

Caracterização da agressividade e erosividade das chuvas em Ituporanga, Santa Catarina

Álvaro José Back¹, Juliane Garcia Knapik Justen² e Clístenes Antônio Guadagnin³

Resumo – As chuvas extremas são responsáveis por graves problemas de erosão e movimentos de massa, como escorregamentos e deslizamentos de solo. A erosividade da chuva é definida como a agressividade da chuva como agente erosivo. A estimativa da erosividade das chuvas é de grande importância para a avaliação da erosão do solo, planejamento de atividades agrícolas e práticas de manejo e conservação do solo. Com o objetivo analisar os índices de agressividade e erosividade da chuva de Ituporanga, SC, foram usados os dados mensais de precipitação pluviométrica do período de 1941 a 2021 da estação pluviométrica da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), localizada em Ituporanga, SC. Para o cálculo, foram usados os seguintes índices: Índice de Fournier (IF), Índice de Fournier Modificado (IFM), Índice de Erosividade Total (IET) e o Índice de Erosividade (EI_{30}). O IF médio obtido foi de 18,1, classificado como Baixa agressividade. O IFM foi de 123, classificado com Alta Agressividade. O IET é de 1060,39mm classificado com Baixa. O índice de erosividade EI_{30} é de 7549 MJ mm ha⁻¹h⁻¹ ano⁻¹, classificado como Alta. A variação anual da chuva determina valores e erosividade da chuva variando de 4.800 a 13.477 MJ mm ha⁻¹h⁻¹ ano⁻¹.

Termos de indexação: Precipitação; Conservação do solo; Erosão; Eventos extremos.

Characterization of the aggressivity and erosivity of the rains in Ituporanga, Santa Catarina

Abstract – Extreme rainfall is responsible for serious erosion problems and mass movements such as landslides. Rain erosivity is defined as the aggressiveness of rain as an erosive agent. Estimating rainfall erosivity is important for evaluating soil erosion and planning agricultural activities, management, and conservation practices. To analyze the aggressiveness and erosivity indices of rain in Ituporanga, SC, monthly rainfall data from 1941 to 2021 from the rainfall station of the National Water and Basic Sanitation Agency (ANA), located in Ituporanga, SC were used. The Fournier Index (IF), Modified Fournier Index (IFM), Total Erosivity Index (IET), and the Erosivity Index (EI_{30}) were calculated. The average FI obtained was 18.1, which is classified as low aggressiveness. The IFM was 123, classified as High Aggressiveness. The IET is 1060.39mm, which is classified as low. The EI_{30} erosivity index is 7549MJ mm ha⁻¹h⁻¹ year⁻¹, classified as High. The annual rainfall variation determines rainfall erosivity values ranging from 4800 to 13477MJ mm ha⁻¹h⁻¹ year⁻¹.

Index terms: Precipitation; Soil conservation; Erosion; Extreme events.

Introdução

O clima na Região Sul do Brasil e, em especial, no estado de Santa Catarina, é marcado pela ocorrência de eventos meteorológicos extremos, relacionados principalmente à ocorrência de chuvas. As chuvas intensas são responsáveis por desencadear vários desastres naturais, como inundações e deslizamentos de terra (ESCOBAR et al., 2016). A erosão do solo e os deslizamentos de terra são apontados como uma das principais preocupações ambientais em várias regiões do mundo (LUKIC et al., 2016;

HLALELE; 2019; BAECHER & BRAVO, 2019; BALLABIO et al., 2017)

A erosão hídrica é uma das principais causas de degradação do solo e perdas de áreas agricultáveis, causando ainda a poluição dos recursos hídricos e o assoreamento de rios e reservatórios (SADEGHI et al., 2017).

A erosão do solo depende de uma série de fatores, como declividade, erodibilidade do solo, uso e cobertura do solo, práticas de manejo do solo e erosividade da chuva. A erosividade da chuva é definida como a agressividade da chuva como agente erosivo e está rela-

cionada com a energia cinética da chuva (CASTELÁN VEGA et al., 2014; COMAN et al., 2019).

O conhecimento da agressividade das chuvas em uma região permite realizar o zoneamento de diferentes áreas de acordo com seu potencial erosivo e planejar o uso adequado do solo de acordo com o risco de erosão (RAMIREZ-ORITZ et al., 2007; LIMA et al., 2021). O conhecimento da sazonalidade e dos valores locais da agressividade da chuva é crucial para tomada de decisão e implementação de medidas preventivas e medidas de controle de erosão (HAZ-

Recebido em 16/10/2023. Aceito para publicação em 17/11/2023.

