

IDENTIFICAÇÃO E MAPEAMENTO DOS PROCESSOS EROSIVOS NA ÁREA URBANA DE BARRA DO CORDA-MA

Ítalo Alexandre Viana de Sales Marques¹; Prof. Dr. Francisco Wendell Dias Costa²;

Resumo

O trabalho tem como objetivo geral analisar os processos erosivos na área urbana de Barra do Corda, buscando estabelecer relações entre focos erosivos e o uso e cobertura do solo. A pesquisa foi pautada na teoria geossistêmica, no entendimento sobre processos erosivos e na aplicação da abordagem quanti-qualitativa. Para tanto, foram utilizados os seguintes procedimentos: trabalhos de campo; utilização do GPS Garmin Etrex 32x para marcar a localização dos processos erosivos; preenchimento de uma ficha de identificação; uso de técnicas de geoprocessamento para elaboração dos mapas temáticos e registro fotográfico. Os resultados apontaram para presença de 11 pontos erosivos, sendo 54,54% do tipo ravina e 45,46% do tipo voçoroca, apresentando algumas características: retirada da cobertura vegetal; solo exposto e intemperizado; escoamento superficial moderado a intenso; declividade de suave a muito acentuada; uso residencial do solo; presença de latossolos, argissolos e luvisolos, que são susceptíveis às erosões. Portanto, diante do potencial cenário de avanço das erosões na área urbana em Barra do Corda é recomendável a aplicação de investimentos em obras de estabilização da drenagem conforme a cotas altimétricas, orientação adequada da expansão urbana, evitar uso e ocupação do solo de forma desordenada e monitoramento dos índices pluviométricos.

Palavras-chave: Geoprocessamento. Erosão. Área urbana. Barra do Corda.

Introdução

Os processos erosivos são de causas naturais, Guerra (2005) argumenta a ação da água da chuva é considerado o principal elemento causador para que ocorra a erosão. Nas áreas com maior frequência e volume de chuvas, concentrando-se em certas estações do ano, agrava ainda mais a erosão. Porém, Dener, Cunha e Carvalho (2010) são contundentes ao afirmarem que a ação antrópica é considerada como a preponderante no aceleramento dos processos erosivos, sobretudo nas áreas urbanas.

O processo erosivo é o resultado da ação combinada de vários fatores que provoca a desagregação e o transporte de partículas do solo ou fragmentos e partículas de rocha sobre a superfície terrestre (Sopchaki, Santos, 2012). A chamada erosão hídrica é classificada em laminar ou linear que, por sua vez, é classificada em: sulcos, ravinas e voçorocas ou boçorocas (Araujo, Almeida, Guerra, 2005). Esses processos erosivos são potencializados por fatores naturais (geologia, condições geomorfológicas e climáticas, tipos de solos, declividade das encostas e ação antrópica).

¹ Estudante do 3º Ano do Ensino Médio do Curso Técnico Integrado em Administração do IFMA do Campus Barra do Corda; e-mail: sales.marques@acad.ifma.edu.br

² Professor de Geografia do IFMA do Campus Barra do Corda; e-mail: francisco.dias@ifma.edu.br

A realização deste projeto na linha de pesquisa da geomorfologia urbana foi tentar contribuir na análise da relação entre o avanço dos processos erosivos, as características físico-naturais e ações antrópicas nas áreas urbanas Barra do Corda-MA. Assim, o objetivo da pesquisa foi analisar os processos erosivos, buscando estabelecer relações entre focos erosivos e o uso e cobertura do solo, por meio da identificação e mapeamento dos processos erosivos na área urbana de Barra do Corda-MA.

Metodologia

O projeto foi pautado na teoria geossistêmica proposta pelo russo Viktor Sochava e no entendimento sobre processos erosivos nas perspectivas de Guerra (2002, 2005, 2005, 2011), Guerra e Mendonça (2004), Araujo, Almeida e Guerra (2005), Guerra e Marçal (2006) e Guerra e Jorge (2013).

A teoria geossistêmica pressupõe que os sistemas ambientais físicos resultam da interação dos elementos dos componentes físicos e biológicos da natureza (clima, topografia, rochas, águas, vegetação, animais, solos), bem como a presença e ação antrópica no ambiente, isto é, a relação sociedade-natureza (Christofoletti, 1999).

