

Sensoriamento Remoto Aplicado ao Estudo da Erosão Marginal do Rio Paraguai:

Bairro São Miguel em Cáceres/MT-Brasil

Marginal Erosion Study of the Rio Paraguay Using Applied Remote Sensing:
Bairro São Miguel in Cáceres/MT-Brasil

Jôse Magno Gualberto Delmon (jose_magno03@terra.com.br)¹

Sandra Mara Alves da Silva Neves (ssneves@terra.com.br)²

Aguinaldo Silva (aguinald_silva@yahoo.com.br)³

Ronaldo José Neves (rjneves@terra.com.br)²

Rosalia Casarin (rosarin@terra.com.br)²

Eliezer Rangel de Campos Soares (eliezer_rangel@terra.com.br)¹

Universidade do Estado de Mato Grosso – Unemat. Campus Universitário Jane Vanini.
Av. São João, s/n. Bairro: Cavallhada. CEP: 78200-000 Cáceres/MT. ¹Curso de Agronomia.

²Departamento de Geografia

³Universidade Estadual Paulista – UNESP. Instituto de Geociências e Ciências Exatas -
IGCE Campus de Rio Claro. Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente.

Resumo

Para poder analisar os impactos causados pela dinâmica natural e pela ação antrópica é imprescindível tomar conhecimento da dinâmica das margens do rio Paraguai. Neste contexto, o presente estudo objetivou investigar a dinâmica da margem esquerda do rio Paraguai, através da avaliação da erosão do segmento localizado entre as ruas Cândido Mariano e Senador Azeredo, no Bairro São Miguel em Cáceres/MT, nos anos de 1977 e 2005. Para realização do estudo foram utilizadas: a planta baixa do bairro, feita em 1977, que foi digitalizada visando sua manipulação em ambiente Sig; e imagem do satélite *Quick Bird* do ano de 2005, georreferenciada via pontos de controle de campo, coletados com GPS Diferencial. A partir dessa imagem foi georreferenciada, no Sig Spring, modo tela a tela, a *layer* da planta do bairro. Uma vez combinadas *layer* da planta e da imagem, no Sig *ArcGis*, foram realizadas as quantificações de perda de solo dos terrenos da área de estudo. A partir desta análise foi possível perceber que a área de estudo vem passando por processo de solapamento e conseqüentemente ocasionando a queda de blocos, provocando assim, a redução da área dos lotes, e destruição dos imóveis. No período analisado, o canal apresenta uma mobilidade relativamente alta, com média anual superior a 0,70 metros por ano. Além disso, o fato da área estar localizada na margem côncava do canal, onde desenvolve uma maior velocidade contribui para o processo de aceleração da erosão marginal. As análises realizadas evidenciaram problemas decorrentes da dinâmica do rio Paraguai na área urbana de Cáceres, mostrando de forma contundente os efeitos destrutivos sobre as residências do Bairro São Miguel. Desta forma, tendo como base o conhecimento da dinâmica do meio ambiente podem-se planejar ações que visem um desenvolvimento sustentável, uma vez que ações diretas do homem sobre sistemas fluviais no mundo, nem sempre apresentaram resultados positivos.

Palavras-chave: dinâmica fluvial, geotecnologias, erosão marginal, rio Paraguai superior, Cáceres-MT.

Abstract

The purpose of this study was to analyze the effect of natural dynamics and human influence on the Paraguay River. In this context, this study aimed to investigate the dynamics of the left bank of the Paraguay River, assessing erosion of the river segment located between Candido Mariano and Senador Azeredo Streets in the neighborhood of Sao Miguel, Cáceres, Mato Grosso, Brazil, from 1977 to 2005. To conduct this study, researchers used imaging of the low plant layers of the district developed in 1977 and digitized its manipulation in the Sig environment with the 2005 satellite image *Quick Bird*, geo-referenced points via the control field, collected with a differential GPS. After combining the plant layer image in Sig *ArcGis*, measurements were made of soil loss in the study area. From this analysis it was evident that the study area is undergoing process of undermining, resulting in a reduction in the area of the lots and destruction of property. During the period of analysis, the channel presented a relatively high mobility, with an annual average over 0.70 meters per year. Also, the area is located in a narrow river channel and water flows with greater velocity, contributing to the acceleration of marginal erosion. The analyses showed problems arising from the dynamics of the Paraguay River in the urban area of Cáceres, clearly showing the destructive effects on the residences of the San Miguel Neighborhood. Thus, based on the knowledge of the dynamics of the environment, it is important to plan actions aimed at sustainable development since direct actions of man on river systems of the world, have not always had positive results.