<https://doi.org/10.52945/rac.v36i3.1766>

¹ Engenheiro-agrônomo, Dr. em Engenharia de Recursos Hídricos, Pesquisador da Epagri, Estação Experimental de Urussanga, email: ajb@epagri.sc.gov.br

² Engenheira Florestal, MSc. em Ciências Florestais, Epagri, Gerência Regional de Rio do Sul, email: julianeknapik@epagri.sc.gov.br

³ Engenheiro-agrônomo, Dr. em Agronomia, Epagri, Gerência Regional de São Miguel do Oeste, email: guada@epagri.sc.gov.br

BAVI & SADEGHI, 2016; DAVUDIRAD et al., 2016).

Diferentes índices têm sido propostos para determinar a erosividade das chuvas, dentre os quais se destaca o índice EI_{30} , que relaciona a erosão do solo com a energia cinética da chuva. Este índice é utilizado na Equação Universal de Perdas de Solos por erosão hídrica (EUPS) (RENARD et al., 1997). No entanto, para o cálculo EI_{30} , há necessidade de dados de intensidade de chuva de curta duração poucas vezes disponíveis. Dessa forma, outros índices foram propostos com base na precipitação mensal, como o índice de Fournier (IF) e o índice de Fournier Modificado (IFM) (ESSEL et al., 2016; LIMA et al., 2021).

Na região do Vale Itajaí predominam Cambissolos e Argissolos, que se caracterizam pela suscetibilidade a erosão, que é agravada pelo relevo ondulado e forte ondulado (EMBRAPA, 2004). O cultivo da cebola é a principal atividade agrícola e está presente em 36% dos estabelecimentos agropecuários do município de Ituporanga, SC, conhecido como a Capital Nacional da Cebola. Essa atividade é responsável por gerar empregos e renda para as famílias de vários municípios da região (IBGE, 2017).

Pinto dos Santos et al. (2022) ressaltam que a olericultura é uma atividade que em geral degrada o solo devido a suas frequentes e intensas operações de preparo do solo, destacando que no cultivo da cebola o solo é manejado com grande mobilização mecânica por meio de arações, gradagens e muitas vezes o uso de enxada rotativa. Os autores destacam que esse manejo do solo é comum no cultivo da cebola no Vale do Itajaí, SC, e pode resultar em degradação extrema levando até a perda integral do horizonte superficial por erosão.

Visando minimizar esses impactos negativos sobre o solo, técnicas de cultivo com a adoção de práticas conservacionistas, como o sistema de plantio direto (SPD), particularmente em hortaliças, denominado de SPD de hortaliças (SPDH), têm sido promovidas para reduzir as perdas de solo por erosão hídrica

(LOSS et al., 2015). No entanto, a erosão dos solos é um problema ambiental que afeta negativamente a produtividade e a qualidade das águas da região. Este trabalho teve como objetivo aplicar e comparar os índices de agressividade e erosividade das chuvas de Ituporanga, SC.

Material e métodos

O município de Ituporanga localiza-se no Vale do Rio Itajaí, SC, possui clima Subtropical Úmido, classificado pelo sistema de Köppen como clima Cfa, com temperatura média anual de 17,9°C e chuvas bem distribuídas ao longo do ano com médias mensais acima de 96mm (BACK, 2020).

Foram usados os dados de precipitação mensal da estação pluviométrica do município de Ituporanga, Santa Catarina, que pertence à Rede Hidrológica da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2023) e possui código 02749002. A localização da estação e área de estudo pode ser visualizada na figura 1. Foi utilizada a série de dados dos anos de 1941 a 2021 em

que algumas falhas em dados mensais foram preenchidas com dados das estações próximas, usando o método da ponderação regional (TUCCI, 2015).

Foi determinado o índice de agressividade de chuvas, denominado Índice de Fournier (IF) (FOURNIER, 1960), que é calculado por:

$$IF = \frac{P_{max}^2}{P} \quad (1)$$

Em que: IF = Índice de Fournier (mm); P_{max} = precipitação média mensal do mês mais chuvoso (mm); P = precipitação média anual (mm).

O Índice de Fournier Modificado (IFM) (ARNOLDUS, 1980), calculado por:

$$IFM = \frac{\sum_{i=1}^{12} P_i^2}{P} \quad (2)$$

Em que: IFM = Índice Fournier Modificado (mm); P_i = precipitação média mensal do mês i (mm); P = precipitação média anual (mm), i é mês.