A aplicação da abordagem quanti-qualitativa compreendeu a construção de gráficos, tabelas e análise da mensuração do potencial erosivo. Serviu, também, para observar a percepção das falas dos moradores sobre problemas relacionados aos processos erosivos. Não houve aplicação de questionários com moradores locais.

Para tanto, foram desenvolvidos os seguintes procedimentos metodológicos:

- Foi realizada a seleção e organização de um conjunto de obras e autores que abordam os principais temas discutidos durante o desenvolvimento da pesquisa;

- Seis trabalhos de campo com objetivos de identificar, marcar a posição geográfica (GPS Garmin Etrex 32x), preencher a ficha de cadastramento das erosões, fazer as medições das características gerais de cada processo erosivo dentre outros;

Na ficha de cadastro, adaptada de Iwasa e Fendrich (1998), foi possível identificar a localização, a data do trabalho de campo, descrição geral do processo erosivo, características geoambientais (geologia, geomorfologia, vegetação, bacia hidrográfica, pedologia), uso e ocupação do solo, provável causa da origem e previsões.

- Foram utilizadas técnicas de geoprocessamento na elaboração dos mapas temáticos no software QGIS 3.16. Foram usadas imagens Landsat 8, sensor OLI, cenas 220/64; 220/65; 221/64 221/65; 221/66; 221/67; 222/64; 222/65, bandas 2, 3, 4 (comprimento de onda do visível) e 5, 6 e 7 (infravermelho); resolução espacial de 30 metros e resolução radiométrica 16 bits; imagens de radar do projeto Shuttle Radar

Topography Mission-SRTM, cenas S07w47; S07w48; S08w47; S08w48; S09w47; S09w48, com resolução espacial de 30 metros e imagens de satélite CBERS 4;

- O mapa de potencial erosivo foi elaborado a partir do modelo de Análise Hierárquica Ponderada Multicritério AHP, utilizando os procedimentos descritos em Saaty (1991) e Macedo *et al.* (2017). O objetivo do AHP é agrupar em níveis hierárquicos o conjunto de variáveis formados a partir de uma matriz quadrada, na qual os elementos são comparados entre si e a importância que cada um representa possui diante do grupo.

Essas imagens foram obtidas gratuitamente no catálogo de imagens do Serviço de Levantamento Geológico Americano-USGS/NASA. As imagens foram selecionadas conforme o percentual de cobertura nuvens, sendo utilizadas as imagens com até 5% por cena e até 1% de cobertura para o limite da área.

- Foram utilizadas cartas topográficas na escala 1:50.000, da Diretoria de Serviços Geográfico do Ministério do Exército (DSG) e arquivos vetoriais Shapefile, disponíveis no banco de dados do INPE, IDE-SISEMA e IBGE.

- Foram confeccionados mapas de localização da área urbana de Barra do Corda com identificação das erosões; geologia; geomorfologia; declividade; hipsometria, vegetação; rede hidrográfica; tipos de solos; uso e cobertura do solo e potencial erosivo. Foi realizado o registro fotográfico de cada processo erosivo e da área no entorno.

