



XIII ENCONTRO DE RECURSOS HÍDRICOS EM SERGIPE

ANÁLISE DA VULNERABILIDADE À EROÇÃO HÍDRICA POR GEOTECNOLOGIA

Marianne Silva Santos¹ & Paulo Sérgio de Rezende Nascimento²

RESUMO: A determinação da potencialidade à erosão hídrica, fonte da geração de sedimentos é o ponto de partida para minimizar o processo de assoreamento dos corpos hídricos. Dessa forma, o objetivo do trabalho foi analisar a vulnerabilidade à erodibilidade hídrica da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco no estado de Sergipe, visando definir as áreas mais favoráveis aos processos erosivos e as principais fontes de sedimentos causadores do assoreamento dos recursos hídricos superficiais. A erodibilidade hídrica do solo e rocha foi determinada pela compartimentação da densidade de drenagem fluvial pelo Interpolador Kernel. Apesar das áreas mais vulneráveis aos processos erosivos hídricos representarem cerca de 4% da área de estudo, é importante ressaltar que aproximadamente 26% da bacia apresentaram média erodibilidade hídrica. As áreas de florestas são muito inferiores às áreas de pastagens, correspondendo, respectivamente, as proporções de 12% e 77% da extensão total, respectivamente. Posto isso, a grande extensão de pastagens pode intensificar os processos erosivos. É fundamental o manejo adequado para reduzir o escoamento superficial no substrato lito-pedológico e o carreamento de sedimentos para os corpos hídricos, visando não aumentar a fonte de sedimentos erodidos que comprometem a qualidade e quantidade dos corpos d'água superficiais.

Palavras-Chave – Erodibilidade; drenagem; assoreamento.

INTRODUÇÃO

De acordo com Brady (1989); Hernani et al. (1999), o processo erosivo é o fenômeno geomorfológico-geológico mais destrutivo do solo em âmbito mundial, deslocando 25 a 40 bilhões de toneladas de solo, dados calculados pela FAO (2015). Segundo Avanzi *et al.* (2013) e Cândido *et al.* (2014), a erosão hídrica é a mais intensa desagregadora da estrutura da rocha e do solo, ocasionando danos aos empreendimentos urbanos e rurais. Nesse contexto, diversos pesquisadores, como Salomão e Iwasa (1995); Augusto Filho e Virgili (1998); Miguel *et al.* (2014); Rubira *et al.* (2016); Momole e Cooper (2016), analisaram os efeitos dos processos erosivos e suas consequências socioeconômicas na produtividade agropecuária e no assoreamento dos recursos hídricos superficiais. Paiva (2001) enfatiza a importância da minimização da produção, transporte e deposição de sedimentos responsáveis pelo assoreamento dos canais fluviais, lagoas e reservatórios.

Segundo Nascimento (2004), para a caracterização dos processos de erosão hídrica dos solos/rochas é necessário analisar os elementos do meio físico que participam desse processo, dentre eles, a densidade de drenagem fluvial. Esta é um dos principais parâmetros na análise morfométrica das bacias hidrográficas e indica a potencialidade da erodibilidade hídrica e o grau de dissecação do

1) Engenheira Ambiental e Sanitarista, Universidade Federal de Sergipe, Avenida Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Elze, São Cristóvão, SE, CEP: 49100-000, (79) 32437121, marianne@outlook.com

2) Programa de Pós-Graduação em Geociências e Análises de Bacias e Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Sergipe, Avenida Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Elze, São Cristóvão, SE, CEP: 49100-000, (79) 32437121, psrn.geologia@gmail.com

terreno. A densidade de drenagem fluvial, definida por Horton (1945) como o comprimento médio de rios de uma bacia por unidade de área, foi empregada por Nascimento (2004) para analisar a susceptibilidade intrínseca da rocha e do solo à erosão hídrica. A relação densidade-permeabilidade é inversamente proporcional, quanto maior a densidade de drenagem, menor é a permeabilidade do terreno, conseqüentemente, maior o escoamento superficial. Como consequência, desenvolve-se a erosão laminar (escoamento difuso) e/ou erosão linear (fluxo concentrado), formando sulcos, ravinas e voçorocas ou boçorocas. A determinação da susceptibilidade e vulnerabilidade da erodibilidade hídrica, fonte da geração de sedimentos é o ponto de partida para minimizar o processo de assoreamento dos corpos hídricos.