A Agressividade da chuva pode ser classificada em função do IF e do IFM conforme Tabela 1.

O Índice de Erosividade Total (IET) foi proposto para considerar a distribui-

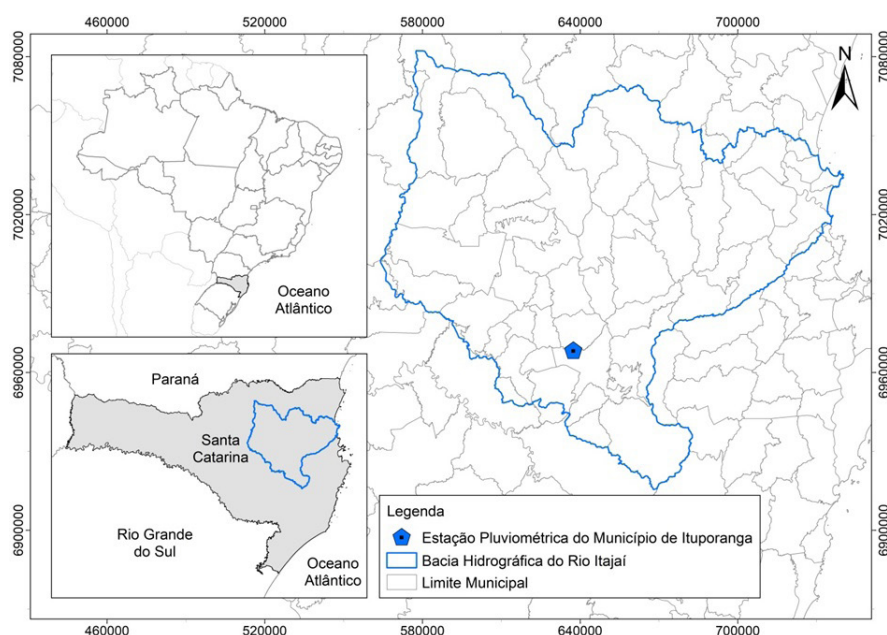


Figura 1. Localização da estação pluviométrica e área de estudo em Santa Catarina, Brasil
Figure 1. Location of the rain gauge station and study area in Santa Catarina State, Brazil

Tabela 1. Valores de referência do Índice de Fournier (IF) e Índice de Fournier Modificado (IFM)

Table 1. Reference values of the Fournier Index (IF) and Modified Fournier Index (IFM)

IF	IFM	Classificação
< 20	< 60	Muito baixo
20 -40	60 – 90	Baixo
40 – 60	90 – 120	Moderado
60 – 80	120 – 160	Alto
80-100	>160	Muito Alto
> 100	-	Extremamente Alto

Tabela 2. Classificação dos valores de Índice de Erosividade Total (IET) e EI₃₀

Table 2. Classification of Total Erosivity Index (IET) and EI₃₀ values

IET	EI ₃₀ MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹ ano ⁻¹	Classificação
-	<2500	Muito baixa
< 1500	2500 -5000	Baixa
1501 – 2500	5000 -7000	Moderada
2501 – 5000	7000-10000	Alto
>5000	>10000	Muito Alta

ção da chuva ao longo do ano (CASTELÁN VEGA et al., 2014). O IET pode ser calculado combinando o Índice de Concentração da Precipitação (ICP) e IFM pela expressão:

$$IET = IFM * ICP \quad (3)$$

Em que: IET = Índice de Erosividade Total; IFM = Índice de Fournier Modificado; ICP = Índice de Concentração da

Precipitação (OLIVER, 1980), calculado por:

$$ICP = 100 * \frac{\sum_{i=1}^{12} P_i^2}{(\sum_{i=1}^{12} P_i)^2} \quad (4)$$

O índice de erosividade de chuvas EI₃₀ foi calculado a partir das chuvas mensais com a equação ajustada com base nos dados pluviográficos de Itaipava, SC (BACK, 2020), que tem a seguinte expressão:

$$EI_{30} = 48,86 \frac{(P_i)^2}{P} + 68,74 \quad (5)$$

Em que: EI₃₀ = Índice de erosividade EI₃₀ (MJ mm ha⁻¹h⁻¹); Pi = precipitação média mensal (mm); P = precipitação média anual (mm)

Na Tabela 2 constam os valores limites para interpretação das classes de erosividade IET e EI₃₀.

Resultados e discussão

A precipitação média mensal variou de 93,0mm (no mês de abril) a 166,02mm (em janeiro), com média anual de 1522,7mm (Tabela 3). O índice de Fournier para as médias mensais foi de 18,1mm, classificado como “Muito Baixo (Tabela 1). O IF tem limitações como estimador do fator erosividade da chuva pelo fato de considerar apenas dados de um mês.