Key Words: dynamic river, geo-referencing, marginal erosion, greater Paraguay River, Cáceres -MT.

1. Introdução

A forma desordenada como vem ocorrendo o crescimento urbano no Brasil, sem considerar as características naturais do meio, muitas vezes aliado à falta de infra-estrutura, vem ocasionando inúmeros impactos negativos para a qualidade do meio urbano. Apesar de atingirem o ambiente como um todo, esses impactos se refletem de maneira acentuada nas áreas urbanas. A ocupação antrópica inadequada gera uma cadeia de impactos ambientais, que passa pela impermeabilização do solo, alterações na topografia, erosão das margens e assoreamento dos cursos d'água, perda das matas ciliares, diminuição da biodiversidade, aumento do escoamento superficial, etc., aumentando desta forma a proporção da degradação ambiental e também da própria população que se vê obrigada a abandonar suas casas e se deslocar para outros lugares.

A cidade de Cáceres está assentada na Depressão do rio Paraguai, entre as coordenadas geográficas 57° 40' 51'' de longitude oeste e 16° 13' 42'' de latitude sul, altitude de 118 m, na região sudoeste do estado de Mato Grosso. Fundada em outubro de 1778, foi de fundamental importância na demarcação e defesa da fronteira entre colônias de Portugal e Espanha. Portanto, assumiu um caráter importante na história do Brasil e principalmente para Mato Grosso.

A ocupação urbana iniciou-se às margens do rio Paraguai, expandindo-se na direção Norte-Sul. Os limites eram: Córrego Sangradouro, ao Norte; a Leste, a atual Av. Sete de Setembro; a Sul, atual Av. Marechal Deodoro e, a Oeste, a Rua Coronel Faria. Atualmente, as

áreas de maior concentração populacional estão localizadas na porção central e na porção sul do perímetro urbano, na qual se encontra boa parte do comércio e serviços da cidade, o que demonstra que não ocorreram mudanças na tendência do eixo da expansão urbana. O zoneamento urbano elaborado pela prefeitura, datado do ano de 1997, dividiu a área urbana de 3.400 ha em nove zonas, apresentando 43 bairros. O estudo realizado por Neves (2008) mostra que o perímetro urbano do município de Cáceres, de acordo com o IBGE (2002), é do tipo 3, com área urbana da sede totalmente coberta por bairros. Dentre os bairros, encontra-se o São Miguel, que faz limite ao sul com centro da cidade e apresenta sérios problemas devido à erosão fluvial. Nesse sentido, o segmento situado entre as ruas Cândido Mariano e Senador Azeredo neste bairro foi definido como área de estudo, conforme mostra a figura 01.

A erosão marginal pode ser definida como o recuo linear das margens, resultante da remoção dos materiais que a constituem pela ação fluvial (correntes, ondas) ou por forças de origem externa, como a precipitação (FERNANDEZ, 1990). A erosão das margens apresenta uma dimensão econômica como a perda de terrenos cultiváveis em áreas agrícolas, na proteção de obras civis construídas próximas ao canal fluvial, entre outras. A situação de parte do bairro São Miguel em Cáceres no estado de Mato Grosso pode ser enquadrada no contexto exposto, pois treze terrenos residenciais, dispostos ao longo de 179 metros da margem, encontram-se atingidos pelo processo de erosão marginal do rio Paraguai (figura 02).

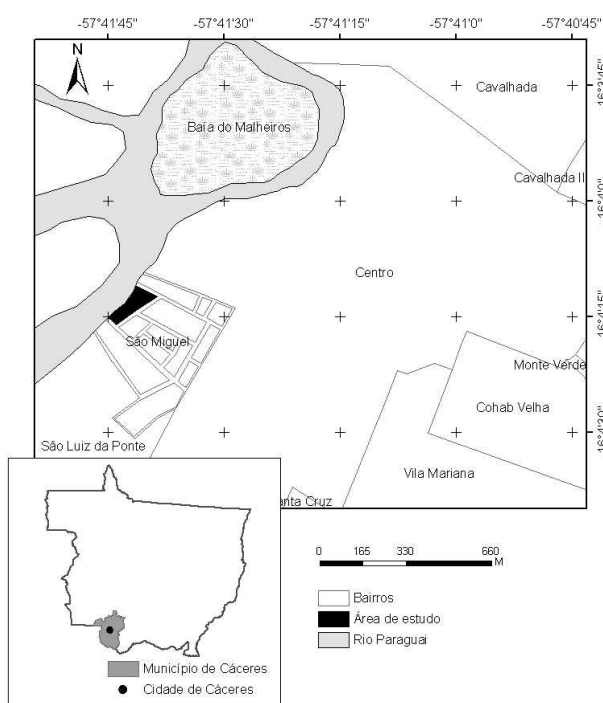


Figura 01 - Localização da área de estudo, no bairro São Miguel, na cidade de Cáceres/MT.



