



ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



Estimativa de Erosividade das chuvas (R) em uma bacia tropical do oeste da Bahia

Lorena Souza da Silva¹, Lorena Lima Ferraz², Carlos Amilton Silva Santos³, Felizardo Adenilson Rocha⁴,
 Lucas Farias de Sousa⁵, Ubirathan Santos Daltro⁶

¹ Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais. Av. Paralela, 7501, Itapetinga - BA, Brasil. CEP: 45700-000. E-mail: loriesouza@hotmail.com; ² Universidade Estadual de Santa Cruz, Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente. Rodovia Jorge Amado, Km 16, Ilhéus - BA, Brasil. CEP: 45662-900. E-mail: lorenalferraz@gmail.com; ³ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - IFBA. Av. Sérgio Vieira de Mello, 3150, Vitória da Conquista - BA, Brasil. CEP: 45078-300. E-mail: carlos.amilton.vic@hotmail.com; ⁴ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - IFBA. Av. Sérgio Vieira de Mello, 3150, Vitória da Conquista - BA, Brasil. CEP: 45078-300. E-mail: felizardoar@hotmail.com; ⁵ Universidade Estadual de Santa Cruz, Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente. Rodovia Jorge Amado, Km 16, Ilhéus - BA, Brasil. CEP: 45662-900. E-mail: eng.sousalucas@gmail.com; ⁶ Faculdade de Tecnologia e Ciências, Engenharia Ambiental, Praça José Bastos, 55 - Osvaldo Cruz, Itabuna - BA, 45600-080. E-mail: bira_sd@gmail.com

Artigo recebido em 07/10/2020 e aceito em 25/05/2021

RESUMO

A chuva é um fator ativo na erosão hídrica, sendo esta a mais danosa erosão para solos e água. Diversos métodos foram desenvolvidos para estimar o potencial da precipitação em desagregar partículas dos solos. Neste sentido, objetivo deste trabalho é estimar e mapear o potencial erosivo das chuvas, bem como o período de retorno e probabilidade de ocorrência na bacia hidrográfica dos Rios Galheirão e Roda Velha, situada no oeste da Bahia. Foram utilizados dados fornecidos de 14 estações convencionais da Agência Nacional de águas e 20 pontos estimados por sensores orbitais (TRMM) disponibilizados pela Empresa Brasileira de Agropecuária. Os dados foram inseridos em fórmulas e posteriormente distribuídos espacialmente em ambiente SIG. Para análise comparativa dos resultados encontrados com o cenário de uso e ocupação do solo, foi utilizado o mapa disponibilizado pelo Mapbiomas. Os resultados indicam a estimativa de erosividade anual com valores de até 13,536.28 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹ por ano. A região oeste da bacia possui os maiores índices erosivos nas áreas de intensa atividade agrícola, sendo mais intensa nos meses de maior lâmina precipitada. Os índices erosivos da bacia hidrográfica são considerados de baixa e média erosividade.

Palavras-Chave: Erosão, precipitação, potencial erosivo.

Estimation of rain erosion (R) in a tropical basin in western Bahia

ABSTRACT

Rain is an active factor in water erosion, which is the most damaging erosion to soil and water. Several methods have been developed to estimate the potential of precipitation to break down soil particles. In this sense, the objective of this work is to estimate and map the erosive potential of the rains as well as the period of return and probability of occurrence in the hydrographic basin of the Rivers Galheirão and Roda Velha, located in the west of Bahia. Data provided from 14 conventional stations of the National Water Agency were used, 20 points estimated by orbital sensors (TRMM) made available by the Brazilian Agricultural Company, the data were inserted in formulas and later distributed spatially in a GIS environment. For comparative analysis of the results found the map provided by Mapbiomas was used with the land use and occupation scenario. The results indicate the annual erosivity estimate with values of up to 13,536.28 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹ per year. Since the western region of the basin has the highest erosion rates that correspond to the areas of intense agricultural activity, being more intense in the months of greater precipitated depth. The erosive indices of the hydrographic basin are considered of low and medium erosivity.

Keywords: Erosion, precipitation, erosive potential.

Introdução

A degradação do meio ambiente, principalmente do solo e da água, tem crescido

alarmantemente com o avanço das atividades antrópicas. Como uma das principais formas de degradação do solo, a erosão hídrica pode causar o assoreamento de rios e reservatórios,

comprometendo o abastecimento de água, os projetos de irrigação e reduzindo a capacidade de produção de energia hidrelétrica, além da diminuição na produtividade agrícola (Brady e Weil, 2013).

A erosão hídrica consiste no desprendimento, arraste, transporte e depósito de partículas e nutrientes da camada superficial do solo (Ashiagbor et al., 2013; Dechen et al., 2015; Barros et al., 2018). Em grande parte do planeta, dentre todas as formas de erosão, a hídrica é a mais importante e danosa forma de perda de solo (Zchar, 1982), que ocorre pela ação das chuvas e escoamento superficial, podendo ser agravada por diversos fatores naturais e antrópicos.

Em regiões de acentuada atividade agrícola, desprovidas de cobertura vegetal tornam-se mais suscetíveis à erosão hídrica, visto que há uma formação do selamento superficial, uma fina camada de solo que é compactada quando impactada pela gota da chuva quando atinge o solo (Almeida et al., 2016). Assim, a erosão hídrica é um dos principais fatores da diminuição do rendimento da maiorias das culturas, que por consequência, aumenta o custo de produção e uso de corretivos e fertilizantes.

Segundo Carvalho (1994), 70 a 90% do material transportado ocorre no período das chuvas. Por estes motivos, a erosão hídrica é considerada um problema de escala global. Segundo Pham et al. (2018), perde-se 0,90 a 0,95 mm de solos superficiais ao redor do mundo anualmente, o que corresponde a uma taxa média de erosão entre 12 e 15 t.ha⁻¹ por ano em todo o globo.

Dessa forma, estudos sobre o potencial erosivo das chuvas são extremamente necessários para entender a gênese dos processos erosivos, como se dá e principalmente quais medidas podem ser adotadas para minimizar e/ou extinguir esses impactos. Assim, vários estudos (Francisco, 2020; Pinto et al., 2020; Lense et al. 2020; Thoma et al., 2020) e modelos empíricos têm sido desenvolvidos ao longo dos anos para estimar a perda dos solos. No que diz respeito aos métodos, a adoção de modelos matemáticos tem sido amplamente empregado devido ao baixo custo e menor consumo de tempo.

A equação Universal de perdas de solo (EUPS) está entre os métodos indiretos mais

utilizados (Wischmeier e Smith, 1978). Sua eficácia está atrelada às variáveis que compõe a equação, sendo assim, a forma como os dados obtidos são extremamente importantes.

Entre as variáveis da EUPS, a estimativa do fator (R), que expressa o potencial da chuva em causar erosão hídrica em solo desprotegido (Pruski et al. 2006) é fundamental. No entanto, a obtenção de dados para sua aplicação no Brasil muitas vezes é escassa e incompleta. Para superar esta limitação, Silva (2004) reuniu uma série de equações empíricas para estimar com boa precisão a erosividade das chuvas no território brasileiro, através de equações geradas com séries curtas de dados e registros mensais e anuais de precipitação.