O IFM anual foi de 123,0mm, classificado como “Alto”. O IFM depende diretamente do regime de chuvas da região. Patriche et al. (2023), trabalhando com dados de precipitação da Romênia, encontraram IFM variando de 23 a 131, com média de 56,5. Boderbala et al. (2019) obtiveram IFM variando de 93 a 127 para 42 estações pluviométricas da Argélia. Di Lena et al. (2012) determinaram a agressividade da chuva para a região de Abruzzo na Itália e obtiveram IFM variando de 70 a 170. Velasco & Cortés (2009) analisaram o IFM para o estado de Sinaloa, no México, e encontraram valores de IFM variando de 48 a 230. Back et al. (2019) observaram que IFM para a Região Sul do Brasil varia de 148 a 350.

Quando os valores de IFM são avaliados por trimestre observa-se que a época com menores valores é de abril a junho, com 17,0% da IFM anual e os maiores valores ocorrem no trimestre janeiro a março, com 30,0% da IFM anual. Já Back et al. (2019), analisando dados de 181 estações pluviométricas do Sul do Brasil, também constataram variação sazonal significativa do IFM, com maiores valores no verão.

Tabela 3. Valores médios dos índices de agressividade erosividade de chuvas de Ituporanga, SC, Brasil (1977-2021)

Table 3. Average values of the aggressiveness and erosivity indices of rainfall in Ituporanga, SC, Brazil (1977-2021)

Período	Precipitação (mm)	IFM (mm)	ICP	IET (mm)	EI30 MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹ ano ⁻¹
Janeiro	166,0	18,1	1,2	21,5	931,0
Fevereiro	154,6	15,7	1,0	16,2	828,0
Março	116,5	8,9	0,6	5,2	504,9
Abril	93,0	5,7	0,4	2,1	386,4
Mai	103,0	7,0	0,5	3,2	455,0
Junho	103,6	7,0	0,5	3,3	440,3
Julho	116,1	8,9	0,6	5,1	565,9
Agosto	117,0	9,0	0,6	5,3	574,8
Setembro	152,4	15,3	1,0	15,3	835,5
Outubro	153,5	15,5	1,0	15,7	869,0
Novembro	109,8	7,9	0,5	4,1	483,1
Dezembro	137,2	4,1	0,8	3,3	675,4
Anual	1.522,7	123,0	8,6	1060,3	7549,3

O ICP apresentou valor anual de 8,6, indicando que a chuva apresenta distribuição “Uniforme”, isto é, sem concentração sazonal. Os resultados obtidos para Ituporanga estão de acordo com os observados por Back et al. (2020) que, ao analisarem dados de 208 estações pluviométricas da Região Sul do Brasil, constaram que os valores de ICP variaram de 8,4 a 10,0, o que indica distribuição sazonal uniforme. Velasco & Cortés (2009) destacam que o valor do ICP é de grande interesse, devido à incidência da precipitação sobre a erosão do solo, que gera uma dinâmica mais ativa quanto maior a concentração no período chuvoso. Os autores encontraram para o estado de Sinaloa (México) valores de ICP variando de 12,8 a 22,5 e mais de 80% do território tem ICP variando de 15 a 20, refletindo a precipitação concentrada em poucos meses. O Índice de Erosividade Total (IET) foi de 1060,3mm classificado como “Baixa” (Tabela 3).

O índice de erosividade da chuva EI_{30} apresentou valor anual de 7549,3MJ mm ha⁻¹h⁻¹ ano⁻¹, sendo classificado como “Alta”. O EI_{30} é muito usado como fator de erosividade da chuva na equação Universal de Perdas de Solos (EUPS) (WISCHMEIER & SMITH, 1978). Bertol (1994) destaca também que, além de seu papel como componente da USLE, esse fator R pode servir como parâmetro de suporte a trabalhos de extensão e assistência técnica rural, pois permite definir épocas críticas quanto à ocorrência da erosão. Back (2020) apresentou um mapa de erosividade de chuvas para Santa Catarina com valores variando de ligeiramente inferior 5.000MJ mm ha⁻¹h⁻¹ ano⁻¹ até valores ligeiramente superiores a 11.000MJ mm ha⁻¹h⁻¹ ano⁻¹. Ituporanga está na região com EI_{30} entre 6.000 e 7.000MJ mm ha⁻¹h⁻¹ ano, coerente com os resultados obtidos neste estudo.

