

Controle tectônico na planície do Rio Solimões, região de Coari (AM), a partir de análise em imagens ópticas e dados SRTM

Olivia Leonardi Ribeiro¹
Clauzionor Lima da Silva¹
Norberto Morales²
Fernando Pellon de Miranda³
Raimundo de Almeida Filho⁴
Carlos Henrique Baisel⁵
Naziano Pantoja Filizola Júnior⁶

¹ Universidade Federal do Amazonas – PPGGEO/PIATAM
Av. Gal. Rodrigo Otávio Jordão Ramos, 3000, Setor Sul – 69.077-000 - Manaus - AM, Brasil
olivia.leonardi@yahoo.com.br

¹ Universidade Federal do Amazonas – DEGEO/PIATAM
Av. Gal. Rodrigo Otávio Jordão Ramos, 3000, Setor Sul – 69.077-000 - Manaus - AM, Brasil
csilva@ufam.edu.br

² Universidade Estadual Paulista – IGCE/UNESP
Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Departamento de Petrologia e Metalogenia, Av. 24-A,
1515, Cep. 13506-900, Rio Claro - SP, Brasil
nmorales@rc.unesp.br

³ Petrobras-CENPES, Ilha do Fundão, Q-7, Rio de Janeiro – RJ, Brasil
fmiranda@petrobras.com.br

⁴ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12245-970 - São José dos Campos - SP, Brasil
rai@ltd.inpe.br

⁵ COPPE/ UFRJ
Caixa Postal 68.552 – Rio de Janeiro - RJ, Brasil
beisl@cbr.coppe.ufrj.br

⁶ Universidade Estadual do Amazonas, Manaus – AM, Brasil
naziano.filizola@gmail.com

Abstract. Several studies have shown the existence of faults and features in areas that controlled parts of the Solimões river. This characteristic resulted in expressive quaternary tectonic controls with a direct influence on dynamics of that river. The area studied included the regions of the Coari and Anamã, in Amazonas state. The study consisted on the characterization and differentiation of sedimentary deposits in the Amazonian lowlands based on Landsat 7 ETM +, Aster and Radar images. Digital elevation models (SRTM) were used to support the morphostructure interpretation, from the viewpoint of tectonic geomorphology. Such studies led to the integrated development of a Quaternary tectonic and Paleogeographic model of the Solimões River at that sector. Series of normal faults (NW-SE), with dip to southwest and northeast, are responsible for the formation of the pull-apart basin, called Purus pull-apart basin, where most of alluvial sediment was deposited. The role of Coari's transcurrent fault, with ENE-WSW direction, was responsible for the tectonic control in part of the Solimões River and the process of avulsion observed. The paleogeographic rebuilding shows that the old course of the Solimões River was developed along the Parana do rio Badajós connecting to the Purus River about 40 km upstream from the confluence today. This study demonstrates the important interaction of erosive, deposition and tectonic factors developing the Amazonian lowlands during the Holocene.

Palavras-chave: cenozoic tectonics, paleogeography, Solimões river, SRTM data, tectônica cenozóica, paleogeografia, rio Solimões, dados SRTM.

1. Introdução

Diversos estudos têm mostrado a existência de falhas e zonas de falhas controlando trechos do rio Solimões, conforme as pesquisas de Bezerra et al. (1999), Silva et al. (2002),

Bezerra (2003), Silva et al. (2003), Rossetti et al. (2005) e Silva et al. (2007). Tais estudos demonstram evidentes processos tectônicos no controle da sedimentação quaternária responsáveis pela formação de expressivas bacias tectônicas quaternárias com influência direta na dinâmica fluvial do rio Solimões. O estudo em pauta investigou o trecho do rio Solimões entre as regiões de Coari e Anamá, no estado do Amazonas (Figura 1). A área de estudo, segundo o mapa geológico da CPRM (Bizzi et al. 2001), possui apenas duas unidades distintas: a Formação Içá e os depósitos quaternários não diferenciados na Planície Amazônica. Adicionalmente, eventos sísmicos registrados nessa área, tal como o sismo de Codajás (Assumpção et al. 1983) e o do Parque Nacional do Jaú, em 2005, demonstram a manifestação tectônica na região Amazônica.

