

ANÁLISE HIDROGEOMORFOLÓGICA NA AMAZONIA SUL-OCIDENTAL: INDICADORES DE RISCO DE DESASTRES EM CIDADES DO ESTADO DO ACRE

Waldemir Lima dos Santos¹
Girlene Lima de Araújo²
Gerson Bessa de Andrade³
Beatriz Silva do Nascimento⁴
Solange Pereira de Moraes⁵
Davyd Edson da Silva Lima⁶
Adriano Matias da Silva⁷
Yslla Brenda Alencar Geraldino Oliveira⁸

INTRODUÇÃO

A Geografia ancorada na abordagem geomorfológica, desempenha um papel fundamental na compreensão e organização do espaço, explorando as complexas inter-relações entre os elementos físicos, sociais e econômicos. Atualmente, com o aumento populacional, uma das principais dificuldades enfrentadas é a falta de planejamento eficaz que promova melhorias na questão ambiental, na organização urbana, na adequação de uma região para diferentes tipos de ocupação e na recuperação de áreas afetadas por impactos de origem humana que, de fato, venha interferir positivamente na melhoria da qualidade de vida das pessoas (GIRÃO; CORREA, 2004; GUERRA, 2018).

Ao longo da história as cidades têm demonstrado uma tendência notável em se desenvolver nas proximidades das margens dos rios, e no Estado do Acre não foi diferente remontando ao final do século XIX e perdurou até a década de 1960. Esse sistema

¹ Professor Doutor do Curso de Geografia e Professor Permanente do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEO) da Universidade Federal do Acre – UFAC, waldemir.santos@ufac.br

² Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciência, Inovação e Tecnologia para a Amazônia (PPG-CITA) da Universidade Federal do Acre - UFAC, girlene.araujo@sou.ufac.br

³ Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEO) da Universidade Federal do Acre - UFAC, gersonbessa17@gmail.com

⁴ Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciência, Inovação e Tecnologia para a Amazônia (PPG-CITA) da Universidade Federal do Acre - UFAC, nascimento.beatriz@sou.ufac.br

⁵ Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEO) da Universidade Federal do Acre - UFAC, solange.moraes@sou.ufac.br

⁶ Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEO) da Universidade Federal do Acre - UFAC, davyd.lima@sou.ufac.br

⁷ Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEO) da Universidade Federal do Acre - UFAC, adriano.matias@sou.ufac.br

⁸ Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEO) da Universidade Federal do Acre - UFAC, yslla.oliveira@sou.ufac.br

geomorfológico composto por três subsistemas distintos, cada um com sua própria hidrodinâmica e características singulares: o canal fluvial, a planície de inundação, popularmente conhecida como "várzea" e os terraços fluviais (CHRISTOFOLETTI, 1981; BRIDGE, 2003; LUZ; RODRIGUES, 2020; BEZERRA, 2005; RODRIGUES, 2020; YAN *et al.*, 2018), determina a ocupação das cidades na Amazônia.

Este trabalho analisou cinco cidades dentre as mais populosas do Estado do Acre (Sena Madureira, Manuel Urbano, Feijó, Tarauacá e Cruzeiro do Sul), na tentativa de identificar se as malhas urbanas abrangem áreas de aluvião ou terraços aluviais, superfícies capazes de desenvolver intensos processos de movimentação de massa e processos hidrogeomorfológicos diversos, podendo ser consideradas áreas de risco. (RODRIGUES *et al.* 2001; AMARAL, 2003; TEIXEIRA; SHINZATO, 2015).

Utilizou-se como foco da pesquisa, áreas que partem do interior da cidade para o nível de base local, perfazendo um *transecto* possível de correlacionar as características dos materiais depositados ao longo do tempo, permitindo inferir sobre a existência de um padrão de ocupação local, numa perspectiva hidrogeomorfológica, considerando-se que os processos deposicionais moldam as planícies de inundação e, temporal e espacialmente, os eventos extremos, como inundações e secas, podem ter impactos significativos e duradouros na paisagem (SCHEIDEGGER, 1973; MOREIRA 2016; LUPINACCI; SOUZA, 2019).