Figura 02 - Terrenos residenciais do bairro São Miguel atingidos pela erosão marginal do rio Paraguai. Fonte: Imagem *Quick Bird* (2005) e planta do bairro modificada (Prefeitura municipal, 1977).

Estudos relativos à erosão marginal do rio Paraguai são escassos, ainda mais utilizando as Geotecnologias, neste sentido, destaca-se o trabalho de Silva (2006 e 2007) que utilizou como metodologia sensoriamento remoto, e, mais recentemente estacas para o monitoramento e quantificação da erosão marginal do rio Paraguai na região de Cáceres-MT.

Schumm (*apud* Knighthon, 1998) afirma que “o sistema fluvial pode ser considerado como qualquer sistema físico ou histórico”. O primeiro enfoca o funcionamento do sistema, normalmente por curtos intervalos de tempo, enquanto o segundo age mais diretamente como tendências evolutivas. Significa que as mudanças que se processam no sistema ocorrem ao longo de variações da escala temporal. Podemos assim concluir, que o sistema fluvial é um sistema físico com uma história.

Em uma região que vem passando por grande transformação, a cidade de Cáceres apresenta um forte crescimento territorial desordenado e a consequência desse fator, é a ocupação de áreas localizadas nas margens do rio Paraguai, para construção de pousadas, pesqueiros e loteamentos, sem nenhuma preocupação com as Áreas de Preservação Permanente (APPs) que são áreas protegidas pela legislação ambiental. Alguns pontos da cidade de Cáceres e outros localizados nas margens do rio Paraguai, já vêm passando por consequências em virtude da erosão, como é o caso da Fazenda Descalvados, localizada a 150

km a jusante da cidade, na margem direita do rio Paraguai. Em relação aos pontos localizados na área urbana, que vem sendo erodido pelo rio Paraguai, merece destaque o Bairro da Empa, a caixa d'água onde é feita a captação de água para o município e mais recentemente uma torre de retransmissão de energia que teve que ser removida da margem direita do rio em virtude dos processos erosivos.

É preciso conhecer a dinâmica das margens do rio Paraguai, para que se possa analisar os impactos causados pela dinâmica natural, pelos comboios que navegam pelo rio Paraguai e principalmente pela ação antrópica. Neste contexto, o presente estudo objetivou investigar a dinâmica da margem esquerda do rio Paraguai, através da avaliação da erosão do segmento localizado entre as ruas Cândido Mariano e Senador Azeredo, no Bairro São Miguel na cidade de Cáceres/MT, nos anos de 1977 e 2005.

2. Material e métodos

A escolha do segmento proposto está relacionada a alguns aspectos considerados fundamentais, dentre os quais: a acelerada erosão ocorrente na área, localização de vários terrenos ocupados por residências já atingidos pelo processo erosivo e a necessidade de quantificar as áreas atingidas pela erosão fluvial, enquanto dado essencial para o diagnóstico e a proposição de medidas mitigadoras. Foram utilizadas: a planta baixa do bairro, feita em 1977, através de levantamento topográfico em campo. Esta foi digitalizada visando sua manipulação em ambiente Sig; e imagem do satélite *Quick Bird* do ano de 2005, georreferenciada via pontos de controle de campo, coletados com GPS Diferencial. A partir dessa imagem foi georreferenciada, no Sig Spring, modo tela a tela, a *layer* da planta do bairro. Uma vez combinadas *layer* da planta e da imagem, no Sig ArcGis, foram realizadas as quantificações de perda de solo dos terrenos da área de estudo. Houve a verificação em campo dos processos erosivos, visando validar as mensurações obtidas através da imagem. Nesta oportunidade procederam-se os registros, fotografias georreferenciadas, dos pontos críticos.

