

AÇÃO ANTRÓPICA NA EROÇÃO DE SOLO EM BACIAS HIDROGRÁFICAS DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

M. K. T. OLIVEIRA¹, R. C. B. S. MACEDO², C. K. O. REBOUÇAS³, K. C. N. SILVA⁴

Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA)^{1,2,3,4}

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3264-5172>¹

mychelle.oliveira@ufersa.edu.br¹

Submetido 08/07/2020 - Aceito 01/12/2023

DOI: 10.15628/holos.2023.16838

RESUMO

A erosão dos solos é extremamente variável e essa variabilidade deve-se ao fato das diferenças nas condições da superfície do solo ao longo da bacia, que afeta diretamente o escoamento superficial. Dessa forma, o objetivo do trabalho em questão foi realizar um levantamento bibliográfico sobre a erosão do solo em bacias geográficas do semiárido para melhor entendimento do assunto e da problemática envolvida. A erosão é tida como um processo de desgaste, transporte e sedimentação tanto do solo, quanto dos subsolos e das rochas causado pela ação da água, erosão

hídrica, ou do vento, erosão eólica, bem como ação dos seres vivos. No Brasil, a erosão hídrica apresenta maior interesse, em grande parte na região tropical, por ser de ocorrência mais frequente, atuar com maior rapidez e causar altos prejuízos tanto no setor agrícola, como também a diversas outras atividades econômicas além do próprio meio ambiente. Com relação à região semiárida os processos erosivos tornam-se inquietantes, uma vez que o solo é cada vez mais vulnerável devido à ação antrópica intensificadora e à própria fragilidade do material pedológico.

PALAVRAS-CHAVE: Processos erosivos; Hidrossedimentologia; Impactos ambientais.

ANTHROPIC ACTION IN SOIL EROSION IN HYDROGRAPHIC BASINS IN THE BRAZILIAN SEMIARID

ABSTRACT

Soil erosion is extremely variable, and this variability is due to differences in the soil surface conditions along the basin, which directly affects surface runoff. Thus, the objective of the work in question was to carry out a bibliographical survey on soil erosion in the semiarid geographical basins to better understand the subject and the problems involved. Erosion is seen as a process of wear, transport and sedimentation of soil, subsoil and rocks caused by water, water erosion, or wind, wind erosion, as well as the action of living beings. In Brazil,

water erosion is of greater interest, largely in the tropical region, because it is more frequent, acts more quickly and causes high losses both in the agricultural sector, as well as several other economic activities besides the environment itself. Regarding the semiarid region, erosive processes become unsettling, since the soil is increasingly vulnerable due to the intensifying anthropic action and the very fragility of the soil material.

KEYWORDS: Processos erosivos, Hydrosedimentology, Impactos ambientais.

1 INTRODUÇÃO

As bacias hidrográficas podem ser entendidas como uma bacia hidrográfica natural de águas pluviométricas, para as quais drenam para um determinado curso de saída, onde um conjunto de superfícies convergem em uma rede de drenagem confluyente e que resultam em um leito apenas (Silveira, 2013). O Brasil possui aproximadamente 12% da água doce da terra, com 200 mil microbacias que estão distribuídas em 12 regiões hidrográficas, sendo a maior delas a Bacia Amazônica, considerada a mais extensa do planeta (Ministério do Meio Ambiente, 2019).

A região semiárida do nordeste brasileiro apresenta notável escassez de recursos hídricos e tal quadro pode estar relacionado à má distribuição de água e à instabilidade das precipitações pluviométricas, sendo que o uso indiscriminado desse recurso pode contribuir para a degradação da qualidade da água e mitigar os impactos ambientais da região (Silva et al., 2014). Além disso, segundo os autores, as condições climáticas características do semiárido brasileiro podem intensificar ainda mais os impactos sobre a fauna, flora, solo e recursos hídricos, contribuindo para o processo de desertificação. Cunha et al. (2014) afirmam que mudanças relacionadas às chuvas também podem interferir diretamente na vegetação e nos fatores associados ao ciclo hidrológico.

Diante dos impactos gerados pela má gestão dos recursos hídricos, tem-se o processo erosivo, que pode ser entendido como um processo de modificações químicas e físicas através do desgaste e sedimentação do solo e das rochas resultantes de ações naturais ou antropogênicas. Além disso, o crescimento populacional para áreas urbanas, a falta de planejamento das atividades agrícolas, o manejo inadequado dos resíduos sólidos nas cidades, o desmatamento de florestas nativas, a falta de manejo na pavimentação do solo das grandes cidades e as atividades derivadas da mineração podem ser citados como fatores que intensificam o processo erosivo do solo (Carvalho, 2008).

