



Chuvas máximas e a erosividade do período chuvoso (2011-2020) no município de Pau dos Ferros, semiárido potiguar, Brasil

Maximum rainfall and erosivity during the rainy season (2011-2020) in the municipality of Pau dos Ferros, semi-arid region of Rio Grande do Norte, Brazil

Ana Beatriz da Silva¹   ; Andreza Tacyana Felix Carvalho²  

¹ Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró, RN, Brasil.

² Departamento de Geografia, Campus Avançado Pau dos Ferros, e Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró, RN, Brasil.

E-mail: beatrizsilva.mg16@gmail.com

E-mail para correspondência: andrezafelix@uern.br

Recebido (Received): 24/03/2023

Aceito (Accepted): 20/10/2023

Resumo: A intensidade e o volume das chuvas são fatores determinantes nos processos erosivos, especialmente no semiárido, onde esse fenômeno ocorre de forma concentrada durante um período específico do ano. Em Pau dos Ferros, no Rio Grande do Norte, desafios como inundações e perda de solo são evidentes, destacando a carência de estudos recentes sobre erosividade. Assim, considerando que essa lacuna compromete a base necessária para práticas conservacionistas e uma compreensão aprofundada desses processos, esse trabalho objetiva analisar a variação no padrão de erosividade mensal do quadrimestre chuvoso do município, entre os anos 2011 e 2020. Para isso, utiliza dados diários de chuvas, aplicação de equações de coeficiente de chuva, de intensidade, duração e frequência, além de índices de erosividade históricos e estimados, e classificação do tipo de erosividade mensal das chuvas. Os resultados mostraram que o quadrimestre chuvoso de Pau dos Ferros esteve concentrado de fevereiro a maio, com os dois primeiros meses sendo os mais significativos em precipitação anual acumulada (1.358,5 mm e 1.410,6 mm) e coeficientes de chuvas; e também, que as chuvas máximas de 15 minutos representam maior erosividade imediata em comparação com as de 30 minutos, que indicam maior poder acumulativo. Além disso, a erosividade mensal estimada para fevereiro e março superou a média histórica, enquanto abril e maio se mantiveram próximos do esperado. Por fim, espera-se que esse estudo possa subsidiar ações de planejamento territorial, além de incentivar pesquisas adicionais sobre a relação erosividade, tipos de solo e uso da terra.

Palavras-chave: Intensidade das chuvas; Quadrimestre chuvoso; Erosividade mensal; Erosão pluvial.

Abstract: The intensity and volume of rainfall are determining factors in erosive processes, especially in the semi-arid regions where this phenomenon occurs concentrated during a specific period of the year. In Pau dos Ferros, Rio Grande do Norte, challenges such as floods and soil loss are evident, highlighting the lack of recent studies on erosivity. Thus, considering that this gap compromises the necessary foundation for conservation practices and a thorough understanding of these processes, this work aims to analyze the variation in the monthly erosivity pattern during the rainy season in the municipality, between the years 2011 and 2020. To achieve this, it uses daily rainfall data, application of equations for rainfall coefficient, intensity, duration, and frequency, as well as historical and estimated erosivity indices, and classification of the type of monthly rainfall erosivity. The results showed that the rainy season in Pau dos Ferros was concentrated from February to May, with the first two months being the most significant in annual accumulated precipitation (1,358.5 mm and 1,410.6 mm) and rainfall coefficients, as well as que the rains of, no more that fifteen minutes, represent a bigger immediate erosivity if compared to the ones of thirty-minute-long, which indicates a greater cumulative power. Furthermore, the estimated monthly erosivity for February and March exceeded the historical average, while April and May remained close to expectations. Finally, it is expected that this study can support territorial planning actions, in addition to encouraging additional research on the relationship between erosivity, soil types and land use.

Keywords: Rain intensity; Rainy quadrimester; Monthly erosivity; Pluvial erosion.

1. Introdução

A ocorrência das chuvas associadas às ações antrópicas age diretamente na capacidade e velocidade de mudanças da dinâmica da paisagem, impactando na retroalimentação do fluxo hídrico no escoamento nos canais fluviais, e nos processos de erosão, transporte e deposição de materiais sedimentares. Na região do Semiárido brasileiro, esses processos são bem particulares, uma vez que o período chuvoso acontece de forma concentrada entre os meses de fevereiro a maio e a estação seca entre os meses de agosto a outubro (PINHEIRO; BRISTOT; LUCENA, 2010; MARENGO *et al.*, 2011), e que sua distribuição varia de uma área para outra, podendo divergir em quantidade mensal e anual em diferentes localidades (ALMEIDA, 2003, p. 835).

Santos e Montenegro (2012) citam que essas chuvas concentradas, principalmente, durante os meses de verão, são precipitações de fortes intensidades em um curto período, podendo ser responsáveis por significativos processos erosivos. E, “embora diferentes variáveis geoambientais tornem o terreno suscetível à erosão, a quantidade e intensidade de chuva que cai em uma área atua como o mecanismo estímulo que pode iniciar o movimento de solo, detritos, e outros estéreis a jusante” (VIJITH; DODGE-WAN, 2019, p. 15), em representação da erosividade (SANTOS *et al.*, 2010).

A erosividade da chuva é descrita como uma interação entre a energia cinética das gotas de chuva e a superfície do solo, representando o potencial da chuva e enxurrada na produção da erosão do solo, exercendo, assim, grande influência nos processos erosivos, principalmente em ambientes tropicais (SANTOS NETO E CHRISTOFARO, 2019). Alguns estudos consideram que esse tipo de erosão pode ser um dos maiores problemas ambientais, determinando a redução da produtividade agrícola, mas também, exercendo impacto negativo no ecossistema circundante, como aumento da atividade de deslizamento de terra, sedimentação do reservatório, difusão de contaminantes e outros ecossistemas (BACK; POLETO, 2017; DASH *et al.*, 2019).

