

Aspectos Geológicos do Estado do Acre e Implicações na Evolução da Paisagem

República Federativa do Brasil

Luiz Inácio Lula da Silva
Presidente

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Luis Carlos Guedes Pinto
Ministro

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa

Conselho de Administração

Luiz Gomes de Souza
Presidente

Silvio Crestana
Vice-Presidente

Alexandre Kalil Pires
Ernesto Paterniani
Hélio Tollini
Claudia Assunção dos Santos Viegas
Membros

Diretoria-Executiva da Embrapa

Silvio Crestana
Diretor-Presidente

José Geraldo Eugênio de França
Kepler Euclides Filho
Tatiana Deane de Abreu Sá
Diretores-Executivos

Embrapa Acre

Marcus Vinicio Neves d'Oliveira
Chefe-Geral

Milcíades Heitor de Abreu Pardo
Chefe-Adjunto de Administração

Luís Cláudio de Oliveira
Chefe-Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

Francisco de Assis Correa Silva
Chefe-Adjunto de Comunicação, Negócios e Apoio

ISSN 0104-9046

Dezembro, 2006

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa Agroflorestal do Acre
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos 104

**Aspectos Geológicos do Estado do Acre e Implicações na
Evolução da Paisagem**

Luciana Mendes Cavalcante

Rio Branco, AC
2006

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Acre

Rodovia BR 364, km 14, sentido Rio Branco/Porto Velho
Caixa Postal, 321
Rio Branco, AC, CEP 69908-970
Fone: (68) 3212-3200
Fax: (68) 3212-3284
<http://www.cpaufac.embrapa.br>
sac@cpafac.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: *Rivaldalve Coelho Gonçalves*

Secretária-Executiva: *Suely Moreira de Melo*

Membros: *Carlos Mauricio Soares de Andrade, Celso Luís Bergo, Claudenor Pinho de Sá, Cleisa Brasil da Cunha Cartaxo, Henrique José Borges de Araujo, Giselle Mariano Lessa de Assis*, Jonny Everson Scherwinski Pereira, José Tadeu de Souza Marinho*, Lúcia Helena de Oliveira Wadt, Luís Cláudio de Oliveira, Marcílio José Thomazini, Patrícia Maria Drumond*

*Revisores deste trabalho

Supervisão editorial: *Claudia Carvalho Sena / Suely Moreira de Melo*

Revisão de texto: *Claudia Carvalho Sena / Suely Moreira de Melo*

Normalização bibliográfica: *Luiza de Marillac Pompeu Braga Gonçalves*

Tratamento de ilustrações: *Iuri Rudá Franca Gomes*

Foto da capa: *Marcondes Lima Costa*

Editoração eletrônica: *Iuri Rudá Franca Gomes*

1ª edição

1ª impressão (2006): 300 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

Embrapa Acre.

C376a	Cavalcante, Luciana Mendes Aspectos geológicos do estado do Acre e implicações na evolução da paisagem / Luciana Mendes Cavalcante. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2006. 25 p. il. color. (Embrapa Acre. Documentos, 104)
-------	--

1. Geologia – Acre. 2. Geomorfologia – Acre. I. Título. II. Série.

CDD 21. ed. 551.098112

© Embrapa 2006

Autora

Luciana Mendes Cavalcante

Geól., M.Sc., Embrapa Acre, Rodovia BR 364, km 14, Caixa Postal 321,
CEP 69908-970, Rio Branco-AC, luciana@cpafac.embrapa.br

Apresentação

A preocupação com o entendimento de uma paisagem, de sua gênese e de sua evolução no decorrer do tempo geológico emerge cada vez que se considera o papel das inúmeras sociedades que se instalam em determinado local, frente às inúmeras intervenções que promovem. Nesse sentido, é importante que se investiguem graus de vulnerabilidade ecológica e ambiental face não só aos fenômenos naturais, mas também aos promovidos antropicamente. É preciso entender para intervir.

No ZEE do Estado do Acre, na área de gestão territorial, a Embrapa Acre trabalhou em parceria com a Secretaria de Meio Ambiente do Estado do Acre, à frente dos temas geologia e geomorfologia e solos. Como desdobramento desses trabalhos verificou-se que o entendimento da evolução geológica no Acre pode ser a chave para a distribuição dos diversos ambientes existentes hoje.

Este trabalho apresenta os primeiros resultados dessas investigações e pretende contribuir como subsídios para tomadas de decisões mais acertadas sobre as alternativas de uso atual naqueles ambientes, tão frágeis e vulneráveis.

Marcus Vinicio Neves d'Oliveira
Chefe-Geral da Embrapa Acre

Sumário

Introdução.....	9
Geologia do Acre.....	9
Geomorfologia do Acre.....	13
Relação entre Neotectônica e Elaboração da Paisagem.....	15
Glaciações no Cenozóico e Evolução da Paisagem.....	19
Conclusões.....	21
Referências.....	22

Aspectos Geológicos do Estado do Acre e Implicações na Evolução da Paisagem

Introdução

A geologia da Amazônia, em especial a do Estado do Acre, a despeito dos grandes esforços empreendidos em investigações de seus recursos naturais nas três últimas décadas, ainda é bastante deficiente. É curioso esse fato visto que desde o final do século 19 etnógrafos e naturalistas adentraram em áreas a norte e a sul do Rio Amazonas, percorrendo os principais afluentes. No Estado do Acre destacam-se os nomes de W. Chandless e F. Katzer. Já no início do século 20, com a criação do Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil, os trabalhos que se destacaram foram os de P. Moura e A. Wanderley, V. Oppenheim e J. T. Singewald.

Os trabalhos do Serviço Geológico tiveram prosseguimento posteriormente com atuações de outras instituições como o DNPM (Departamento Nacional de Pesquisas Minerais) e a Petrobrás (Petróleo Brasileiro S.A.). O grande marco na evolução de conhecimentos geológicos ocorre na década de 70 com os trabalhos realizados pela CPRM (Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais) por meio de mapeamentos geológicos e com o Projeto Radam (Radargrametria da Amazônia), no âmbito do DNPM. A criação do curso de Geologia na Universidade Federal do Pará em 1963 promoveu o desenvolvimento de pesquisas na Amazônia Oriental, predominantemente no litoral; em seguida, com a regulamentação do curso de Geologia na Universidade Federal do Amazonas, a pesquisa se desloca continente adentro, entretanto raros são os trabalhos envolvendo o Estado do Acre.

Os dados apresentados, baseados em grande parte no banco de dados do Sipam/IBGE (Sistema de Proteção da Amazônia/Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), foram gerados em escala 100.000 e publicados em escala 1:250.000 e serviram de subsídio na elaboração do mapa de gestão territorial do Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Acre, em sua segunda fase (Acre, 2006).

Com base nos dados do Sipam, em compilações bibliográficas e em análises fotointerpretativas de imagens de radar e de satélite, neste trabalho são elencados aspectos da geologia do Acre em termos de evolução da paisagem, considerando que os processos ocorridos foram decisivos na elaboração da paisagem atual. Destaca-se, ainda, a necessidade de aprofundamento da temática para grandes escalas.