A erosão do solo tem uma forma muito expressiva de declínio e degradação do meio ambiente, sendo de notável importância o estudo da erosão do solo do ponto de vista social e econômico, e que é possível com tais levantamentos entender as perdas de solo e os impactos causados por rios e reservatórios de água (Silva et al., 2012; Medeiros (Silva, 2014).

Dentre os tipos de erosividade, a erosão hídrica é um dos principais modos de degradação dos solos cultiváveis brasileiros, onde se caracteriza por um processo de escoamento superficial das águas pluviais com degradação e sedimentação de matéria orgânica, solos e nutrientes (Dechen et al., 2015). Diante desse cenário, a vegetação presente no solo e o sistema de manejo adequado são fatores que estão diretamente associados à intensidade do fluxo de água, bem como à erosão hídrica dos sistemas de vegetação (Cândido et al., 2014).

Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo realizar uma pesquisa bibliográfica sobre a erosão do solo em bacias hidrográficas do semiárido brasileiro, a fim de melhor compreender a problemática e trazer possíveis soluções para a gestão dos recursos hídricos.

2 METODOLOGIA

Foi aplicado o método de pesquisa bibliográfica, que visa reunir e sintetizar dados de pesquisa sobre um tema ou questão delimitada de forma sistemática e ordenada, o que contribui para uma melhor compreensão do assunto investigado. Para a elaboração do artigo, foram adotadas as seguintes etapas para a elaboração da revisão: identificação da questão de pesquisa e objetivo do estudo, busca na literatura, seleção dos dados, apresentação e discussão.

Para a seleção dos artigos científicos, utilizou-se o acesso on-line às bases de dados como portal de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES); Scientific Electronic Library Online (SciELO) e plataforma acadêmica Google. Para a pesquisa, utilizou-se também a busca de informações em livros relacionados à temática abordada. Foram selecionados artigos originais publicados, selecionando as expressões “reservatórios do semiárido brasileiro” “erosão dos solos” “bacias hidrográficas” “recursos hídricos”, os trabalhos foram organizados e analisados.

Essa busca em inúmeras fontes teve como objetivo ampliar o escopo da pesquisa. Os critérios de inclusão estabelecidos foram artigos completos disponíveis eletronicamente que abordassem dados relacionados à erosão do solo em bacias hidrográficas semiáridas, disponíveis nos idiomas português e inglês.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Fatores do processo erosivo

A erosão do solo é um processo que pode ser causado tanto pelo desgaste natural quanto por ações antrópicas que atuam sobre determinada área, podendo ser intensificada se não houver um manejo ambiental adequado. Segundo Carvalho (2008), existem duas modalidades de erosão do solo, sendo estas a geológica e a avançada. A erosão geológica (também conhecida como erosão natural) ocorre com as modificações de partículas, transporte e deslocamento, sem a intervenção do homem. Ainda de acordo com Carvalho (2008), os agentes erosivos (elementos presentes no ambiente físico) que afetam diretamente o processo erosivo podem ser ativos ou passivos. Dentre os agentes ativos, podem ser citados a temperatura, o vento, a água, a insolação, a ação dos microrganismos, a ação humana, entre outros.

Segundo a Organização Meteorológica Mundial, os fatores naturais (ou agentes passivos) associados à erosão natural podem ser: a geologia (relacionada à composição das rochas e ao movimento das placas tectônicas); a topografia; Características inerentes ao solo; a vegetação que cobre a superfície do solo, bem como o clima (ação dos ventos, chuvas etc.) (Organização Meteorológica Mundial, 2003). A erosão avançada (ou erosão antrópica) é o tipo de erosividade induzida pela ação do homem, sendo as atividades agrícolas e obras de construção bons exemplos de atitudes que podem levar à erosão do solo.

Existem diversos tipos de erosão, que podem causar impactos ambientais das mais diversas magnitudes, dentre elas podem ser citadas: erosão por remoção de massa, erosão causada por ação humana ou animal e erosão hídrica. Para Carvalho (2008), a erosão por remoção de massa pode resultar do desprendimento do terreno, ao qual há uma saturação do



solo com a presença de água, contribuindo com o aumento de sedimentos e conseqüentemente o deslizamento de massa. A erosão resultante da ação humana ou animal está relacionada às necessidades de produtividade, sejam essas atividades agrícolas ou de obras, que trazem consigo conseqüências que impactam negativamente a natureza. A erosão hídrica tem grande relevância entre os processos erosivos, uma vez que pode gerar um grande impacto ao meio ambiente e trazer consigo modificações irreversíveis na natureza.