Segundo Silva Neto (2015), a previsão de perdas de solo e, conseqüentemente, a produção de sedimentos nas bacias hidrográficas, são indispensáveis para um planejamento que abranja a conservação do solo e da água, como demonstram resultados encontrados por Oliveira Júnior e Medina (1990), Dias e Silva (2003), Cassol *et al.* (2008), Galdino (2015), Trindade *et al.* (2016), Santos Neto e Christofaro (2019), Irianti, Nasrul e Syahza (2020), Mello *et al.* (2020) e Silva *et al.* (2020). Nesse sentido, considerando a deficiência de séries de dados históricos diários e horários de precipitação para diversas áreas do Semiárido, o desenvolvimento e a aplicação de equações de intensidade, duração e frequência de chuvas máximas (Equação IDF) vem permitindo um planejamento mais seguro na definição de medidas frente aos processos erosivos, como apontam os estudos de Damé (2008), Martins *et al.* (2010), Fachine Sobrinho *et al.* (2014), Santos (2015) e Ogassawara e Oliveira (2017).

Entende-se que a definição de valores de intensidades de chuvas do período chuvoso anual relacionada ao seu poder de erosão dão subsídios para compreender a erosividade. Schick *et al.* (2014) destacam que, com esse tipo de conhecimento, é possível planejar medidas mais eficientes de controle da erosão hídrica por meio da cobertura do solo para os períodos em que as chuvas apresentam os maiores valores de erosividade. Nesse sentido, considerando, sobretudo, que as regiões semiáridas são mais sensíveis a processos hidrológicos e sustentabilidade dos recursos hídricos do que as regiões úmidas (DJOUKBALA; MAZOUR; HASBAIA, 2018; CAVALCANTE, 2018), esse trabalho tem como objetivo, analisar a variação no padrão de erosividade mensal do quadrimestre chuvoso ocorrente na última década (2011 a 2020) no município de Pau dos Ferros, localizado no semiárido do estado brasileiro do Rio Grande do Norte.

A escolha por esse município ocorre, pois, além de o mesmo apresentar chuvas concentradas com intensidades variadas, de ser acometido por problemas de inundações e alagamentos em sua área urbana (VILAÇA; COSTA, 2022), e de perdas de solo em sua zona rural (AIRES *et al.*, 2022). O cenário se agrava pela ausência de estudos específicos que possam fornecer embasamento técnico para o planejamento de ações voltadas à conservação do solo e ao controle territorial conforme preconiza o Plano Diretor Municipal, regulamentado pela Lei Complementar nº 016/2021.

Quanto ao período de análise, que compreende os anos 2011 a 2020, a escolha se justifica pelo estudo prévio de Santos (2015), sobre a erosividade em Pau dos Ferros que se baseou em dados pluviométricos de 1964 a 2013. Nesse sentido, diante das demandas e impactos resultantes das dinâmicas socioambientais em curso na região, tornou-se imperativo ampliar o entendimento desse processo para os anos subsequentes.

Desse modo, deve-se caracterizar o quadrimestre chuvoso sucedido entre os anos de 2011 a 2020, apontar diferentes intensidades máximas de chuvas e seus respectivos índices de erosividade e, por fim, relacionar a variação do potencial de erosão das chuvas máximas e do período chuvoso em comparação às suas médias históricas, proporcionando uma visão mais clara das mudanças ocorridas no padrão da erosividade ao longo

do tempo. A partir disso, acredita-se que os resultados obtidos possam contribuir para os estudos de preservação ambiental, direcionados à redução dos impactos erosivos, e também para o conhecimento da dinâmica das chuvas máximas e dos períodos críticos para o planejamento de intervenções de conservação do solo na localidade, permitindo uma abordagem mais assertiva e adaptada às condições específicas da região.

2. Material e métodos

2.1. Localização e caracterização da área de estudo

O município de Pau dos Ferros possui área de 259,96 km², está localizado na Mesorregião Oeste Potiguar do estado do Rio Grande do Norte, especificamente, na microrregião de Pau dos Ferros (**Figura 1**), que é composta por 17 municípios, sendo Pau dos Ferros o mais populoso, com população de 27.745 habitantes (IBGE, 2010; SANTOS *et al.*, 2014; GURGEL; MEDEIROS, 2018).