Geologia do Acre

No Acre, a unidade geotectônica mais importante é a bacia do Acre (Fig. 1) que compreende unidades essencialmente cenozóicas, entretanto, em sua porção mais a oeste ocorrem remanescentes mesozóicos e até pré-cambrianos (Fig. 2). Sua história geológica envolve primeiramente deposição pericratônica e marginal aberta no Paleozóico, resultando em

sedimentos continentais intercalados a sedimentos marinhos. A análise de feições sismoestratigráficas, em seções sísmicas realizadas pela Petrobrás (Oliveira, 1994), e das principais estruturas da bacia permite concluir que a sedimentação inicial se deu por rifteamento intracontinental com possíveis incursões marinhas. Após o soerguimento dos Andes, a deposição se deu em ambiente essencialmente intracontinental, com a presença de lagos e, posteriormente, de megaleques aluviais.

As estruturas mais importantes na configuração do quadro atual são: o Arco de Purus, que desde o Paleozóico até a inversão da cadeia andina no Mesozóico teria funcionado como paleodivisor de dois sistemas de drenagem, os quais corriam, respectivamente, para leste e para oeste (Bemerguy; Costa, 1991; Wanderley Filho, 1991); o Lineamento Madeira, que limita a bacia do Acre a sudeste e também serviu como divisor de drenagem no Cretáceo; o Arco de Iquitos, que separa a bacia do Acre da bacia do Solimões; e o Lineamento Juruá.

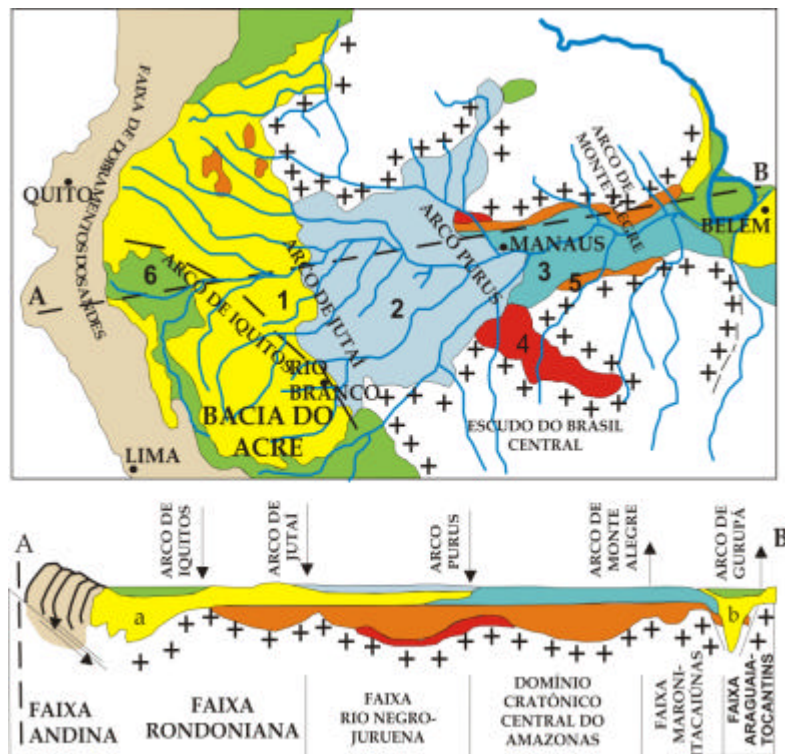


Fig.1. Localização da bacia do Acre no contexto geotectônico amazônico: 1) A – Formação Solimões; B – sedimentos terciários; 2) Formação Içá; 3) Formação Alter do Chão; 4) coberturas proterozóicas; 5) rochas aleozóicas; 6) coberturas do quaternário.
 Fonte: Adaptado de Bezerra (2003).

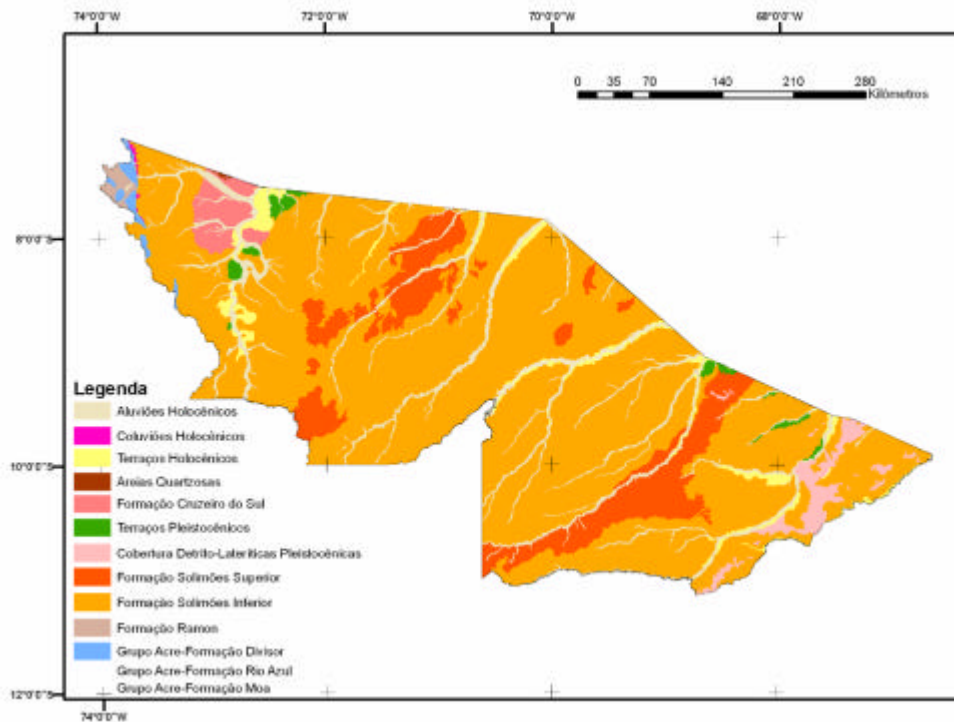


Fig. 2. Mapa de unidades estratigráficas do Estado do Acre com base no banco de dados do Sipam.

Fonte: Cavalcante (2006, *no prelo*).

O embasamento da bacia do Acre é representado pelo Complexo Jamari, a unidade litoestratigráfica mais antiga que aflora nas cabeceiras do Rio São Francisco (extremo oeste do Estado, na Serra do Jaquirana), e compreende rochas gnáissicas, granulitos, anfibolitos, quartzo-dioritos e xistos. Corresponde ao Complexo Xingu citado na primeira fase do ZEE, mas aqui diferenciado deste por diferenças de ambiência tectônica.

Em discordância com essa unidade ocorre a Formação Formosa, cujos litotipos são resultantes de uma emersão do escudo brasileiro, conforme Caputo (1973). Após essa deposição houve manifestação ígnea alcalina (subida de magma), causando metaformismo de contato na Formação Formosa. Esse evento originou corpos intrusivos de pequenas dimensões (Sienito República).