3. Resultados e discussão

A margem monitorada está situada na margem esquerda, onde predomina as maiores velocidades de fluxo e apresenta uma largura média de 150 metros e desenvolve uma vasta planície de inundação na margem direita. Apesar de apresentar-se retilíneo neste trecho, o canal possui padrão meandrante. A característica desse modelo de canal é apresentar erosão

na margem côncava e deposição na margem convexa (Barra em pontal) em virtude desse fator esse padrão de canal apresenta grande mobilidade, e essa mobilidade pode ser observada na planície fluvial, onde está o registro do antigo canal (Silva, 2007). A margem estudada está localizada em uma parte onde o canal desenvolve maior velocidade e conseqüentemente onde o processo erosivo atua com maior intensidade (figura 03 e 04).



Figura 03- Área onde pode ser observada a predominância da erosão na margem esquerda. Fonte: imagem *Quick Bird* (2005).



Figura 04- Fotografia oblíqua da área de estudo, evidenciando o recuo da margem do rio, do lado direito tem-se o porto de embarque de mercadorias da Hidrovia Paraguai-Paraná. Silva (2007).

Nesta área a margem vem passando por processo de solapamento e conseqüentemente ocasionando à queda de blocos, provocando desta forma a redução da área dos lotes, o que causará a destruição de imóveis situados na área (figura 05). Os estudos realizados por Silva (2006) corroboram com o exposto, ao explicar que as margens do rio Paraguai exibem diversos tipos de feições erosivas. No caso estas formas são atribuídas à queda de blocos e a desmoronamentos causados pelo solapamento da parte baixa da margem, resultante da corrasão, da ação hidráulica da água, e da ação das ondas provocadas pelos barcos. A composição granulométrica diferenciada nas camadas da margem do rio, sendo na base a maior concentração de areia e na parte superior à concentração de argila, contribui para atuação do processo erosivo diferenciado, ocorrendo assim, maior erosão na base.

Além da erosão ocasionada pela ação do rio, em períodos de cheias e período de seca, há ainda a aceleração do processo de erosão laminar, contribuindo para que a margem do canal se aproxime cada vez mais da área urbana, haja vista que em alguns pontos a margem do canal se encontra a menos de 6 metros do imóvel residencial situado no lote, o exposto pode ser verificado no lote 06 (figura 06).

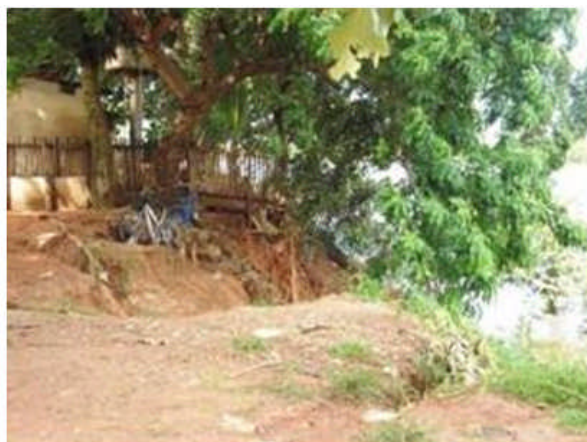


Figura 05- Aspecto do fundo lote 05, observa-se a direita o rio Paraguai. Fonte: Silva (2007).

Figura 06 - Erosão laminar na área estudada. Fonte: Silva (2007).

O intervalo de tempo analisado (28 anos) permitiu o cálculo da taxa de erosão anual. Os valores obtidos para a área erodida e para as taxas de erosão estão expostas na tabela 01.

Os dados exibidos na tabela 01 permitem verificar que no período analisado o canal na área de pesquisa apresenta uma mobilidade relativamente alta, com média anual superior a 0,70 metros por ano.

De acordo com Souza Filho e Silva (2005) a tendência de domínio de erosão na margem direita indica que o rio Paraguai provavelmente está sujeito à efeito de tectônica recente, que teria provocado um basculamento para oeste, fazendo com que os processos erosivos fossem mais atuantes na margem direita.

Tabela 01- Percentuais de perda de área linear no período de 28 anos.