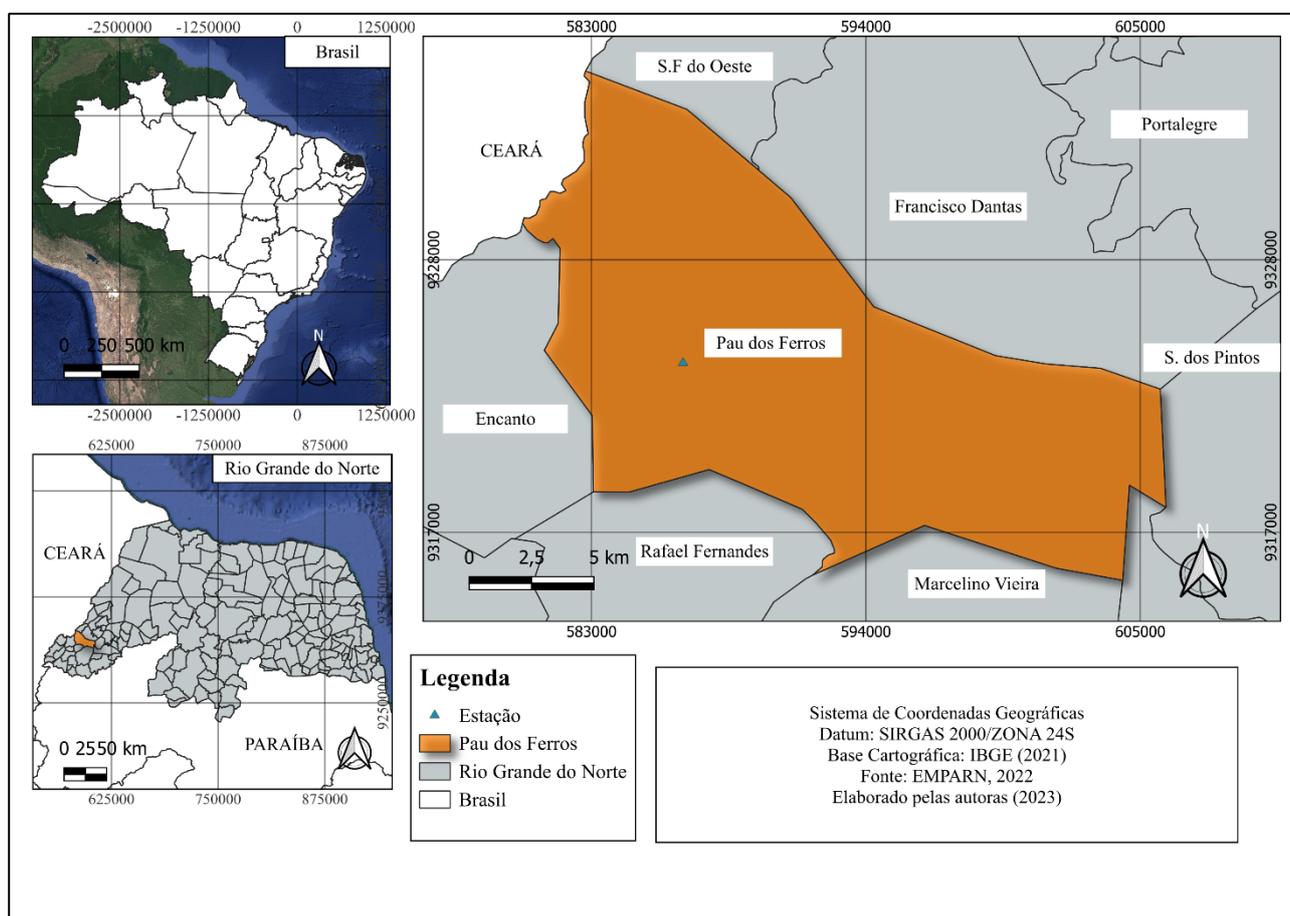


Figura 1: Localização do município de Pau dos Ferros – RN, com destaque para estação pluviométrica local. Fonte: Elaboração própria (2023).

Em termos geológicos, o município está inserido no Domínio Jaguaribeano, constituído pelos litotipos do Complexo Jaguaretama, composto de ortognaisses graníticos a granodioríticos, gnaisses bandados e migmatitos com intercalações de mármore, gnaisses anfibolíticos, quartzitos, xistos e rochas calcissilicáticas. Além disso, há a predominância da Suíte Serra do Deserto, composta por anfibólio-biotita-augengnaisses graníticos a granodioríticos (PFALTZAGRAFF; TORRES, 2010).

A geomorfologia da localidade encontra-se sob unidade morfoestrutural do Cinturão Orogênico Brasileiro e está inserido na unidade morfoescultural da Depressão Sertaneja, sob as áreas aplainadas da subunidade da Depressão Interplanáltica do Apodi-Mossoró. Essas feições estão associadas às estruturas cristalinas metamorfozadas e desgastadas, assumindo, assim, formas planificadas e montanhosas (ALVES, 2014; DINIZ *et al.*, 2017).

O clima predominante no município é identificado como do tipo Semiárido, com temperatura média anual de 26,7 °C e precipitação média de 827 mm anuais, concentrados entre os meses de fevereiro a maio (SANTOS *et al.* 2021). Todavia, conforme clarificação de Novais e Machado (2023), esta área está sob o

Domínio climático equatorial nordestino do Brasil em subdomínio do tipo seco (Eq**neb), onde ocorre precipitações médias anuais de 501 a 1600mm e evapotranspiração potencial média anual entre 1155mm a 1945mm.

Sobre os tipos de solo, segundo o levantamento exploratório de reconhecimento de solos do estado do Rio Grande do Norte, realizado por Jacomine *et al.* (1971), estão presentes, no município de Pau dos Ferros, o argissolo vermelho – amarelo equivalente eutrófico, luvisso e neossolo litólico eutrófico, podendo, ainda, serem encontrados, conforme Queiroz (2014), podzólico vermelho amarelo equivalente eutrófico, que dispõe de uma alta fertilidade e drenagem, além do latossolo vermelho-amarelo, planossolo háplico e planossolo nátrico.

Com relação aos aspectos hidrográficos, seu território está inserido na Bacia Hidrográfica do rio Apodi-Mossoró, abrigando áreas vegetadas típicas de caatinga hiperxerófila, de caráter mais seco, com abundância de cactáceas e plantas de porte mais baixo e espalhadas, se destacando as espécies de mimosa tenuiflora (jurema-preta), combretum leprosum mart (mufumbo), cnidoscolus phyllacanthus (faveleiro), croton blanchetianus baill (marmeleiro), pilosocereus gounellei (xique-xique) e pilosocereus pachycladus Ritter (facheiro) (LORENZZI, 1992; 1998; IDEMA, 2008).

2.2. Coleta de dados, identificação do quadrimestre chuvoso e da erosividade de chuvas intensas

O levantamento de dados históricos das chuvas diárias ocorridas no município de Pau dos Ferros entre os anos de 2011 a 2020 são provenientes da estação Pau dos Ferros (código 638041, localizada sob as coordenadas UTM: Zona 24M, 586671,00m E – 9323832,00m S) (**Figura 1**). Esses dados foram disponibilizados por meio de relatórios anuais e diários pela Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN). Vale ressaltar que, apesar de serem dados de pluviômetro, a escolha dessa estação se justifica por ser a única em funcionamento na área de estudo, contendo em seu banco de dados a série histórica pluviométrica diária desses últimos dez anos, não existindo inclusive, dados diários horários.

A partir disso, visando identificar o quadrimestre chuvoso do município, os dados coletados passaram por uma organização e tratamento em planilha eletrônica. Para isso, foram observados os intervalos mensais anuais de maiores concentrações das chuvas a partir dos acumulados pluviométricos mensais e, em seguida, calculadas as suas respectivas médias mensais e anuais. Posteriormente, foram calculadas as médias mensais e anuais dos totais pluviométricos.

De posse dessas informações, pôde-se, então, apontar os coeficientes de chuva para cada mês do quadrimestre chuvoso durante os anos de 2011 a 2020. Para realizar esse cálculo, foi aplicada a equação proposta por Fournier (1960), com modificações introduzidas por Lombardi Neto e Moldenhauer (1992) (**Equação 1**).

$$c = p^2/P \quad \text{Eq. 1}$$

Onde:

Cc= coeficiente de chuva (mm); p= precipitação média mensal(mm); P= precipitação média anual (mm)

Com relação à quantificação da intensidade das chuvas máximas, foi feita a aplicação de equação de intensidade, duração e frequência de chuvas máximas (Equação IDF) elaborada por Santos (2015), para os tempos de retorno de 2, 5, 10, 20, 25, 50 e 100 anos em paralelo às durações de 15 e 30 min, que são consideradas as de maior possibilidade de causarem erosão devido as suas curtas durações e altas intensidades (**Equação 2**). Importante ressaltar que a equação IDF foi concebida a partir da desagregação de chuvas diárias entre os anos de 1964 e 2013, com base em coeficientes de proporcionalidade devido à falta de registros de precipitações diárias por meio de pluviógrafo.

$$I = \frac{760,427T^c}{(t + 9,778)} \quad \text{Eq. 2}$$

Onde:

I= intensidade pluviométrica; T= tempo de retorno, anos; t = duração da precipitação em minutos.