No período Juro-Triássico houve inversões dos depocentros da bacia, culminando com forte evento compressivo (Tectônica Juruá) que inverteu toda a bacia. A partir desse episódio, durante o Cretáceo, houve momentos de incursões e regressões marinhas sucessivas, resultando na deposição do Grupo Acre em ambiente de bacia de antepaís. De uma forma geral, há subsidência na área. O Arco de Iquitos (que separa a bacia do Acre da bacia do Solimões) funciona como área fonte de sedimentos nos momentos de sedimentação clástica regressiva (momentos de saída do mar). Com a Orogenia Andina e sua fase deformadora Quéchua (a única fase que afetou

a bacia, originando a Serra do Divisor), houve compressão e inversão na área pelo avanço da cadeia andina para leste, o Arco de Iquitos é rebaixado e a bacia do Acre torna-se intracontinental, com área-fonte vinda de oeste. Isso acarreta uma inversão no fluxo das drenagens principais, que se preserva até hoje (fluxo dos Rios Solimões e Amazonas de oeste para leste, por exemplo).

Antes da completa inversão são depositados os litotipos da Formação Solimões (argilitos, siltitos e arenitos com intercalações de finos níveis de calcário, linhito e turfa). Maia et al. (1977), em função de análises de sondagens e perfurações, separam o material da base da então Formação Solimões em uma outra formação, a Ramon (constituída por material arenoso de ambiente oxidante), que aflora a oeste da Serra do Divisor.

As litologias da Formação Solimões apresentam-se em camadas lenticulares de extensões variáveis, cujas transições verticais e laterais se fazem tanto de forma brusca quanto gradacional, o que evidenciaria uma constante oscilação na energia de transporte durante o período de deposição destes sedimentos. De acordo com Maia et al. (1977), os sedimentos da Formação Solimões, de ambiente eminentemente redutor, gradam tanto vertical como lateralmente para uma seção inferior de ambiente oxidante, pertencente à Formação Ramon cuja idade se estende do Cretáceo Superior ao Paleoceno.

Os sedimentos da fácies redutora da Formação Solimões seriam abundantemente fossilíferos, micáceos, localmente calcíferos. Os níveis de linhito estão na maior parte das vezes piritizados e gradam inferior e superiormente para argilitos carbonosos. A seção de ambiente oxidante, Formação Ramon, compõe-se de argilitos, siltitos e arenitos e apresenta coloração avermelhada, arroxeada, amarelada e esbranquiçada, sendo comum a ocorrência de todas estas tonalidades em conjunto (Bezerra, 2003).

Maia et al. (1977) analisaram bioestratigraficamente a redefinida Formação Solimões, ou seja, abstraindo-se do conjunto sedimentar cenozóico a seção superior integrante da Formação Içá e a seção inferior integrante da Formação Ramon. A análise deste material paleontológico indicou o intervalo Mioceno a Plioceno para a sedimentação da unidade, alcançando o Oligoceno nas suas partes de maior espessura.

Latrubesse et al. (1994) confirmam o intervalo Mioceno Superior–Plioceno para a deposição das porções superiores da Formação Solimões, de onde descrevem uma abundante e variada fauna de vertebrados do Mio-Plioceno (idades mamífero *Huayqueriense* e *Montehermosense*) coletada em toda a seqüência exposta, tanto nos barrancos dos rios como nos interflúvios no topo da formação.

Räsänen et al. (1998), por analogia à Formação Pebas (na região de Iquitos), definem o ambiente de sedimentação da Formação Solimões no Brasil como um sistema lacustre que cobria inteiramente a Amazônia Ocidental e que tinha uma estreita conexão com o mar. Os rios que

drenavam os Andes em processo de levantamento ingressavam neste lago pelo oeste, passando através de uma zona costeira aluvial de antearco relativamente estreita. Durante os milhões de anos de sua existência a bacia lacustre esteve em constante subsidência, e o registro sedimentar mostra que a linha de costa progradou e retrogradou repetidamente. Por volta de 12 Ma BP (no Mioceno), dois processos teriam atuado de forma simultânea: as incursões marinhas, que ingressaram a bacia lacustrina pelo norte (região da Venezuela), e um marcante incremento da deposição fluvial dos rios de origem andina. Estes depósitos fluviais, com influência estuarina e de maré, teriam alcançado a região do Acre.

Räsänen et al. (1998) concluem que a origem da Formação Solimões vincula-se a um sistema fluvial que drenava a região de leste para oeste, em direção a uma área deprimida posicionada nas bordas da cadeia andina em processo de soerguimento (Orogenia Quéchuá), que também recebia sedimentação de alta energia sob a forma de leques aluviais provenientes de oeste, ou seja, da Cordilheira Andina. Tais sedimentos foram acumulados em ambiente de águas rasas pouco movimentadas, provavelmente lagos rasos ou em áreas pantanosas, o que gerou as condições de ambiente redutor característico da Formação Solimões. Decorre disso, a abundância de níveis carbonosos e de fósseis e a predominância de sedimentos finos, ocasionalmente com precipitação química.

No início do Quaternário, por deposição fluvial, tem-se a Formação Cruzeiro do Sul e os terraços pleistocênicos sendo depositados. Em seguida são alternados momentos de quietude (em que se dá instalação dos perfis lateríticos – coberturas detrito-lateríticas) com outros de movimentação tectônica. Essa nova tectônica (neotectônica) gera reativações de antigas falhas, soerguendo e rebaixando blocos e sendo a responsável pela deposição do material holocênico (terraços holocênicos, areias quartzosas inconsolidadas, aluviões holocênicos e coluviões holocênicos), além de controlar a distribuição do relevo e da drenagem atuais.

Geomorfologia do Acre

O Estado do Acre encontra-se dividido em nove unidades geomorfológicas: a Planície Amazônica, a Depressão do Endimari-Abunã, a Depressão do Iaco-Acre, a Depressão de Rio Branco, a Depressão do Juruá-Iaco, a Depressão do Tarauacá-Itaquai, a Depressão Marginal à Serra do Divisor, a Superfície Tabular de Cruzeiro do Sul e os Planaltos Residuais da Serra do Divisor (Fig. 3).

A Planície Amazônica forma-se por colmatagem de sedimentos em suspensão e construção de planícies e terraços orientada por ajustes tectônicos e acelerada por evolução de meandros. Os padrões de drenagem nela presentes são o meândrico e o anastomosado, indicando ajuste hidrodinâmico em áreas rebaixadas. É caracterizada por vários níveis de terraços e as várzeas recentes contêm diques e paleocanais, lagos de

meandro e de barramento, bacias de decantação, furos, canais anastomosados e trechos de talvegues retilinizados por fatores estruturais.