3.2 Modalidade de erosão hídrica

A erosão é um processo geomórfico natural, sendo um dos principais processos geradores de degradação do solo em regiões tropicais. Com exceção da erosão eólica, todo processo erosivo requer a presença de água sobre o relevo, em que como principais agentes erosivos estão o impacto da gota no solo e o escoamento superficial (Bertoni & Lombrardi Neto, 2014). No entanto, esse processo natural pode ser intensificado pela ação do Homem (antrópico) por meio da ocupação da terra por meio do desmatamento e de práticas inadequadas de uso e manejo da terra (Schultz et al., 2013).

O processo de erosão hídrica consiste em três fases: desprendimento ou desagregação, transporte, e quando não há energia suficiente para arrastar as partículas desagregadas ocorre a deposição. A erosão inicia-se pela desagregação ou desprendimento do solo, sendo esta etapa definida como a liberação de partículas dos agregados presentes na superfície do solo. Essa liberação é promovida pelo impacto de gotículas de água na superfície do solo desprovido de vegetação ou por operações durante o preparo. As partículas pequenas e leves do solo, como matéria orgânica e argila, são preferencialmente desprendidas pelo impacto dessas gotas. Nessa etapa, o gasto energético é maior, quanto mais agregado e protegido o solo está diminui a energia total da chuva e, conseqüentemente, sua capacidade de conduzir o material do solo destacado na próxima etapa do processo erosivo (Pruski, 2009; Silva et al., 2010; Campos, 2014).

A quebra das partículas do solo é um processo contínuo, lembrando que as partículas, uma vez arrebatadas, podem permanecer próximas ao agregado ou ser transportadas pelo escoamento superficial, iniciando a etapa seguinte do processo erosivo o arraste ou transporte. Depois que o material é desprendido, este é então transportado pela ação das próprias gotas de chuva que o jogam fora, através da enchente e, ou pelo vento que o arrasta. Da mesma forma que na etapa anterior, também há gasto de energia. A dominância da energia proveniente do impacto de gotículas de água ou escoamento superficial no desprendimento e transporte desses sedimentos depende se a erosão ocorre em sulcos ou em áreas entre sulcos (Carvalho et al., 2006; Pruski, 2009; Guerra et al., 2010).

Por fim, é realizada a deposição do material que foi desprendido e transportado. Essa deposição seria o acúmulo desse material (matéria orgânica, argila, areia, cascalhos etc.). Depende de diversos fatores, como alteração da geometria da superfície do solo, lâmina de escoamento superficial e declividade da superfície do solo, entre outros. Esse acúmulo de material se origina quando os agentes erosivos, ou seja, os meios transportadores perdem energia, deixando de continuar com o arraste do material (Pruski, 2009; Guerra et al., 2010). De acordo com Bezerra et al. (2010), a erosão hídrica é um dos principais elementos associados à degradação ambiental, sendo seu agente erosivo mais relevante, principalmente para as regiões tropicais e subtropicais, as chuvas intensas que geram ruptura dos agregados e a dispersão das



argilas. Assim, esse tipo de erosão causa sérios danos ambientais, como poluição de mananciais e assoreamento, além de diminuir a capacidade produtiva das lavouras (Schultz et al., 2013).

3.3 Processo erosivo e fontes de poluição

A erosão do solo é um dos mais importantes problemas ambientais, capaz de atingir centros urbanos, áreas naturais e regiões agrícolas. Nas áreas agrícolas, especialmente, representa uma grande perda tanto ambiental quanto econômica (Lepsch, 2010). Em solos tropicais, a erosão hídrica ocorre com maior frequência devido às altas taxas pluviométricas e à grande capacidade de remoção e transporte de sedimentos (Bertoni & Lombardi Neto, 2014).

A identificação de áreas suscetíveis à erosão é fundamental para a adoção de práticas conservacionistas do solo, a fim de mitigar os processos erosivos ou mesmo como ferramenta para o planejamento futuro do uso do solo na bacia de acordo com seu potencial (Falcão & Leite, 2018). A erosão do solo é extremamente temporal e espacialmente variável, e essa variabilidade se deve ao fato de diferenças nas condições superficiais do solo ao longo da bacia, o que afeta diretamente o escoamento superficial (Silva & Santos, 2009).