Já para o entendimento da erosividade, iniciou-se com a identificação da energia cinética e da energia cinética do segmento, esta última que representa a parte de cada chuva máxima, e foram aplicadas as **Equações 3 e 4**. Elas serviram para identificação do potencial de erosão que a chuva pode causar, levando

em consideração parte delas para as durações de 15 e 30 minutos.

$$E_c = 0,119 + 0,0873 \cdot \log(I) \quad \text{Eq. 3}$$

$$E_{cs} = E_c \cdot h \quad \text{Eq. 4}$$

Onde:

E_c = energia cinética da chuva; I = intensidade da chuva no segmento considerado; E_{cs} = energia cinética do segmento; h = altura pluviométrica do segmento (mm).

Para conhecer o potencial de erosividade da intensidade das chuvas máximas identificadas, empregou-se a equação do índice de erosão estabelecida por Wischmeier (1959) e, Wischmeier e Smith (1978) para as intensidades máximas de 15 e 30 minutos (**Equações 5 e 6**):

$$EI15 = E_{ct} \times I15 \quad \text{Eq. 5}$$

$$EI30 = E_{ct} \times I30 \quad \text{Eq. 6}$$

Onde:

EI = índice de erosividade ($\text{MJ mm}^{-1} \text{ha}^{-1} \text{h}^{-1}$); E_c = energia cinética (MJ ha^{-1}); $EI30$ = intensidade máxima em 30 minutos (mm/h); $EI15$ = intensidade máxima em 15 minutos (mm/h).

De posse desses resultados, foi realizada a estimativa da erosividade de cada chuva máxima sendo consideradas como chuvas erosivas, as chuvas individuais iguais ou superiores a 10 mm e, ainda, chuvas inferiores, ocorridas em pouco tempo, mas com a possibilidade erosiva com volume igual ou superior a 6 mm (WISCHMEIER E SMITH, 1978). Em seguida, para o conhecimento do fator erosividade mensal (R) do quadrimestre chuvoso, utilizou-se a Equação de Wischmeier e Smith (1978), considerando sua aplicação em trabalhos desenvolvidos áreas de semiárido (SANTOS, 2015; XAVIER *et al.* 2019; SOUZA *et al.*, 2020; MEDEIROS *et al.*, 2022) (**Equação 7**):

$$R = \Sigma EI30 = 67,355 * \left(\frac{p^2}{P}\right)^{0,85} \quad \text{Eq. 7}$$

Onde:

R = erosividade das chuvas; $EI30$ = média mensal do índice de erosividade das chuvas ($\text{MJ mm}^{-1} \text{ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{mês}^{-1}$); p = precipitação média mensal (mm); P = precipitação média anual (mm)

Por último, para conduzir a análise comparativa da erosividade mensal durante o período de estudo, admitiu-se como referência os valores históricos das médias das erosividades mensais de Pau dos Ferros, conforme relatado por Santos (2015). Em seguida, foram calculadas as médias das erosividades mensais estimadas durante a década e sua aderência à média histórica, para posteriormente relacioná-las com a classificação de erosividade da chuva média mensal proposta por Carvalho (1997) (**Tabela 1**).

Tabela 1: Classes de erosividade da chuva média mensal

Classes de erosividade	Valores de erosividade mensal (R)
	$\text{MJ mm}^{-1} \text{ha}^{-1} \text{h}^{-1}$
Muito baixa	$R < 250$
Baixa	$250 < R < 500$
Média	$500 < R < 700$
Alta	$700 < R < 1.000$
Muito alta	$R > 1.000$

Fonte: Carvalho, 1997.

3. Resultados e discussão

A partir das informações e dados coletados, os resultados e suas discussões são divididos em duas partes. A primeira, denominada ‘Caracterização do quadrimestre chuvoso do município entre os anos de 2011 a

2020 e os seus respectivos coeficientes de chuva', apresenta a variação da ocorrência de chuvas e de seus totais precipitados para os meses do quadrimestre chuvoso identificado, mostrando inclusive a sua relação com os coeficientes de chuva mostrando com isso, o potencial de erosão em cada mês chuvoso. Já a segunda parte, 'Intensidades máximas de chuvas e o padrão de erosividade nos períodos chuvosos de 2011 a 2020', aborda a relação entre a intensidade, o potencial erosivo das chuvas máximas de 15 e 30 minutos, assim como, discute a questão da variação da erosividade mensal dessas chuvas ocorrentes no quadrimestre chuvoso em comparação às suas médias históricas.

3.1. Caracterização do quadrimestre chuvoso do município entre os anos 2011 a 2020 e os seus respectivos coeficientes de chuva

A partir da observação dos 10 anos de dados de precipitações, constatou-se que os meses que apresentaram as maiores concentrações de totais pluviométricos foram fevereiro, março, abril e maio, com média mensal de 135,9 mm, 141,1 mm, 102,0 mm, 70,0 mm, respectivamente. Já os meses que evidenciaram os menores totais pluviométricos foram agosto, com média de 0,7 mm; setembro, com média de 3,4 mm; outubro, com média de 11,0 mm; e novembro, com média de 4,8 mm (**Figura 2**).