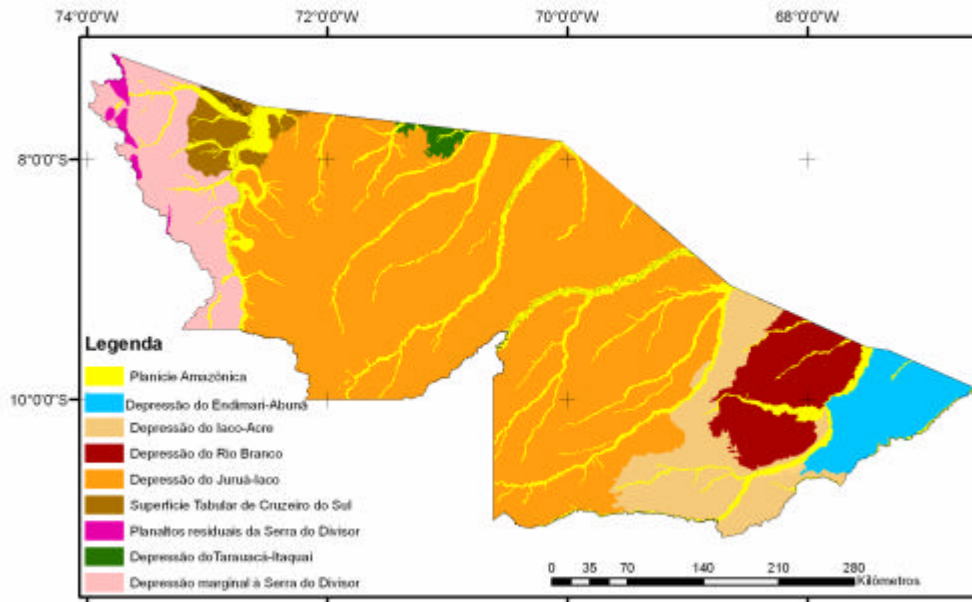


Fig. 3. Unidades geomorfológicas do Estado do Acre com base no banco de dados do Sipam.

Fonte: Cavalcante (2006, *no prelo*).

As altitudes nas depressões variam de 130 (na Depressão Endimari-Abunã) a 440 m (na Depressão Juruá-Iaco). A tectônica parece ter um papel importante na área, provavelmente uma movimentação tardia no Arco de Iquitos provocou o soerguimento dessas unidades que foram posteriormente niveladas por pediplanação pós-terciária e dissecadas em diferentes graus pela drenagem atual. Já a Depressão Marginal à Serra do Divisor pode ter sido rebaixada nessa fase por se constituir um gráben (bacia limitada por falhas) associado à Falha Batã, com possíveis rearranjos pela pediplanação pós-terciária e posterior dissecção fluvial.

A Superfície Tabular de Cruzeiro do Sul constitui um *horst* (área elevada ao lado do gráben) associado à Falha Batã onde predominam relevos tabulares com declives suaves, à exceção de alguns trechos, como sua borda oeste, onde os declives são mais acentuados. Apresenta altitude média entre 150 e 270 m e padrões de drenagem dendrítico a subparalelo (associado a estruturas tectônicas).

No Planalto Residual da Serra do Divisor ocorrem as Serras do Jaquirana, do Moa, do Juruá-Mirim e do Rio Branco, compreendendo as maiores altitudes da Amazônia Ocidental (entre 270 e 750 m), intensamente

dissecadas pela drenagem atual. O padrão dendrítico e paralelo denunciam forte controle estrutural.

Relação entre Neotectônica e Elaboração da Paisagem

Na bacia do Acre, bem como na Amazônia, tem-se uma área morfoestrutural, pois a gênese e evolução do relevo estão diretamente relacionadas à estruturação crustal antiga, que marca zonas de fraqueza potencialmente favoráveis à reativação no desenvolvimento de processos geológicos posteriores, como o processo de desenvolvimento da bacia (Costa et al., 1996; Bezerra, 2003). Por outro lado, a presença da zona sismogênica de Cruzeiro do Sul (relacionada com a subducção da placa Nazca sob a placa Sul-Americana, gerando sismos profundos, e também relacionada a sismos rasos ainda pouco estudados), coincidente com a faixa de sutura do Acre/Serra do Divisor, revela uma área tectonicamente ativa, portanto, também morfotectônica (segundo dados apresentados por Assumpção, 1983; 1998; Assumpção e Suarez, 1988; Assumpção et al., 1983; Mito, 1993).

A análise de imagens de satélite e de radar evidencia algumas características morfotectônicas da área:

- ? Assimetria de bacias, o que seria indicativo de basculamentos que deslocaram os rios (ex.: bacia dos Rios Acre, Xapuri, Purus, Juruá, do Igarapé São Francisco e outras).
- ? Bruscas mudanças nas direções de escoamento de rios, indicando seus condicionamentos às estruturas tectônicas da área (mais expressivas nos Rios Acre, Purus e Juruá).
- ? Desnivelamento de terraços, indicando basculamentos.
- ? Trechos retelinizados em alguns rios alternados com trechos meandrantés.
- ? Compartimentação da bacia em áreas elevadas e em áreas subsidentes, etc.

A seguir serão expostos esquemas de evolução tectônica para a Amazônia Ocidental (Bezerra, 2003), em que se observam os prováveis cenários onde a paisagem atual foi se modelando.

No Mesozóico (Triássico-Jurássico), com o advento do regime extensional Sul-Atlântico toda a Região Amazônica esteve sujeita à distensão segundo um eixo orientado NW-SE ou NNW-SSE, imposto pela separação e migração para noroeste da placa Norte-Americana, e o início do afastamento da placa Africana para nordeste (Costa et al., 1991 a e b; Bemerguy, 1997). As estruturas do Arco de Purus foram reativadas como falhas transcorrentes.

Tais áreas soerguidas funcionavam nesta época como divisores de drenagem, com um sistema correndo para nordeste na direção do golfo marinho, e outro, para sudoeste em direção à bacia do Solimões em franca

subsidência termal, e daí para as bacias de antearco ou antepaís, dos Andes orientais (Räsänen et al., 1998). Nesse momento depositou-se o Grupo Acre. Em seguida, no final do Mesozóico, inicia-se a deposição da Formação Ramon (Fig. 4). Segundo Bezerra (2003), nessa fase predominava um clima árido a semi-árido no interior da placa Sul-Americana, onde os registros sedimentares e paleontológicos são essencialmente fluviais, secundariamente lacustres e localmente eólicos, sendo um período de longa fase erosiva/deposicional em clima seco, árido a semi-árido (Costa et al., 1991a e b).

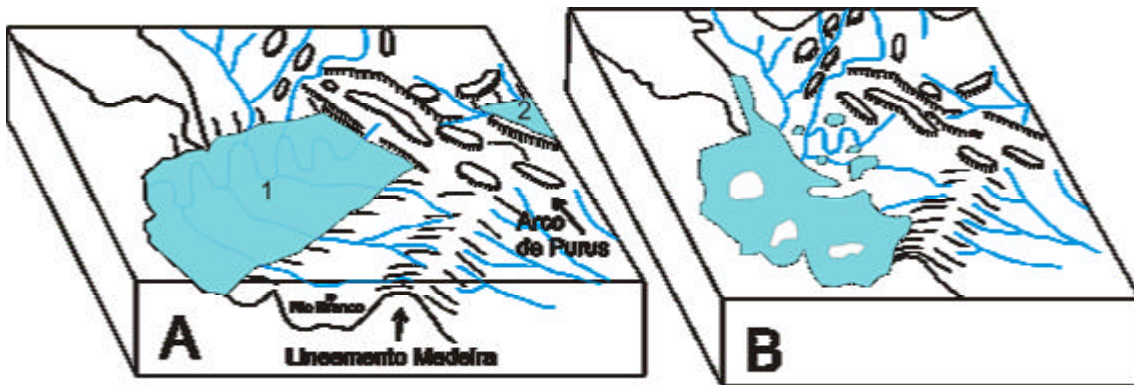


Fig. 4. A) Provável paleogeografia do final do Mesozóico (1. bacia cretácica Solimões e 2. bacia cretácica Amazonas¹ e B) Provável paleogeografia do Terciário inferior/médio até o final do Mioceno².