Resultados e Discussão

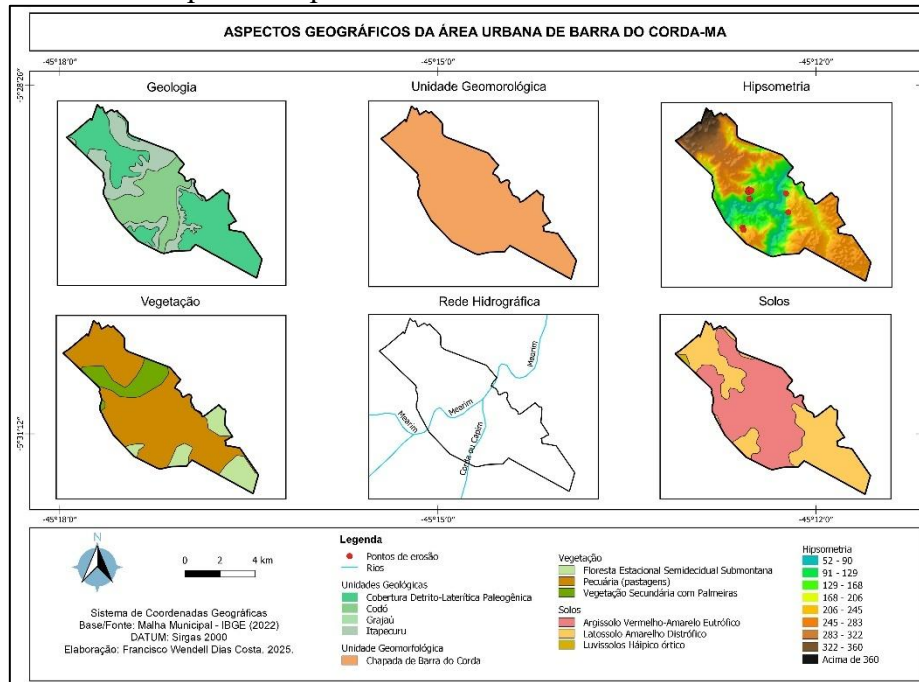
Os resultados apontam que a área urbana de Barra do Corda apresenta os seguintes aspectos físicos, conforme mapa 02. A geologia da área em estudo é constituída pelas formações: Detrito-Laterítica Paleogênica constitui, da base para o topo, de zona argilosa caulínica, com presença bauxítica, lentes gibsílicas e presença de uma zona ferruginosa concrecionária de capeamento argilosa (IBGE, 2011).

A Formação Codó é constituída por folhelhos escuras, argilitos calcíferos, pelitos, calcário e arenito com gipso de ambiente lagunar (Paz, Rossetti, 2001). Apresenta conglomerados basais, sobrepostos a folhelhos cinza-esverdeado e níveis de calcário e camadas de gipsita. Tem idade entre 125 e 99 milhões de anos (Cretáceo Inferior).

A Formação Grajaú é constituída por arenitos e conglomerados depositados em ambiente fluvial e eólico (Mesner, Wooldridge, 1964). As rochas dessa formação têm idade entre 130 e 112 milhões de anos (Costa Neto *et al.*, 2014). O chamado “arenito Grajaú” é uma seção sob os folhelhos e calcários da formação Codó, com arenitos esbranquiçados a cremes, finos a conglomeráticos (Aguiar, 1969).

O Grupo Itapecuru é um conjunto de formações composto por variados tipos de rochas, como: arenitos avermelhados (médios e grosseiros), argilitos, siltitos, folhelhos intercalados com arenitos depositados em vários ambientes (fluvial e lagunar) (com idade entre 90 e 93 milhões de anos (Anaisse Júnior, 1999; Rossetti, Goes, Souza, 2001).

Mapa 02: Aspectos Físicos de Barra do Corda-MA



Fonte: IBGE (222).

A Chapada de Barra do Corda é face geomorfológica encontrada na área urbana de Barra do Corda, que é caracterizada pela dominância dos relevos planos, com dissecação em lombas e em amplos interflúvios tabulares, talhados em coberturas detriticas, com níveis lateríticos. Esses níveis mais resistentes mantêm o topo da chapada, que está em cotas altimétricas entre 50 e 300m (Correia Filho *et al.*, 2011).

Na área em estudo, a cobertura Floresta Estacional Semidecidual Submontana é uma formação que ocorre nos planaltos dissecados do Jurássico, Cretáceo e terrenos terciários. As espécies decíduais que caracterizam esta formação pertencem aos gêneros amazônicos *Hymenaea* (jatobá), *Copaifera* (óleo-vermelho), *Peltoporum* (canafistula), *Astronium*, *Handroanthus*, *Balfourodendron* e muitos outros (IBGE, 2012).

A Vegetação Secundária com palmeiras, é aquela onde houve intervenção humana para o uso da terra, seja com finalidade agrícola ou pecuária, descaracterizando a vegetação primária. Uma característica dessa formação é que quando abandonadas, reagem diferentemente de acordo com o tempo e a forma de uso da terra (IBGE, 2012).

As pastagens na área urbana de Barra do Corda ocupam uma extensa área territorial. As áreas de pastos devem ser englobadas na atividade econômica agropecuária. Grande parte dessa área é formada por gramíneas, intercalada com espécies herbáceas, alguns arbustos e fragmentos arbóreos esparsos.

Com relação à hipsometria, a área urbana de Barra do Corda apresentou maior altitude: 410m e média altimétrica de 176m, as menores altitudes estão entre de 52 e 90m. Para a caracterização da hipsometria da área optou-se pela compartimentação em nove níveis topográficos com variação altimétrica de 50 metros.