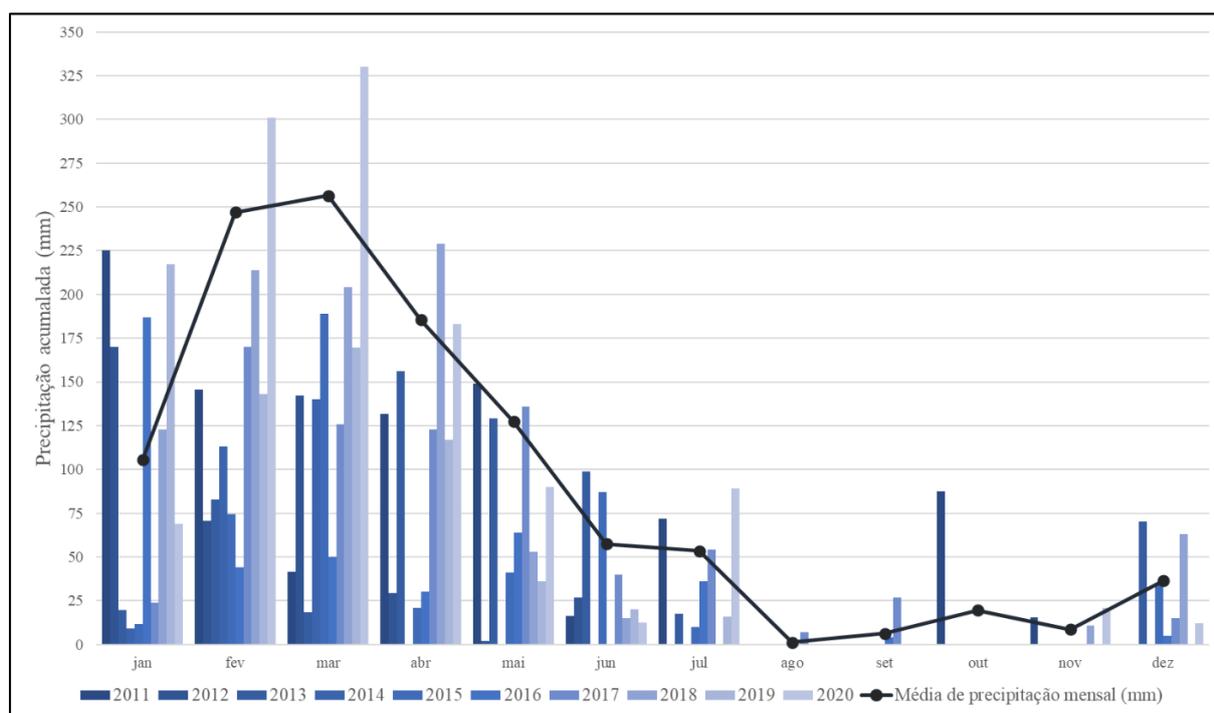


Figura 2: Gráfico das precipitações acumuladas mensais entre os anos de 2011 e 2020 e suas respectivas médias mensais. Fonte: Elaboração própria (2022), a partir de dados da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte – EMPARN, 2020.

Ainda na **Figura 2**, com relação à distribuição das precipitações pluviométricas ao longo dos anos, percebe-se que, em concordância com o que descrevem Gurgel e Medeiros (2018), o primeiro semestre do ano é o mais chuvoso em Pau dos Ferros. Com isso, aponta-se os meses de fevereiro, março, abril e maio como o seu quadrimestre chuvoso, sendo março o mês de maior acumulado pluviométrico na década (1.410,6 mm), seguido do mês de fevereiro (1.358,5 mm).

Com isso, verifica-se que 2020 foi o ano com o maior índice pluviométrico anual, registrando 1.107,5 mm. Esse valor ultrapassa a precipitação média anual esperada para o semiárido, que é igual ou inferior a 800 mm, conforme indicado pela Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (Sudene) (2021). Além disso, Gurgel e Medeiros (2018) e Santos *et al.* (2021) apontam uma média de 827,0 mm para o município, estando dentro do previsto por Novais e Machado (2023). Quanto à média anual do total precipitado na década, observou-se o registro de 652,8 mm, sendo o ano de 2014 o mais crítico, apresentando apenas 262,0 mm.

Nesse contexto, um estudo abordando a seca no semiárido de 2012 a 2015, conduzido por Marengo, Cunha e Alves (2016), revela que, no período de 2010 a 2015, apenas em 2011 houve uma precipitação acumulada acima da média. Contudo, esse ano foi sucedido por déficits de precipitação mais severos em

2012, persistindo até 2014 e resultando em extensas áreas afetadas pela escassez hídrica. Essa sequência aponta para uma natureza multianual da seca atual, cujos primeiros indícios datam de 2010.

Verifica-se, na **Figura 3**, que referente às distribuições das chuvas para o mês de fevereiro nos anos 2011 a 2020, os seus maiores índices de dias chuvosos foram nos dias 18 de 2017 (120 mm), 6 de 2019 (45 mm), 19 de 2012 (43 mm), 25 de 2018 (40 mm), 17 de 2013 (53 mm), 18 (86 mm) e 25 (44 mm), de 2020.

