

FATORES CONDICIONANTES AOS PROCESSOS EROSIVOS NO RIO PARAGUAI PANTANAL MATO-GROSSENSE¹

Gustavo Roberto dos Santos Leandro^{2}; Célia Alves de Souza³; Luciley Alves da Silva⁴*

Resumo

Os processos erosivos estão entre os elementos mais dinâmicos nos ambientes fluviais. Sendo assim o presente trabalho objetivou verificar a granulometria dos sedimentos marginais em quatro pontos ao longo do perfil longitudinal no corredor fluvial do rio Paraguai, bem como, apontar condicionantes à erosão marginal. Encontra-se entre as coordenadas geográficas 15°58'00" e 16°40'00" - Latitude Sul e 57°40'00" e 57°44'00" Longitude Oeste. Foi realizado trabalho de campo para caracterização dos pontos e coleta dos sedimentos marginais; análise granulométrica com os métodos de pipeta e peneiramento (o método utiliza uma combinação de peneiração e sedimentação). Os perfis apresentaram variações no número de camadas e composição dos sedimentos. Com o regime de inundação periódica e de estiagem, novas camadas de sedimentos são depositadas nas margens, associado ao transbordamento do canal para a planície de inundação, enquanto que, os processos de erosão, ocorrem por solapamento basal e queda de blocos nas curvas côncavas dos meandros. Concluiu-se que a erosão marginal no segmento é resultado da dinâmica natural, mas que sofre alterações antrópicas, tais como, remoção da mata ciliar, alterações no canal, e a introdução de espécies exóticas.

Palavras-chave: rio de planície, erosão, análise textural.

CONDITIONING FACTORS TO THE EROSION PROCESSES IN THE PARAGUAY RIVER PANTANAL MATO GROSSENSE

Abstract

The erosion processes are among the most dynamics elements in the fluvial environments. The present study aimed to verify the granulometric composition of the marginal sediments at four points along the longitudinal profile in the Paraguay River's corridor, as well as indentify conditions to marginal erosion. It's found between the geographic coordinates 15°58'00" and 16°40'00" - South Latitude and 57°40'00" and 57°44'00" West Longitude. Work activity was conducted to characterize the sites and marginal sediments collection; textural analysis of the sediments by the pipetting and sieving method (the method uses a combination of sieving and sedimentation). The profiles showed variation on the numbers of the layers and in composition of sediments. With the periodic flooding regime and drought, new layers of sediments are deposited on the banks associated with the channel overflow to the floodplain, whereas, the erosion processes

¹ Pesquisa financiada pela Rede Asa – de estudos sociais, ambientais e de tecnologias para o desenvolvimento da região Sudoeste de Mato Grosso. Rede Pró-Centro-Oeste MCT/CNPq/CAPES/FAPEMAT.

² Graduado em Geografia pela Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT. Mestrando em Geografia pela Universidade Federal Fluminense – UFF. Integrante do Laboratório de Pesquisa e Estudos em Geomorfologia Fluvial – LAPEGEOF/UNEMAT. E-mail: gustavogeociencias@hotmail.com

³ Doutora em Geografia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. Professora Adjunto de Departamento de Geografia e Orientadora do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT. Coordenadora do Laboratório de Pesquisa e Estudos em Geomorfologia Fluvial – LAPEGEOF/UNEMAT. E-mail: celialvesgeo@globom.com

⁴ Graduanda em Geografia e Bolsista de Iniciação Científica PROBIC/FAPEMAT/UNEMAT pela Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT. Integrante do Laboratório de Pesquisa e Estudos em Geomorfologia Fluvial – LAPEGEOF/UNEMAT. E-mail: lapegeofunemat@hotmail.com

occur by basal undermining and drop blocks in the concave curves of the meanders. It was concluded that the marginal erosion on the segment is a result of the natural dynamics, but it's influenced by antropic impacts, such as removal of riparian forest, channel alteration and introduction of exotic species.

Keywords: Floodplain River, erosion, particle size analysis.

INTRODUÇÃO

A granulometria do material trabalhado pelos fluxos de água tem papel importante na dinâmica fluvial. Os processos erosivos estão diretamente ligados à remobilização e tipos de sedimentos, em termos de estrutura e coesão marginal, formação de camadas e embasamento ou depósitos recentes após ciclos de cheias (SOUZA, 2004).