	1977				2005				Erosão marginal		
	Compr_1	Compr_2	Compr_3	Média	Compr_1	Compr_2	Compr_3	Média	m	%	m/ano
1	41,95	42,54	43,82	42,77	19,79	18,60	17,95	18,78	23,99	56,1%	0,86
2	40,68	40,52	40,13	40,44	22,33	21,90	21,66	21,96	18,48	45,7%	0,66
3	42,89	43,03	43,02	42,98	21,73	21,77	21,70	21,73	21,25	49,4%	0,76
4	41,32	41,66	42,12	41,70	21,38	21,93	21,85	21,72	19,98	47,9%	0,71
5	41,14	42,21	41,92	41,76	20,91	22,09	22,08	21,69	20,06	48,1%	0,72
6	38,37	37,55	38,03	37,98	14,35	14,86	16,15	15,12	22,87	60,2%	0,82
7	41,75	41,42	41,05	41,40	13,90	14,18	14,15	14,08	27,32	66,0%	0,98
8	41,56	42,82	43,13	42,50	14,97	14,32	14,24	14,51	27,99	65,9%	1,00
9	38,43	39,07	39,64	39,05	15,73	13,48	13,70	14,30	24,75	63,4%	0,88
10	37,04	37,34	37,60	37,33	18,26	18,55	18,09	18,30	19,02	51,0%	0,68
11	36,34	36,63	36,99	36,65	22,05	20,82	19,97	20,95	15,70	42,8%	0,56
12	38,93	38,26	37,48	38,22	26,58	25,31	24,34	25,41	12,81	33,5%	0,46
13	38,96	40,45	41,36	40,26	33,36	28,78	27,82	29,99	10,27	25,5%	0,37

Além desse fator o fato da área estar localizada na margem côncava do canal, onde desenvolve uma maior velocidade contribui para o processo de aceleração da erosão marginal. Na figura 07 pode ser observada parte da planta do loteamento em 1977 quando foi criado e a parte que foi erodida pelo rio Paraguai até o ano de 2005.

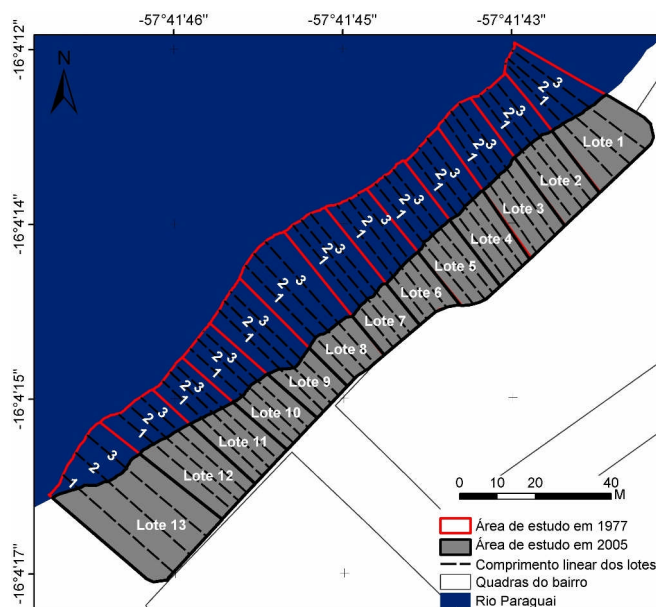


Figura 07 - Erosão marginal da área de estudo.

A partir da combinação das informações, derivadas da planta do loteamento e imagens de satélite *Quick Bird* (2005) foi possível estimar o total da área erodida, expostas na tabela 02.

Tabela 02- Percentuais de perda de área no período de 28 anos.

Lotes	Área total (m ²)		Área erodida		
	1977	2005	m ²	%	m ² /ano
1	654,52	374,28	280,24	42,82	10,01
2	489,56	269,07	220,49	45,04	7,87
3	509,83	268,18	241,64	47,40	8,63
4	484,54	240,33	244,21	50,40	8,72
5	490,09	245,97	244,13	49,81	8,72
6	453,08	179,55	273,53	60,37	9,77
7	510,80	171,55	339,26	66,42	12,12
8	624,44	192,55	431,89	69,16	15,42
9	501,72	178,20	323,51	64,48	11,55
10	430,47	211,43	219,05	50,89	7,82
11	437,01	255,01	182,01	41,65	6,50
12	546,44	351,68	194,76	35,64	6,96
13	959,03	747,18	211,85	22,09	7,57

A erosão hídrica é uma das principais formas de degradação do solo, acarretando prejuízos de ordem econômica, ambiental e social. Os processos erosivos ocorrem de maneira natural e contínua, mas podem ser acelerados por intervenções antrópicas que resultam quase sempre no desequilíbrio dos processos naturais e na sua aceleração.