Pesquisas apresentam uma contribuição substancial para a compreensão da erosão por cavitação e são promissoras para impulsionar avanços em inúmeras aplicações industriais e projetos de engenharia (Mohammadzadeh et al., 2023). Ademais, métodos de avaliação dos processos erosivos são fundamentais. Assim, é fundamental avaliar e validar essas metodologias. Dentre estas utiliza-se imagens de satélite para identificar processos erosivos avançados, como voçorocas. Por exemplo, o estudo que compara a Equação Universal de Perda de Solo (USLE) com o Mapa de Suscetibilidade à Erosão da Embrapa, ambos usando dados geoespaciais e aplicáveis em diferentes escalas de planejamento de bacias hidrográficas (Soares et al., 2023).

Uma bacia hidrográfica coleta a precipitação que cai em sua superfície e leva parte dessa água para o rio através do escoamento superficial e do fluxo de água subterrânea. Os solos e a vegetação influenciam na velocidade com que essa água chega ao rio. A litologia determina a textura do solo que, controla a capacidade de infiltração e armazenamento de água. A estrutura geológica define a morfologia da bacia e, assim, controla os processos de erosão e lixiviação, além do potencial de produtividade da área (Frota & Nappo, 2012).

Mesmo assim, os processos erosivos ocorrem de forma natural, lenta e gradual, mas são intensificados em virtude de ações antrópicas, como desmatamento, atividades agropecuárias e manejo inadequado do solo (Nunes et al., 2011). A remoção parcial ou total da vegetação altera o comportamento hidrológico, influenciando a disponibilidade hídrica da bacia. A cobertura do solo é um aspecto importante na prevenção e controle da erosão, constituindo-se em um princípio fundamental na conservação do solo e da água (Frota, 2013).

Nas áreas de clima tropical, como no Nordeste, as chuvas ocorrem com grande intensidade e se concentram em um curto período, o que agravou ainda mais o processo erosivo devido ao forte impacto das gotas de chuva (Martins et al., 2010; Santos et al., 2010).

As perdas, do ponto de vista da perda de solo, contribuem para a degradação ambiental, pois podem causar: (a) Redução da qualidade da água pela presença de sedimentos e suas associações com agrotóxicos e nutrientes; b) Assoreamento de córregos e lagos; c) Inundações; e



(d) inundações causadas por mudanças no regime fluvial, que afetam a fauna, a flora e as atividades humanas (Silva et al., 2003; Guerra, 2005).

Os impactos gerados nos recursos hídricos pela produção e transporte de nutrientes nas bacias hidrográficas foram acelerados nos últimos 50 anos devido à modificação da paisagem para o desenvolvimento de atividades agrícolas e urbanas (Rivers et al., 2011). Um dos reflexos dessas modificações tem sido verificado através do excesso de nutrientes nos ecossistemas aquáticos, especificamente nitrogênio e fósforo, que são os principais responsáveis pelo processo de eutrofização dos corpos d'água (Silva et al., 2015).

Segundo Jesus et al. (2004), para realizar uma avaliação do nível de contaminação em ecossistemas aquáticos, o estudo de sedimentos é de extrema importância, pois pode influenciar o metabolismo de todo o sistema devido à sua capacidade de acumular diversos compostos como materiais orgânicos e inorgânicos (metais pesados) pelo processo de decantação e adsorção em áreas de baixa hidrodinâmica. Os sedimentos causam alterações nas condições ambientais e físico-químicas da água (Lima et al., 2001). A poluição decorre de uma alteração na qualidade física, química, radiológica ou biológica da água causada por atividades antrópicas, que podem ser prejudiciais ao uso presente e futuro do respectivo recurso hídrico (Bilich, 2007).

Libos et al. (2003) assegura que a agricultura contribui para a contaminação dos recursos hídricos, esta decorre da lixiviação dos agrotóxicos presentes nas plantações até os mananciais. Mas não só as atividades de ocupação agrícola, industrial e urbana provocam alterações na qualidade da água. (1999) retratam que a erosão contribui para o aumento de nutrientes no corpo d'água, provocando a eutrofização. (2002) explica que a contaminação da água pode ser causada por esterco animal. Em seus trabalhos, Queiros (2001) descreve que a fonte difusa da mineração pode gerar grandes quantidades de sedimentos que são transportados pelo escoamento superficial para os recursos hídricos. Pesquisas avaliando o processo erosivo e a qualidade das águas do semiárido foram realizadas na bacia hidrográfica do Açude Oros- CE (Frota & Nappo, 2012); Na Bacia Experimental do Iguaçú-CE (Moura et al., 2017); bacia do rio Apodi-Mossoró (Bezerra et al., 2018); entre outros.