Compreender o funcionamento sedimentar de um curso d'água pode ser útil para elucidar alguns aspectos morfológicos e entender melhor a dinâmica dos sistemas fluviais. Em geral, a maior parte dos estudos sobre dinâmica sedimentar refere-se aos sedimentos transportados e depositados no interior do canal, pois é este o setor onde se concentra o maior volume de toda a carga disponível em um sistema fluvial. O restante da carga, depositada sobre as margens e nas planícies de inundação, acaba por não merecer a devida atenção, mesmo sendo esta parte da carga tão importante quanto àquela que encontra-se no interior do canal (MEURER et al. 2011).

E ainda conforme Suguio (1973) a análise granulométrica permite caracterizar e classificar os sedimentos das margens, bem como correlacioná-los aos processos erosivos. Assim sendo, pode ser um dos instrumentos para elucidar riscos ambientais e socioeconômicos, bem como, verificar mudanças na morfologia do corredor fluvial com a migração lateral.

Souza e Cunha (2007) e Freitas e Albuquerque (2012) discutem que a magnitude da erosão nas margens está associada a vários fatores, tais como: características ambientais (geologia, geomorfologia, solos, cobertura vegetal, declividade, precipitação e usos múltiplos), morfologia da margem (altura e o tipo de margem), composição das margens (granulometria e estrutura dos sedimentos) e características hidrodinâmicas do fluxo (vazão e transbordamento). Trabalhos realizados por Souza (2004); Silva et. al. (2007); Justiniano (2010); Silva e Souza (2012); Cruz et al. (2012) e Bühler e Souza (2012) destacam além dos elementos ambientais, a importância dos usos múltiplos no rio Paraguai como condicionantes aos processos erosivos. Nesse sentido, o presente trabalho destaca alguns aspectos, naturais e antrópicos, com ênfase a composição granulométrica dos sedimentos marginais, no segmento do rio Paraguai entre a foz do rio Cabaçal e a cidade de Cáceres, Mato Grosso.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A área de estudo corresponde ao corredor fluvial do rio Paraguai, entre a confluência com o rio Cabaçal e o perímetro urbano de Cáceres em Mato Grosso. Encontra-se entre as coordenadas geográficas 15°58'00'' e 16°40'00''- Latitude Sul e 57°40'00'' e 57°44'00'' Longitude Oeste. No segmento foram determinados quatro pontos para a coleta das amostras dos sedimentos marginais conforme pontuado na Figura 1.