A proposição do estudo baseou-se na caracterização e diferenciação nos depósitos sedimentares da planície amazônica, por meio de imagens Landsat ETM+, Aster e imagens de radar. Modelos digitais de elevação (SRTM) foram utilizados para a análise geomorfológica, sob a ótica da geomorfologia tectônica. Tais estudos integrados permitiram a elaboração de um modelo tectônico quaternário e a dinâmica fluvial do rio Solimões naquele setor. Um conjunto de falhas normais NW-SE, com mergulhos ora para nordeste ora para sudoeste, é responsável pela formação da bacia *pull-apart* do Purus, onde maior parte da sedimentação aluvionar foi depositada. A atuação da falha transcorrente de Coari, com direção ENE-WSW, foi à responsável pelo controle tectônico de parte desse rio e o processo de avulsão observado. A reconstituição paleogeográfica mostra que o antigo curso do rio Solimões se desenvolvia ao longo do Paraná do rio Badajós indo desembocar no rio Purus cerca de 40 km a montante da atual confluência.

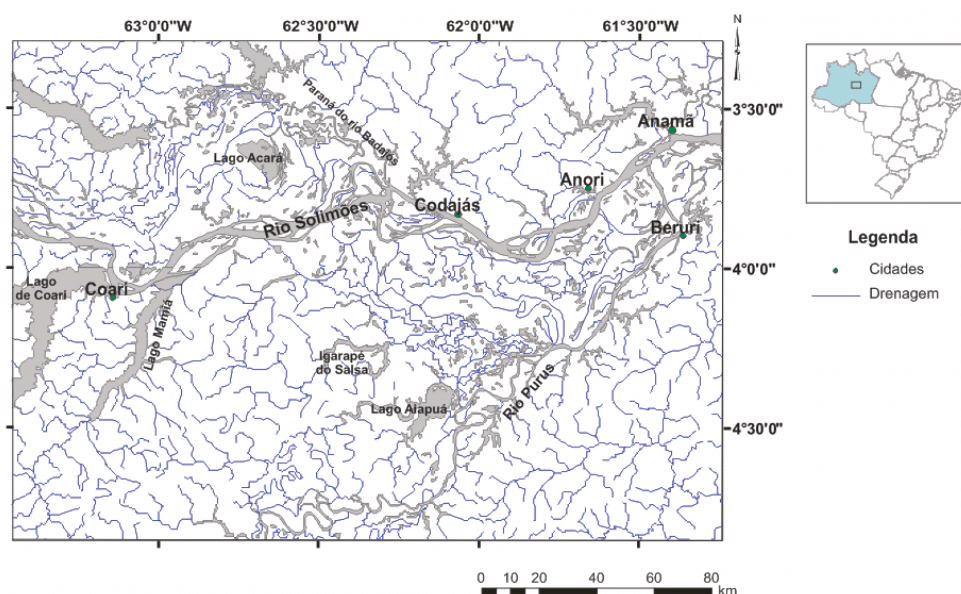


Figura 1. Mapa de localização da área situada entre as cidades de Coari e Anamá (AM).

2. Metodologia de Trabalho

2.1. Base cartográfica e imagens de satélite

O estudo da análise da dinâmica fluvial do rio Solimões, na região de Coari (AM), teve como característica principal a individualização de unidades sedimentares da planície aluvionar, a partir de imagens de satélite. Tal objetivo foi devido à ausência de mapas

geológicos confiáveis que individualizassem os diferentes tipos de depósitos fluviais. A partir da elaboração do mapa geológico da área foi possível realizar a análise geomorfológica e tectônica para interpretação morfoestrutural da área de estudo.