O mapeamento da distribuição espacial dos índices erosivos, bem como variáveis climáticas ou qualquer fator derivado destas, é um mecanismo promissor para o planejamento macroambiental de bacias hidrográficas. A bacia hidrográfica dos Rios Galheirão e Roda Velha é uma área de forte influência agrícola, estando inserida na região do MATOPIBA. Além disso, esta bacia é abrangida pelo Cerrado, bioma que apresenta elevado nível de endemismo de espécies, o que lhe conferiu o título de hotspot global de biodiversidade, estando entre os locais prioritários para a conservação da natureza no mundo (Strassburg et al., 2017).

Outra importante característica da região diz respeito aos eventos de precipitação frontais, resultado da Zona de Convergência do Atlântico Sul. A intensidade das chuvas é relativamente baixa, porém de duração prolongada, podendo ocasionar processos erosivos de magnitude elevada, o que compromete a produção dos cultivos de soja e algodão, que são as principais atividades econômicas do extremo oeste da Bahia (Agrolink, 2020).

Dessa forma, a aplicação de técnicas e ferramentas de geoprocessamento que possibilitem o estudo da perda de solo é de grande valia para o planejamento e gestão dos recursos naturais e econômicos (Souza et al., 2020). Diante da necessidade de pesquisas acerca dos processos erosivos na região cuja atividade agrícola se apresenta em constante desenvolvimento, o objetivo deste trabalho foi estimar e mapear os índices erosivos, bem como o seu período de retorno e probabilidade de ocorrência na bacia hidrográfica do Rios Galheirão e Roda Velha, localizada no oeste da Bahia, visando avaliar se os maiores níveis erosivos se dão em regiões de

chuvas mais intensas ou de maiores influências antrópicas devido à agricultura.

Material e Métodos

Área de estudo

Os Rios Galheirão e Roda Velha são os principais afluentes do Rio das Fêmeas e compõem as sub-bacias em estudo. O Rio das Fêmeas nasce

na Serra de Goiás e possui 158 km de extensão, desaguardo no Rio Grande, que é o último grande tributário da margem esquerda do Rio São Francisco e um dos principais contribuintes para sua manutenção nos períodos de estiagem. As sub-bacias correspondem as coordenadas métricas 8540000N e 440000W (Figura 1), abrangendo 75% do município de São Desidério, o qual, segundo o IBGE (2019) possui área de 15.156 km² e 33.742 habitantes.

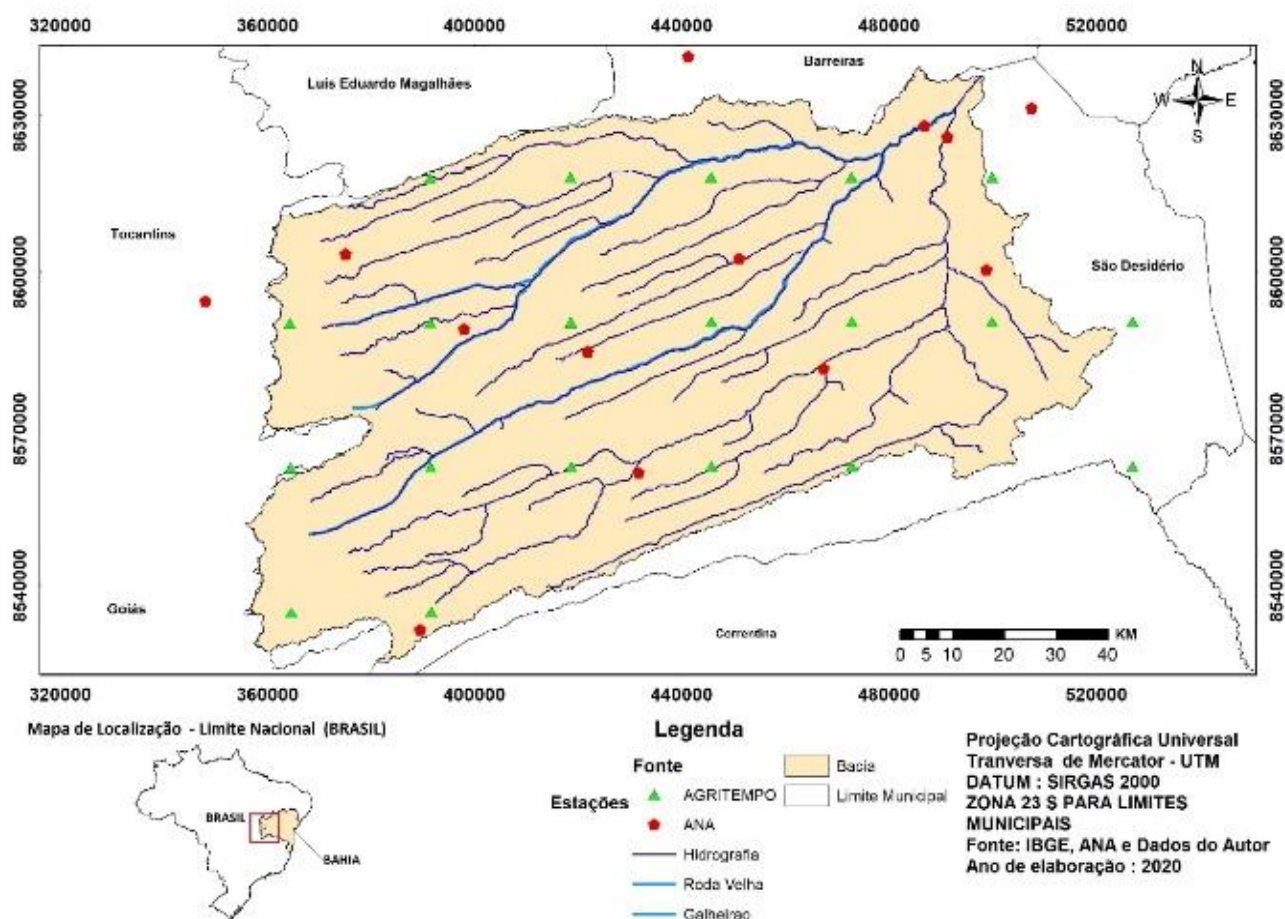


Figura 1. Localização da área de estudo e estações pluviométricas utilizadas.

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região classifica-se como Aw (tropical com chuvas de verão) com temperatura média anual de 22,3°C e umidade relativa do ar variando entre 45 e 79%.

Os afluentes do Rio das Fêmeas estão inseridos na formação geológica conhecida como Chapadão Urucuia. Suas rochas compõem um dos mais expressivos aquíferos livres do território brasileiro, com reservas permanentes estimadas em 1,3 x 10³ km³ e reguladoras em mais de 20 km³ anuais (Gonçalves et al., 2017). Toda região conhecida como “Chapadão da Urucuia” tem apresentado acentuada expansão agrícola sob os cultivos predominantes de soja, algodão, milho e

café, o que representa um fator de grande importância em termos econômicos e sociais para o desenvolvimento da região e para sua população, que soma 30.583 habitantes, sendo 11.355 residentes na área urbana e 19.228 na zona rural.

Sob os aspectos hidrológicos, o cultivo destas culturas requer grande quantidade de água. Segundo Costa Filho e Demétrio (2007), as técnicas agrícolas da região envolvem consumo hídrico excessivo através dos métodos de sulcos, aspersão e inundação. A adoção de técnicas agrícolas pelo método de aspersão pode contribuir no desenvolvimento de doenças nas plantas devido à umidade das folhas, além de danos ao solo pela

erosão hídrica em decorrência do escoamento de águas nas proximidades (Coelho et al., 2000).