Fonte: Adaptado de Bezerra (2003).

Com a abertura do Atlântico, que culminou com a separação entre as placas Sul-Americana e Africana a leste, aquela começa sua deriva para oeste; com a movimentação das placas de Nazca para leste, inicia-se a colisão entre as mesmas que perdura até hoje. Nesse momento instala-se uma tectônica direcional transcorrente dextral no interior da placa Sul-Americana (Fig. 5), e essa nova tectônica (neotectônica) será a grande responsável pela evolução da paisagem que ocorre a partir de então, pronunciada sobretudo na gênese do relevo e de alguns solos.

¹Na fase de subsidência termal do evento extensional Sul-Atlântico, o Arco de Purus funcionou como zona compartimental entre dois depocentros cretáceos. Com a predominância de clima seco, árido a semi-árido, desenvolveram-se formas tabulares (mesas, platôs e chapadas).

²Em azul, a provável configuração do lago Pebas/Solimões. O Arco de Purus permaneceu como divisor de drenagens. Figura distorcida para fins de visualização em 3D.

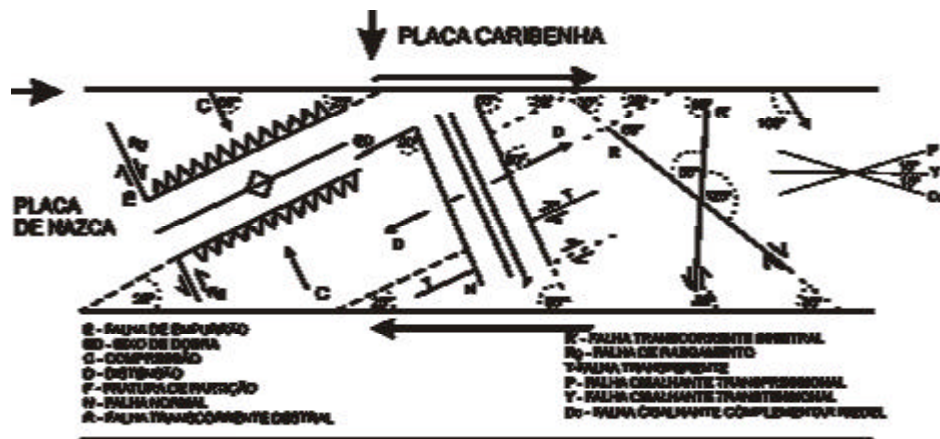


Fig. 5. Modelo neotectônico atual para a Amazônia.

Fonte: Saadi et al., 2005.

A partir do fim do Cretáceo e por todo o Terciário Inferior (Paleogeno) a área posicionada a oeste do Arco de Purus, em decorrência do contínuo levantamento da Cordilheira Andina, continuava em subsidência (do tipo flexural) principalmente nas proximidades da cordilheira.

Nesta área subsidente acumularam-se até o Mioceno-Superior as águas de um imenso sistema de lagos que cobria grande parte da Amazônia Ocidental (lago Pebas) e recebia sedimentação vinda dos Andes pelo lado oeste e de uma paleodrenagem amazônica pelo lado leste. No Brasil, a unidade litoestratigráfica representativa deste evento é conhecida como Formação Solimões, enquanto no Peru é denominada Formação Pebas (Fig. 4). O lago Pebas continha águas calmas e possuía uma conexão estreita com o mar através de uma zona costeira aluvial de antearco. No início do Mioceno Superior (entre 8 e 11 Ma AP) houve conexão com o mar pelo norte da Venezuela, acompanhada de um marcante aumento da influência da deposição fluvial dos rios de origem andina, fenômeno interpretado como um incremento da subsidência em face do clímax do soerguimento da cordilheira, ocorrido no Mioceno durante a Orogenia Quéchu.

Ainda segundo Bezerra (2003), a contínua subsidência ao longo dos depocentros das bacias de antearco, o seu preenchimento sedimentar e, principalmente, a contínua sobrecarga relacionada ao espessamento crustal dos Andes Orientais provocaram o soerguimento periférico, responsável pela inversão do sistema de drenagem para leste e exposição dos sedimentos terciários da Formação Solimões à dissecação fluvial. Tal fenômeno teria ocorrido por volta de 8 Ma AP (Räsänen et al., 1998), correspondente ao Mioceno Superior-Plioceno Inferior. As águas invertidas de oeste ficaram por algum tempo confinadas em um grande sistema fluvial arreico, limitado a sul e sudeste por uma área soerguida formada na região de influência do Lineamento Madeira; a leste pela borda leste do Arco de Purus e a nordeste pelos relevos formados ao longo da estrutura em cunha do Rio Branco–Rio Negro, depositando-se nessa fase, os sedimentos plio-pleistocênicos da Formação Içá (Fig. 6A).

A partir de então se registrou o primeiro pulso cinemático neotectônico no Mioceno Superior–Plioceno com o rebaixamento do eixo do Arco de Purus (Fig. 6B). Nessa etapa os litotipos da Formação Solimões foram soerguidos em função de movimentação do Arco de Jutai. Paralelamente diversas estruturas geradas ou reativadas durante este evento cinemático foram movimentadas segundo as direções principais E-W e NE-SW, estabelecendo-se ao longo delas as principais drenagens.

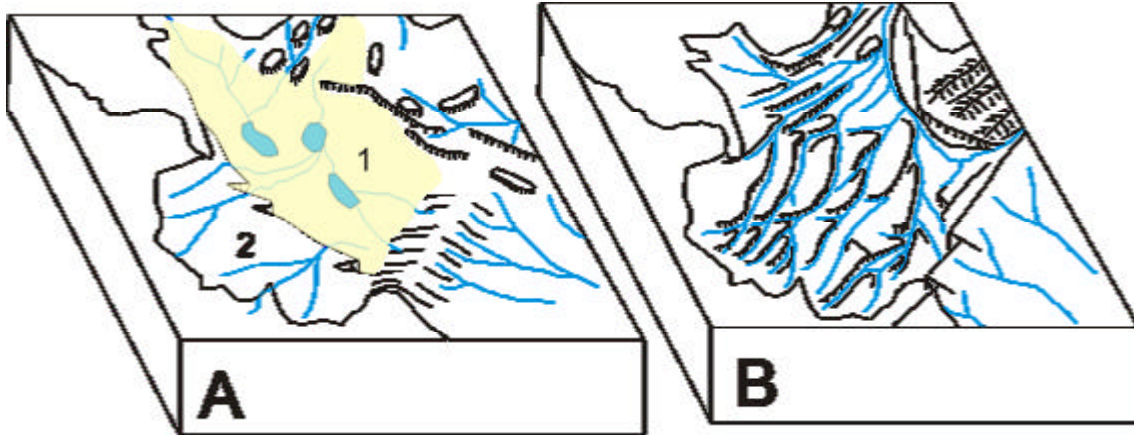


Fig. 6. A) Configuração paleogeográfica esquemática da bacia Içá, com a configuração da inversão positiva da bacia do Solimões (1) e do Acre (2). B) Provável paleogeografia do Terciário Superior/Pleistoceno³.