Inicialmente, utilizou-se da base cartográfica digital (formato *shapefile*) disponível do IBGE e mapas geológicos existentes para comparação com os resultados obtidos, principalmente aqueles produzidos no projeto Radambrasil (1978) e CPRM (Bizzi et al. 2001). Os produtos de sensores remotos utilizados foram quatro imagens do satélite Landsat 7 ETM+ (232/62, 232/63, 233/62 e 233/63), oito imagens Aster e JERS-1, as quais serviram para o mapeamento de unidades geológicas, análise geomorfológica e interpretação de lineamentos estruturais na área em questão. Devido a resolução diferenciada para cada sensor utilizado, optou-se pela utilização das imagens Landsat 7 ETM+ como base dos estudos, sendo as demais usadas para a análise de detalhada. A análise em imagens de satélites foi desenvolvida por meio Er-Mapper (7.1), disponível no laboratório de geofísica do Departamento de Geociências. O processamento das imagens envolveu o georeferenciamento da imagem, a aplicação de filtros e a elaboração de composições de bandas nos canais RGB (*red*, *blue* e *green*).

2.2. Análise morfoestrutural e morfotectônica

A análise geomorfológica foi desenvolvida no âmbito da geomorfologia tectônica, onde elementos geomorfológicos são indicativos de deformações tectônicas modernas. Nesse contexto, buscou-se individualizar elementos geomorfológicos que, quando associados a elementos estruturais (falhas e fraturas), permitem determinar a compartimentação morfotectônica da área estudada. Para isso, foram utilizados o mapa morfoestrutural do Projeto Radambrasil (Folha SA.20 – Manaus e Folha SB.20 – Purus) e o mapa de unidades de relevo do IBGE (2006). O estudo geomorfológico foi apoiado pelas análises em sensores remotos e nos modelos digitais de elevação (SRTM - *Shuttle Radar Topographic Mission*).

A análise do relevo envolveu a identificação de elementos morfoestruturais e lineamentos de relevo, baseado nos conceitos de Cotton (1958), Bloom (1978), Panizza e Piacente (1978), Bull e Wallace (1985), Doorkamp (1986), Cooke (1990), Summerfield (1993), Stewart e Hancock (1994) e Keller e Pinter (1996), dentre outros. Nessa análise os modelos SRTM foram úteis para a identificação de elementos geomorfológicos (escarpas de falhas, rebordos erosivos, superfícies erosivas, terraços, etc.). Esses dados foram corrigidos, para os locais com ausência de dados, e o modelo 3-D foi novamente gerado, a partir da interpolação dos dados de elevação. A partir desse modelo foi possível extrair as curvas de nível e geração de novos modelos 3-D. Perfis topográficos, obtidos de maneira semi-automática, foram elaborados a partir dos modelos SRTM, como ilustração da compartimentação morfoestrutural da região.

A análise da rede de drenagem foi baseada em mapas de drenagem obtida a partir das cartas topográficas digitalizadas nas escalas 1: 250.000 e 1: 100.000 e da extração de drenagem dos modelos SRTM. Isso resultou em mapas mais completos usados para análise das formas, padrões e de lineamentos de drenagem. Os padrões de drenagem foram classificados conforme Howard (1967). As formas e geometrias dos canais foram discutidas, segundo as propostas conceituais de Ouchi (1985), Schumm (1986), Phillips e Schumm (1987), Deffontaines (1989), Summerfield (1993), Stewart e Hancock (1994) e Keller e Pinter (1996). Mapas da rede de drenagem, bacias e sub-bacias, de anomalias de drenagem e de lineamentos de drenagem foram elaborados para dar suporte às interpretações tectônicas. As informações do sistema de relevo e da drenagem foram integradas para auxiliar na interpretação e definição de compartimentos estruturais da região estudada.

2.3. Integração dos resultados

Por fim, os dados e as informações obtidas através das análises em imagens de satélite, modelos SRTM e os diversos mapas temáticos gerados foram integradas em programas de sistemas de informações georeferenciadas – SIG para confecção do mapa geológico/estrutural e da compartimentação morfotectônica da região de estudo.