Dados

Os dados utilizados neste estudo foram obtidos na plataforma online da Agência Nacional das Águas – ANA. Foram utilizadas 14 estações. As falhas contidas nos dados são descritas na Tabela 1, disposta abaixo:

Tabela 1. Estações e falhas de dados disponíveis pelo site da ANA.

Estação	Falhas
Fazenda Coqueiro	01-Jan-2000 a 29-Fev-2000
Sítio Grande	20-Out-2018 a 22-Out-2018
Catarinense	26-Out-2018
Casa Real	01-Nov-2018
Fazenda Diamantina	03-Nov-2018
Vereda Nova	06-Nov-2018
Buritis	20-Out-2019 a 09-Nov-2019
Rio Brilhante	12-Nov-2019 a 15-Nov-2019
Cabeceira Grande	17-Nov-2019 a 29-Nov-2019
Roda Velha	01-Dez-2019 a 30-Dez-2019

Além dos dados da Agência Nacional de Águas, foram utilizados os dados de 20 pontos estimados por sensores orbitais do satélite TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission), disponibilizadas pelo Sistema de Monitoramento Agrometeorológico (Agrimtempo) vinculado à Empresa Brasileira de Agropecuária (EMBRAPA). A série histórica utilizada na presente pesquisa corresponde ao período de 19 anos (2000-2019).

A partir dos dados de chuvas de cada posto pluviométrico disponíveis, determinou-se a precipitação média mensal. Posteriormente, os pontos das estações com os valores médios foram especializados através do método de interpolação por IDW (Inverse Distance Weighted - Ponderação do Inverso da Distância) através do software, ArcGIS 10.5/ArcMap® da ESRI. Segundo Yang et al. (2020), este método utiliza pontos dentro de uma amostra para determinar os valores das células através de uma combinação linear ponderada.

Equações para Cálculos do Fator R

Para o cálculo do Fator de Erosividade da chuva, também denominado de Fator R, foram utilizadas duas metodologias distintas com o objetivo de verificar qual método melhor representa os níveis erosivos da chuva.

O primeiro método utilizado consiste na proposição de Silva (2004), que foi desenvolvido com base no Índice de Fournier Modificado. A estimativa de dados de erosividade requer uma série histórica de dados de pluviometria, que muitas vezes são escassos ou possuem falhas devido à manutenção e operação de pluviômetros. Logo, muitos estudos assumiram valores médios mensais ou anuais de precipitação para os cálculos de erosividade.

O Índice de Fournier é um dos métodos que assumem valores médios mensais/atuais e vem sendo modificado em diversas regiões ao redor do mundo, a fim de obter boas correlações que se aproximem da realidade local. No Brasil, Silva et al. (2004) modificou o Índice de Fournier com base em 8 equações para o cálculo de R de acordo com sua localização geográfica no território brasileiro, conforme Figura 2 e Tabela 2. Como a série histórica utilizada neste estudo apresentou falhas, o mapa com as 8 regiões descritos por Silva foi georreferenciado e a região das sub-bacias e estações pluviométricas foram plotadas para verificar a sua distribuição. Foi possível verificar a sobreposição nas áreas 2 e 4, conforme a Figura 3. Sendo assim, foram utilizadas as equações de Moraes et al (1991) e Silva (2001).



Figura 2. Distribuição das equações proposta por Silva (2004). Fonte: Adaptado de Silva (2004).

Tabela 2. Equações propostas por Silva (2004). Fonte: Adaptado de Silva (2004).

Número	Equação	Autores
1	$R_x = 3.76 * \left(\frac{M_x^2}{P}\right) + 42.72$	Oliveira Jr. E Medina (1990)
2	$R_x = 36.849 * \left(\frac{M_x^2}{P}\right)^{1.0852}$	Moraes et.al (1991)
3	$R_x = (0.66 * M_x) + 8.88$	Oliveira Jr. (1988)
4	$R_x = 42.307 * \left(\frac{M_x^2}{P}\right) + 69.763$	Silva (2001)
5	$R_x = 0.13 * M_x^{1.24}$	Leprun (1981)
6	$R_x = 12.592 * \left(\frac{M_x^2}{P}\right)^{0.6030}$	Val et. al (1986)
7	$R_x = 68.73 * \left(\frac{M_x^2}{P}\right)^{0.841}$	Lombardi e Neto e Moldenhauer(1992)
8	$R_x = 19.55 + (4.20 * M_x)$	Rufino et.al (1993)

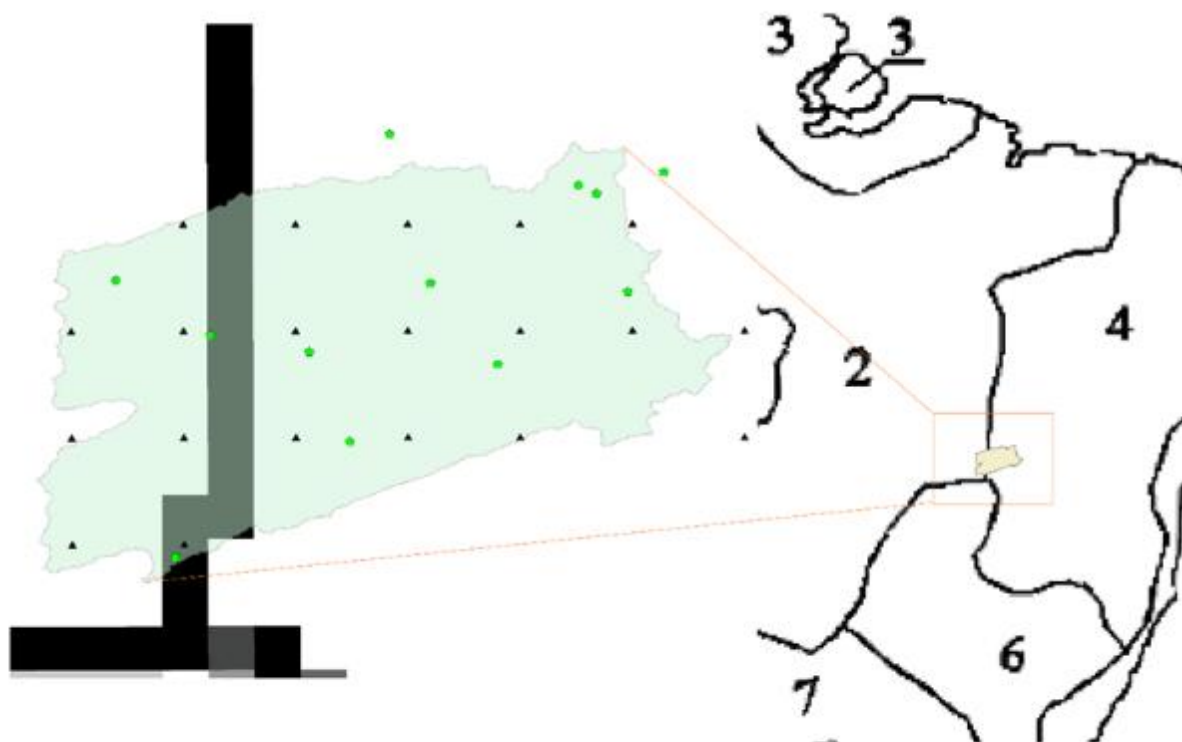


Figura 3. Distribuição da bacia e estações pluviométricas dentro das equações proposta por Silva (2004).