3.4 Hidrossedimentologia em bacias hidrográficas

As bacias hidrográficas ganham destaque nesse contexto, pois seu estudo reconhece as inter-relações entre os diversos componentes da paisagem (geologia, geomorfologia, climatologia, hidrografia, pedologia, cobertura vegetal e ocupação do solo) e auxilia na identificação dos problemas configurados, numa perspectiva de intervenção e ordenamento territorial (Sousa & Nascimento, 2015). Segundo Gomes (2010), a análise da cobertura vegetal e seus níveis de degradação, em um estudo de bacia hidrográfica, auxilia na compreensão da dinâmica de uso e ocupação e serve como ferramenta para o desenvolvimento de políticas públicas para a gestão da bacia.

Para Silva e Santos (2009), a realização de estudos hidrossedimentológicos, tem como um dos principais problemas enfrentados a obtenção de dados que permitam descrever a variabilidade espacial das variáveis de chuva, vazão e erosão, devido às dificuldades de monitoramento e aos custos que a coleta desses dados exige. Uma alternativa utilizada é a implantação de bacias experimentais para aquisição desses tipos de dados. Assim, devido à



necessidade de estudos hidrológicos de longo prazo em ambientes específicos, como no caso do semiárido nordestino, várias bacias experimentais foram instaladas no nordeste do Brasil. No entanto, essas bacias foram desativadas após um curto período de aquisição de dados devido aos altos custos de manutenção das atividades de monitoramento e à falta de recursos, com exceção da bacia experimental do Sumé. O conhecimento da dinâmica dos processos hidrossedimentológicos na bacia hidrográfica fornece informações que embasam a tomada de decisão e subsidiam um planejamento gerencial do uso racional dos recursos naturais (Vestena, 2009).

O sedimento causa impactos positivos, como redução da ação erosiva da água na vazão dos rios, atua como redutor de outros poluentes, melhorando assim a purificação da água, permite o transporte de microrganismos ou matéria orgânica que melhoram a fauna fluvial, pode transportar nutrientes fertilizando a terra e servir para aterros sanitários, como impermeabilização da construção civil em geral (Carvalho, 2008). No entanto, altos valores de produção de sedimentos são muito prejudiciais e podem afetar o reservatório com depósitos indesejáveis. De acordo com critérios internacionais, os valores da Tabela 1 podem ser considerados como indicação de estudos (Carvalho et al., 2000).

Tabela 1: Valores aceitáveis de produção de sedimentos de acordo com critérios internacionais.

Tolerância	Produção de sedimentos t ^{km-2} . Ano-1
Alto	> 175
Moderado	70 a 175
Baixo	< 70

4 CONCLUSÕES

No Brasil, a erosão hídrica apresenta maior interesse, em grande parte na região tropical, por ser de ocorrência mais frequente, atuar com maior rapidez e causar altos prejuízos tanto no setor agrícola, como também a diversas outras atividades econômicas além do próprio meio ambiente. Com relação à região semiárida os processos erosivos tornam-se inquietantes, uma vez que o solo é cada vez mais vulnerável devido à ação antrópica intensificadora e à própria fragilidade do material pedológico.

Os reservatórios e bacias analisados tendam a apresentar processos erosivos e de assoreamento em menor ou maior grau, o que precisa ser monitorado é o nível desses processos para que possam tomar as medidas necessárias, não só após o ocorrido, mas medidas preventivas para reduzir esses impactos são causados por ações antrópicas ou naturais.

5 REFERÊNCIAS

Bertoni, J. & Lombardi Neto, F. (2014). *Conservação do solo*. 9. ed. São Paulo: Ícone, 355 p.