No período de outubro a fevereiro ocorrem 61% das chuvas erosivas, indicando necessidade de maior proteção do solo e esforço no sentido de reforçar as práticas de manejo do solo e controle de erosão nesta época do ano.

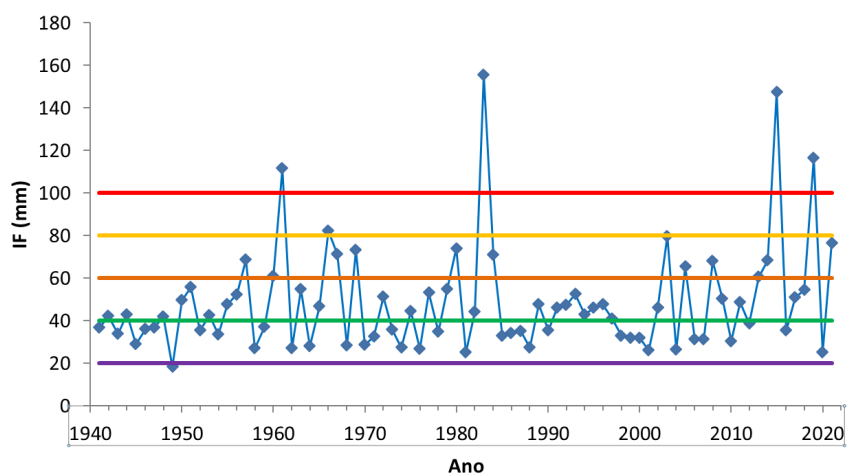


Figura 2. Variação anual do Índice de Fournier (IF) de Ituporanga, Santa Catarina, Brasil
 Figure 2. Annual variation of the Fournier Index (IF) of Ituporanga in Santa Catarina State, Brazil

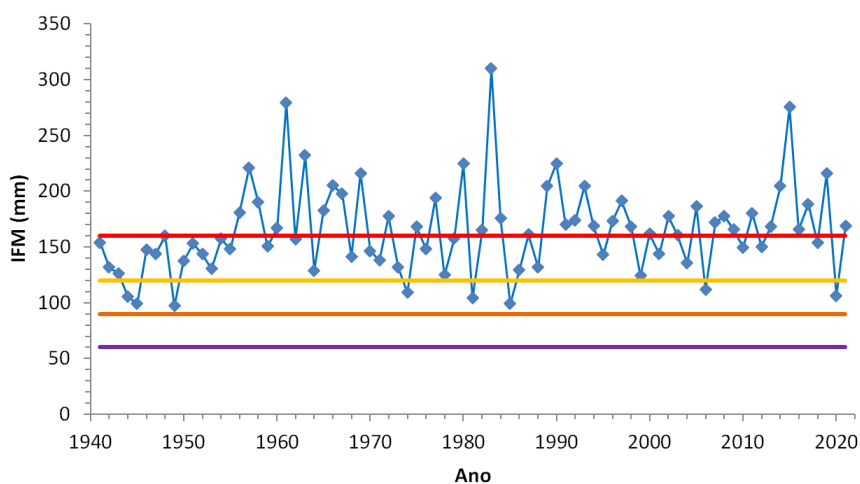


Figura 3. Variação anual do Índice de Fournier Modificado (IFM) de Ituporanga, Santa Catarina, Brasil
 Figure 3. Annual variation of the Modified Fournier Index (IFM) of Ituporanga in Santa Catarina, Brazil

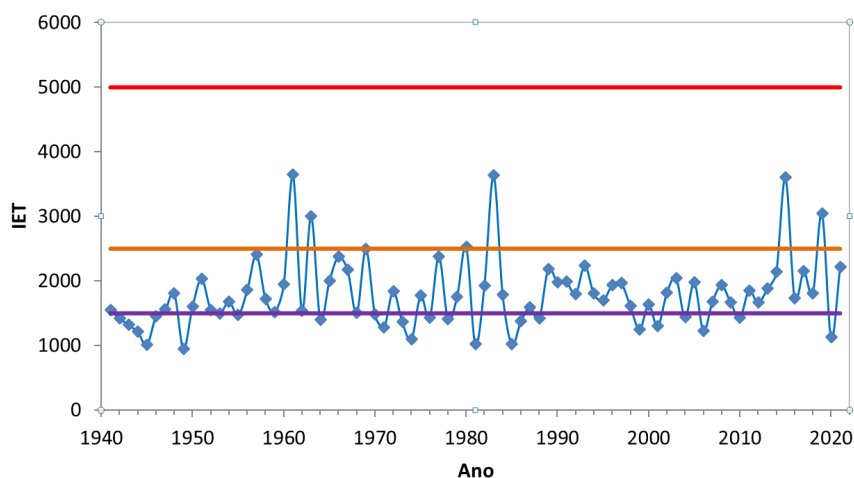


Figura 4. Variação anual do Índice de Erosividade Total (IET) de Ituporanga, Santa Catarina, Brasil
 Figure 4. Annual variation of the Total Erosivity Index (IET) of Ituporanga in Santa Catarina State, Brazil