Na área urbana de Barra do Corda foi identificado a presença do: Latossolo Amarelo Distrófico - são solos profundos, de coloração amarelada, de perfis muito homogêneos, com boa drenagem e baixa fertilidade natural em sua maioria (EMBRAPA, 2003). Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico é um tipo de solo que pode ser encontrado em áreas que vai de relevo plano até fortemente ondulado, interferindo na definição da sua aptidão agrícola. Com textura média argilosa com baixa atividade, drenado, assentado em relevo forte ondulado.

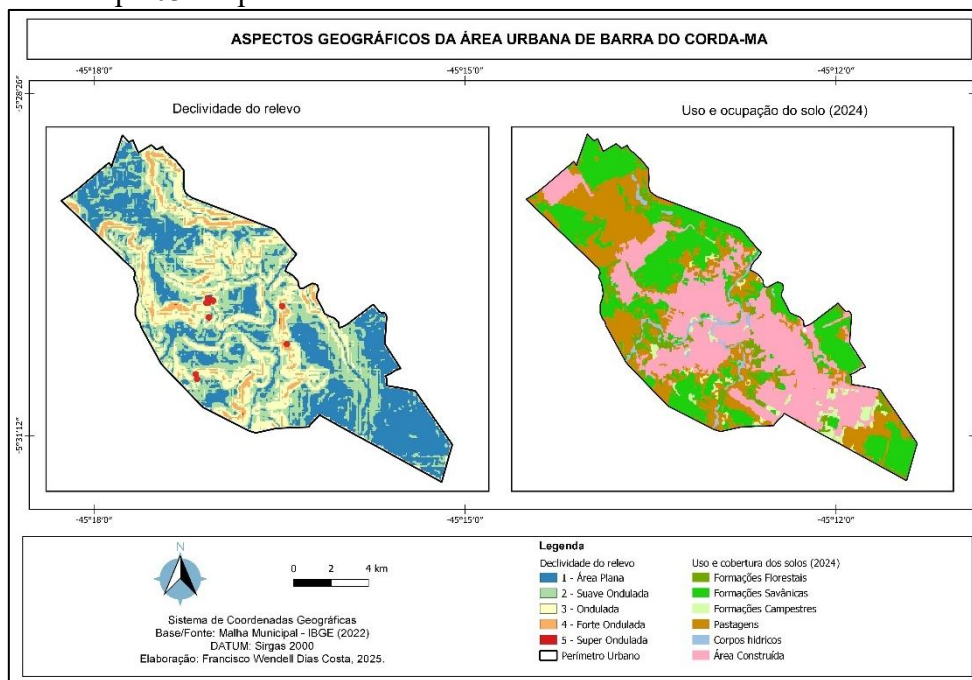
O Luvisolo Háplico Órtico é solo raso, raramente ultrapassam 1m de profundidade. Compreende solo com argila alta e saturação de bases elevada. Outro aspecto é a presença de minerais primários facilmente intemperizáveis (Guerra, Botelho, 2003; EMBRAPA, 2003). As limitações de uso relacionam-se à quantidade de pedras no horizonte superficial que pode dificultar o uso de mecanização agrícola. Devido à mudança textural abrupta, são suscetíveis à erosão.

A rede hidrográfica da área urbana de Barra do Corda é drenada pela Bacia Hidrográfica do Rio Mearim e pela água do rio Corda ou Capim. O intenso fluxo das águas que perpassam na área em estudo processos erosivos, modelando as margens dos rios, criando canais meandantes (canais sinuosos). Em decorrência da sua formação geológica, o município de Barra do Corda também apresenta águas subterrâneas.

A distribuição absoluta e relativa das classes de relevo da área urbana de Barra do Corda-MA foi baseada nos dados do Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) e da EMBRAPA, que foi correlacionado com o mapa de uso e ocupação do solo.

Os terrenos da área urbana de Barra do Corda são predominantemente planos, seguido de suavemente ondulado, correspondendo juntos um total de 91,35%. Os terrenos: forte ondulado e super ondulado correspondem apenas 8,65% de toda área urbana de Barra do Corda-MA. Destaca-se as áreas planas e suavemente onduladas são aquelas densamente ocupadas pela área construída e pelas pastagens, conforme mapa 03.