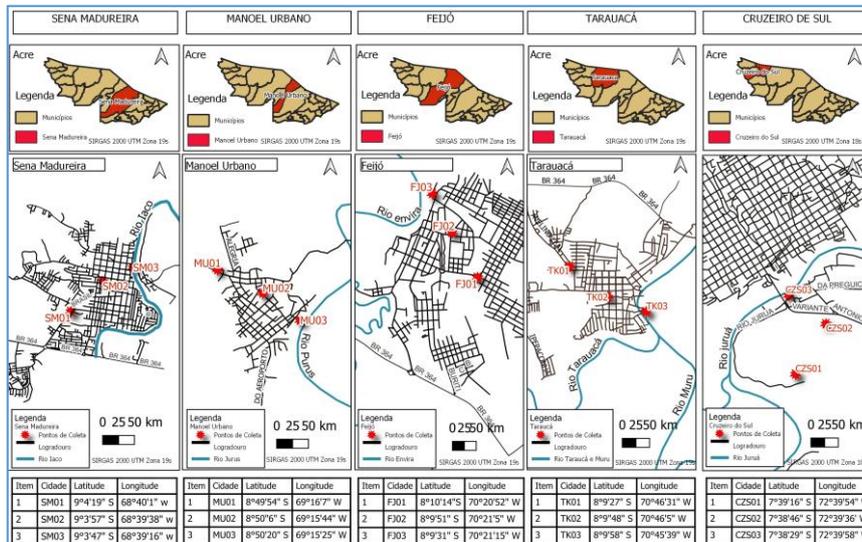
Diante disso, realizou-se a análise correlativa de depósitos de sedimentos, a fim de estabelecer semelhanças ou distinções nas referidas cidades, fornecendo-se elementos para caracterização hidrogeomorfológica, a fim de contribuir para encontrar medidas mitigadoras de desastres naturais, aprofundamento no conhecimento dos processos hidrológicos e geomorfológicos e para o planejamento de uso e ocupação das cidades (GOERL *et. al*, 2012; DANTAS, 2016; SANTOS *et. al*, 2009).

MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 - Localização da Área de Estudo

A área de estudo está compreendida em cinco cidades do Estado do Acre: Sena Madureira, Manoel Urbano, Feijó, Tarauacá e Cruzeiro do Sul (fig. 1).

Figura 1 - Localização dos pontos de coleta das Cidade de Sena Madureira, Feijó, Manoel Urbano, Tarauacá e Cruzeiro do Sul



Localizados nas mesorregiões Vale do Acre e Vale do Juruá e em microrregionais do Baixo Acre, Purus, Juruá e Tarauacá-Envira as cidades estudadas apresentam diferentes características geológicas, pedológicas e climáticas (IBGE, 2023). Os procedimentos metodológicos da pesquisa seguiram-se em 4 (quatro) etapas, a saber:

Etapa 1: Atividade de Campo

1.1 Coleta de material

Considerou-se como referência o nível de base local e a parte mais alta da vertente. Procedeu-se a delimitação de um *transecto* a partir do *true slope*, dividindo-se a vertente em 3 (três) setores (alta, média e baixa) para a coleta de material, nas 5 (cinco) cidades pesquisadas.

Em cada ponto de coleta, com o auxílio de trado holandês, foram coletadas amostras de material nas profundidades de: 0 – 20, 20 – 40, 40 – 60 e 60 – 80 cm de profundidade, perfazendo o total de 58 amostras. As amostras foram analisadas quanto a sua granulometria e morfologia no Laboratório de Geomorfologia e Sedimentologia (Lagese) da Universidade Federal do Acre (UFAC).

Etapa 2: Atividade Pós-Campo

2.1 Tratamento e leitura granulométrica das amostras

Para a separação das granulometrias utilizou-se a metodologia da Embrapa (2017), combinada com a escala de Wentworth-Udden.

2.2 Análise morfológica dos grãos

Selecionou-se uma amostra de grãos da fração de areia fina de cada uma das amostras a 20 cm de profundidade retidas em peneira com malha 212 μm . Para cada amostra, capturou-se uma fotografia/imagem utilizando-se estereomicroscópio, modelo Leica M205A, sobre fundo em cor preto, para observação da angulação dos grãos segundo a escala proposta por Powers (1953).