Após calcular os índices de erosividade mensal, os valores foram especializados em ambiente SIG, resultando em mapas de linhas erosivas ou mapas isoerosivos.

A segunda metodologia adotada neste estudo consiste no cálculo $Ei30$ que é composto por três equações. A primeira calcula a energia cinética da chuva segundo Wischmeier e Smith (1965). De acordo com sistema internacional de medidas é dada por:

$$Ec = 0,119 + (0,0873 \cdot \log i) \quad \text{Eq. (1)}$$

onde Ec é a Energia cinética da chuva ($\text{MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{mm}^{-1}$) e i é intensidade do intervalo da chuva ($\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$).

O cálculo é baseado na intensidade de uma chuva de 30 minutos de duração, e o valor obtido da energia cinética da chuva unitária é multiplicado pela lâmina precipitada (h) para cada intervalo.

O somatório da energia cinética dos intervalos uniformes, obtêm-se a energia cinética total da chuva ($\text{MJ} \cdot \text{ha}^{-1}$):

$$Ect = Ec \cdot h \quad \text{Eq. (2)}$$

Para realizar a desagregação da chuva de um dia em uma duração de 30min, foi utilizada a Equação 3, disposta a seguir, desenvolvida e

proposta por Silveira (2000), que se baseia nos coeficientes de desagregação da CETESB (1986).

$$C_{24}(t) = e^{1,5 \text{Ln} \frac{\text{Lnt}}{7,3}} \quad \text{Eq. (3)}$$

onde $C_{24}(t)$ o coeficiente direto de desagregação a ser multiplicado por uma chuva máxima de 24 horas de duração, com a finalidade de convertê-la em uma chuva de t minutos de duração.

Por fim, a erosividade da chuva é dada pela Equação 4:

$$Ei30 = Ect * I30 \quad \text{Eq. (4)}$$

Em que $Ei30$ é o índice de erosividade da chuva individual ($\text{MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$); e $I30$ é a intensidade máxima da chuva no período de 30 minutos

Período de Retorno e Probabilidade de Ocorrência

O período de retorno (T) é o intervalo estimado em anos para que um determinado evento ocorra, para que seja igualado ou superado. Neste estudo, o período de retorno e probabilidade de ocorrência foi calculado conforme Villela e Matos (1975), utilizando as equações 5 e 6:

$$T = \frac{N+1}{m} \quad \text{Eq. (5)}$$

$$Pr = \frac{100}{T} \quad \text{Eq. (6)}$$

Em que: N = número de anos da extensão da série parcial de dados; m = número de ordem do índice de erosividade. Nas equações 5 e 6, T é expresso em anos e Pr em porcentagem. Foram calculados o período de retorno e probabilidade de ocorrência para os eventos extremos registrados anualmente para cada uma das 3 equações estudadas (Equações 1, 2 e 4), com o objetivo de determinar o índice de erosividade da chuva.

Mapeamento do uso e ocupação do solo

Para relacionar a os índices de erosividade com o uso e ocupação do solo foram utilizados os mapas disponibilizados na plataforma online do Projeto de Mapeamento Anual de Cobertura e Uso do solo no Brasil (Mapbiomas), coleção 4. A acurácia geral dos mapas utilizados é de 82,9%, a discordância de alocação 12,5% e a discordância de área 4,7% (Mapbiomas, 2020).

Resultados e Discussão

A espacialização da precipitação média anual para 19 anos (2000-2019) da bacia hidrográfica dos Rios Galheirão e Roda Velha está disposta na Figura 4. É possível observar que os maiores valores de precipitação estão a oeste da bacia, na região de cabeceira.

Os maiores volumes precipitados são registrados nos meses de novembro a março, sendo os maiores registro de lâmina precipitada nos meses de novembro e março. O déficit hídrico ocorre nos meses de junho, julho e agosto, onde há redução de quase 75% do volume precipitado. A precipitação é mal distribuída, com a maior concentração de chuvas superior a 1000 mm nos meses entre novembro e março, caracterizando um verão chuvoso com incidência de 85% do total de chuvas, enquanto que nos demais meses, apenas 15% das chuvas são contabilizadas, o que caracteriza a região com um período de estiagem prolongado.

A variabilidade espacial das chuvas nesta região corrobora com os valores encontrados por

Reis et al. (2020) e estão associados a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), no sentido sudeste-noroeste, cujo percurso é costumeiro dos sistemas frontais.

Analisando os mapas isoerosivos das Figuras 5 e 6 e levando em consideração as três metodologias aplicadas, os valores variam de 363 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹ a 13.536,28 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹. As metodologias apresentaram valores bem distintos, sendo que os valores propostos pelas equações de Silva (2004) foram bem superiores aos sugeridos por Wischmeier e Smith (1965). A amplitude de energia entre os métodos possui 10.000 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹ de diferença.

Essa discrepância também é observada na distribuição espacial dos isovalores, em que os maiores índices erosivos são notados em quase toda área da bacia, segundo metodologia de Wischmeier e Smith (1965). Já segundo Silva (2004), os maiores valores são registrados na região de cabeceira, onde há maior índice de chuva, enquanto que para leste, em direção ao exutório, os valores são decrescentes.

A equação proposta por Silva (2004), que abrange a maioria das estações do presente estudo, assume os maiores valores erosivos na região oeste decrescendo para o leste da bacia. Observa-se uma boa relação entre os índices de erosividade e pluviometria.

Comparando os três mapas, é possível verificar que nas áreas onde ocorrem as maiores médias anuais de pluviometria, ocorrem também os maiores índices de Erosividade, conforme a metodologia proposta por Silva (2004). Cardoso et al. (2018) analisando o potencial erosivo das chuvas para o estado da Bahia, verificou que, na maior parte do estado, as chuvas possuem elevado potencial para causar erosão, com um limite acima do aceitável. Esta relação também foi encontrada por Martins et al., (2020) para a região do Maranhão e Pará. Outros autores também estabeleceram esta relação de dependência em trabalhos já publicados (Aquino et al., 2006; Back e Poleto, 2018; França et al. 2020).