Após esse primeiro pulso cinemático, toda a região experimentou um período de estabilidade tectônica com incidência por volta do Pleistoceno Médio, quando do regime climático glacial em que houve implantação na região equatorial de climas áridos a semi-áridos e rebaixamento do nível dos mares (a ser tratado posteriormente). Na região intraplaca este fenômeno foi responsável pela elaboração da extensa superfície de aplainamento neopleistocênica, denominada por Costa et al. (1978) de Pediplano Neo-Pleistocênico, atualmente preservada sob a forma de interflúvios tabulares.

No final do Pleistoceno, após o desenvolvimento desta superfície de aplainamento, toda a região experimentou um segundo pulso cinemático do regime transcorrente neotectônico, o qual responde pela configuração do relevo e pelo desenho da rede de drenagem tal como se mostra atualmente (Fig. 7). A região ao longo do Lineamento Madeira sofreu transtensão, e em decorrência dessa movimentação, parte da drenagem que se dirigia para norte-nordeste foi capturada por falhas de direção NE-SW, em seguida deslocada por outras de direção E-W, desenvolvendo o curso atual do Rio Purus e do Juruá que deságuam no Solimões. Os antigos cursos das paleodrenagens, com direcionamento geral N-S, encontram-se registrados sob a forma de terraços caracterizados como terraços pleistocênicos.

³Notar um sistema de drenagem dirigido para sudeste com cabeceiras ao longo do Lineamento Madeira. Na bacia do Acre, predominava transpressão com geração de dobras com eixos NE-SW.

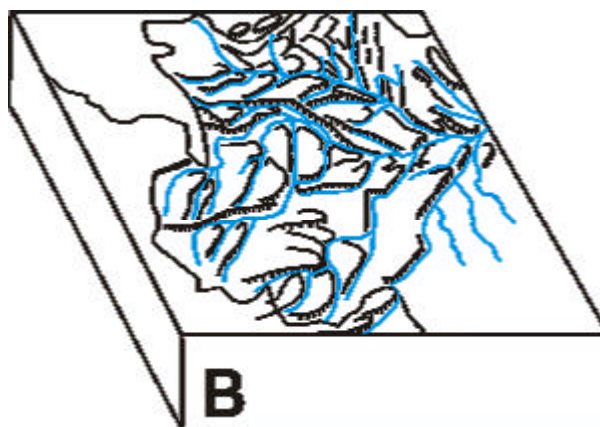


Fig. 7. Configuração da paisagem da Amazônia Ocidental, do final do Pleistoceno até os dias atuais.

O trecho do Rio Juruá, no Acre, manteve seu curso geral SW-NE, controlado pelas estruturas transpressivas do primeiro pulso cinemático: adentrando no Estado do Amazonas, ele é infletido para E-W segundo o lineamento homônimo. Atualmente a rede de drenagem mostra os efeitos de todas essas etapas evolutivas, encontrando-se em estágio avançado de desenvolvimento entre os Rios Juruá e Purus, cuja configuração do relevo e da rede de drenagem praticamente não sofreu modificações durante o segundo pulso cinemático. Já entre os Rios Purus e Madeira, as modificações foram mais acentuadas, com a rede de drenagem em processo de organização.

As transformações impostas ao relevo e ao sistema de drenagem, durante o regime neotectônico, desempenharam um importante papel no desenvolvimento dos solos e da cobertura vegetal. Os processos de soerguimento e rebaixamento da superfície e o bloqueio e desvios de rios são marcados, inicialmente, pela formação de grandes áreas inundáveis e pântanos. O alagamento ou inundações nessas áreas promove a degradação, ou mesmo degeneração da vegetação original, passando a ocorrer um ciclo de regeneração que se inicia com a ocupação por Campinarana com predominância de gramíneas. A colmatação ou dessecação desses lagos e áreas alagadas é acompanhada de uma intensa lixiviação das argilas e preservação de areias, onde os processos pedogenéticos desenvolvem os solos Neossolos quartzarênicos (a norte de Cruzeiro do Sul). Estes aspectos são muito importantes, pois mostram que a evolução da paisagem nessas áreas arenosas está ligada à colonização vegetal e não diretamente à instalação da drenagem, embora uma coisa esteja correlacionada a outra.

Glaciações no Cenozóico e Evolução da Paisagem

Muito se tem tentado explicar a evolução da paisagem em seus aspectos físicos e bióticos a partir de alterações climáticas ocorridas sobretudo no Cenozóico. Vários autores (Räsänen et al., 1987; Räsänen et al., 1995) destacam a evolução geológica como um fator tão condicionante quanto o clima. Durante os períodos glaciais, quando o nível marinho atingia 120 m abaixo do atual, o lençol freático evidentemente era rebaixado. Aliada a

essa situação, contava-se ainda com um clima regionalmente mais quente do que o atual. A consequência disso sobre os solos e a vegetação foi provavelmente muito marcante, uma vez que houve uma drástica redução na disponibilidade de água. Diversos autores atribuem a isso uma retração da floresta tropical até uma possível fragmentação. Segundo Haffer e Prance (2002), essa fragmentação criou áreas de refúgio, onde porções de floresta úmida eram circundadas por vários tipos de savana, floresta seca, floresta de lianas e outros tipos intermediários de vegetação de climas sazonalmente secos. Com a volta da umidade após o derretimento do gelo, a floresta úmida recolonizaria as antigas áreas dominadas por savanas. Outros autores contrariam a teoria de Haffer e Prance, alegando que jamais houve tal fenômeno (ex.: Colinvaux et al., 2002). Dados que corroboram aquela teoria são apresentados por Kronberg et al. (1991): na bacia do Acre, ocorrem precipitados de gesso e aragonita associados com sedimentos finos. Isto se deve a uma dissecação promovida por um extenso sistema fluvial-lacustre atuante em clima seco há cerca de 53.000 anos; e por Latrubesse e Rancy, 1998, Rancy, 1993: a presença de mamíferos fósseis com hábitos de pastejo indica uma ocorrência de campinas e de savanas antes de 40.000 anos A.P.