3. Resultados e Discussão

A área de interesse está inserida em parte das bacias sedimentares do Amazonas e Solimões. De acordo com o mapa geológico do Brasil, produzido pela CPRM (Bizzi et al. 2001), os sedimentos distribuídos nas áreas mais elevadas, “terra-firme”, correspondem aos depósitos da Formação Içá de Maia et al. (1977). Os sedimentos quaternários estão associados ao sistema da planície aluvial do rio Solimões e não foram diferenciados nesse mapa. Estes consistem de sedimentos arenosos e argilosos depositados em um complexo sistema fluvial, incluindo, diques marginais, depósitos de canais e de barras de meandros, barras ativas, depósitos de planície de inundação, depósito de rompimento de dique, terraços aluviais, depósitos em meandros abandonados e lagos, conforme Nascimento *et al.* (1976), Costa *et al.* (1976), Mauro et al. (1978), Iriondo (1982) e Latrubesse e Franzinelli (2002), dentre outros.

A partir da análise em sensores remotos foi possível diferenciar seis diferentes tipos de depósitos quaternários ao longo do trecho estudado, conforme o mapa geológico da Figura 2: a) depósito em terraço antigo (Qta); b) depósito em planície de inundação antiga (Qpia); c) depósito de barras de migração em paleocanal antigo (Qpa); d) depósito em terraço aluvial sub-recente (Qtasr); e) depósito em planície flúvio-lacustre recente (Qflr); f) depósito de barras recentes (Qr). O depósito em terraço mais antigo (Qta) ocorre na área do lago Aiapuí e se caracteriza por feições de antigos meandramentos e escavações de canais. Possivelmente, esses sedimentos se associem a mecanismos de avulsão de afluentes do rio Purus. O depósito em planície de inundação antiga (Qpia) compreende a complexa área que está associada ao paleocanal do rio Solimões, que ocorre a sul da planície atual desse rio. Esta unidade se estende a noroeste da área, na região do Lago Acará. Acompanhando essa planície antiga, o depósito de barras de migração (Qpa) representa o antigo canal do rio Solimões, representado por depósitos de barras de migração de meandro, barra em pontal, diques marginais e depósitos de canal, que se estende desde o Lago Acará até a confluência com o rio Purus.

O terraço aluvial sub-recente (Qtasr) correspondem às superfícies de terraços próximas aos atuais cursos dos rios, pouco acima do nível atual. Estes estão localizados prioritariamente às margens dos rios Purus e Solimões e denotam estágios de migração dos rios em fase pré-atual. Uma extensa planície flúvio-lacustre recente (Qflr) está distribuída na região do rio Purus, entre o Paleocanal do rio Solimões e o seu curso atual e na área do Paraná do rio Badajós. A complexidade de canais, lagos e feições em delta fluvial são as principais características dessa unidade, as quais se encontram em processo de colmatagem acelerada. No atual curso do rio Solimões, o depósito de barras recentes (Qr) envolve depósitos de barras de migração de meandro, barras em pontal, diques marginais e depósitos de canal associadas à fase atual desse rio. A distribuição dessa unidade segue a orientação aproximada do rio. A caracterização morfológica de unidades na planície de inundação do rio Solimões já havia sido reportada por autores como, por exemplo, Iriondo (1982), Latrubesse e Franzinelli (2002) e Rossetti et al. (2005). No entanto, destaca-se a individualização detalhada dos depósitos que só foi possível por intermédio do uso das imagens Landsat 7ETM+, Aster e imagens de radar, cuja utilização permitiu um detalhe significativo, até então não realizado.