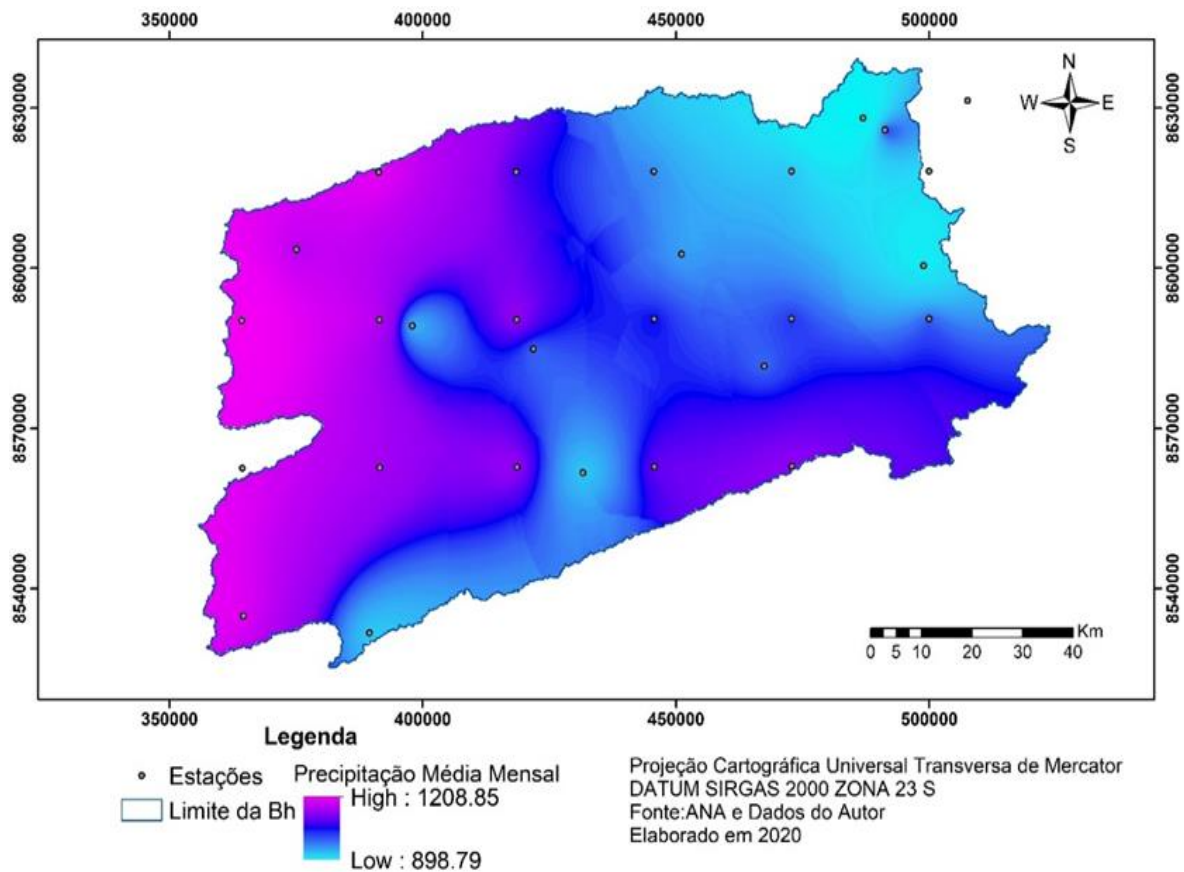


Figura 4. Distribuição espacial da precipitação média anual da bacia hidrográfica dos Rios Galheirão e Roda Velha.

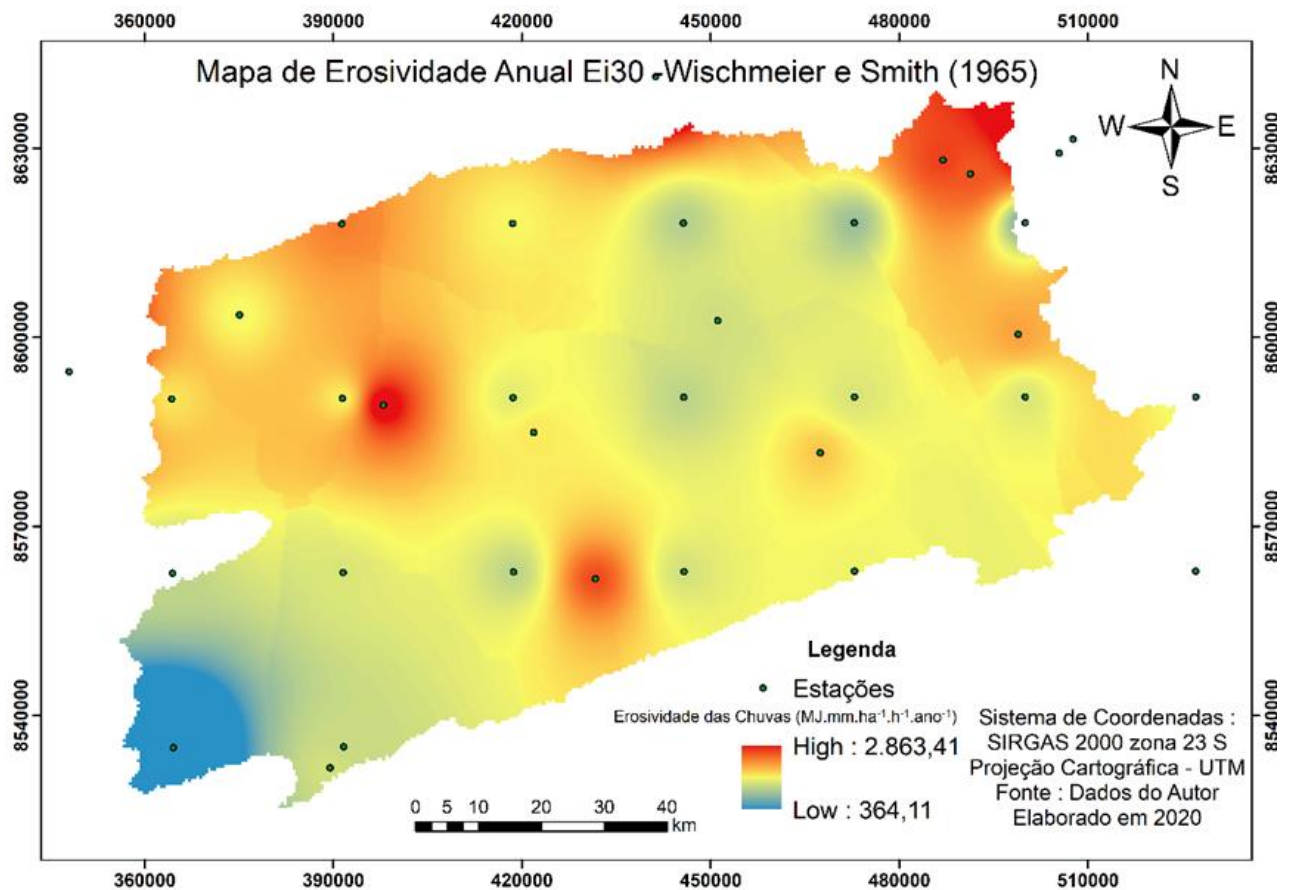


Figura 5. Mapa de Erosividade Anual ($\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$) das chuvas segundo Wischmeier e Smith (1965)