Posto isso, o objetivo do presente trabalho foi analisar, por meio de geotecnologias, a vulnerabilidade à erodibilidade hídrica da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (BHRSF) no estado de Sergipe, visando definir as áreas mais favoráveis aos processos erosivos e das principais fontes de sedimentos causadores do assoreamento dos recursos hídricos superficiais. Para atingir esse objetivo foram definidos os seguintes objetivos específicos: compartimentar a erodibilidade hídrica do solo e rocha a partir da densidade de drenagem fluvial e a associar com os mapas de geologia, pedologia e cobertura do solo.

MATERIAL E MÉTODO

Área de estudo

A área de estudo compreende a Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (BHRSF) no Estado de Sergipe, à margem direita do seu rio principal e homônimo (Figura 1). Está delimitada pelas coordenadas geográficas 38°00'03" e 36°23'56" de longitude Oeste e 9°30'59" e 10°31'10" de latitude Sul. O acesso à área pela capital Aracaju se dá pela BR-101 em direção ao estado de Alagoas. Abrange 27 municípios, totalizando uma área de 7.345 km², o que equivale a 33,5% do território estadual.

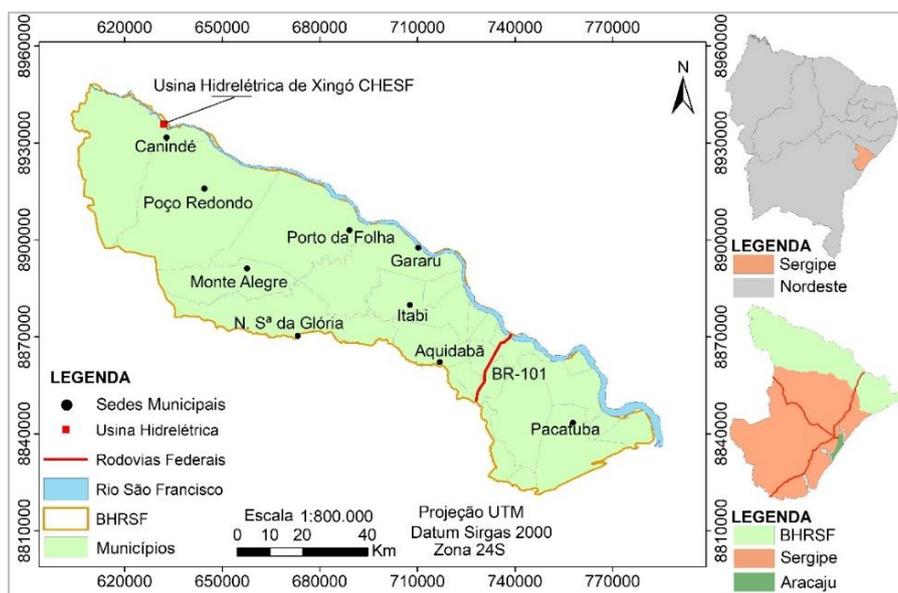


Figura 1 – Localização e acesso à área de estudo (BHRSF)

Materiais

Os materiais utilizados foram: (i) mapa geológico disponibilizado pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM (2004) no GeoSGB (antigo Geobank); (ii) dados de hidrografia, pedologia e uso da terra do Atlas Digital Sobre Recursos Hídricos de Sergipe (SEMARH, 2013); e (iii) programa de geoprocessamento QGIS (Versão 2.14) de Código Aberto da *Open Source Geospatial Foundation* (OSGeo) e licenciado segundo a Licença Pública Geral (GNU).



Métodos

Inicialmente os dados supracitados foram importados para o QGIS e reprojutados automaticamente para o Sistema de Projeção UTM – Universal Transversa de Mercator, Datum Sirgas 2000 e Zona 24S, formando um Banco de Dados Georreferenciados. No QGIS, foram confeccionados e compilados os mapas de erodibilidade hídrica, geologia, pedologia e cobertura do solo. Todos procedimentos cartográficos foram realizados no Laboratório de Geoprocessamento (LAGEO) do Departamento de Engenharia Ambiental (DEAM) da Universidade Federal de Sergipe (UFS).