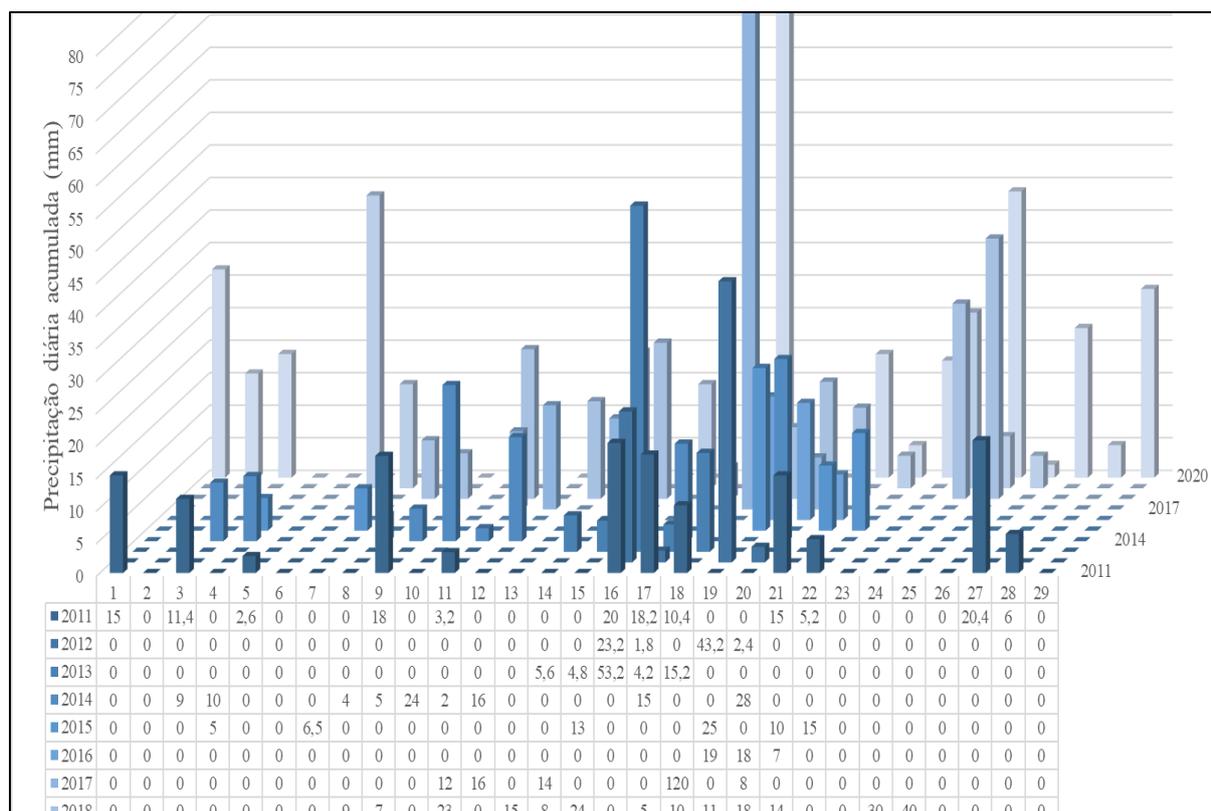


Figura 3: Gráfico das precipitações diárias dos meses de fevereiro no período de 2011 a 2020. Fonte: Elaboração própria (2022) a partir de dados da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte – EMPARN, 2020.

Ainda conforme a **Figura 3**, os registros do mês de fevereiro de 2016 apresentaram apenas dois dias com chuvas e de baixo valor precipitado. Em contrapartida, no ano de 2017, em um único dia, choveu 120 mm, apresentando, após este evento, intervalos de dias sem chuva com mais de cinco dias reconhecidos como veranicos, evidenciando-se, assim, uma variabilidade e a forma como as chuvas são mal distribuídas no tempo e no espaço. Os veranicos são os períodos da estação chuvosa que apresentam pouca ou nenhuma chuva durante a estação, com intervalos acima de cinco dias de estiagem, podendo causar sérios problemas para as atividades agropecuárias (SILVA; RAO, 2002; MAGALHÃES *et al.*, 2019; VASCONCELOS *et al.*, 2019; ROCHA *et al.*, 2020).

Com relação ao mês de março, os anos que demonstraram os maiores totais pluviométricos foram 2014, 2015, 2018 e 2020 (**Figura 2**). Dentre esses anos, destaca-se o de 2020 com o seu maior acumulado pluviométrico (330 mm) em que se registrou 68 mm no dia 5 e 81 mm no dia 25. Vale ainda salientar que o citado mês mostrou elevada média mensal anual de 141,1 mm (**Figura 4**).

No mês de março de 2020, observou-se a presença de eventos de veranicos, especialmente no início de sua primeira quinzena. Cabe destacar que não somente para este ano, mas também para todos os demais estudados, houveram dias consecutivos sem chuva no quadrimestre chuvoso, sendo algo característico da região. No entanto, ao se fazer a comparação dos registros dos meses de fevereiro com os de março, pode-se constatar que, em março, ocorreram chuvas mais regulares e com maior total pluviométrico (**Figuras 3 e 4**). Acerca disso, indica-se que esse fato pode estar associado à intensidade das chuvas durante os dois primeiros meses do quadrimestre chuvoso (fevereiro e março), em decorrência da maior atividade das massas de ar durante este período.

Sobre o mês de abril, como mostra a **Figura 5**, os anos com os maiores índices pluviométricos foram 2011, 2013, 2015, 2018 e 2020, podendo ser observado que, no ano de 2013, as maiores chuvas se concentraram nos dias 20, 25 e 26. Essa concentração de chuvas entre os dias 17 e 25 de abril de 2013

ocorrida na localidade, pode ser justificada a partir da formação de uma zona anticiclônica que atuou entre o Nordeste e Norte do Brasil (INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS; 2013; CARVALHO, 2020).