- Bezerra, J. M., Batista, R. O., & Silva, P. C. M. (2018). Caracterização do processo de poluição dos sedimentos do rio Apodi-Mossoró no trecho urbano de Mossoró-RN. *Revista Sociedade & Natureza*, 30(3), 108-126. <https://doi.org/10.14393/SN-v30n3-2018-6>
- Bezerra, S. A., Cantalice, J. R. B., Cunha Filho, M., & Souza, W. L. S. (2010). Características hidráulicas da erosão em sulcos em um cambissolo do semiárido do Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 34(4), 1325-1332. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000400029>
- Bilich, M. R. (2007). *Ocupação das terras e a qualidade da água na microbacia do ribeirão Mestre D'Armas, Distrito Federal*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília, Distrito Federal, Brasil.
- Campos, C. J. M. (2014). *Avaliação da erodibilidade pelo método Inderbitzen em solo não saturado da região de Bauru-SP*. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia, Bauru, Brasil.
- Cândido, B. M., Silva, M. L. N., Curi, N., & Batista, P. V. G. (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(5), 1565-1575. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000500022>
- Carvalho, M. M. S., Sales, M. M., Souza, N. M., & Melo, M. T. S. (2006). *Processos Erosivos no Centro-Oeste Brasileiro*. 1.ed. Editora: FINATEC, Brasília.
- Carvalho, N. O. (2008). *Hidrossedimentologia prática*. 2ª ed., Rio de Janeiro: Interciência.
- Carvalho, N. O., Filizola, N. P. J., Santos, P. M. C., & Lima, J. E. F. W. (2000). *Guia de avaliação de assoreamento de reservatórios*. Agência Nacional de Energia Elétrica – Superintendência dos estudos e Informações Hidrológicas. Brasília.
- Cunha, J. E. B. L., Taveira, I. M. L. M., Rufino, I. A. A., & Alcântara, H. M. (2014). Dinâmica Sazonal da Cobertura do Solo em uma Região Semiárida e seus Impactos no Ciclo Hidrológico. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 19(2), 197-207. <https://doi.org/10.21168/rbrh.v19n2.p197-207>
- Dechen, S. C. F., Telles, T. S., Guimarães, M. F., & Maria, I. C. (2015). Perdas e custos associados à erosão hídrica em função de taxas de cobertura do solo. *Bragantia*, 74(2), 224-233. <https://doi.org/10.1590/1678-4499.0363>
- Falcão, K. S & Leite, E. F. (2018). Avaliação do Potencial Natural à erosão hídrica na bacia do Rio Nioaque. *Revista Georaguai*, 8(3), 79-97. Available in: <<http://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/geo/article/view/7792>>. Accessed: February 03, 2020.
- Frota, P. V. (2013). *Potencial de erosão na Bacia de Drenagem do Açude Orós - CE*. Tese de Doutorado, Curso de Doutorado em Ciências Florestais, Universidade de Brasília, Brasília, Distrito Federal, Brasil.



- Frota, P. V. & Nappo, M. E. (2012). Processo erosivo e a retirada da vegetação na bacia hidrográfica do açude Orós-CE. *Revista Geonorte*, 3(6), 1472-1481. Available in: <<http://www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/2046>>. Accessed: February 03, 2020.
- Gomes, D. D. M. (2010). *Análise da Degradação da Cobertura Vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Jaibas/CE por Meio de Ferramentas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto*. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Geoprocessamento Aplicado à Análise Ambiental e Recursos Hídricos, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, Brasil.
- Guerra, A. J. T., Silva, A. S., & Botelho, R. G. M. (2010). *Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações*. 6.ed. Editora: Bertrand Brasil, Rio de Janeiro.
- Guerra, A. J. T. (2005). Experimentos e monitoramentos em erosão dos solos. *Revista do Departamento de Geografia*, 16, 32-37. <https://doi.org/10.7154/RDG.2005.0016.0003>
- 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 Ciência do Solo*, 23(1). <https://doi.org/10.1590/S0100-06831999000100018>
- Jesus, H. C., Costa, E. A., Medonça, A. S. F., & Zandonade, E. (2004). Distribuição de metais pesados em sedimentos do sistema estuarino da Ilha de Vitória-ES. *Revista Química Nova*, 27, 378-386. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422004000300004>
- Lepsch, I. F. (2010). *Formação e conservação dos solos*. 2. ed. São Paulo: Oficina de Texto.
- Libos, M. I. P. C., Rotunno Filho, O. C., & Zeilhofer, P. (2003). Modelagem da Poluição não Pontual na Bacia do Rio Cuiabá Baseada em Geoprocessamento. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. 8(4), 115-135. <https://doi.org/10.21168/rbrh.v8n4.p115-135>
- Lima, M. C., Giacomelli, M. B. O., Süpp, V., Roberge, F. D., & Barrera, P. B. (2001). Especiação de Cobre e Chumbo em sedimento do Rio Tubarão (SC) pelo método Tessier. *Revista Química Nova*, 24(6), 734-742. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422001000600005>
- Martins, S. G., Avanzi, J. C., Silva, M. L. N., Curi, N., Norton, L. D., & Fonseca, S. (2010). Erosividade e período de retorno da chuva na bacia hidrográfica experimental de Aracruz, na Planície Costeira do Espírito Santo, Brasil. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 34(3), 999-1004. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000300042>
- Medeiros, I. C. & Silva, R. M. (2014). Análise da erosão hídrica na região semiárida da Paraíba usando o modelo SWAT acoplado a um SIG. *Geociências*, 33(3), 457-471.
- Merten, G. H., & Minella, J. P. (2002). Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. *Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável*. 3(4), 33-38.
- Ministério do Meio Ambiente (2019). *Água*. Available in: <<http://www.mma.gov.br/agua.html>>. Accessed: March 12, 2019.