A questão da fragmentação ou permanência da floresta úmida depende de aprofundamento em análises geológico-palinológicas. Por meio de análises palinológicas com datação radiocarbônica alguns trabalhos afirmam que:

- ? Durante o Plio-Pleistoceno, muitas áreas que experimentavam sedimentação marinha passaram a sofrer ação fluvial. Isso poderia explicar os muitos padrões biogeográficos subandinos, especialmente da biota aquática (Räsänen et al., 1995).
- ? No Pleistoceno Tardio houve um esfriamento ambiental na região com rearranjo da composição florística da vegetação de floresta. Nesse período mais frio (> 40.000 a ~ 10.000 anos A.P.), alguns táxons arbóreos da floresta das terras baixas foram substituídos por táxons arbóreos típicos de locais mais frios (*Podocarpus*, *Ilex*, *Myrsine*, *Humiria*). A presença desses raros indivíduos hoje seria reminiscência daquelas florestas (Pessenda et al., 2005).
- ? No último máximo glacial (o extremo climático mais forte dos últimos 20.000 anos), a queda de 5° Celsius na temperatura modifica o funcionamento da zona de convergência intertropical, diminuindo a precipitação na parte leste da Bacia Amazônica; já na oeste, em função da cadeia andina, nuvens ocorriam no sopé das montanhas aumentando a umidade dessa área (Ledru et al., 1998).
- ? Entre 17.000 e 9.000 anos A.P., o carbono da matéria orgânica do solo indica que em alguns locais da Amazônia havia vegetação de floresta em clima mais úmido e frio que o atual.
- ? A partir de 10.000 anos A.P. (início do Holoceno) ocorre mudança na temperatura média anual. Há declínio do *Podocarpus* e de outros

táxons subtropicais. É no Holoceno que as comunidades florísticas e os elementos montanos tornam-se alopátricos, persistindo nas regiões elevadas até os dias atuais.

- ? Entre 9.000 e 5.000 anos A.P. ocorre enriquecimento isotrópico refletindo trocas de vegetação de florestas por savanas (gramíneas), indicativo de um provável clima mais seco (Freitas et al., 2001).
- ? A partir de 3.000 anos A.P. ocorre empobrecimento isotópico refletindo expansão da vegetação da floresta sobre a savana, provavelmente devido a um clima mais úmido. Segundo Mayle et al. (2000), essa expansão já ocorre a partir de 7.000 anos A.P., com o fim da precessão dos equinócios (Ciclos de Milankovitch).

Na região de Humaitá (AM), avaliou-se a dinâmica e a origem da matéria orgânica acumulada (Pessenda et al., 2005). Os resultados apontam para acumulação oriunda de savana há pelo menos 7.000 anos, indicando a predominância de plantas C3 no início do Holoceno; já entre 7.000 e 4.000 anos A.P., os dados indicam influência de plantas C4, sugerindo uma regressão da floresta em consequência do clima mais seco; de 4.000 anos para cá, há entrada de matéria orgânica de origem C3, indicando expansão da floresta e retorno a um clima mais parecido com o atual. O mesmo ocorre em outro estudo realizado entre Pimenta Bueno e Vilhena (RO), contudo a norte do Estado, em Ariquemes, os dados isotópicos da matéria orgânica do solo indicaram que a floresta se manteve ao longo do Holoceno.

Faz-se mister destacar a escassez de dados, principalmente de análises multidisciplinares para entender as trocas vegetacionais e climáticas, sobretudo no Quaternário. Nesse sentido, afirmar que determinado fato ocorreu de forma homogênea na região é desconsiderar a grande extensão da Amazônia e suas análises pontuais. Em todo caso, ressalta-se a importância da evolução geológica para o entendimento da evolução do ambiente amazônico com suas inúmeras especificidades.

Conclusões

Para a bacia do Acre, assim como para toda a Amazônia, não se explica a grande diversidade ambiental, de feições anômalas em sistemas de relevo e na rede de drenagem, sem considerar os processos endógenos, tanto os relacionados à sua evolução litoestratigráfica quanto à sua evolução tectônica interagindo com fatores climáticos ou paleoclimáticos. Tais considerações são imprescindíveis para a definição e distinção dos graus de vulnerabilidade ecológica e ambiental face aos fenômenos naturais e à intervenção antrópica.

A neotectônica tem um papel ímpar na configuração da atual bacia do Acre e na distribuição dos solos e dos ambientes neles desenvolvidos (a presença de campinarana associada a Neossolos quartzarênicos é um indicador). As unidades morfoestratigráficas (que analisam as formas de relevo associadas à determinada litologia e sua gênese) representam em si

mesmas efeitos de soerguimentos e rebaixamentos da superfície, desvios e bloqueios de drenagem pelas estruturas neotectônicas (ex.: inflexões no Rio Juruá na direção E-W e N-S). A presença de uma zona sismogênica na bacia implica na provável atuação dessas estruturas atualmente, o que torna a caracterização das mesmas ainda mais necessária.

A movimentação imposta a essas estruturas resultaram em soerguimentos e rebaixamento por meio da atuação de falhas transcorrentes com componentes essencialmente transpressivos e localmente transtensivos. Tais movimentos ocorrem em função de dois pulsos cinemáticos. O primeiro, essencialmente transpressivo, do final do Terciário, foi responsável pela orientação NE-SW dos principais corredores de drenagem e pela formação de dobras na região com eixos também NE-SW; o segundo, do final do Pleistoceno até o Holoceno, responde pelas modificações no quadro estrutural e geomorfológico resultando na configuração da paisagem tal como se encontra nos dias de hoje.

Referências

- ASSUMPÇÃO, M. Terremotos no Brasil. **Revista Ciência Hoje**, v. 1, n.6, 1983.
- ASSUMPÇÃO, M. Sismotectónica y esfuerzos en Brasil. **Física da Terra**, v. 10, p. 149-166, 1998.
- ASSUMPÇÃO, M.; SUAREZ, G. 1988. Source mechanisms of moderate-size earthquakes in mid-plate South America. **Geophysical Journal**, v. 92, p. 253-267, 1988.
- ASSUMPÇÃO, M.; ORTEGA, R.; BERROCAL, J.; VELOSO, J. A. O sismo de Codajás. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 2, p. 39-44, 1983.
- BEMERGUY, R. L.. **Morfotectônica e Evolução Paleogeográfica da região da calha do rio Amazonas**. 1997. 199 f. Tese (Doutorado em Geologia) Universidade Federal do Pará, Belém, 1997.
- BEMERGUY, R. L.; COSTA, J. B. S. Considerações sobre a evolução do sistema de drenagem da Amazônia e sua relação com o arcabouço tectônico-estrutural. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, v. 3, p. 75-97, 1991.
- BEZZERA, P. E. L. **Compartimentação morfotectônica do interflúvio Solimões-Negro**. 2003. 335 f. Tese (Doutorado em Geologia) Universidade Federal do Pará, Belém, 2003.
- CAPUTO, M. V. **Relatório preliminar de exploração da bacia do Acre**. Belém, PETROBRAS, 1973. 24 p. (Relatório Técnico Interno, 665 A).
- CAPUTO, M. V. 1985. Origem do Alinhamento estrutural do Juruá – bacia do Solimões. In. SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 2, Belém. **Anais**. Belém, Sociedade Brasileira de Geologia, 1985. v. 1, p. 249-258.

CAVALCANTE, L. M. Geologia e geomorfologia do Estado do Acre. In: ACRE. Secretaria de Estado de Estado, Ciência e Tecnologia. Programa Estadual de **Zoneamento ecológico-econômico do estado do Acre: 2ª fase**. Rio Branco: 2006 (no prelo).