Analisando a série de dados anuais de IF (Figura 2), observa-se que somente o ano de 1949 teve IF classificado como “Muito baixo”, enquanto que em 43,2% dos anos o IF foi classificado como “Baixo”, 34,6% o IF foi classificado como “Moderado”. As classes “Alta” e “Muito alta” tiveram respectivamente 14,8% e 1,2% dos anos. Uma média de 4,9% dos anos foi classificada como Extremamente Alta. Nos anos de 1983 e 2015 foram registrados valores de IF de respectivamente de 155,3mm e 147,49mm, discrepante com os demais anos. Nestes anos foram registrados eventos climáticos extremos em Santa Catarina, com registros de inundações e deslizamentos.

Nos valores anuais de IFM (Figura 3) observa-se respectivamente que 9,9% 38,3% e 51,8% dos anos foram classificados como agressividade “Moderada”, “Alta”, “Muito alta”. A constatação de que 90% dos anos apresentaram agressividade da chuva classificada como Alta ou Muito alta evidencia o potencial erosivo das chuvas da região.

Com a pequena variação do ICP verifica-se que o Índice de Erosividade Total (IET) é mais influenciado pelo IFM, com 32,1% dos anos classificados como “Baixa”, 60,5% na classe “Moderada” e

7,48% na classe “Alta” (Figura 4).

O EI_{30} anual (Figura 5) variou de 4800MJ mm ha⁻¹h⁻¹ ano⁻¹ a 13477MJ mm ha⁻¹h⁻¹ ano⁻¹, com respectivamente 3,7%, 35,8%, 54,3% e 6,2% dos anos as classes de erosividade “Baixa”, “Moderada”, “Alta” e “Muito alta”. Da mesma forma que o IFM, observa-se que 90% dos anos apresentaram índice de erosividade da chuva classificados como Alta ou Muito alta. Essa alta erosividade das chuvas ocorrendo em solos com declividade acentuada, sem cobertura vegetal e desestruturados pelas práticas de manejo adotadas no cultivo da cebola justificam a intensa erosão, como destacado por Pinto do Santos et al. (2022). Essa variação anual da erosividade também foi observada em vários estudos que determinaram a erosividade diretamente com dados de pluviógrafo. Muitos trabalhos mostram que alguns eventos de chuvas muito intensas são responsáveis pela maior proporção de erosão do solo (BACK & POLETO, 2017; TSITSAGI et al., 2018).

Conclusões

- O Índice de Fournier é de 18,1, classificado como Baixa Agressividade, enquanto o Índice de Erosividade Total

é de 1060,9mm, classificado com Baixa. O Índice de Fournier Modificado foi de 123, classificado com Alta Agressividade e o índice de erosividade EI_{30} é de 7549,3 MJ mm ha⁻¹h⁻¹ ano⁻¹, classificado como Alta.

- Apesar de IF e IET indicarem baixa agressividade e erosividade, os valores observados para IFM e EI_{30} e, principalmente a constatação de que mais de 90% dos anos, foram classificados como de erosividade Alta ou Muito alta e ressaltam a necessidade de adoção de práticas de conservação do solo para evitar processos erosivos.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO - ANA. **Hidroweb**: Sistemas de Informações Hidrológicas. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br>. Acesso em: 10 Jan. 2023.

ARNOLDUS, H.M. **An approximation of the rainfall factor in the Universal Soil Loss Equation**. In: Assessments of Erosion, John Wiley and Sons Ltd, p. 127-132, 1980.

BACK, Á.J. **Informações climáticas e hidrológicas dos municípios catarinenses** (com programa HidroClimaSC). Florianópolis: Epagri, 2020. 157p.

BACK, Á.J.; GONÇALVES, F.N.; FAN, F.M. Spatial, seasonal, and temporal variations in rainfall aggressiveness in the South of Brazil **Engenharia Agrícola**, v.39, n.4, p.466-475, 2019.