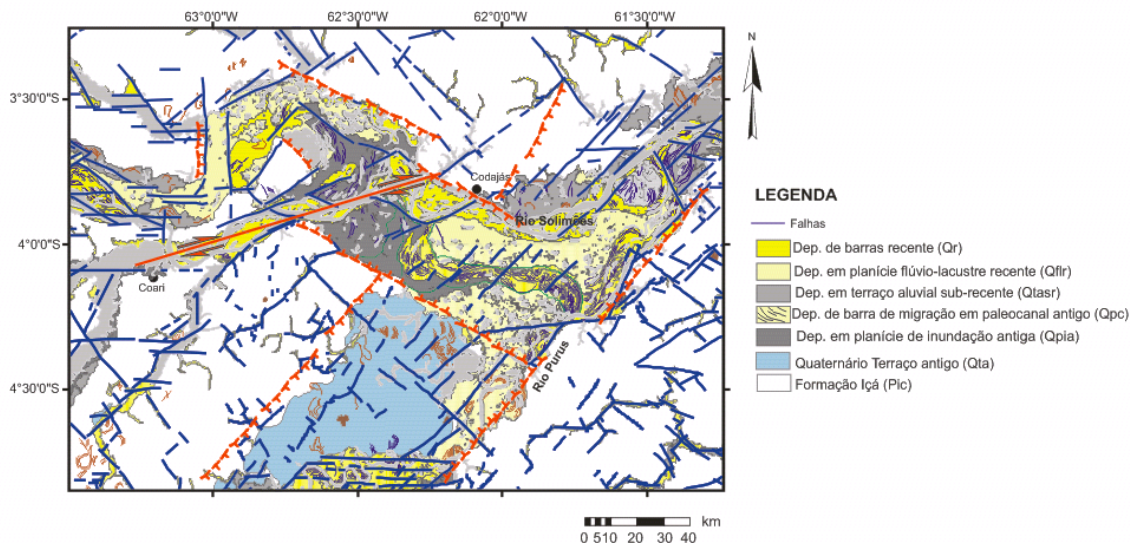


Figura 2. Mapa geológico e estrutural da região de estudo.

Do ponto de vista geomorfológico e tectônico foram reconhecidas inúmeras feições e elementos na paisagem associados aos processos erosivos e deposicionais, os quais foram vinculados a fenômenos tectônicos. Estes resultaram no mapa morfotectônico apresentado na Figura 2. Nessa figura observa-se a ocorrência de zonas de escarpa de falhas alinhadas, que controlam as margens do rio Solimões, nos trechos do rio Coari, Lago Acará e parte do Paraná do rio Badajós. Os rebordos erosivos e zonas de erosão fluvial são marcantes e configuram áreas de migração de segmentos dos rios principais. Estes mostram, em alguns casos, uma orientação que obedece a lineamentos expressivos no relevo, como no caso, o lineamento que passa transversalmente o Lago Aiapuá e atravessa a região de Codajás. Próximo ao Lago Acará, a forma erosiva sobre a superfície rebaixada é em decorrência da migração de trechos do rio Solimões para sul-sudeste. As zonas de escarpas de falhas são evidentes principalmente nas margens do rio Solimões. Estas configuram segmentos retilíneos que controlam a sedimentação da ampla planície fluvial desse rio. Nesse desnível entre as superfícies, nota-se que a drenagem desenvolve um forte padrão de afogamento, como ria fluvial, no bloco mais alto. A escarpa da margem direita do rio Solimões tem correspondência com aquela existente no Lago Acará, como parte da escarpa deslocada. Na margem esquerda, todo o limite norte do Paraná do rio Badajós também é escarpada, porém, mostrando uma zona encurvada resultante da erosão fluvial d antigo canal do rio Solimões. Já na área onde se encontra a cidade de Codajás, esse trecho é mais retilíneo denotando uma margem erosiva mais recente.

Na diversidade de feições morfológica e deposicionais destacam-se os terraços antigos na região do Lago Aiapuá e em Codajás. Em ambos os casos, estes representam processos de avulsão de trechos dos rios Purus e Solimões, respectivamente. As demais morfologias associadas à Planície Amazônica têm correspondência direta com as unidades geológicas do mapa geológico e estrutural apresentado. Nessa planície, a diversidade de formas de canais e depósitos quaternários demonstra expressivos processos de migração dos rios Solimões e Purus.