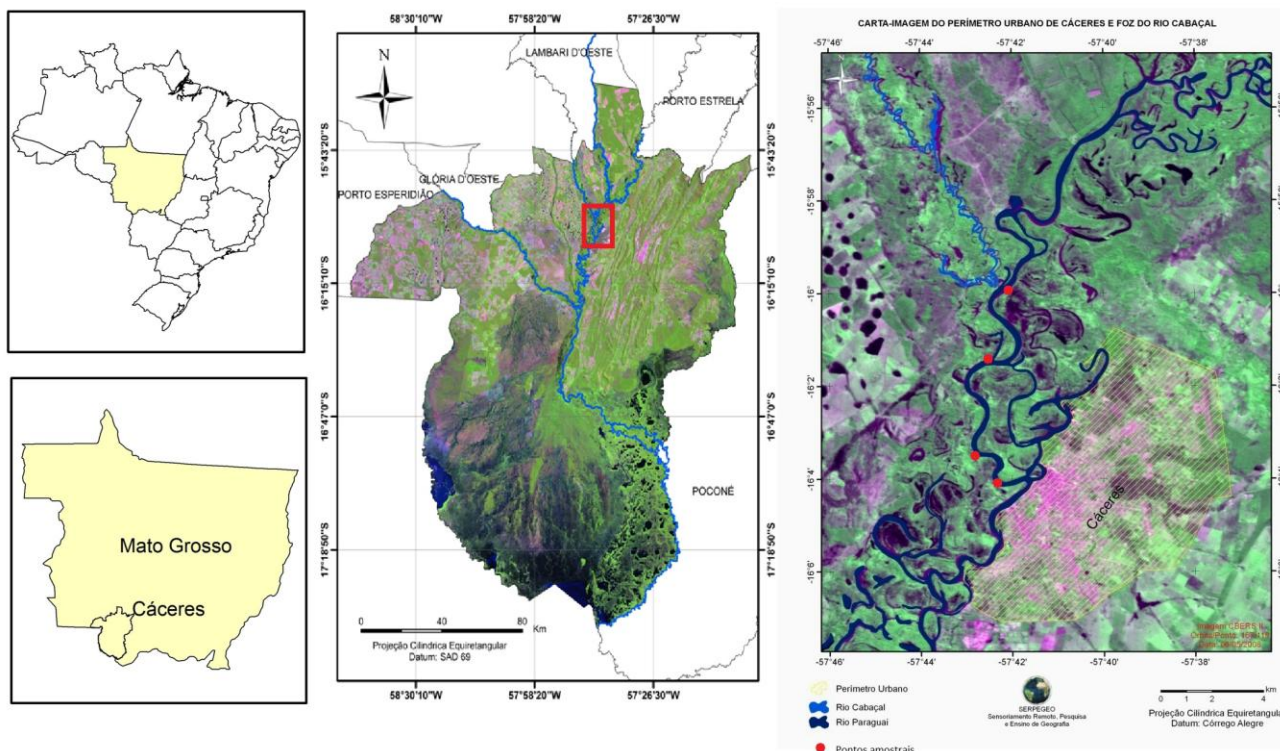


Figura 1. Carta imagem da área de estudo

Procedimentos metodológicos

• Atividade de campo

Foi realizada atividade de campo para caracterizar os usos das margens bem como coletar amostras de sedimentos. A escolha dos pontos de coleta seguiu como critérios a morfologia do barranco, evidências de processos erosivos e usos no entorno. Acondicionadas em sacos plásticos de 1 kg, foram transportadas ao Laboratório de Pesquisa e Estudos em Geomorfologia Fluvial (LAPEGEOF) - Universidade do Estado de Mato Grosso/UNEMAT.

• Análise granulométrica

Pipetagem

Amostras de 20 g foram mantidas por 12 horas em contato com reagente químico (NaOH 0,1 M.L^{-1}). Posteriormente, foram agitadas por 15 minutos. O Método de Pipetagem consiste em pipetar volume suspenso para determinação da fração argila. A fração areia separada no procedimento foi submetida ao Método de Peneiramento. E a fração silte equivale à diferença da soma das frações areia/argila da amostra inicial (EMBRAPA, 1997).

Peneiramento

A fração areia foi seca em estufa a 120°C , passando por processo mecânico de peneiramento em Agitador Eletromagnético por 30 minutos. O material retido em cada uma das peneiras, sequencialmente padronizadas, foi pesado separadamente, determinando as frações grossa, média e fina (SUGUIO, 1973).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A área de estudo apresenta intensos processos de erosão e sedimentação. Trabalho realizado por Silva et al. (2007) aponta que as taxas de sedimentação são maiores na margem esquerda do canal e a erosão é intensa na margem direita onde foram selecionados três dos quatro pontos amostrais de sedimentos marginais para análise.

Dentre os elementos naturais que condicionam os processos erosivos no rio Paraguai destaca-se o embasamento geológico constituído por sedimentos inconsolidados da Formação Pantanal e Aluviões atuais. E a geomorfologia aplainada do corredor fluvial, associada ao tipo de solo (Gleissolo Háplico), que favorecem a deposição de parte dos sedimentos nas margens do canal, ao serem transportados para a planície com os ciclos de cheia e estiagem (CAMARGO, 2011).

A estabilidade das margens no rio Paraguai ocorre em alguns trechos da Formação Raizama onde o afloramento rochoso altera o padrão do canal para retilíneo, e exerce controle estrutural sobre os processos erosivos (SOUZA, 2012). A mobilidade do canal é maior em trechos da Formação Pantanal associada ao padrão meandrante como no segmento monitorado.

Outros exemplos de controle dos processos erosivos pelas características dos elementos ambientais podem ser observados no rio São Francisco. Conforme Holanda et al. (2007) as margens estáveis do rio são constituídas por sedimentos fluviais, litorâneos ou por afloramentos de rochas sedimentares da Bacia Sergipe-Alagoas, principalmente por folhelhos da Formação Barra do Itiúba, e arenitos e folhelhos da Formação Penedo, identificadas em largas extensões de margem na região de Neópolis.