BACK, Á.J.; POLETO, C. Avaliação temporal do potencial erosivo as chuvas de Florianópolis-SC. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.21, p.264-283, 2017.

BACK, Á.J. ; SÔNEGO, M.; PEREIRA, J.R. Índices de concentração de chuvas na região Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.27, p.57-72, 2020.

BAECHELER, J.V.; BRAVO, B.S. **Analysis of aggressiveness rainfall in the Far North Of Chile**. E-proceedings of the 38th IAHR World Congress September 1-6, 2019, Panama City, Panama.

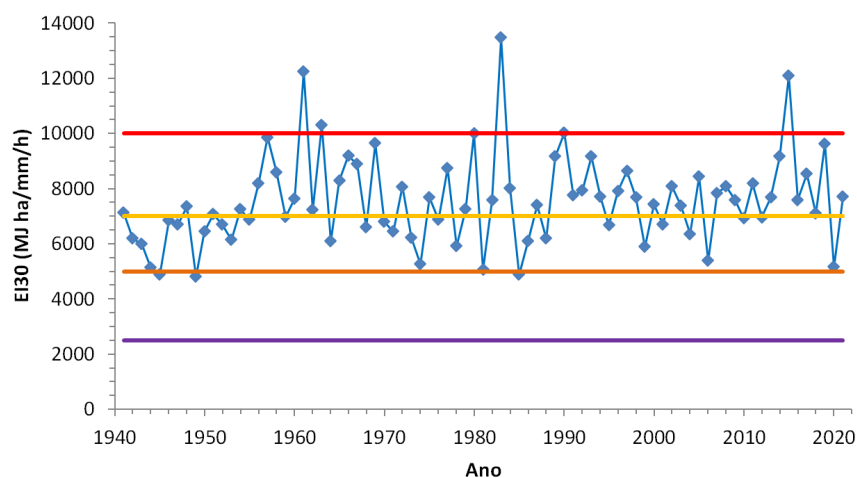


Figura 5. Variação anual do Índice de Erosividade (EI_{30}) de Ituporanga, Santa Catarina, Brasil

Figure 5. Annual variation in the Erosivity Index (EI_{30}) of Ituporanga in Santa Catarina State, Brazil