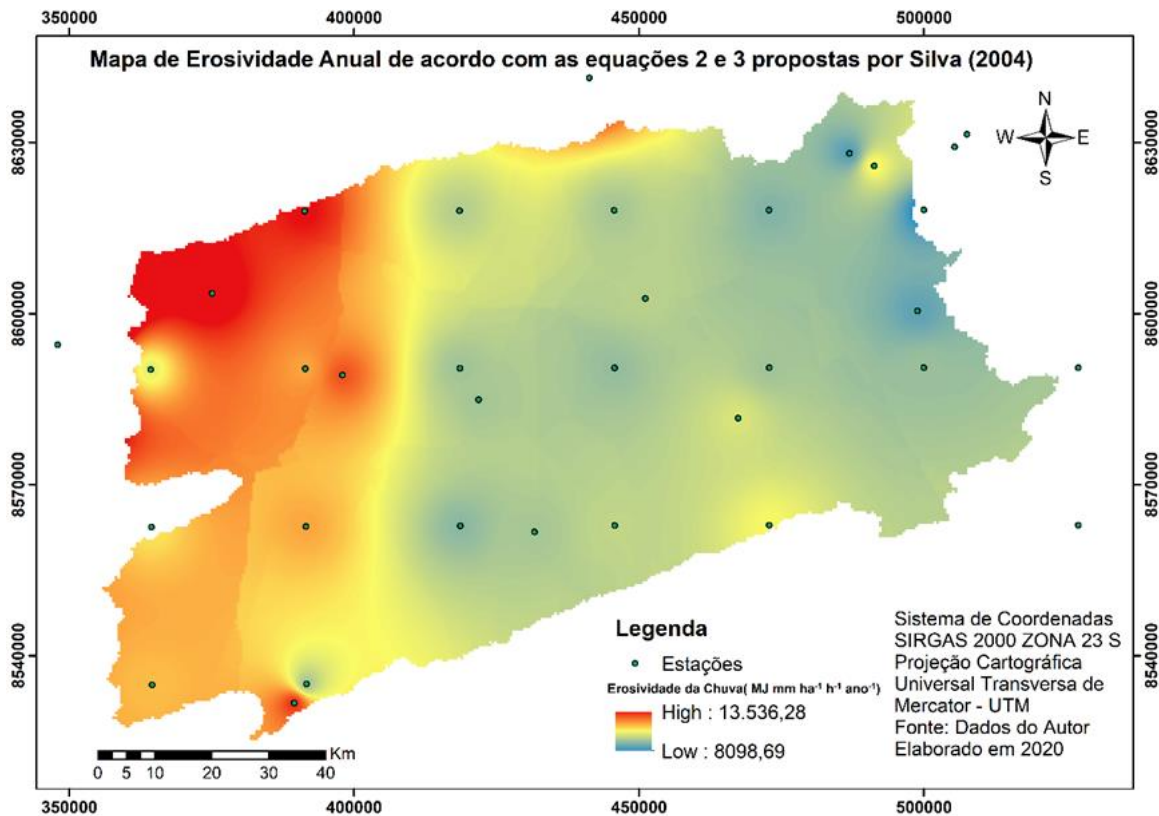


Figura 6. Mapa de Erosividade Anual ($\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$) das chuvas segundo Silva (2004).

Embora seja esperada a correlação entre regiões com maiores índices pluviométricos e a incidência de maiores taxas de erosividade, Mello et al. (2007) estabeleceram uma relação de independência entre a distribuição das chuvas e erosividade, inferindo que a quantidade excessiva de chuva não necessariamente resultará em maiores índices EI30, já que este fator associa-se a concentração de chuvas, e estas dependem das características climáticas e influência de fatores associados à circulação atmosférica.

Além das condições climáticas, o uso e ocupação do solo apresenta grande influência no aumento das taxas de erosividade, como também observado por Batista et al. (2021), que verificou que as maiores taxas de perda de solo encontram-se nas regiões de maior intervenção antrópica da região do Vale do Ribeira Paulista.

No que tange a classificação da severidade dos índices erosivos, foi utilizada a tabela adaptada por Carvalho (1994), a partir da proposição de Foster et al. (1981).

Tabela 2. Classes para interpretação da erosividade média anual do *Fator R*. Fonte: Carvalho (1994).

Erosividade ($\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$)	Classificação de erosividade
$\text{EI30} \leq 2452$	Baixa Erosividade
$2452 < \text{EI30} \leq 4905$	Média Erosividade
$4905 < \text{EI30} \leq 7357$	Erosividade Média-forte
$7357 < \text{EI30} \leq 9810$	Forte Erosividade
$\text{EI30} > 9810$	Erosividade Muito Forte

A grande divergência entre os métodos utilizados também pode ser observada na classificação do *Fator R*. Segundo o método proposto por Wischmeier e Smith, 24 estações apresentaram baixa erosividade e 10 média

erosividade, sendo que os valores de Silva classificam toda a bacia com erosividade muito forte. Xavier et al. (2019) estimando a erosividade da chuva por diferentes métodos e seu impacto na equação universal de perdas de solo, no semiárido

pernambucano, também observaram que os valores obtidos por Silva foram maiores que aqueles calculados por Wischmeier e Smith, concluindo que ambas as metodologias são viáveis na identificação de áreas prioritárias para a mitigação da erosão.

Outro aspecto importante, é que os maiores índices de erosividade ocorreram no período chuvoso, que corresponde aos meses de novembro a março, período que coincide com o início de preparo do solo e semeadura das culturas anuais como soja e milho, que representam a maior atividade econômica da região.

A região oeste da Bahia está inserida na região conhecida como MATOPIBA, intensa produtora de soja, onde o Brasil é um dos maiores exportadores, ocupando o segundo lugar no ranking mundial (CONAB, 2019). Sendo assim, à

adoção de medidas de prevenção a perda de solo são essenciais, visto que o estudo indica alta erosividade das chuvas nesta região.

Analisando o uso e ocupação do solo em 2018 (Figura 7), é possível perceber que as áreas de agricultura coincidem com as regiões que apresentaram as maiores médias anuais de precipitação e os maiores índices de erosividade. Estes resultados indicam a necessidade de adoção de práticas conservacionistas que minimizem as perdas do solo e o cultivo mínimo ou plantio direto, além da urgência de subsídios ao controle de erosão hídrica, tendo em vista que muitas regiões com intensa atividade agrícola estão alocadas geralmente em áreas com altos potenciais erosivos (Batista et al., 2021).