2.3 Tratamento e Análise dos Dados

Para a apresentação dos dados de granulometria foi utilizado-se o *software* Gradistat desenvolvido por Blott & Pye (2001). Utilizou-se o *software* R para análise de variância a dois fatores (ANOVA *two-way*), *Shapiro-Wilk* para teste de normalidade, *Bartlett* para teste de homogeneidade e para a comparação das médias o teste de *Tukey*.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

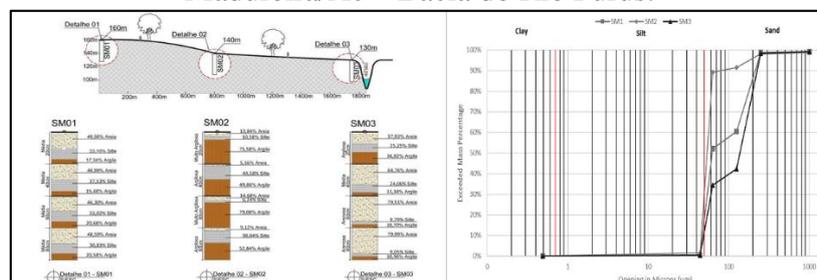
1. Análise da distribuição granulométrica dos sedimentos nos núcleos urbanos –

Ao todo foram 58 amostras coletadas que indicam a dinâmica de alteração dos materiais e a sua estrutura morfométrica, como parte de um arcabouço necessário para a compreensão das áreas ocupadas atualmente.

1.1 Bacia do Purus – Cidades de Sena Madureira e Manoel Urbano

Em Sena Madureira, amostraram-se os pontos SM1, SM2 e SM3, da alta vertente em direção ao nível de base local representado pelo Rio Iaco, com a diferença altimétrica entre da alta para a baixa vertente de 30 m (fig. 2).

Figura 2 – Perfil de elevação e classe granulométrica dos sedimentos da cidade de Sena Madureira/Ac – Bacia do Rio Purus.



Na curva granulométrica, até a profundidade investigada, não se observou grande variação. No entanto, verificou-se que o ponto SM2, apresentou maior quantidade de argila, tendo, portanto, textura argilosa a muita argilosa.

Contudo, os pontos SM1 e SM3, exibem maior concentração de areia. No entanto, o SM1 pode indicar que a região pode ter sido perturbada por eventos de

inundações, com a formação de meandros abandonados de pequenos canais fluviais, ou pode indicar uma área de leque aluvial, demonstrando alta energia. Já a amostra SM3, é de ambientes deposicional, planície de inundação do rio Iaco onde a maior quantidade de areia   resultado da deposi o em alta energia, fazendo com que as partículas mais finas sejam retiradas através do turbilhonamento.

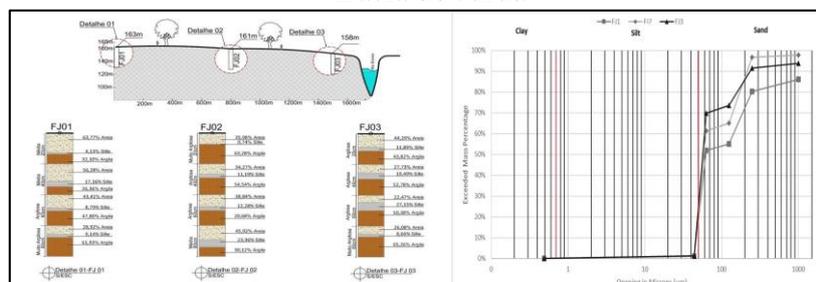
Em Manoel Urbano, amostraram-se os pontos MU1, MU2 e MU3, da alta vertente em dire o ao nível de base local representado pelo Rio Purus, com comportamento similar a Sena Madureira. A presença de areia no topo e argila na base pode indicar que houve deposi o recente.

As amostras MU2 já apresenta maiores concentra es de argila, onde as amostras coletadas apresentaram valores que indicam vários elementos agindo como barreiras para escoamento, ou concentra es baixios artificiais, com o ponto MU3 apresentando maior concentra o de areia, por ser planície de inunda o do rio Purus.