- Moura, M. M. S., Araújo Neto, J. R., Palácio, H. A. Q., Batista, F. J. A., & Sousa, M. M. M. (2017). Vulnerabilidade à erosão quanto aos aspectos solo e vegetação em uma bacia hidrográfica no semiárido. *Entorno Geográfico*, 13, 100-113. <https://doi.org/10.25100/eg.v0i13.6033>
- Mohammadzadeh, S., Dalfré Filho, J. G., Sampaio Descovi, C., Murillo Bermúdez, L. F., Alfonso Sierra, D., & Corzo Perez, G. A. (2023). Assessing cavitation erosion on solid surfaces using a cavitation jet apparatus. *HOLOS*, 5(39). <https://doi.org/10.15628/holos.2023.16306>
- Nunes, A. N., Almeida, A. C., & Coelho, C. O. A. (2011). Impactos do uso e tipo de cobertura do solo no escoamento superficial e erosão do solo em uma área marginal de Portugal. *Geografia Aplicada*, 31(2), 687-699. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2010.12.006>
- Pruski, F. F. (2009). *Conservação de solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica*. 2. ed. Editora UFV.
- Queiros, J. E. N. (2001). *Técnicas de geoprocessamento aplicadas ao estudo de bacias hidrográficas – O caso da bacia do rio Piracicaba, Belo Horizonte*. Monografia (especialização), Universidade Federal de Minas Gerais. Departamento de Cartografia. Brasil.
- Rios, M. R.; Tecelão, D. M; Smettem, K. R. J., & Davies, P. M. (2011). Estimativa de cenários futuros para fluxos de nutrientes em bacias hidrográficas usando modelagem de simulação dinâmica. *Física e Química da Terra*, 36, 420-423. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2010.03.019>
- Santos, G. S., Nori, P. G., & Oliveira, L. F. C. (2010). Chuvas intensas relacionadas à erosão hídrica. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 14(2), 115-123. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662010000200001>
- Schultz, G. B, Siefert, C. A. C, & Santos, I. (2013). Avaliação do ARCMUSLE para estimativa da produção de sedimentos na bacia hidrográfica do alto rio Negro, região sul brasileira. *Boletim de Geografia*, 31(2), 131-141. <https://doi.org/10.4025/bolgeogr.v31i2.13367>
- Silva, A. M., Schulz, H. E., & Camargo, P. B. (2003). *Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas*. São Carlos: Rima.
- Silva, J. V., Alecrim, M. A. B., Silva, D. O., Costa, C. C., & Oliveira, R. J. (2010). Perdas de solo e água por erosão hídrica em floresta equiânea em um Latossolo Vermelho-Amarelo. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 5(4), 579-584. <https://doi.org/10.5039/agraria.v5i4a724>
- Silva, M. B. R., Azevedo, P. V., & Alves, T. L. B. (2014). Análise da degradação ambiental no alto curso da bacia hidrográfica do rio paraíba. *Boletim Goiano de Geografia*, 34(1), 35-53. <https://doi.org/10.5216/bgg.v34i1.29314>
- Silva, P. R. N. (2015). *Efeitos da poluição pontual e difusa na qualidade de água em reservatórios do semiárido*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental (PPGCTA), Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, Paraíba, Brasil.
- Silva, R. M., Montenegro, S. M. G. L., & Santos, C. A. G. (2012). Integração de SIG e sensoriamento remoto para estimativa de perda de solo e priorização de sub-bacias críticas: um estudo de



caso da bacia do Tapacurá. *Riscos Naturais*, 62(6), 953-970. <https://doi.org/10.1007/s11069-012-0128-2>

Silva, R. M. & Santos, C. A. G. (2009). Influência da cobertura vegetal nos processos hidrossedimentológicos no semiárido do Nordeste, Brasil. *Perspectiva Geográfica*, 4(5), 113-125. Available in: <<http://e-revista.unioeste.br/index.php/pgeografica/article/view/1855>>. Accessed: February 03, 2020.