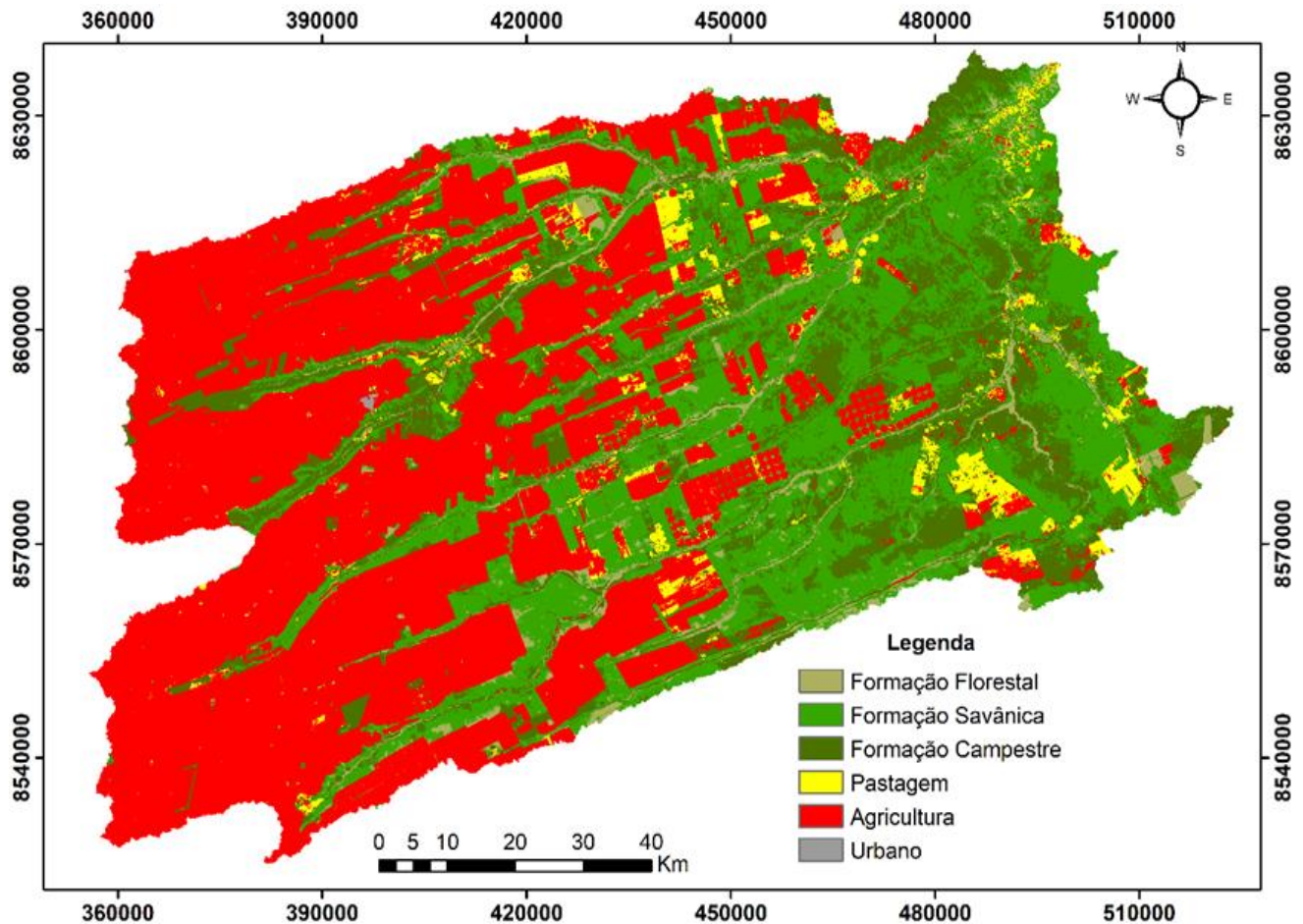


Figura 7. Mapa de uso e cobertura do Solo da bacia hidrográfica dos Rios Galheirão e Roda Velha em 2018.

Os valores do período de retorno e da probabilidade de ocorrência determinados para os maiores índices de erosividade mensal observados ($3.492,31 \text{ MJ ha}^{-1}.\text{mm.h}^{-1}$ – estação Sítio Grande) para EI30 foram de 1 ano e 95%, respectivamente (Tabela 3). Portanto, espera-se para este local, com

uma probabilidade de 95%, um valor do índice anual de erosividade igual ou superior a $3.492,31 \text{ MJ}$ pelo menos uma vez a cada ano.

Para o maior índice de erosividade anual observado segundo o método de Fournier Modificado ($20.897,04$) para a Estação Aurora do

Norte (tabela 3), os valores foram, respectivamente, de 1 ano e de 95% de probabilidade. Acredita-se, por essa razão, que

ocorra, com uma probabilidade de 95%, um valor do índice anual de erosividade igual ou superior a 20.897,04 pelo menos uma vez a cada 1 ano.

Tabela 3. Erosividade média mensal, probabilidade de ocorrência e período de retorno, para a bacia hidrográfica dos Rios Galheirão e Roda Velha no período de 2000 a 2019.

Ordem	T (anos)	Pr	Ei30 – Estação Sítio Grande	Fournier Modificado – Estação Aurora Norte
1	21	5%	849,65	6,230.5778
2	11	10%	931,87	6,321.3416
3	7	14%	1.010,17	9,993.7147
4	5	19%	1.078,47	10,030.9234
5	4	24%	1.208,39	10,462.6736
6	4	29%	1.237,59	10,724.3152
7	3	33%	1.252,35	11,088.3819
8	3	38%	1.265,62	11,277.6428
9	2	43%	1.387,78	12,144.7421
10	2	48%	1.423,12	12,410.2386
11	2	52%	1.438,14	12,620.2048
12	2	57%	1.468,63	12,931.5409
13	2	62%	1.626,97	13,072.1887
14	2	67%	1.703,78	14,401.7556
15	1	71%	1.720,15	17,835.6259
16	1	76%	1.912,49	18,931.0232
17	1	81%	1.962,79	19,633.8885
18	1	86%	1.982,06	19,756.3566
19	1	90%	3.375,89	19,961.4484
20	1	95%	3.492,31	20,897.0400

Conclusão

A erosividade anual da chuva para a bacia hidrográfica dos Rios Galheirão e Roda Velha apresentou valores de até 13.536,28 MJ mm.ha⁻¹.h⁻¹ por ano. Segundo a classificação de Carvalho (1994), os índices erosivos da bacia são considerados de baixa e média erosividade. Os maiores valores correspondem as áreas de acentuada atividade agrícola, que são mais intensas na cabeceira bacia.

O método de Wischmeier e Smith (1965) apresentou valores inferiores quando comparados ao método de Silva (2004). Porém, os dois métodos apontaram os maiores índices de perda de solo nas áreas de cultivo.

Os meses de maiores índices erosivos correspondem aos meses com maiores lâminas precipitadas (novembro a março), o que indica correção positiva entre erosividade e pluviometria. Espera-se que o valor médio anual de erosividade (20.897,04 MJ ha⁻¹.mm.h⁻¹) ocorra, aproximadamente, a cada 1 ano, com probabilidade de 95%.

As informações obtidas acerca do potencial erosivo na bacia hidrográfica dos rios Galheirão e Roda Velha são fundamentais para o planejamento de uso e manejo sustentável do solo, além oferecer suporte à implementação de ações que visem mitigar os processos erosivos.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado.

Referências

- AGROLINK. Estatísticas agropecuárias. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/regional/ba/correntina/estatistica>. Acesso em: jul, 2020.
- Almeida, W. S. D., Carvalho, D. F. D., Panachuki, E., Valim, W. C., Rodrigues, S. A., & Varella, C. A. A.2016.Erosão hídrica em diferentes sistemas de cultivo e níveis de cobertura do solo. Pesquisa Agropecuária Brasileira,51,1110-1119.