Associado aos elementos ambientais que compõe o corredor fluvial do rio Paraguai cabe destacar as atividades antrópicas desenvolvidas ao longo do segmento estudado. Os usos múltiplos foram avaliados por diversos autores o que legitima sua importância frente à erosão marginal. Cruz et al. (2012) caracterizaram o trecho do canal entre a foz do rio Cabaçal e a Rocinha – que corresponde aos pontos de coleta I e II – como alterado, para ambas as margens, porém destacam que os dados do protocolo estão bem próximos das condições naturais. Com relação ao trecho entre a Rocinha e a baía do Malheiros, no perímetro urbano de Cáceres – equivalente aos pontos de coleta III e IV – classificaram as condições das margens como alterado e impactado devido ao uso intenso. Bühler e Souza (2012) destacam que no trecho da Rocinha o barranco é utilizado por pescadores e a praia do Julião por banhistas. A partir da pontuação do protocolo de avaliação concluíram que no período de estiagem o trecho caracteriza-se como alterado e no período de cheia como natural. Na cheia, a elevação do nível fluviométrico, que proporciona a inundação da planície, encobre as margens e dessa forma, a erosão marginal torna-se menos evidente.

Em trabalho de campo constatou-se que nos pontos de coleta I e II há a retirada da cobertura vegetal para o desenvolvimento de pesca de barranco e pecuária expansiva, enquanto que nos pontos de coleta III e IV são desenvolvidas atividades turísticas e de pesca. Ao longo do segmento também se observou diversas construções nas margens, o que, acelera a erosão. O acesso ao rio é facilitado pela BR-174, conforme relatado por Cruz et al. (2012), que por sua vez, corre o risco de ser erodida pela dinâmica do rio Paraguai com a migração do canal (Figura 2).



Figura 2. Aspectos do corredor fluvial do rio Paraguai (em segundo plano curva do meandro - ponto III - e em primeiro plano curva côncava do meandro próxima a rodovia - Ponto IV - com acesso e uso das margens).

Holanda et al. (2009) destacam que, os dados sugerem que as maiores taxas de recuo da margem no rio São Francisco, estão relacionadas com a composição granulométrica do barranco que apresenta maiores porcentagens de material arenoso e menores porcentagens de silte e argila e com a altura do barranco, pois constaram que nos mais altos ocorreram maiores taxas de erosão. Os autores destacam ainda a importância da cota e velocidade do fluxo. Nesse sentido, o conhecimento sobre a composição granulométrica das margens do rio Paraguai torna-se essencial frente à dinâmica natural de cheias e estiagem no Pantanal mato-grossense – o que contribui para a erosão e evolução do segmento – e os usos da própria margem.

Em trabalho de campo foram identificadas diferentes camadas na face do barranco quanto ao aspecto morfológico (textura e cor). E em laboratório foi possível determinar a concentração das frações areia (grossa, média e fina), silte e argila nos sedimentos marginais. A composição granulométrica aliada a outros elementos conferem pouca estabilidade aos barrancos, colaborando para os processos de erosão nas margens.

Composição granulométrica dos sedimentos marginais

Ponto I

O ponto I encontra-se nas coordenadas geográficas 16°01'21'' Sul e 57°42'27'' Oeste. Apresentou três camadas, sendo a primeira com 0,46 m, a segunda com 1,70 m, a terceira com 0,39 m e altura total de 2,55 m. Conforme classificação de Souza e Cunha (2007) para as margens do rio Paraguai, a margem caracteriza-se como média (altura ente 1 a 3 m).

Na tabela 1, são apresentados os resultados da análise granulométrica com maior fração areia fina, 841 g.kg na primeira camada (superfície), fração silte na segunda camada com 936 g.kg e, fração areia média na terceira camada (base do barranco) com 887 g.kg. A estrutura granulométrica do ponto I contribui para o comprometimento da estabilidade marginal por não apresentar coesão, devido à falta de material cimentante.