Mapa 03: Aspectos Físicos da área urbana de Barra do Corda-MA



Fonte: IBGE (222).

Durante o desenvolvimento da pesquisa foram identificados e mapeados 11 pontos erosivos, sendo 54,54% do tipo ravina e 45,46% são erosões do tipo voçoroca, apresentando algumas características particulares e incomuns: retirada da cobertura vegetal; solo exposto e intemperizado; escoamento superficial moderado a intenso; declividade de suave a muito acentuada; ação antrópica direta e indireta de uso residencial; presença de latossolos, argissolos e luvisolos, que apresentam potencial para processos erosivos, conforme disposto no quadro 01.

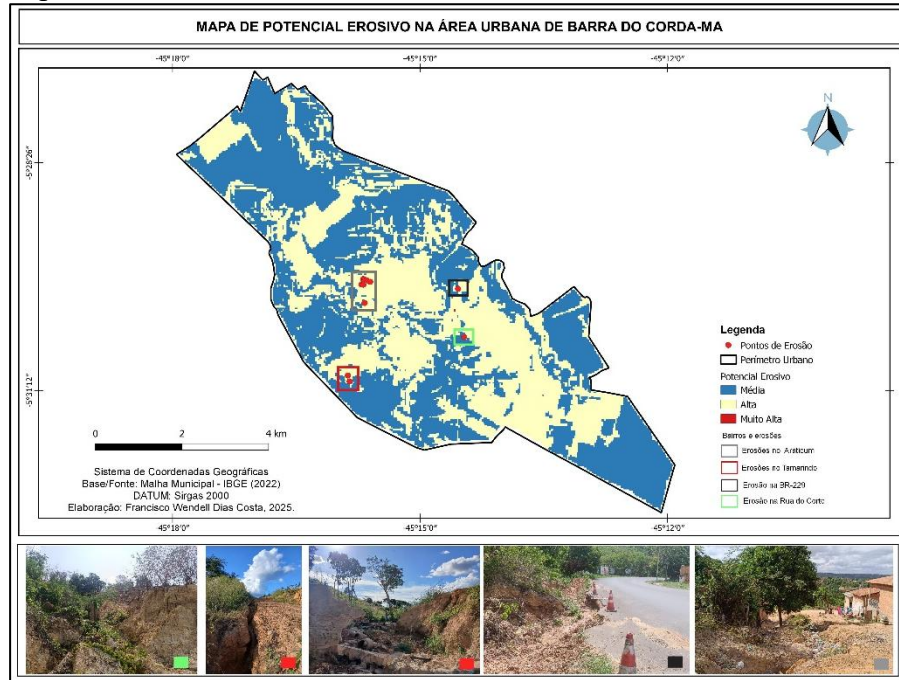
Quadro 01: Resumo da identificação das erosões na área urbana de Barra do Corda-MA

Identificação da erosão	Tipo de erosão	Comprimento (m)	Profundidade (m)	Largura (m)	Caracterização Geral
01	Voçoroca	30,65	0,70	2,32	Elevada declividade; escoamento superficial intenso; Horizonte A do solo em processo erosivo
02	Voçoroca	58,27	1,75	3,48	Solo exposto ao processo erosivo intenso; escoamento superficial moderado; Declividade moderada
03	Voçoroca	145,20	6,60	9,70	Solo exposto e intemperizado; escoamento superficial intenso; declividade muito acentuada
04	Ravina	26,40	0,75	0,42	Solo exposto e intemperizado; área alterada por máquinas; declividade suave; presença de tubulação de água
05	Ravina	30,78	0,50	0,70	Solo exposto e intemperizado; área de uso residencial; ação antrópica intensa; declividade bem acentuada
06	Ravina	58,60	0,90	1,12	Solo exposto e intemperizado; área de uso residencial; ação antrópica intensa; declividade acentuada
07	Ravina	22,18	0,80	1,70	Solo exposto e intemperizado; área de uso residencial; ação antrópica intensa; declividade moderada
08	Voçoroca	46,12	2,20	5,25	Solo exposto e intemperizado; área de uso residencial; ação antrópica intensa; declividade bem acentuada
09	Ravina	46,37	0,65	1,40	Solo exposto e intemperizado; área de uso residencial; ação antrópica intensa; declividade moderada
10	Ravina	20,60	0,90	0,49	Solo exposto e intemperizado; área de uso residencial; ação antrópica intensa; declividade moderada
11	Voçoroca	133	40,0	35	Solo exposto e intemperizado; área de uso residencial; ação antrópica intensa; declividade bem acentuada;

Fonte: registro da pesquisa, 2024-2025.