- BALLABIO, C.; BORRELLI, P.; SPINONI, J.; MEUSBURGER, K.; MICHAELIDES, S.; BEGUERÍA, S.; KLIK, A.; PETAN, S.; JANECEK, M.; OLSEN, P.; AALTO, J.; LAKATOS, M.; RYM-SZEWICZ, A.; DUMITRESCU, A.; PERCEC, M.; DIODATO, N.; KOSTALOVA, J.; ROUSSEVA, S.; BANASIK, K.; ALEWELL, C.; PANAGOS, P. Mapping monthly rainfall erosivity in Europe. **Science of the Total Environment**, v.579, p.1298-1315, 2017.
- BERTOL, I. Avaliação da erosividade da chuva na localidade de Campos Novos (SC) no período de 1981-1990. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, p.1453-1458, 1994.
- CASTELÁN VEGA, R.; FLORES, V. T.; FLEITES, G.; MONTALVO, A. C. Agresividad de las precipitaciones en la subcuenca del río San Marcos, Puebla, México. **Investigaciones Geográficas, Boletín**, n.83, p.28-40, 2014.
- COMAN, A.M.; LACATUSU, G.; MACSIM, A.M.; LAZAR, G. Assessment of soil erosion using Fournier Indexes to estimate rainfall erosivity. **Environmental Engineering and Management Journal**, v.18, n.8, p.1739-1745, 2019.
- DAVUDIRAD, A.A.; SADEGHI, S.H.; SADODDIN, A. The Impact of development plans on hydrological changes in the Shazand Watershed Iran. **Land Degradation & Development**, v.27, p.1236-1244, 2016.
- DI LENA, B.; ANTENUCCI, F.A.; VERGNI, L.; MARIANI, L. Analysis of the Climatic Aggressiveness of Rainfall in the Abruzzo Region. **Italian Journal of Agrometeorology**, v.1, p.33-44, 2013.
- EMBRAPA. **Solos do Estado de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004. 1384p.
- ESCOBAR, G.C.J.; SELUCHI, M.E.; ANDRADE, K. Classificação sinótica de frentes frias associadas a chuvas extremas no Leste de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.31, n.4, p.649-661, 2016
- ESSEL, P.; GLOVER, E.T.; YEBOAH, S.; ADJEIKYEREME, Y.; YAWO, I.N.D.; NYARKU, M.; ASUMADU-SAKYIM, G.S.; GBEDDY, G.K.; AGYRI Y.A.; AMEHO, E. M.; ATULE, E. Rainfall erosivity index for the Ghana Atomic Energy Commission site. **Springerplus**, v.5, n.465, 2016.
- FOURNIER, F. **Climat et erosion; la relation entre l'érosion du sol par l'eau et les précipitations atmosphériques**. Presses Universitaires de France, Paris, France. 1960.
- HAZBAVI, Z.; SADEGHI, S.H.R. Potential effects of vinasse as a soil amendment to control runoff and soil loss. **Soil**, v.2, p.71-78, 2016.
- HLALELE, B.M. Stochastic soil erosion risk modelling and simulation using Fournier Index. **Eco. Env. & Cons.**, v.25, p.S166-S172, 2019.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistemático da produção agrícola: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. 81p.
- LIMA, M.T.; OLIVEIRA, C.W.; MOURA-FÉ, M.M. Análise multicritério em geoprocessamento como contribuição ao estudo da vulnerabilidade à erosão no estado do Ceará. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.14, n.5, p.3156-3172, 2021.
- Loss, a.; Basso, a.; Oliveira, b.s.; Koucher, I. p.; Oliveira, r.a.; Kurtz, c.; Lovato, p.e.; Curmi, p.; Brunetto, g.; Comin, j.j. Carbono orgânico total e agregação do solo em sistema de plantio direto agroecológico e convencional de cebola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.39, p.1212-1224, 2015
- LUKIĆ, T.; LEŠČEŠEN, I.; SAKULSKI D.; BASARIN, B. JORDAAN, A. Rainfall erosivity as an indicator of sliding occurrence along the Southern Slopes of the Bačka Loess Plateau: A case study of the Kula Settlement, Vojvodina (North Serbia). **Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences**, v.11, n.2, p.303-318, 2016.
- OLIVER, J.E. Monthly precipitation distribution: A comparative index. **The Professional Geographer**, v.32, n.3, p.300-309, 1980.
- PATRICHE, C.V.; ROS, CA, B.; PÎRNĂU, R.G.; VASILINIUC, I.; IRIMIA, L.M. Simulation of Rainfall Erosivity Dynamics in Romania under Climate Change Scenarios. **Sustainability**, v.15, n.2, 1469, 2023. Doi: <https://doi.org/10.3390/su15021469>
- PINTO DOS SANTOS, V.; BERTOL, I. SANTOS, A.P.; KURTZ, C.; WOLSHICK, N.H.; BAGGIO, B.; WROBLESKI, F.A.; PRAZERES, M.S. Erosão hídrica no cultivo da cebola influenciada pelo manejo do solo e cobertura por resíduo cultural. **Ciência del Suelo**, v.40, n.2, p.185-195, 2002.
- RAMIREZ-ORTIZ, F.A.; HINCAPIÉ-GÓMEZ, E.; SADEGHIAN-KHALAJABADI, S.; PEREZ-GÓMEZ, U. Erosividad de las lluvias en la Zona Cafetera Central y Occidental del Departamento de Caldas. **Cenicafé**, v.58, n.1, p.40-52, 2007.
- RENARD, K.G.; FOSTE, G.R.; WEESIES, G.A.; MCCOOL, D.K.; YODER, D.C. **Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)**. U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook No. 703, 404 pp. 1997.
- SADEGHI, S.H., ZABIHI, M., VAFAKHAH, M.; HAZBAVI, Z. Spatiotemporal mapping of rainfall erosivity index for different return periods in Iran. **Natural Hazards**, v.87, n.1, p.35-56, 2017.
- TSITSAGI, M.; BERDZENISHVILI, A.; GUGESHASHVILI, M. Spatial and temporal variations of rainfall-runoff erosivity (r) factor in Kakheti, Georgia. **Annals of Agrarian Science**, v.16, n.2, p.226-235, 2018.
- TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: Ciência e aplicação**. Porto Alegre. Ed. Universidade/UFRGS, 2015. 943p.
- VELASCO, I.; CORTÉS, G. Índices de Fournier modificado y de concentración de la precipitación, como estimadores del factor de riesgo de la erosión, en Sinaloa, México. Avances en estudios sobre desertificación: aportaciones al Congreso Internacional sobre Desertificación, 1, 2009. **Anais[...]**. Murcia, Espanha. p.431-434
- WISCHMEIER, W.H., SMITH, D.D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning**. U.S Department of Agriculture, Agr. Handbook, 537:1-58, 1978.