Com relação ao sistema de drenagem, observa-se que na área de “terra-firme” desenvolvem-se drenagens do tipo dendrítica e subdendrítica, com forte influência retangular, além de padrões em paralelo, pinado, treliça e palimpsesto. Essa tipologia de drenagem é característica de zona de falha e fratura. Feições de foz afogada (ria fluvial) é um processo bastante comum e está associada à zona de escarpas de falha. Já na área da Planície Amazônica o sistema de drenagem mostra feições complexas envolvendo sistema fluvial

meandrante, trechos retilíneos, lagos e deltas fluviais. Quando os lineamentos estruturais, obtidos através dos mapas de relevo, drenagem e em sensores remotos, estes foram correlacionados com as feições no relevo e na drenagem. A relação foi notável. As escarpas de falhas que corta o rio Purus e aquela na margem de Codajás representam lineamentos NW-SE, enquanto que as observadas nos rios Piorini, Anamã e Purus estão correlacionados aos lineamentos NE-SW. Os lineamentos E-W configuram feições pouco significativas na paisagem, mas se relacionam com trechos escarpados nos rios Arauã, Urucu, Coari e Mamiá, enquanto que segmentos N-S têm correlação com as anomalias notadas nos rios Piorini, Coari, Urucu, Mamiá e Igapó-Açu e devem representar zona de fraturas. No entanto, os trechos retilíneos de rios como o Coari, Urucu, Solimões e Purus estão associados aos lineamentos NW-SE, NE-SW, N-S e E-W, mostrando um forte controle estrutural. O rio Purus, por exemplo, mostra um padrão meandrante, à montante da escarpa de Falha do Paraná do Salsa, e retilíneo à jusante dessa feição, resultante da interferência do lineamento na geometria do canal.

A partir da análise morfoestrutural foi possível mapear cinco importantes lineamentos que condicionam a sedimentação quaternária e controlam a dinâmica fluvial: Lineamento de Codajás, Lineamento do Paraná do Salsa e Lineamento do Lago Acará, com direção NW-SE, e Lineamento Rio Urucu-Coari e Lineamento do Rio Purus, com direção NE-SW. A interpretação morfotectônica mostra que as estruturas NW-SE correspondem a falhas normais, com mergulhos para nordeste e sudoeste, e formam a Bacia *pull-apart* do Purus (Bezerra 2003, Silva et al. 2003), conforme pode ser observado no modelo SRTM. A Falha de Codajás e a do Paraná do Salsa compreendem os limites tectônicos dessa bacia quaternária e controlam a orientação do canal do rio Solimões, a formação de terraços assimétricos, a distribuição dos lagos afogados e a sedimentação aluvionar quaternária. O desnivelamento causado pela Falha do Paraná do Salsa foi responsável pela anomalia notada no canal do rio Purus. Essas falhas normais estão deslocadas pelo Lineamento Rio Urucu-Coari, com direção ENE-WSW, cujo arranjo estrutural deve estar vinculado à falha transcorrente destal, que controla parte do canal do rio Solimões naquele trecho.