1.2 Bacia do Juruá – Cidades de Feijó, Tarauacá e Cruzeiro do Sul

Nas amostras do município Feijó, o perfil inicia fora da densidade urbana e terminando as margens do rio Envira. Observou-se leve aumento na quantidade de argila em dire o às margens do rio Envira (fig. 3).

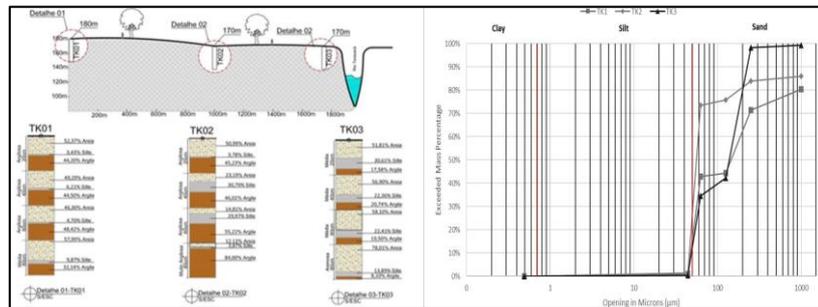
Figura 3 – Perfil de eleva o e classe granulométrica dos sedimentos da cidade de Feijó – Bacia do Juruá



A maior quantidade de areia no FJ2 denota que este ponto está localizado em um meandro abandonado, e a quantidade maior de argila nas margens do rio Envira (FJ3) pode indicar que esse canal fluvial   regulado por uma menor declividade e, portanto, apresentando menor energia, o que faz com que ele tenha sua velocidade menor a tempo de ocorrer maior precipita o de argilas.

Na cidade de Tarauacá, amostraram-se os pontos TK1, TK2 e TK3, da alta vertente em dire o ao nível de base local representado pelo rio Tarauacá possuindo uma diferença altimétrica entre os pontos de 10 m. Observou-se aumento significativo de areia nas amostras TK03 (fig. 4).

Figura 4 – Perfil de elevação e classe granulométrica dos sedimentos da cidade de Tarauacá – Bacia do Juruá

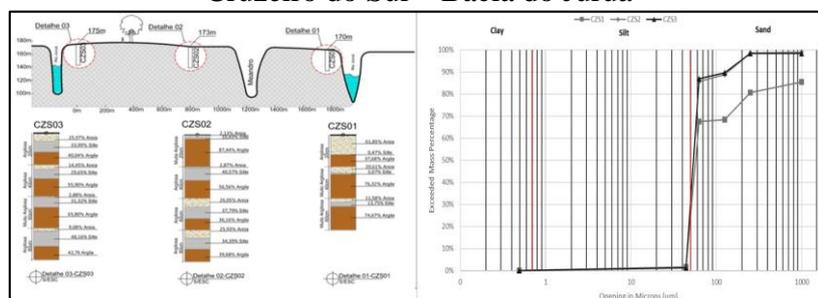


A amostra TK02, localizada no centro urbano, apresenta alta concentração de argilas devido à presença de elementos que atuam como barreiras ao escoamento. A cidade, situada na planície de inundação do Rio Tarauacá, facilita a deposição de argilas e silte. Em contraste, as amostras TK3, próximas às margens do rio, mostram aumento de areia devido aos transbordos cíclicos do rio, que depositam sedimentos nas margens.

Os dados sugerem a possibilidade de Tarauacá estar em outro domínio geológico, evidenciado que Feijó é uma faixa de transição entre as maiores bacias do estado do Acre, Purus e Juruá. No trabalho de Santos (2019) sobre as atividades sísmicas em Tarauacá demonstra-se que talvez esse domínio esteja sob o controle de alguma estrutura, como falhamento ou *rift*.

No município de Cruzeiro do Sul, uma das cidades localizadas na porção mais noroeste do Acre, amostraram-se os pontos CZS1, CZS2 e CZS3, da alta vertente em direção ao nível de base local representado pelo Rio Juruá (fig. 5).