- <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2016000900010>
- Aquino, C. M. S., Oliveira, J. G. B., Sales, M. C. L. 2006. Estimativa da erosividade das chuvas (R) nas terras secas do Estado do Piauí, *Revista Ciência Agronômica* 37, 287-291.
- Ashagbor, G., Forkuo, E. K., Laari, P., Aabeyir, R. 2013. Modeling Soil Erosion Using RUSLE and GIS Tools. *International Journal of Remote Sensing & Geoscience* 2, 7-17.
- Back, A. J., Poletto, C. 2018. Distribuição espacial e temporal da erosividade das chuvas no estado de Santa Catarina, Brasil, *Revista Brasileira de Climatologia* 22, 1-23. <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v22i0.56914>
- Brady, N. C., Weil, R. R. 2013. Elementos da Natureza e Propriedades dos solos. Bookman, Porto Alegre, 716p
- Barros, E. N. S., Viola, M. R., Rodrigues, J. A. M., Mello, C. R., Avanzi, J. C., Giongo, M. 2018. Modelagem da erosão hídrica nas bacias hidrográficas dos rios Lontra e Manoel Alves Pequeno, Tocantins. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* 13, 1-9. DOI:10.5039/agraria.v13i1a5509
- Batista, R. A. W.; Nery, L. M.; Matus, G. N.; Simonetti, V.C.; Silva, D. C. C. 2021. Estimativa do fator de Erosividade do solo na região do Vale do Ribeira Paulista, Brasil. *Formação (Online)*, 28 (53), 441-460.
- Cardoso, Y. S., Lopes, M. R., de Assis Silva, S., Alves, D. I., de Souza Lima, J. S. . Distribuição e incerteza da precipitação pluviométrica e do potencial erosivo das chuvas para o Estado da Bahia, Brasil. *Revista Engenharia na Agricultura*, 26(2), 149-159. <https://doi.org/10.13083/reveng.v26i2.835>
- Carvalho, N. O. 1994. Hidrossedimentologia prática. CPRM, Rio de Janeiro, 600p.
- CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. 1980. Drenagem urbana: manual de projeto. DAEE/CETESB, São Paulo, 452.
- Coelho, E. F., Silva, J. D., Souza, L. D. 2000. Mamão produção: aspectos técnicos. Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, Brasília, 76p.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento, 2019. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos Safra 2018/19 - Oitavo Levantamento. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/infoagro/safras/graos/buletin-da-safra-degraos>. Acesso em: nov. 2020.
- Costa Filho, W. D., Demétrio, J. G. A. 2007. Comportamento das bacias sedimentares da região semi-árida do Nordeste brasileiro – Meta C. CPRM/FINEP, 90p.
- 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, 224-233. <https://doi.org/10.1590/1678-4499.0363>
- Foster, G. R., McCool, D. K., Renard, K. G., Moldenhauer, W. C. 1981. Conversion of the universal soil loss equation to SI metric units. *Journal of Soil and Water Conservation* 36, 355-359
- Francisco, Al. B. Análise espaço-temporal da erosividade das chuvas na bacia do Rio Capivara-SP. 2020. *Revista Tocantinense de Geografia*, 9(8), 01-09. <https://doi.org/10.20873/rtg.v9n18p01-0>
- França, M. V.; de Medeiros, R. Mainar; DE A. Wagner R. Erosividade na bacia hidrográfica do rio Ipojuca, PE-Brasil. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 7, p. 1-22, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i7.489>
- Gonçalves, R. D., Engelbrecht, B. Z., Chang, H. K. 2017. Evolução da contribuição do Sistema Aquífero Urucuia para o Rio São Francisco, Brasil. *Águas Subterrâneas*, 32(1), 1-10. <https://doi.org/10.14295/ras.v32i1.28916>
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2010. Cidades. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em fev. 2020
- Lense, G. H. E., Moreira, R. S., Parreiras, T. C., Santana, D. B., Bolelli, T. M., Mincato, R. L. 2020. Water erosion modeling by the Erosion Potential Method and the Revised Universal Soil Loss Equation: a comparative analysis. *Ambiente & Água* 15, 1-11. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2501>
- Mapbiomas. 2020. Coleção v4. Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil. Disponível em: <http://mapbiomas.org>. Acesso em: jan. 2020.
- Martins, W. L. D., Blanco, C. J. C., Melo, A. M. Q. 2020. Potencial erosivo das chuvas nos estados do Maranhão e Pará via análise da distribuição espacial da erosividade. *Geoambiente On-line* 36, 1-18
- Mello, C. R. D., Sá, M. A. C. D., Curi, N., Mello, J. M. D., Viola, M. R., Silva, A. M. D. 2007. Erosividade mensal e anual da chuva no Estado de Minas Gerais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 42, 537-545.
- Morais, L. F. B., Silva, V., Naschenveng, T. M. C., Hardoin, P. C., Almeida, J. E. L., Weber, O. L. S., Boel, E., Durigon, V. 1991. Índice EI30 de chuva e sua relação com o coeficiente de chuva do sudoeste de Mato Grosso. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas 15, 339- 344.

- Pinto, G. S., Servidoni, L. E., Lense, G. H. E., Moreira, R. S., Mincato, R. L. 2020. Estimativa das perdas de solo por erosão hídrica utilizando o Método de Erosão Potencial. *Revista do Departamento de Geografia* 39, 62-71. <https://doi.org/10.11606/rdg.v39i0.160233>
- Pham, T. G., Degener, J., Kappas, M. 2018. Integrated universal soil loss equation (USLE) and Geographical Information System (GIS) for soil erosion estimation in A Sap basin: Central Vietnam. *International Soil and Water Conservation Research* 6, 99-110. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2018.01.001>
- Pruski, F. F., Silva, D. D., Teixeira, A. F., Cecílio, R. A., Silva, J. M. A., Griebeler, N. P. 2006. Hidros: dimensionamento de sistemas hidroagrícolas. Editora UFV, Viçosa, 259p.
- Reis, L. C., Silva, C. M. S., Bezerra, B. G., Spyrides, M. H. C. 2020. Caracterização da variabilidade da precipitação no MATOPIBA, região produtora de soja, *Revista Brasileira de Geografia Física* 13, 1425-1441.
- Silva, A. M. 2004. Rainfall erosivity map for Brazil. *Catena* 57, 251-259. DOI: 10.1016 / j.catena.2003.11.006
- Silveira, A. L. L. Equação para os coeficientes de desagregação de chuva. 2000. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos* 5, 143-147
- Souza, F. L. P., de Campos Leme, M., da Conceição Sartori, A. A., Manzato, C. L., & Campos, S. Geotecnologias na avaliação de perdas de solo. *IRRIGA*, v. 24, n. 3, p. 624-644, 2019. <https://doi.org/10.15809/irriga.2019v24n3p624-644>
- Strassburg, B. B. N., Feltranb., R., Iribarrem, A., Crouzeilles, R., Loyola. R., Soares, F. B. 2017. Moment of truth for the Cerrado hotspot. *Nature Ecology & Evolution* 1, 1-3. <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0099>
- Thoma, A. C., Santa, P. S., Oliveira, V. L., Oliveira, W. L., Prat, B. V., Silva, A. C. 2020. Avanços no desenvolvimento de equipamento para avaliação da erosão hídrica em laboratório. *Brazilian Journal of Development* 6, 61290-61300. DOI:10.34117/bjdv6n8-519
- Villela, S. M., Matos, A. 1975. Hidrologia aplicada. McGraw-Hill, São Paulo, 245p
- Xavier, D. S., Barros, A. H. C., Webber, D. C., Accioly, L. D. O., Marques, F. A., de Araújo Filho, J. C., & da Silva, A. B. 2019. Estimativa da erosividade da chuva por diferentes métodos e seu impacto na equação universal de perdas de solo, no semiárido pernambucano. *Embrapa Solos-Artigo em periódico indexado (ALICE)*.
- Wischmeier, W, H., Smith, D. D. 1965. Predicting Rainfall-Erosion Losses from Cropland East of the Rocky Mountains. *USDA Agriculture Handbook*, Washington D. C., 282p.
- Yang, W., Zhao, Y., Wang, D., Wu, H., Lin, A., He, L. 2020. Using principal components analysis and IDW interpolation to determine spatial and temporal changes of surface water quality of Xin'anjiang river in Huangshan, China. *International journal of environmental research and public health*, 17(8), 29-42. <https://doi.org/10.3390/ijerph17082942>
- Zachar, D. 1982. Soil erosion: developments in soil science. Elsevier Scientific, New York, 547p.