COLINVAUX, P.A.; IRION, G.; RÄSÄNEN, M. E.; BUSH, M. B.; MELLO, J. A. S. N. de. A paradigm to be discarded: geological end paleoecological data falsify the Haffer & Prance hypothesis of Amazonian speciation. **Amazoniana**, v. 16, n. 3-4, p. 609-646, 2002.

COSTA, J. B. S.; BEMERGUY, R. L.; HASUI, Y.; BORGES, M. da S.; FERREIRA JÚNIOR, C. R. P.; BEZERRA, P. E. L.; COSTA, M. L. da; FERNANDES, J. M. G. 1996. Neotectônica da Amazônia: aspectos tectônicos, geomorfológicos e deposicionais. **GEONOMOS, Revista de Geociências**, v. 4, 1996.

COSTA, J. B. S.; IGREJA, H. L. S. da; BORGES, M. da S.; HASUI, Y. Tectônica mesozóica – cenozóica da Região Norte do Brasil. **Boletim de Resumos Expandidos e Roteiro de Excursões**. Rio Claro, Sociedade Brasileira de Geologia, p. 108-110. 1991 a. Suplemento. Edição resumos expandidos do III Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos, Rio Claro, 1991.

COSTA, J. B. S.; IGREJA, H. L.S.; BORGES, M. da S.; HASUI, Y. 1991b. O quadro tectônico regional do Mesozóico na Região Norte do Brasil. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 30., Belém. **Anais**. Belém, Sociedade Brasileira de Geologia-Núcleo Norte, p. 166-178.

COSTA, R. C. R. da; NATALI FILHO, T.; OLIVEIRA, A. A. B. de. Geomorfologia. In: BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Projeto RADAM BRASIL. **Folha SA.20 - Manaus**. Rio de Janeiro: 1978. p. 167-244. (Levantamento de Recursos Naturais, 18).

FREITAS, H. A.; PESSENDA, L. C. R.; ARAVENA, R.; GOUVEIA, S. E. M.; RIBEIRO, A. S.; BOULET, R. Late Quaternary vegetation dynamics in the Southern Amazon Basin inferred from carbon isotopes in soli organic matter. **Quaternary Research**, v. 55, p. 39-46, 2001.

HAFER, J.; PRANCE, G. T. Climatic forcing of evolution in Amazonia during the Cenozoic: on the refuge theory of biotic differentiation. **Amazoniana**, v. 16, n. 3/4, p. 579-607, 2002.

KRONBERG, B. I.; BENCHIMOL, R. E.; BIRD, M. I. Geochemistry of Acre Subbasin sediments: window on Ice-Age. **Amazonia. Interciencia**, v. 16, p. 138-141, 1991.

LATRUBESSE, E.; RANCY, A.; RAMONELL, C. G.; SOUZA FILHO, J. P. de. 1994. A Formação Solimões: Uma formação do Mio-Plioceno da Amazônia Sul-Occidental. **Boletim de Resumos Expandidos**. Belém, Sociedade Brasileira de Geologia, 1994. p. 20. Edição dos Resumos expandidos do IV Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos, Belém, 1994.

- LATRUBESSE, E.; RANCY, A. the late quaternary of the upper Juruá River, southwestern Amazonia, Brazil: geology and vertebrate paleontology. **Quaternary of South America and Antarctic Peninsula** v.11, p. 27-46, 1998.
- LEDRU, M-P.; BERTAUX, J.; SIFEDDINE, A.; SUGUIO, K. Absence of Last Glacial Maximum records in lowlands tropical forests. **Quaternary Researchs**, v. 49, p. 233-237. 1998.
- MAIA, R. G. N.; GODOY, H. de O.; YAMAGUTI, H. S.; MOURA, P. A.; COSTA, F. S. F. da; HOLANDA, M. A.; COSTA, J. A. 1977. **Projeto Carvão no Alto Solimões**; relatório final. Manaus, CPRM/DNPM, 1977. v. 1, 142 p.
- MAYLE, F.; BURBRIDGE, R.; KILLEEN, T. J. Millennial-scale dynamics of southern amazonian rain forest. **Science**, v. 290, p. 2291, 2000.
- MIOTO, J. A. **Sismicidade e zonas sismogênicas do Brasil**. 1993. 2 v. Tese (Doutorado em Geologia) Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, 1993.
- OLIVEIRA, C. M. M. de. **Estilos Estruturais e Evolução Tectônica da Bacia do Acre**. 1994. 206 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 1994.
- PESSENDA, L. C. R.; GOUVEIA, S. E. M.; FREITAS, H. A. de; RIBEIRO, A. de S.; ARAVENA, R.; BENDASSOLLI, J. A.; LEDRU, M. P.; SIFEDDINE, A. F.; YBERT, R. S. Isótopos do carbono e suas aplicações em estudos paleoambientais. In: SOUZA, C. R. de G.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A. M. dos S.; OLIVEIRA, P. E. de. **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2005, 382 p.
- RANCY, A. A paleofauna da Amazônia indica áreas de pastagem com pouca cobertura vegetal. São Paulo, **Ciência Hoje**, v. 16, p. 48-51, 1993.
- RÄSÄNEN, M.; LINNA, A.; SANTOS, J. C. R.; NEGRI, F. R. Late Miocene tidal deposits in the Amazonian foreland basin. **Science**, v. 269, n. 5222, p. 385. 1995.
- RÄSÄNEN, M.; LINNA, A.; IRION, G.; HERNANI, L. R.; HUANAN, R. V.; WESSELING, F. 1998. Geologia e geformas da área de Iquitos. In: KALLIOLA, S. F.; PAITÁN, S. F. (Ed.). **Geocologia e desarrollo en la zona de Iquitos, Peru**. Turku, Turun Yliopisto, 544 p. p. 21- 95. il. (Turun Yliopiston Julkaisuja. Sarja A:114).
- RÄSÄNEN, M.; SALO, J. S.; KALLIOLA, R. J. Fluvial perturbation in the western Amazon basin: regulation by long-term sub-Andean tectonics. **Science**, v. 238, n. 4832, p. 1398. 1987.
- SAADI, A.; BEZERRA, F. H. R.; COSTA, R. D. da; IGREJA, H. L. S.; FRANZINELLI, E. Neotectônica da Plataforma Brasileira. In: SOUZA, C. R. de G.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A. M. dos S.; OLIVEIRA, P. E. de. **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2005, 382 p.

SZATMARI, P. Tectonismo na Faixa de Dobramentos Juruá. In: SYMPOSIUM AMAZÔNICO, 2. Manaus, 1984. **Anais**. Manaus: Departamento Nacional de Produção Mineral, 1984. p. 117-128.

WANDERLEY FILHO, J. R.; COSTA, J. B. S. Contribuição à evolução estrutural da Bacia do Amazonas e sua relação com o embasamento. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 3, Belém. **Anais**. Belém, Sociedade Brasileira de Geologia, 1991. p. 244-259.

Embrapa

CGPE 6063

Acre

**Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento**