O mapa de erodibilidade hídrica foi confeccionado empregando o Interpolador Kernel sobre o mapa da hidrografia, gerando regiões representativas da densidade de drenagem. No processo de execução, as linhas de drenagem foram transformadas em uma malha pontos, ou seja, em núcleos contendo o comprimento da linha de drenagem. A densidade de drenagem foi calculada com base no valor desses núcleos (pontos agrupados ou *clusters*). O produto gerado foi monocromático, mas para a melhor visualização do leiaute do mapa final, o produto foi classificado com cores distintas. Por fim, foram calculadas as áreas das classes de densidade de drenagem, visando obter a porcentagem das regiões mais susceptíveis aos processos erosivos hídricos. Na compilação dos mapas de geologia, pedologia e cobertura da terra foi feito uma associação das classes com características semelhantes a partir da tabela de atributos e das características das classes temáticas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O mapa de erodibilidade hídrica da rocha/solo (Figura 2) foi compartimentado em seis classes de acordo com a densidade de drenagem: muito baixa (54%); baixa (17%); moderadamente baixa (13,5%); moderadamente alta (12,2%); alta (3,2%) e muito alta (0,1%). Constatou-se que: (i) 71% da área de estudo apresenta alta resistência aos processos erosivos hídricos e se localizam à montante e à jusante da BHRSF; (ii) 25,7%, média resistência e somente 3,3% apresentam susceptibilidade à erosão hídrica, concentradas na porção central da área de estudo. Essa área apresenta substratos formados por materiais consolidados (rochas) e/ou inconsolidados (solos) de baixa permeabilidade e alto escoamento superficial das águas plúvio-fluviais, o que favorece o processo erosivo.

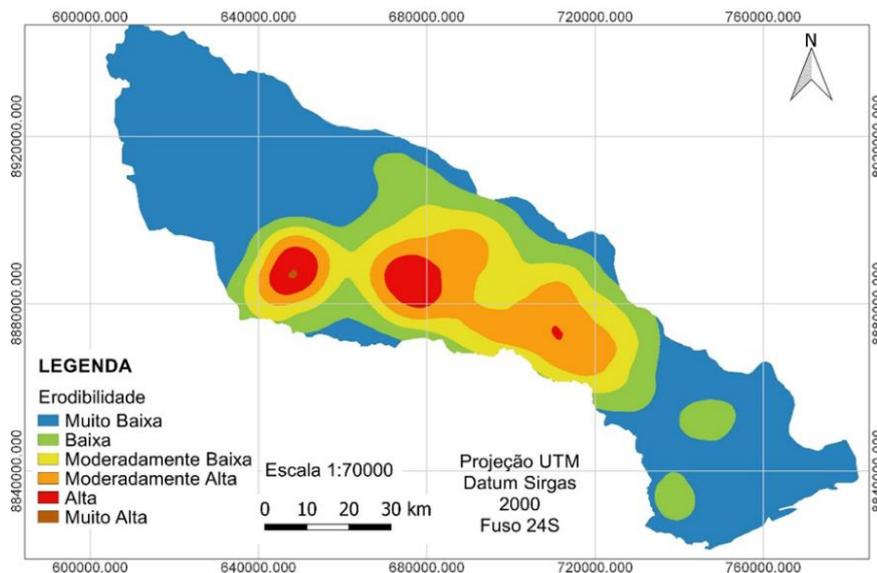


Figura 2 – Mapa de erodibilidade hídrica da rocha/solo da área de estudo (BHRSF)

De acordo com os mapas geológico e pedológico (Figuras 3 e 4), as áreas que apresentaram as maiores susceptibilidades à erosão hídrica situam-se no Domínio Macururé, pertencentes a Faixa de Dobramentos Sergipana.