Silveira, A. L. L. (2013). Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: TUCCI, C. E. M. *Hidrologia: ciência e aplicação*. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, p. 35-51.

Soares, L., Wainberg Bohrer, P., Andrades Paixão, M., & de Almeida Silva, M. C. (2023). Avaliação de métodos para estimativa da erosão utilizando geoprocessamento em microbacias do rio Pará/MG. *HOLOS*, 3(39). <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/16380>

Sousa, M. L. M. & Nascimento, F. R. (2015). Estudos geoambientais de bacias hidrográficas em áreas suscetíveis à desertificação no Nordeste do Brasil. *Revista colombiana de Geografia*, 24(1), 346. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v24n1.38318>

Vestena, L. R. (2009). Análise da dinâmica hidrossedimentológica em uma bacia hidrográfica no sul do Brasil. *Sociedade & Natureza*, 21(3), 413-424. <http://dx.doi.org/10.1590/S1982-45132009000300014>

Organização Meteorológica Mundial. (2003). *Manual de Gestão e Medição de Sedimentos*. Relatório de Hidrologia Operacional nº 47, Genebra, Suíça, 159p.

COMO CITAR ESTE ARTIGO:

Oliveira, M. K. T. de, Macedo, R. C. B. da S., Rebouças, C. K. de O., & Silva, K. C. N. AÇÃO ANTRÓPICA NA EROÇÃO DE SOLO EM BACIAS HIDROGRÁFICAS DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO . *HOLOS*. Recuperado de <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/16838>.

SOBRE OS AUTORES

M. K. T. OLIVEIRA

Doutora em Fitotecnia (2014); Mestre em Fitotecnia (2009); Engenheira Agrônoma (2007), pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA); Especialista em Gestão Ambiental (2013), pela Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN). Pesquisadora com Pós-Doutorado Júnior (2016-2018), e docente pelo Programa de Pós-Graduação em Ambiente, Tecnologia e Sociedade (2018-2020), na UFERSA. Possui pesquisas nas áreas de Ciências Agrárias e Ambientais, principalmente em Agricultura Tropical.

E-mail: mychelle.oliveira@ufersa.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3264-5172>

R. C. B. S. MACEDO

Doutoranda pelo Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Mestre em Ambiente, Tecnologia e Sociedade pelo Programa de Pós-graduação em Ambiente, Tecnologia e Sociedade, pela UFERSA, Especialista em Docência do Ensino Superior (UNINASSAU), e Bacharela em Biotecnologia, pela UFERSA. Trabalha com investigação molecular



de plantas forrageiras do semiárido brasileiro, com ênfase na diversidade genética e adaptação das espécies sob estresses bióticos e abióticos.

E-mail: renata.bsmacedo@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4012-0659>

C. K. O. REBOUÇAS

Discente pelo programa de Mestrado em Ambiente, Tecnologia e Sociedade, pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) e formada no curso de Bacharelado em Biotecnologia pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido com experiência na área de parasitologia. Membro da equipe de pesquisa do Laboratório de Biotecnologia Aplicada as Doenças Infecto-parasitárias, alocado no Centro de Ciências biológicas e da Saúde da UFERSA.

E-mail: cristina.reboucas@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7072-1733>

K. C. N. SILVA

Mestre em Ambiente, Tecnologia e Sociedade (2018), Engenheira Agrônoma, pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (2006). Trabalhou como consultora na área de gestão e monitoramento do programa de biodiesel no Estado do Rio Grande do Norte (2009-2013), e como consultora nos Estado do Maranhão, Paraíba e Rio Grande do Norte nas áreas de gestão, elaboração e acompanhamento de projetos para agricultura familiar.

E-mail: kelemnunes@hotmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6723-0164>

Editor(a) Responsável: Francinaide de Lima Silva Nascimento



Recebido 08 de julho de 2020

Aceito: 01 de dezembro de 2023

Publicado: 31 de dezembro de 2023