Para a elaboração do potencial erosivo, utilizou-se o método AHP em que é possível realizar julgamentos de importância, critérios e pesos entre as variáveis utilizadas (declividade, solos, uso e cobertura, hipsometria e litologia). Como modelo de validação, utilizou-se a Razão de Consistência (I.C) para validar o grau de interação entre as variáveis. O mapa de potencial erosivo foi reclassificado para melhor avaliar a relação das características, definindo três classes: Média, Alta e Muito Alta, conforme mapa 04.

Mapa 04: Potencial erosivo da área urbana de Barra do Corda-MA



Fonte: IBGE (2022).

O resultado mostra que a classe média representa 23,49km² da área em estudo, possuindo terrenos planos, com presença de área levemente onduladas e nas bordas possuem vertentes com inclinação que varia de meia a alta; a classe alta indica 17,65 km²; com presença terrenos bem acidentados, vertentes íngremes de moderadas a onduladas e a classe alta mostrou 1,89 km² do total da área urbana, com terrenos de vertentes com ângulo de inclinação bem acentuado. Os 11 pontos identificados e mapeados mostraram potencial moderado a alto para o avanço dos processos erosivos do tipo ravinas e voçorocas devido a ação dos fatores físicos (geologia, relevo, declividade, solos, hipsometria) somados com atividades antrópicas sem planejamento adequado.

Conclusão

O surgimento das ravinas e voçorocas na área urbana de Barra do Corda estão relacionadas a ação antrópica, como: desmatamento, uso e ocupação irregular das vertentes, crescimento urbano desordenado, concentração do escoamento pela

impermeabilização das vias, ausência de um sistema de drenagem adequado às condições geográficas da área urbana de Barra do Corda, traçado e disposição inadequada de ruas; além dos fatores geofísicos: geológicos, pedológicos, climáticos e geomorfológicos.

A combinação entre a declividade, solos, uso e ocupação, hipsometria e litologia potencializa os processos erosivos na área urbana de Barra do Corda-MA. Dessa forma, é recomendável a aplicação de investimentos em obras de estabilização da drenagem conforme a cotas altimétricas, orientação adequada da expansão urbana, evitar uso e ocupação do solo de forma desordenada e monitoramento dos índices pluviométricos.

Agradecimentos

Ao IFMA e ao CNPq pelo apoio financeiro para o desenvolvimento da pesquisa.

Referências

- AGUIAR, G. A. de. **Bacia do Maranhão: geologia e possibilidades de petróleo**. Belém: PETROBRÁS/RENOR, 1969.
- ANAISSE JÚNIOR, J. **Fácies costeiras dos depósitos Itapecuru (Cretáceo), região de Açailândia, bacia do Grajaú**. 1999. 86f. Dissertação (Mestrado em Geologia)-Programa de Pós-Graduação em Geologia. Universidade Federal do Pará, Belém, 1999. Disponível em: <http://repositorio.ufpa.br/jspui/handle/2011/12012>. Acesso em: 04 marc. 2024.
- ARAÚJO, G. H. de S; ALMEIDA, J. R. de; GUERA, A. J. T. **Gestão ambiental de áreas degradadas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005, 320p.
- BIGARELLA, J. J. **Visão integrada da problemática da erosão**. Curitiba, Associação de defesa e educação ambiental e Associação brasileira de engenharia, 1985.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem dos sistemas ambientais**. SP: Edgar Blücher, 1999.
- CORREIA FILHO, F. L; GOMES, É. R; NUNES, O. O; LOPES FILHO, J. B. **Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea, estado do Maranhão: relatório diagnóstico do município de Barra do Corda**. Teresina: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2011.
- COSTA NETO, M. C; LOPES, E. C. dos S; ANJOS, G. C. dos; MELO, A. F. F. de. **Geologia e recursos minerais da folha Imperatriz: SB.23V-C-V**, estado do Maranhão, escala: 1:100.000. Belém: CPRM, 2014.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Propostas de revisão e atualização do sistema brasileiro de classificação dos solos: conceitos, definições, atributos e horizontes diagnósticos e reestruturação de classes**. RJ: Embrapa, 2003.
- DENER, T. M; CUNHA, C, M, L; CARVALHO, P, F. Avaliação de técnicas de monitoramento de processos erosivos acelerados em área periurbanas – São Paulo. VI Seminário Latino-Americano de Geografia Física. II Seminário Ibero Americano de Geografia Física. Universidade de Coimbra, 2010. **Anais... p. 1-10**.
- GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas. In: CUNHA, S. B. GUERRA, A. J. T. (Org.). **Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002. cap. 4, 139-155.
- GUERRA, A. J. T; BOTELHO, R. G. M. Erosão dos solos. In: CUNHA, S. B. da; GUERRA, A. J. T. (org.). **Geomorfologia do Brasil**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. cap. 5, p. 181-228.