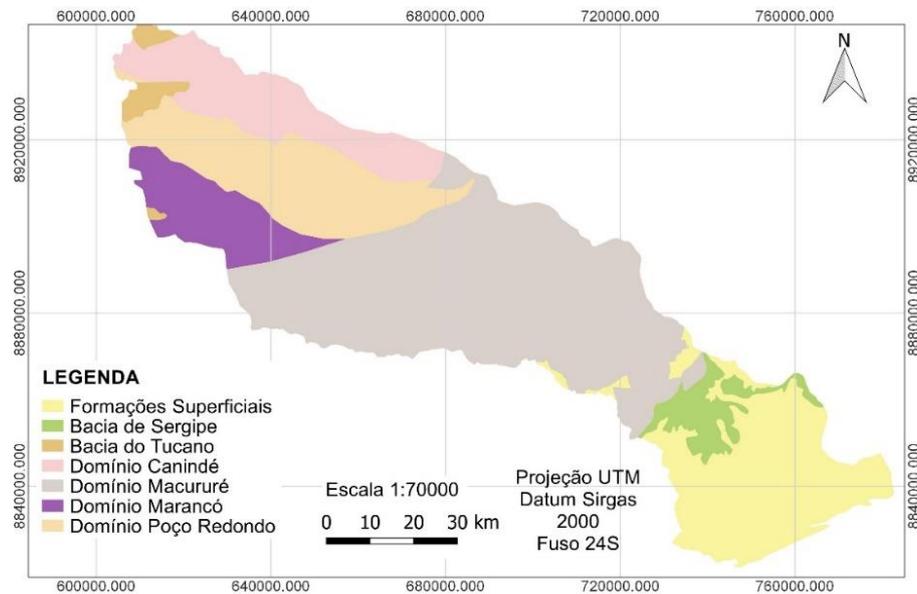


Figura 3 – Mapa geológico da área de estudo. Fonte: Modificado de Santos et al. (1998)

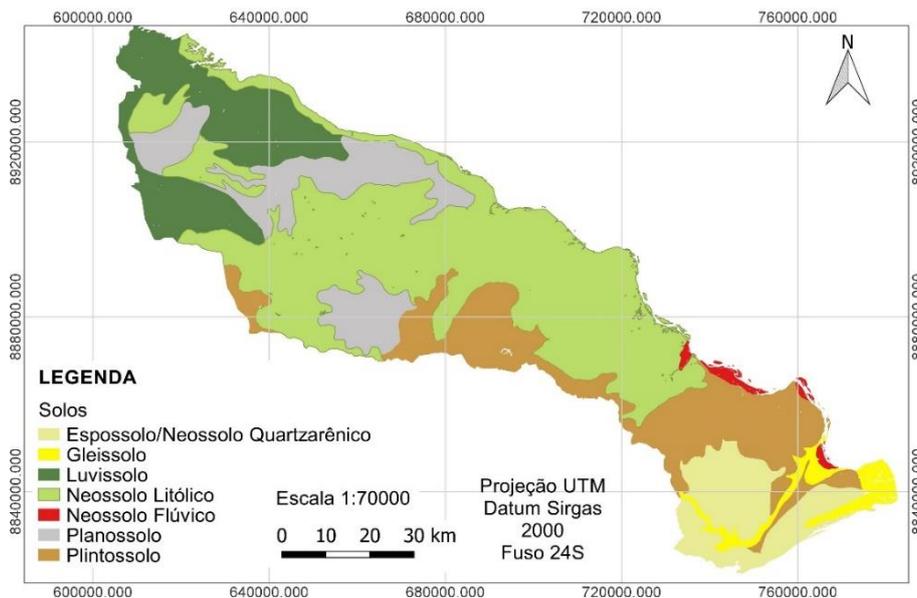


Figura 4 – Mapa pedológico da área de estudo. Fonte: Modificado de Semarh (2013)

As rochas metassedimentares do Grupo Macururé na área de estudo são compostas principalmente por micaxistos, metassiltitos, metagrauvas e metarritimitos (SANTOS *et al.*, 1998). Sobre essas rochas predominam tipologias pedogênicas friáveis facilmente erodíveis, como os Neossolo Litólico e Planossolo, em oposição ao Plintossolo, de maior resistência à erosão (EMBRAPA, 2006; BARROS *et al.*, 2018). Essas áreas fontes de sedimentos interferem tanto na qualidade quanto na quantidade da água superficial na região jusante da BHRSF. Nesta região, prevalecem os sedimentos pleistocênicos-holocênicos das planícies costeiras e flúvio-lagunares e os tabuleiros costeiros neogênicos do Grupo Barreiras com ampla distribuição de espodossolo e neossolo quartzarênico e gleissolos.

A partir do mapa de cobertura solo (Figura 5), nota-se que houve uma grande supressão da cobertura vegetal para converter em áreas de pastagens e cultivo agrícola. A pastagem é característica na área de estudo devido à criação de gado de leite, sendo a região conhecida como Bacia Leiteira de Sergipe.