Tabela 1. Composição textural das margens do rio Paraguai

Local de referência	Ponto	Camada	Areia Grossa	Areia Média	Areia Fina	Silte	Argila
Confluência dos rios Cabaçal-Paraguai	I	1	---	---	841	147	12
		2	---	---	14,5	936	49,5
		3	---	887	96,5	9,5	7
Baía do Quati	II	1	---	---	7	941,5	51,5
		2	---	---	20,5	910,5	69
Trecho da Rocinha	III	1	---	---	383	572	45
Trecho do Julião	IV	1	---	---	374,5	587	38,5
		2	---	---	716,5	254,5	29

Ponto II

O Ponto II encontra-se nas coordenadas geográficas 16°01'24'' Sul e 57°42'38'' Oeste. Foram identificadas duas camadas com altura total de 3,08 m sendo 0,40 m na primeira camada e 2,68 m na segunda camada. A margem classifica-se como alta e rampeada conforme Souza e Cunha (2007). Através da análise granulométrica constatou-se predomínio de fração silte em ambas as camadas, 941,5 g.Kg e 910,5 g.kg, respectivamente. O trecho da baía do Quati – Ponto II - é inundado no período de cheia, onde, o rio Paraguai transfere água e sedimentos finos para a feição morfológica (Figura 3).



Figura 3. Baía do Quati inundada e aspectos da margem no período de estiagem

No rio Solimões, Freitas e Albuquerque (2012), constataram elevada concentração de silte na composição granulométrica dos sedimentos marginais com valores entre 347,5 g.kg a 739 g.Kg. As autoras caracterizaram os sedimentos marginais como franco-siltoso, o que evidencia a instabilidade do material. Dentre as areias, identificaram predomínio de areias fina a muito fina com valores de até 539,5 g.Kg. Assim como o rio Paraguai, o rio Solimões desenvolve-se em ambiente de planície aluvial e a gênese desse tipo de planície está relacionada a processos hidromórficos, onde predominam solos do tipo Gleissolos e Neossolos Flúvicos.

Ponto III

O Ponto III encontra-se nas coordenadas geográficas 16°03'15'' Latitude Sul e 57°42'55'' Longitude Oeste, onde, se identificou apenas uma camada com concentração de 572 g.Kg de fração silte e 383 g.Kg de fração areia fina. Com altura total de 5 m pode ser classificada como margem alta (acima de 3 m) e rampeada. Os processos erosivos atuantes são por corrasão.

Ponto IV

O Ponto IV encontra-se nas coordenadas geográficas 16°03'57'' Latitude Sul e 57°42'27'' Longitude Oeste. O barranco apresentou altura total de 3,70 m com 1,74 m na primeira camada e 2,30 m na segunda camada com classificação de margem alta (acima de 3 m) e íngreme. A composição granulométrica predominou em fração silte com 587 g.Kg na primeira camada e fração areia fina com 716,5 g.Kg na segunda camada.

Os processos erosivos predominantes são desmoronamentos por basculamento. Conforme Souza e Cunha (2007) tais processos erosivos ocorrem em margens que possuem maior concentração de sedimentos com granulometria fina. Destacam ainda que o saturamento e ressecamento dos sedimentos das margens contribuem para erosão imediata ou deixam as margens propícias a erosão no início do período de cheia (Figura 4).



Figura 4. Processos erosivos com fendas nas margens em extensa faixa côncava do meandro (Ponto IV)
FONTE: CRUZ et al. (2012) e Santos et al. (2012)

De acordo com os índices obtidos, Silva et al. (2007) caracterizaram as margens do rio Paraguai no trecho do Julião – referente ao Ponto IV - como: margens estáveis, margens com erosão baixa, e margens com erosão alta. Nas margens consideradas estáveis os autores verificaram que quase não houve um recuo dentro do período de pesquisa, por apresentar um solo mais argiloso e por ser resistente à ação da água.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As irregularidades nas camadas das margens no segmento firmam a intensa dinâmica do corredor fluvial. Os depósitos recentes nas margens e planície de inundação são promovidos pelo transbordamento do canal principal, que mantém os sedimentos finos em suspensão de forma descontínua ao longo do perfil longitudinal. Nesse sentido, as análises granulométricas mostraram-se eficientes para classificação das frações que compõem as margens do canal como indicativo de fragilidade frente aos processos erosivos.

Além da composição granulométrica, outros fatores, naturais e antrópicos, contribuem para os processos erosivos como a curva do meandro, morfologia do barranco, bem como, a manutenção da vegetação ou a sua retirada para o desenvolvimento de atividades sócio-recreativas e econômicas como observado no segmento monitorado.