Figura 5 – Perfil de elevação e classe granulométrica dos sedimentos da cidade de Cruzeiro do Sul – Bacia do Juruá



Os dados revelaram um estratigrama com camadas alternadas de argilas e areias, destacando uma diminuição na espessura do talude a partir do ponto CZS 3 em relação à vertente. Os perfis CZS3 e CZ1 apresentam certa correlação estratigráfica, mas o ponto CZS2, embora mostre similaridade, não exibe a mesma conformidade nas camadas,

sugerindo a presença de um possível falhamento que poderia ter influenciado na evolução da vertente ou no deslocamento das camadas.

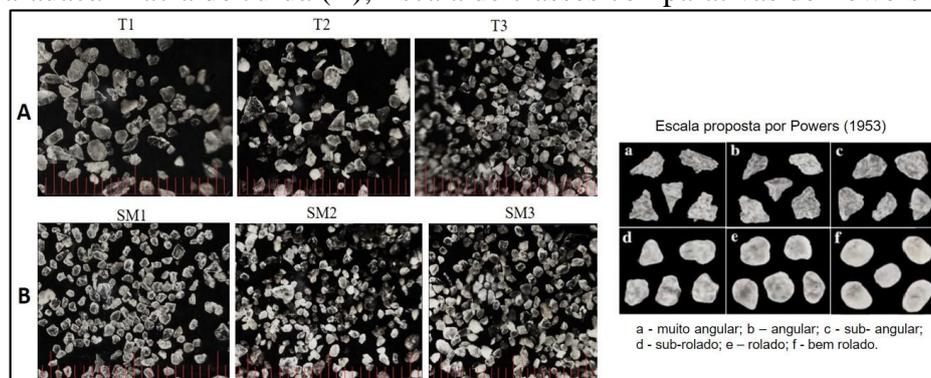
Estatisticamente, através da ANOVA *two-way*, ao nível de significância $\alpha = 0,1$, indicou-se não existir variação e nem interação significativa para as amostras de argila (p-valor = 0,156) e silte (p-valor = 0,104) quanto aos fatores de profundidade e localidade entre os pontos analisados entre as cidades. Contudo, demonstrou-se que há variação significativa da areia (p-valor = 0,061), indicando que, possivelmente, estas cidades cresceram em áreas de terraços fluviais e planícies de inundação, portanto, de risco atual.

3.2 - Análise morfológica dos grãos

As partículas apresentaram-se como muito angular, angular, sub-angular e sub-rolado nas localidades da pesquisa, revelando assim a sua gênese. O grau de arredondamento ou angulosidade reflete a distância e a energia do transporte sofrido pelo grão, mas também podem se dar por outros fatores como processos químicos no local, a estrutura do fragmento com acamamento e clivagem, durabilidade do material e natureza do agente geológico.

Em todas as amostras a morfometria foi composta por grãos sub-angulares e sub-rolados, com brilho vítreo e fosco, à exemplo dos grãos de Sena Madureira, na bacia do Purus. A exceção foi observada nos grãos da cidade de Tarauacá, que se localiza na bacia do Juruá, que apresentou grãos com aspectos muito angulares, indicando materiais com fontes mais próximas, indicando possível intemperização incompleta, com material primário em evolução (fig. 6).

Figura 6 – Morfologia do grão de sedimento de Sena Madureira – Bacia do Purus (A) e Tarauacá -Bacia do Juruá (B); Escala de classes comparativas de Powers (C)



CONSIDERAÇÕES FINAIS

As áreas que fazem parte das cidades pesquisadas demonstraram relação intrínseca com a atividade fluvial recente proporcionada pela dinâmica climática sazonal, tipo de material sedimentar predominante e a mudança dos cursos dos rios de planície que divagam e formam terraços. O predomínio de depósitos arenosos em sua composição denotam uma dinâmica hidrogeomorfológica de deposição em áreas de baixio e formação de terraços, ao longo do tempo, ocupadas pela população e referendadas pelo poder público municipal como áreas habitáveis.

Possivelmente, a dinâmica divagante dos rios tendenciam a apresentar um cenário de risco de desastre iminente com o retorno para as antigas planícies. Razão disto, problemas como inundações extremas, movimentos de massa, erosão fluvial, subsidência de pavimentos nas cidades, são fenômenos hidrogeomorfológicos desencadeados e que, no momento atual, necessitam fazer parte da nova ordem no planejamento urbano.