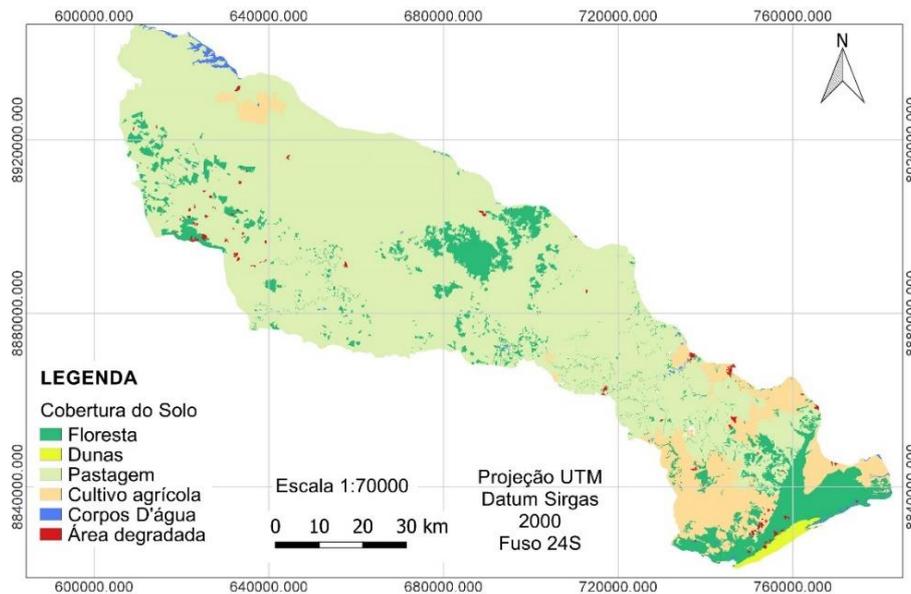


Figura 5 – Mapa da cobertura do solo da área de estudo. Fonte: Modificado de Semarh (2013)

Apesar das áreas mais vulneráveis aos processos erosivos hídricos representarem cerca de 4% da BHRSF, é importante ressaltar que aproximadamente 26% da área de estudo apresentam média vulnerabilidade hídrica. Dessa forma, a grande extensão de pastagens e cultivo agrícola pode intensificar os processos erosivos. As áreas de florestas (865,6 Km²) são muito inferiores às áreas de pastagens (5.501,7 Km²), correspondendo, respectivamente, as proporções de 12% e 77% da extensão total, respectivamente. É fundamental o manejo adequado para reduzir o escoamento superficial no substrato lito-pedológico e o carreamento de sedimentos para os corpos hídricos, visando não aumentar a fonte de sedimentos erodidos que comprometem a qualidade e quantidade dos corpos d'água superficiais. Santos e Nascimento (2019) aplicaram a mesma técnica na Bacia Hidrográfica do Rio Japarutuba e encontraram resultados semelhantes

CONCLUSÕES

A sistemática adotada mostrou-se eficiente para compartimentar a BHRSF quanto a sua potencialidade erosiva hídrica por meio da delimitação da densidade de drenagem pelo Interpolador Kernel. A análise com os mapas geológico e pedológico foi possível avaliar a susceptibilidade aos processos erosivos e com o mapa de cobertura do solo, a vulnerabilidade. Esta se apresenta em cerca de 4% da área de estudo, e 70% da área é constituída por baixa erodibilidade hídrica, localizada na montante e jusante da BHRFS. Os sedimentos erodidos e carreados da região central da BHRSF depositam-se na jusante, assoreando rios, lagos e mangues. Nessa região, apesar de ocorrer processos erosivos, a maior permeabilidade e porosidade primária do substrato do terreno favorece a infiltração, percolação e acumulação da água precipitada. Os aquíferos granulares dos arenitos do Grupo Barreiras e dos sedimentos inconsolidados da Cobertura Quaternária, além de abastecerem a população urbana e rural, são responsáveis pela mecanismo hidrogeodinâmica. Dessa forma, é imperativo o monitoramento tanto da exploração exagerada dos aquíferos granulares quanto do assoreamento do rio São Francisco. Este cenário ficará mais claro com a continuidade desse trabalho, ao integrar os mapas de classes de declividade, hipsometria e erosividade pluvial com os mapas supra-apresentados por álgebra de mapa, empregando o Processo de Análise Hierárquica (AHP - *Analytic Hierarchy Process*).