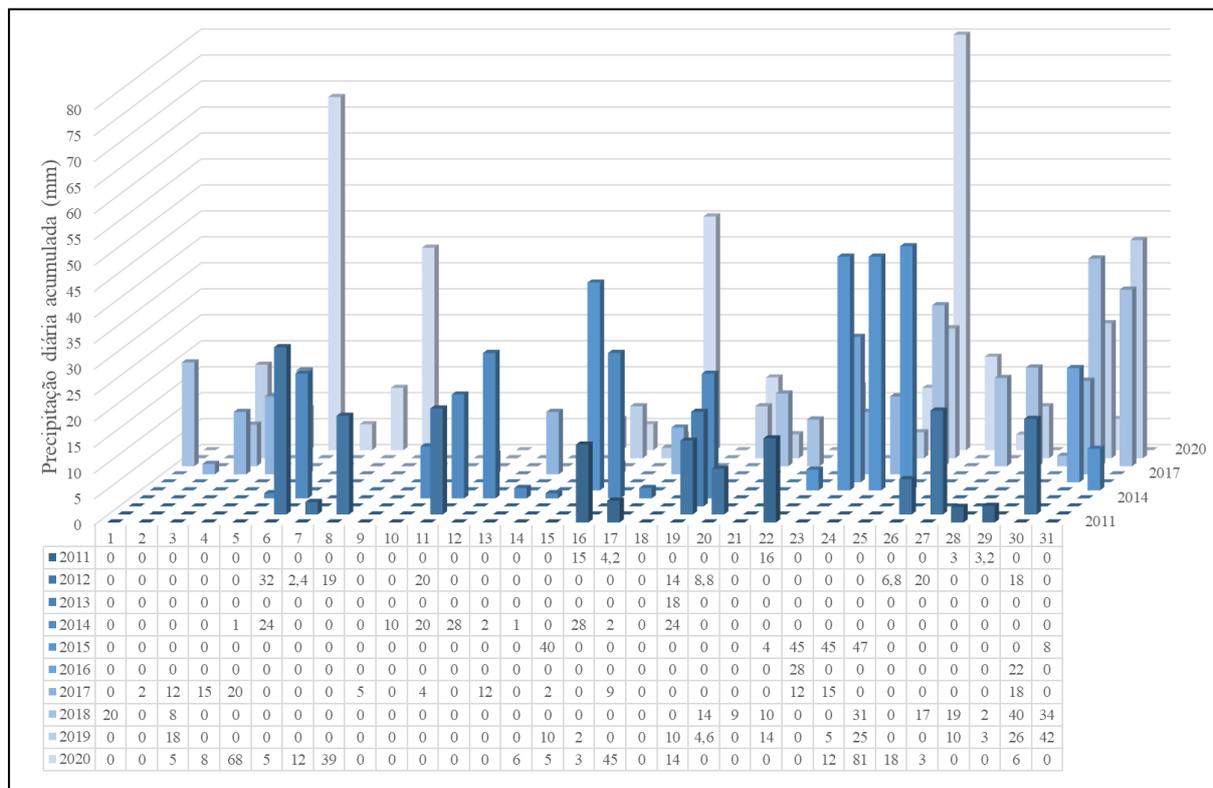


Figura 4: Gráfico das precipitações diárias dos meses de março no período de 2011 a 2020. Fonte: Elaboração própria (2022) a partir de dados da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte – EMPARN, 2020.

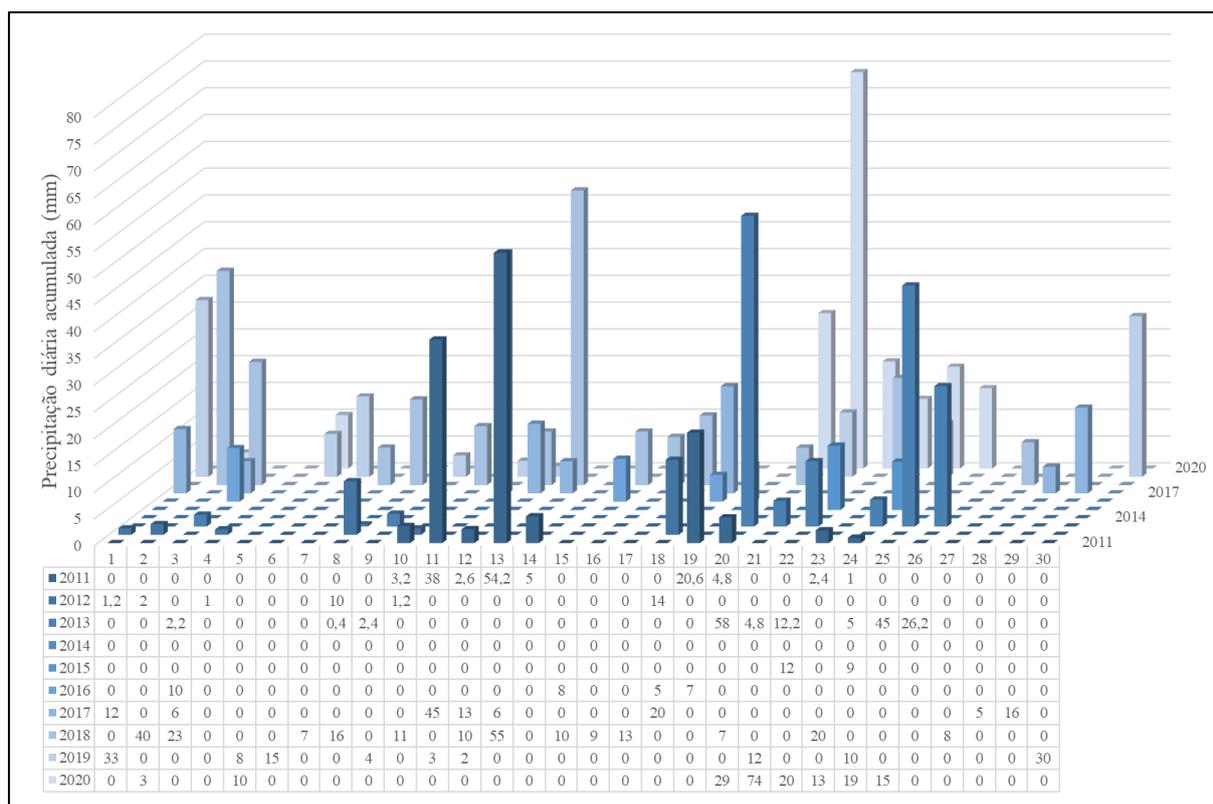


Figura 5: Gráfico das precipitações diárias dos meses de abril no período de 2011 a 2020. Fonte: Elaboração própria (2022) a partir de dados da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte – EMPARN, 2020.

No que se refere ao mês de maio, os maiores totais precipitados foram registrados no dia 13 do ano de 2013 (80 mm) e dia 12 no ano de 2017 (73 mm). A partir dos históricos pluviométricos, nota-se que a ocorrência da menor média pluviométrica mensal (70,0 mm) do quadrimestre chuvoso é característica desse mês (**Figuras 2 e 6**).