4. Conclusão

O sistema tectônico mapeado nessa região compreende um sistema de falhas normais NW-SE, com mergulho ora para nordeste e ora para sudoeste, que representa os limites da planície aluvionar do rio Solimões. As falhas NE-SW, observadas exclusivamente limitando o rio Purus, devem funcionar como falhas normais ou oblíqua, a quais geraram uma bacia quaternária estreita e alongada na direção NE-SW. Esse sistema de falhas normais funcionou como o antigo curso do rio Solimões, o qual se desenvolveu desde a região do Lago Acará passando a sul do atual canal. A confluência do paleo rio Solimões com o rio Purus se dava cerca de 40 km a montante da atual confluência. Tal situação paleogeográfica justifica a extensa planície flúvio-lacustre existente entre o antigo e o atual curso. Adicionalmente, o desnivelamento de blocos pela ação dessa falhas normais resultou em fortes anomalias nas drenagens, como por exemplo, as rias fluviais do Lago Aiapuá e a anomalia do canal do rio Purus, com formas retilínea e meandantes ao longo do seu curso. Esse sistema foi fortemente modificado a partir da atuação da falha transcorrente destal ENE-WSW, representada pelo Lineamento Urucu-Coari. A atuação dessa falha transcorrente deslocou a escarpa de falha do Lago Acará daquela situada no Igarapé do Salsa. Nesse processo houve o condicionamento do rio Solimões na zona de falha, modificação do padrão do canal de meandrante para retilíneo, afogamento da região de Coari (Lago de Coari), abandono do antigo curso na região do Paraná do rio Badajós e formação do curso atual. A análise tectônica do sistema de falhas

normal (NW-SE), mais antigo, deslocado pela falha transcorrente dextral (ENE-WSW) está enquadrada enquadrada no modelo neotectônico da Amazônia Ocidental.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Projeto Piatam pela o apoio financeiro à pesquisa.

Referências Bibliográficas

- Assumpção, M., Ortega, R., Berrocal, J., Veloso, J. A. O sismo de Codajás-AM, de 05.08.1983. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 2, p. 39-44, 1983.
- Bezerra, P. E. L. **Compartimentação morfotectônica do interflúvio Solimões-Negro**. Belém, 2003. 335p. Tese (Doutorado em Geologia e Geoquímica)-Centro de Geociências da Universidade Federal do Pará.
- Bezerra, P. E. L., Lima, M. I. C., Coelho, F. A. J. F. Estruturação neotectônica da Folha SA.20-Manaus. In: Simpósio de Geologia da Amazônia, 6, 1999, Manaus. **Anais...** Manaus: SBG/NO, 1999, v. 1, p. 288-91.
- Bizzi, L., Schobbenhaus, C., Gonçalves, J. H., Baars, F. J., Delgado, I. M. O., Abram, M.B., Leão Neto, R., Matos, G.M.M., Santos, J.O.S. 2001. **Mapa geológico do Brasil**. Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: sistemas de informações geográficas – SIG. Mapas – Escala 1:2.500.000. CPRM, Brasília, registro digital. 4 CD-Rom.
- Bloom, A. L. Structural control of fluvial erosion. In: _____. **Geomorphology-A systematic analysis of Late Cenozoic landforms**. New Jersey: Prentic Hall Inc., cap. 11, 1978. p. 272-95.
- Brasil. Departamento Nacional da Produção Mineral. **Projeto Radambrasil**. Folha SB.20-Purus. Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Levantamento de Recursos Naturais. Rio de Janeiro: MME/DNPM, 1978. v. 17, 554p.
- Bull, W.B., Wallace, R.E. Tectonic geomorphology. **Geology**, n. 13, 1985, p. 216.
- Cooke, R. U. **Geomorphology in environmental management: an introduction**. New York: Ed. Oxford, Clarendon Press, 1990. 410p.
- Costa, R. C. R., Natali Filho, T., Oliveira, A. A. B. **Geomorfologia da Folha SA.20-Manaus**. In: BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SA.20-Manaus. Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Levantamento de Recursos Naturais. Rio de Janeiro: MME/DNPM, 1976. v. 18, cap. 2, p. p. 165-244.
- Cotton, C. A. Block structure. In: _____. **Geomorphology**. Local de Publicação: Whitcombe and Tombs, 1958. p. 154-87.
- Deffontaines, B. Proposition of a morpho-neotectonic method application in the forgères area, Oriental Brittany, France. **Bulletin INQUA Neotectonic Commission**, v. 12, p. 48-52, 1989.
- Doornkamp, J. C. Geomorphological approaches to the study of neotectonics. **Journal of the Geological Society**, v. 143, p. 335-42, 1986.
- Howard, A. D. Drainage analysis in geologic interpretation: A summation. **The American Association of Petroleum Geologists Bulletin**, v. 51, n^o. 11, p. 2246-59, 1967.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa de unidades do relevo do Brasil**. Escala 1: 5.000.000, 2^a. edição, 2006.
- Iriondo, M. H. Geomorfologia da planície Amazônica. In: Simpósio do Quaternário no Brasil, 4, 1982, Rio de Janeiro. **Atas...** Rio de Janeiro: SBG/SE, 1982, p. 323-48.
- Keller, E., Pinter, N. **Active tectonics: earthquake, uplift and landscape**. 1a. ed. New Jersey: Prentice Hall, 1996. 338p.
- Latrubesse, E., Franzinelli, E. The holocene alluvial plain of the middle Amazon river, Brazil. **Geomorphology**, v. 44, p. 241-57, 2002.
- Maia, R. G. N., Godoy, H. O., Yamaguti, H. S., Moura, P. A., Costa, F. S. F., Holanda, M. A., Costa, J. A. **Projeto carvão no alto Solimões**. Relatório Final, Manaus, CPRM/DNPM, v.1, 1977, 142p.
- Mauro, C. A., Nunes, B. T. A., Franco, M. S. M. **Geomorfologia da Folha SB.20-Purus**. In: BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SB.20-Purus. Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Levantamento de Recursos Naturais. Rio de Janeiro: MME/DNPM, 1978. v. 17, 554p.
- Nascimento, D.A., Mauro, C.A., Garcia, M.G.L. Geomorfologia da Folha SA.21-Santarém. In: BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SA.22-Santarém. Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Levantamento de Recursos Naturais. Rio de Janeiro: MME/DNPM, 1976. v. 10, cap. 2, p. 131-98.
- Ouchi, S. Response of alluvial rivers to slow active tectonic movement. **Geological Society of American Bulletin**, v. 96, p. 504-15, 1985.
- Panizza, M., Piacente, S. Rapporti fra geomorfologia e neotettonica: Mesa a punto concettuale. **Geogr. Fis. Dinam. Quant.**, n. 1, p. 138-40, 1978.