- GUERRA, A. J. T. O início do processo erosivo. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (Org.) **Erosão e conservação dos solos: conceitos temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. cap. 1, p. 17-55.
- GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. (Org.) **Geomorfologia: atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. cap. 4, p. 149-209.
- GUERRA, A. J. T. Encostas urbanas. In: GUERRA, A. J. T. (Org.). **Geomorfologia urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. cap. 1, p. 13-42.
- GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. do C. O. **Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas**. São Paulo, Oficina de Textos, 2013.
- GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. dos S. **Geomorfologia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006, 192p.
- GUERRA, A. J. T.; MENDONÇA, J. K. S. Erosão dos solos e a questão ambiental. In: GUERRA, A. J. T.; VITTE, A. C. (Org.). **Reflexões sobre a geografia física do Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. cap. 8. p. 225-256.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Carta de Geomorfologia do Estado do Maranhão, na escala de 1:1.400.000**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.
- IBGE. Maranhão. v 4.3.39. Rio de Janeiro: IBGE. **Portal Cidade-Censo demográfico e socioeconômico-2022**. Panorama. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/barra-do-corda/panorama>. Acesso em: 14 fev. 2024.
- IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. **Orientações para o Combate à Erosão no Estado de São Paulo: Bacia do Peixe-Paranapanema**. São Paulo: IPT, 1986. 6v.
- IWASA, O. Y.; FENDRICH, R. Controle da erosão urbana. In: OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S. N. A. (Ed.) **Geologia de Engenharia**. SP: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998.
- MACEDO, D. R.; HUGHES, R. M.; KAUFMANN, P. R.; CALLISTO, M. Development and validation of an environmental fragility index (EFI) for the neotropical savannah biome. In: **Science of the Total Environment p. 1267-1279, 2018**.
- MESNER, J. C.; WOOLDRIDGE, L. C. P. Estratigrafia das bacias paleozoicas e cretáceas do Maranhão. **Boletim Técnico da Petrobras**, RJ, v. 7, n. 2, p. 137-164, abr./jun. 1964.
- PAZ, J. D. S.; ROSSETTI, D. F. Caracterização de um sistema lacustre salino: formação Codó (Aptiano), região de Codó-MA, bacia de São Luís-Grajaú. In: Simpósio de Geologia da Amazônia, 2001, Belém. **Anais[...]**. Belém: SGB-Núcleo Norte, 2001. CD-ROM.
- ROSSETTI, D. F.; GOES, A. M.; SOUZA, L. S. B. Estratigrafia da sucessão sedimentar pós-Barreiras (zona Bragantina, Pará) com base em radar de penetração no solo. **Revista Brasileira de Geofísica**, São Paulo, v. 19, n. 2, p. 113- 130, 2001. Disponível em: <http://repositorio.ufpa.br/jspui/handle/2011/3402>. Acesso em: 25 fev. 2024.
- SAATY, T. L. **Método de Análise Hierárquica**. Tradução de Wainer da Silveira e Silva, McGraw-Hill, Makron, São Paulo, SP, 1991.
- SOPCHAKI, C. H.; SANTOS, L. J. C. Metodologia de cadastro de erosões na bacia do Rio do Meio, Pinhais-PR. **Geografia Ensino & Pesquisa**, vol. 16, n. 2, maio/ago. 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/geografia/article/view/7341/4380>. Acesso em: 25 marc. 2024.