As informações que estão expostas na tabela 02 sobre a redução de área, só reforçam a idéia de que é preciso entender o funcionamento de todo sistema para que desta forma a população não venha ocupar áreas marginais, pelo fato de que os sistemas fluviais são sistemas dinâmicos, e que em busca de um equilíbrio ideal acaba ocasionando perda de áreas urbanas e rurais, provocando desta forma problemas sociais e ambientais.

4. Conclusões e considerações finais

As análises realizadas evidenciaram problemas decorrentes da dinâmica do rio Paraguai na área urbana de Cáceres. Mostraram de forma contundente os efeitos destrutivos dessa erosão marginal sobre as residências das pessoas que moram no Bairro São Miguel, mais especificamente na rua Governador Fernando Corrêa. Além do risco de desabamento de suas casas, como já ocorrido com algumas delas, tem se o risco também desses terrenos erodidos se caracterizarem como verdadeiras armadilhas para a população. Nesta perspectiva, se faz necessário um planejamento que tenha como um dos seus objetivos o meio ambiente, pois desta forma, tendo como base o conhecimento da dinâmica desse sistema possa planejar ações que visam um desenvolvimento sustentável, uma vez que ações diretas do homem sobre sistemas fluviais no mundo, nem sempre apresentaram resultados positivos.

Nesse contexto, o uso de Sensoriamento Remoto pode dar uma contribuição fundamental oferecendo uma visão integrada, clara e atual, dos componentes básicos que interagem no processo de perda de solo, e que devem ser analisados em qualquer ação de zoneamento territorial (Santos, 1996). Por isso, as técnicas de fotointerpretação para a avaliação do terreno têm sido amplamente utilizadas em trabalhos de monitoramento ambiental, podendo desta forma, ser utilizado na avaliação marginal do Rio Paraguai.

Referente às datas definidas para análise no presente estudo, a escolha do ano de 1977 foi justificada-se por retratar o início da ocupação da área de pesquisa, e 2005 por ter sido disponibilizada gratuitamente as imagens de sensoriamento remoto de alta resolução. As fotografias aéreas de 1966, disponibilizadas pela DSG/Exército, não foram utilizadas devido o comportamento espectral do solo (areia) confundir-se com o de uso urbano (áreas

edificadas), isto deve-se as imagens serem do período seco (julho) e também, a problema de incompatibilidade de escala das fotografias (1:60.000).

5. Notas

Os autores agradecem ao CNPq pela concessão de bolsa de Iniciação Científica (JMGD e ERCS) e de doutorado (AS).

6. Bibliografia

FERNANDEZ, O. V. Q (1990) *Mudanças no canal fluvial do rio Paraná e processos de erosão nas margens; Região de Porto Rico-PR*. Dissertação de Mestrado, UNESP, Instituto de Geociências e Ciências Naturais. Rio Claro, p.85.

HOOKE, J. M. (1979) An Analysis of the *Processes of River Bank Erosion*. Journal of Hydrology, v.(42).

IBGE. (2002) *Censo demográfico 2000 - Agregado de setores censitários dos resultados do universo*. vol. 5- região Centro-Oeste, Rio de Janeiro: IBGE. (CD ROOM).

KNIGHTON, D. (1998) *Fluvial Forms and Processes: a new perspective*. London, Sydney, Auckland: Arnold, p. 261 - 335.

SILVA, A., ASSINE, M. L., ZANI, H., SOUZA FILHO, E. E. DE, ARAÚJO, B. C. (2007) *Compartimentação Geomorfológica do rio Paraguai na Borda Norte do Pantanal Mato-Grossense, região de Cáceres-MT*, Revista Brasileira de Cartografia, n° 59/01, pg. 73-81.

SILVA, A. (2006) *Padrões de Canal do Rio Paraguai na Região de Cáceres-MT*, Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Maringá (UEM) Maringá.

SOUZA FILHO, E. E.; SILVA A. (2005) *Evidences of Recent Tectonic Control Over the High Paraguai River Channel, Close to Cáceres City (MT)* In: International Symposium an Land Degradation and Desertification, Uberlândia-MG, p. 37.

NEVES, R. J. (2008) *Modelagem e implementação de atlas geográficos municipais: estudo de caso do município de Cáceres/MT*. 179 f. Tese (Doutorado) - Programa de pós-graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

SANTOS, A. R., CREPANI, E. (1996) Uso de Sensoriamento Remoto na Conservação do Solo no Mato Grosso do Sul, *In: VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Salvador, Brasil, INPE, p. 381-384.