Palavras-chave: Dinâmica fluvial. Ocupação urbana. Risco geomorfológico. Característica sedimentológica. Acre.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, E. F. **Ambientes, com ênfase nos solos e indicadores ao uso agroflorestal das bacias dos rios Acre e Iaco**, Acre, Brasil. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa: UFV, 2003.
- BEZERRA, M. J. **Invenções do Acre: de território a estado-um olhar social**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo:USP, 2005.
- BLOTT, S.J., PYE, K. Gradstat: A Grain Size Distribution and Statistics Package for the Analysis of Unconsolidated Sediments. *Earth Surface Processes and Landforms*, 2001. 26, 1237-1248.
- BRIDGE, J. S. **Rivers and floodplains: forms, processes, and sedimentary record**. John Wiley & Sons, 2003.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia fluvial**. São Paulo: Edgar Blücher, 1981.
- SANTOS, G. B.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. P.; CHEREM, L. F. S. **Níveis de terraços fluviais e depósitos sedimentares correlativos no alto vale do Rio das Velhas**. *Quadrilátero Ferrífero, MG. Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 10, n. 1, 2009.
- GIRÃO, O.; CORREA, A. C. B. **A contribuição da geomorfologia para o planejamento da ocupação de novas áreas**. *Revista de Geografia*, v. 21, n. 2, p. 36-58, 2004.
- GOERL, R. F.; KOBİYAMA, M.; SANTOS, I. **Hidrogeomorfologia: princípios, conceitos, processos e aplicações**. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 13, n.2, 2012.
- GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia e planejamento ambiental—conceitos e aplicações**. *Revista de Geografia (Recife)*, v. 35, n. 4, p. 269-287, 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Estado do Acre: Geomorfologia**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/...>>. Acesso em: set. 2023.

LUPINACCI, C. M.; SOUZA, T. A. **Terraços fluviais como indicadores da dinâmica geomorfológica no Quaternário: estudo de caso na depressão periférica paulista**. Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 20, n. 2, 2019.

LUZ, R. A.; RODRIGUES, C. **O processo histórico de ocupação e de ocorrência de enchentes na planície fluvial do rio Pinheiros de 1930 até os dias atuais**. Geosp – Espaço e Tempo (On-line), v. 24, n. 2, p. 340-360, ago. 2020. ISSN 2179-0892.

MOREIRA, J. G. V.; CRAVEIRO, R. L.; SERRANO, R. O. P.; FORMOLO, A. K. **Temporal trend and frequency of maximum precipitations in Cruzeiro do Sul, Acre, Brasil**. Nativa, v. 4, n. 2, p. 97-102, 2016.

POWERS, M. C. A new roundness scale for sedimentary particles. **Journal of Sedimentary Petrology**, v. 23, p.117-119. 1953.

RODRIGUES, Tarcísio Ewerton et al. **Caracterização e classificação dos solos do campo experimental da Embrapa Acre, Rio Branco, Estado do Acre**. Embrapa Amazônia Oriental, 2001.

SANTOS, W. L.; CRISÓSTOMO, C. A.; BARBOSA, A. R. de F.; SILVA, P. M.; NASCIMENTO, F. I. C. Atividades sísmicas na Amazônia: Levantamento e caracterização de terremotos na Amazônia Sul-Ocidental – Acre – Brasil. **Revista GeoUECE**, [S. l.], v. 8, n. 15, p. 66–77, 2020.

SCHEIDEGGER, A. E. Hydrogeomorphology. **Journal of Hydrology**, ed. 20. pg. 193-215. 1973.

TEIXEIRA, W. G.; SHINZATO, E. As características das principais classes de solos que ocorrem no estado do Acre. In: SANTOS, R. C. dos; SIVIERO, A. (Org.). **Agroecologia no Acre**. Rio Branco: Ifac, 2015. cap. 9, p. 181-196.

YAN, Q.; IWASAKI, T.; STUMPF, A.; BELMONT, P.; PARKER, G.; KUMAR, P. **Hydrogeomorphological differentiation between floodplains and terraces**. Earth Surface Processes and Landforms, v. 43, n. 1, p. 218-228, 2018.