Os processos intensos de erosão e sedimentação no segmento implicam em assoreamento e abandono de canais secundários no perímetro urbano de Cáceres, a jusante dos pontos monitorados e, comprometimento da BR 174 mediante aos processos erosivos nas curvas côncavas do canal. Assim, a curto e médio prazo, sugerem-se novos estudos, com maior número de pontos monitorados, aliado a outras ferramentas como as Geotecnologias e fiscalização quanto aos usos das

margens por se tratar de área de preservação. Conhecer a tendência evolutiva do segmento torna-se fundamental mediante aos elementos condicionantes e as possíveis consequências e/ou impactos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BÜHLER, B. F.; SOUZA, C. A. Aspectos sedimentares do rio Paraguai no perímetro urbano de Cáceres – MT. **Geociências**. v. 31. n. 3, p. 339-349, 2012.
- CAMARGO, L. (Org.). **Atlas de Mato Grosso**: abordagem socioeconômico-ecológica. Cuiabá – MT: Entrelinhas, 2011. 96 p. (Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral e Secretaria de Estado de Meio Ambiente).
- CRUZ, J. S.; SOUZA, C. A.; SOARES, J. C. O.Território, territorialidade: uso/ocupação, impactos e conflitos nas margens do rio Paraguai – MT. In: SOUZA, C. A. (Org.). **Bacia hidrográfica do rio Paraguai – MT**: dinâmica das águas, uso e ocupação e degradação ambiental. São Carlos: Editora Cubo, 2012. 131-147.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de Métodos de análises de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212 p.
- FREITAS, F. T.; ALBUQUERQUE, A. B. Análise temporal sobre as “terras caídas” no médio Solimões/Coari (AM). **Mercator**. v. 11. n. 25, p. 129-140, 2012.
- HOLANDA, F. S. R.; BANDEIRA, A. A.; ROCHA, I. P.; ARAÚJO FILHO, R. N.; RIBEIRO, L. F.; ENNES, M. A. Controle da erosão em margens de cursos d’água: das soluções empíricas à técnica da bioengenharia de solos. **Revista RA’E GA**. n. 17 p. 93-101. 2009.
- JUSTINIANO, L. A. A. **Dinâmica fluvial do rio Paraguai entre a foz do Sepotuba e a foz do Cabaçal**. 2010. 71 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Instituto de Ciências Naturais e Tecnológicas, Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT, Cáceres - MT, 2010.
- MEURER, M.; BRAVARD, J. P.; STEVAUX, J. C. Granulometria dos sedimentos marginais do rio Ivaí com vistas à compreensão da dinâmica hidro-sedimentar montante-jusante. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. v. 12. n. 1, p. 39-44, 2011.
- SILVA, A.; SOUZA, C. A.; ZANI, H.; FREITAS, D. R. Avaliação da erosão na margem direita do rio Paraguai a jusante da praia do Julião município de Cáceres – MT. **Revista Geográfica Acadêmica**. v. 1. n. 1, p. 5-19, 2007.
- SILVA, R. V.; SOUZA, C. A. Ocupação e degradação na margem do rio Paraguai em Cáceres, Mato Grosso. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**. v. 8. n.1, p. 125-152, 2012.
- SOUZA, C. A. **Dinâmica do corredor fluvial do rio Paraguai entre a cidade de Cáceres e a Estação Ecológica da ilha de Taiamã-MT**. 2004. 173 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza, Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Rio de Janeiro, 2004.
- SOUZA, C. A.; CUNHA, S. B. Evolução das margens do rio Paraguai entre a cidade de Cáceres e a Estação Ecológica da Ilha de Taiamã – MT. In: SOUZA, C. A. (Org.). **Bacia hidrográfica do rio Paraguai – MT**: dinâmica das águas, uso e ocupação e degradação ambiental. São Carlos: Editora Cubo, 2012. p.51-64.
- SOUZA, C. A.; CUNHA, S. B. Pantanal de Cáceres - MT: dinâmica das margens do rio Paraguai entre a cidade de Cáceres e a estação ecológica da ilha de Taiamã–MT. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros – Seção Três Lagoas**. v. 1. n. 5, p. 18-42, 2007.
- SUGUIO, K. **Introdução à sedimentologia**. São Paulo: Edgar Blucher, 1973. 307 p.