REFERÊNCIAS

AUGUSTO FILHO, O.; VIRGILI, J. C. (1998). “Estabilidade de talude”, in *Geologia de Engenharia*. Org. por Oliveira, A. M. S e Brito, S. N. A, ed. ABGE, São Paulo -SP, pp. 243-269.



- AVANZI, J.C.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; NORTON, L.D.; PESKOW, S; MARTINS, S.G. (2013). “*Spatial distribution of water erosion risk in a watershed with eucalyptus and Atlantic Forest*”. *Ciência e Agrotecnologia*, 37(5), pp. 427-434.
- BRADY, N. C. (1989). “*Erosão do solo e seu controle*”, in *Natureza e propriedades dos solos*. Trad. por Figueiredo Filho, C. B., ed. ABN, Freitas Bastos – RJ, pp. 135-156.
- CÂNDIDO; M.C; SILVA, M.L.; CURI, N.; BATISTA, P.V.C. (2014). “*Erosão hídrica pós-plantio em florestas de eucalipto na Bacia do rio Paraná, no leste do Mato Grosso do Sul*”. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 38(3), pp. 1565-1575.
- CPRM - Serviço Geológico do Brasil. “*Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Geologia e recursos minerais do Estado de Sergipe*”. (2004). Escala 1:250.000. Texto explicativo do mapa geológico do Estado de Sergipe. CPRM/DIEDIG/DEPAT/CODISE, Brasília – DF, 156 p.
- FAO - Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura. (2015). “*A América Latina e o Caribe celebram o Ano Internacional dos Solos 2015*”. Disponível em: <<http://www.fao.org/americas/noticias/ver/pt/c/270863>>. Acesso em: 17 jan. 2020.
- HERNANI, L.C.; KURIHARA, C.H.; SILVA, W.M. (1999). “*Sistemas de manejo de solo e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão*”. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 23(1), pp. 145-154.
- HORTON, R. E. “*Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology*”. (1945). *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 56(3), pp. 275-370.
- JACOMINE, P.K.T.; MONTENEGRO, J.O.; RIBEIRO, M.R.; FORMIGA, R.A. “*Levantamento exploratório: reconhecimento de solos do Estado de Sergipe*”. (1975). EMBRAPA-CPP, Recife - PE, 506p.
- MIGUEL, P.; DALMOLIN, R.S.D.; PEDRON, F.A.; MOURA-BUENO, J.M; TIECHER, T. “*Identificação de fontes de produção de sedimentos em uma bacia hidrográfica de encosta*”. (2014). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 38(2), pp. 585-598.
- MOMOLI, R.S.; COOPER M. (2016). “*Erosão hídrica em solos cultivados e sob mata ciliar*”. *Pesquisa Agropecuária*, 51(9), pp. 1295-1205.
- NASCIMENTO, P.S.R. “*Subsídio à gestão ambiental hidroviária: o empreendimento hídrico Santa Maria da Serra*”. (2004) Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 214p.
- PAIVA, E.M.C. “*Evolução de processo erosivo acelerado em trecho do Arroio Vacacai Mirim*”. (2001). *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 6(2), pp.129-135.
- RUBIRA F.G.; MELO, G.V.; OLIVEIRA, F.K.S. “*Proposta de padronização dos conceitos de erosão em ambientes úmidos de encosta*”. (2016). *Revista de Geografia*, 33(1), pp. 168-193.
- SALOMÃO, F.X.T.; IWASA, O. Y. (1995). “*Erosão e a ocupação rural e urbana*”, in *Curso de geologia aplicada ao meio ambiente*. Org. por Bitar, O. Y. (Org). ed. ABGE/IPT, São Paulo – SP, pp. 31-57.
- SANTOS, L.A.N.; NASCIMENTO, P.S.R. (2019). “*Espacialização da suscetibilidade erosiva a partir da densidade de drenagem pelo interpolador Kernel*” in *Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Santos, Abr. 2019, 1, pp. 27-30.
- SEMARH. Secretária de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. *Atlas de Recursos Hídricos do Estado de Sergipe*. (2013). SRH, Aracaju – SE. (1CD).