U, W e Zr para as amostras 4, 5, 6, 8 e 13. A amostra 9 tem anomalias positivas apenas em Hf e Zr. Dessas amostras a 4 e 5 possuem maior conteúdo de SiO_2; 6, 8 e 13 mais em Al_2O_3 e a 9 destaca-se pelo menor conteúdo desse óxido quando comparadas as demais amostras.

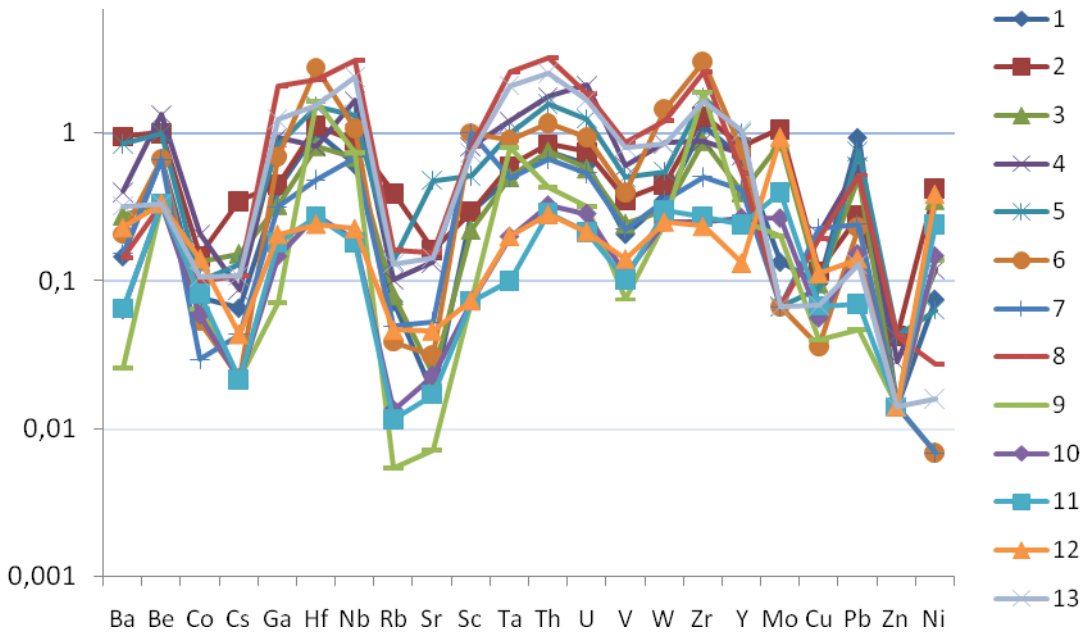

Figura 6. Elementos traço, normalizados em relação a crosta continental superior (CCS).

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

As características químicas das rochas são regidas por diferentes fatores geológicos que alteram seus constituintes física e quimicamente, como as propriedades da rocha fonte, intemperismo e o retrabalhamento destas rochas durante o transporte, deposição e pedogênese pós deposicional. (Horbe et al.,2006). Estas informações, ou grande parte delas, ficam registradas nas rochas, de forma sutil, e revelam as transformações a que fora submetida.

Com base nos dados adquiridos observa-se um enriquecimento de SiO_2, com níveis maiores que os encontrados para a crosta continental superior (CCS). Isso pode ser explicado pelo retrabalhamento deste materiais, o que proporciona a liberação dos elementos mais móveis e a concentração de SiO_2 e em algumas amostras até mesmo promovendo o aumento de TiO_2, como observado, possivelmente pela presença de rutilo nas rochas. Em alguns casos foi possível notar menores concentrações de SiO_2 e o enriquecimento de Al_2O_3. Os elementos traço apresentaram-se com baixas concentrações e valores relevantes somente para Ga, Hf, Nb, Ta, Th, U, W e Zr, os quais ocorrem na forma de minerais presentes na rocha, provavelmente como zircão, turmalina, rutilo.