Phillips L. F., Schumm, S. A. Effect of regional slope on drainage networks. **Geology**, v. 15, p. 813-6, 1987.

Rossetti, D. F., Toledo, P. M., Góes, A. M. New geological framework for western Amazonia (Barzil) and implications for biogeography and evolution. **Quaternary Research**, 63, 78-89, 2005.

Schumm, S. A. Alluvial river response to active tectonics. **Active tectonics, studies in geophysics**, National Academy Press, p. 80-94, 1986.

Silva C. L., Morales, N., Crósta, A. P., Costa, S. S., Jimenez-Rueda, J. R. 2007. Analysis of tectonic-controlled fluvial morphology and sedimentary processes of the western amazon basin: an approach using satellite images and digital elevation model. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.4, 71, 2007.

Silva, C.L., Horbe, A.M.C., Horbe, M.A., Morales, N., Costa, S.S., Rueda, J.R.J. bacias quaternárias ao longo do Rio Solimões-Amazonas. In: Simpósio de Geologia da Amazônia, 8. **Anais...** Manaus, 2003.

Silva, C.L., Rueda, J.R.J., Costa, S.S., Borges, M.S. Tectônica cenozóica e relações geomorfológicas da Região de Urucu-Folha Coari, Estado do Amazonas. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 51, SBG, João Pessoa (PB). **Anais...** SBG, 2002, 367p.

Stewart, I. S., Hancock, P. L. Neotectonics. In: HANCOCK, P. L. ed. **Continental deformation**. New York: Pergamon Press, 1994. cap.18, p. 370-409.

Summerfield, M. A. **Global geomorphology: in introduction to the study of landforms**. New York: Logman Scientific e Technical, 1993, 537.