Desta forma os resultados obtidos refletem três assinaturas geoquímicas: 1 – com elevados teores de SiO_2 e baixos em elementos traço, 2 – apresenta elevado teor de K_2O e enriquecimento em Ba, Mo, Sr, Ni e As (amostra 2), estas semelhantes ao registro proposto por Horbe et al., 2006, e 3 – uma nova associação proposta por este trabalho com teores de Al_2O_3 maiores que as demais amostras e enriquecimento em Ga, Hf, Nb, Ta, Th, U, W e Zr (amostras 4, 5, 6, 8 e 13).

De um ponto de vista regional não se observa padrão de variação regional na concentração dos elementos na direção W – E acompanhando o curso do rio Amazonas. Esta heterogeneidade das assinaturas químicas das rochas deve refletir a variação na fonte dos sedimentos e suas condições diagenéticas durante o Cretáceo na Bacia do Amazonas, rochas as quais também foram submetidas a eventos recentes de intemperismo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cunha, P. R. C., Gonzaga, F. G., Coutinho, L. F. C., Feijó, F. J. 1994. Bacia do Amazonas. Boletim de Geociências da Petrobrás, Vol. 8**:**47-55.

Franzinelli, E; Igreja, V; rossi, v. 2003. Novas contribuições ao estudo do "arenito manaus" – horizonte silicificado da formação alter do chão, bacia sedimentar do amazonas, brasil. *In*:SBG/NO, Simp. Geol. Amaz., Vol. 8, Manaus, Boletim de resumos expandidos, CD-ROM.

Horbe, A. M. C., Vieira, C. L., Nogueira, A. C. R. 2006. Geoquímica de camadas vermelhas bioturbadas da Formação Alter do Chão, Cretáceo da bacia do Amazonas. Revista Brasileira de Geociências, Vol. 36 (3): 396-402.

Nogueira A. C. R., Silva Júnior, J. B. C., Horbe, A. M. C., Soares, J. L. Monteiro, A. D. 2003. A gênese dos níveis silicificados da Formação Alter do Chão, Cretáceo Superior da bacia do Amazonas. *In*:SBG/NO, Simp. Geol. Amaz., Vol. 8, Manaus, Boletim de resumos expandidos, CD-ROM.

Price, L. I. 1960. Dentes de Theropoda num testemunho de sonda no Estado do Amazonas. Anais da Academia Brasileira de Ciências 32, 79 e 84.

Roddaz, M., Viers, J., Brusset, S., Baby, P., Boucayrand, C., Hérail, G. 2006. Controls on weathering and provenance in the Amazonian foreland basin: Insights from major and trace element geochemistry of Neogene Amazonian sediments. Chemical Geology, Vol. 226: 31-65.

Riker, S. R. L. Reis, N. J. D'Antona, R. J. G. Brito, I. A. 2008. Projeto Materiais de Construção no Domínio Médio Amazonas. Informe de Recursos Minerais – CPRM. Manaus. Série Rochas e Minerais Industriais, CD-ROM.

Vieira, L. C. 1999. Depósitos fluviais da Formação Alter do Chão, Cretáceo – Terciário da bacia do Amazonas, Ponta negra, Manaus. TFG, DEGEO/UFAM.

CRONOGRAMA

Nº	Descrição	Ago 2008	Set	Out	Nov	Dez	Jan 2009	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul
	- Revisão Bilbiográfica	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
	- Coleta de amostras		X										
	- Tratamento de amostras		X	X	X								
	- Análises (ICP-OES e MS e DRX)			X	X	X	X	X	X				
	- Apresentação parcial				X								
	- Confecção do relatório parcial						X	X					
	- Interpretação dos resultados							X	X	X	X		
	- Elaboração do Resumo e Relatório Final (atividade obrigatória)											X	
	- Preparação da Apresentação Final para o Congresso (atividade obrigatória)												X