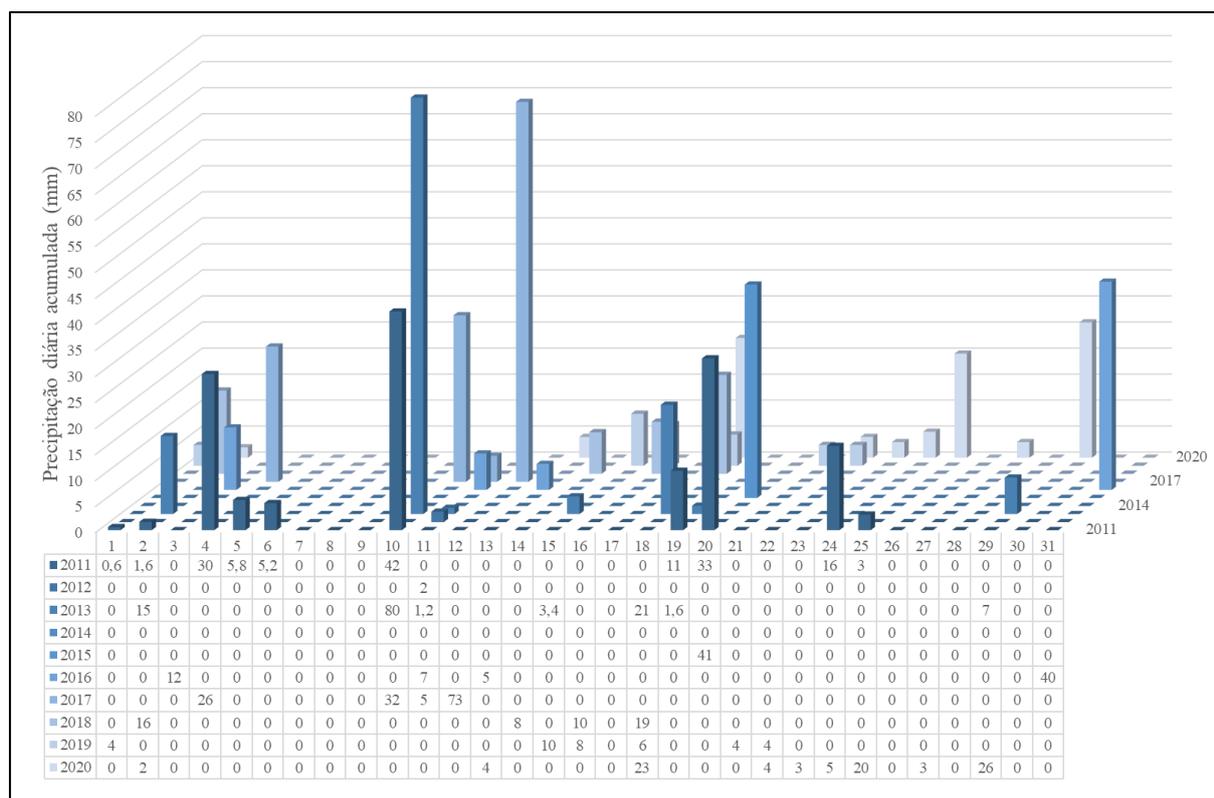


Figura 6: Gráfico das precipitações diárias acumuladas dos meses de maio no período de 2011 a 2020. Fonte: Elaboração própria (2022) a partir de dados da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte – EMPARN, 2020.

Desse modo, por meio do coeficiente de chuva, observa-se que os meses de fevereiro e março foram os que apresentaram maiores suscetibilidades à perda de solo, em virtude de ambos serem os de elevados volumes pluviométricos, tendo destaque o mês de março (**Tabela 2**).

Tabela 2: Valores dos coeficientes de chuva correspondentes ao quadrimestre chuvoso do período de 2011 a 2020.

Mês/Ano	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Fevereiro	448,6	900,5	566,0	1396,7	845,5	944,1	549,2	434,8	551,8	358,0
Março	483,7	970,8	610,2	1505,8	911,6	1017,9	592,1	468,8	595,0	386,0
Abril	253,1	508,0	319,3	788,0	477,0	532,6	309,8	245,3	311,3	202,0
Mai	119,1	239,0	150,2	370,8	224,5	250,6	145,8	115,4	146,5	95,0

Fonte: Elaboração própria (2022).

Nos meses de abril e maio, embora apresentem menor incidência de chuvas em comparação com os meses anteriores, não podemos descartar a possibilidade de que essas precipitações contribuam para processos erosivos. É crucial considerar a duração, intensidade e frequência ao longo do tempo, além de sua influência subsequente aos processos iniciados pelas chuvas dos meses precedentes. Conforme destacado por Zhang *et al.* (2014), Santos *et al.* (2016a) e Santos *et al.* (2016b), a umidade do solo resultante das chuvas anteriores, pode propiciar o escoamento superficial e a geração de sedimentos.

Sobre a atuação das chuvas ao longo da década, observa-se que os anos com maiores coeficientes de chuva foram 2012, 2014 e 2016. Apesar de o ano de 2020 ter demonstrado maior total pluviométrico e média mensal anual (**Figura 2**), o mesmo não exibiu elevados coeficientes, pois suas chuvas foram melhor distribuídas entre os dias dos meses do ano, diferentemente dos anos citados anteriormente, quando as chuvas estiveram mais concentradas ao longo do quadrimestre chuvoso, evidenciando o efeito da

sazonalidade. Nesse sentido, Terassi *et al* (2019) afirmam que é possível estabelecer que o potencial erosivo não ocorra necessariamente ao total anual pluviométrico, mas pela distribuição mensal e diária das precipitações, como também pela ocorrência de concentração somente em um determinado período.

3.2. Intensidades máximas de chuvas e o padrão de erosividade nos períodos chuvosos de 2011 a 2020

Considerando as durações de 15 e 30 minutos das chuvas associadas aos tempos de retorno (Tr) de 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anos, indica-se que as intensidades da chuva para Pau dos Ferros decrescem quando o intervalo de duração aumenta, como mostra a **Tabela 3**. Sobre isso, Damé *et al.* (2012) e Rodrigues e Araújo (2019) descrevem que há a diminuição dos valores de intensidade quando cada duração aumenta. Essa relação está associada à facilidade, em certa medida, de previsão de chuvas em curta duração em relação a chuvas de maior duração.

Tabela 3: Duração, intensidade, altura pluviométrica das chuvas em Pau dos Ferros, para os períodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 25, 50 e 100 anos com durações de 15 e 30 minutos.

Duração (t) (min)	Tempo de retorno (Tr) (anos)	Intensidade (I) (mm/h)	Energia cinética do segmento (Ecs) (MJ ha ⁻¹)	Altura pluviométrica (h) (mm)
15 min	2	80,12	5,71	20,03
	5	94,92	6,92	23,73
	10	107,91	8,00	26,98
	20	122,67	9,24	30,67
	25	127,84	9,68	31,96
	50	145,33	11,18	36,33
	100	165,22	12,91	41,30
30 min	2	56,42	7,67	28,21
	5	66,84	9,30	33,42
	10	75,98	10,76	37,99
	20	86,38	12,44	43,19
	25	90,02	13,04	45,01
	50	102,34	15,07	51,17
	100	116,34	17,41	58,17

Fonte: Elaboração própria (2022)

Diante disso, observa-se que as intensidades correspondentes às durações de 30 minutos sejam menores que as de 15 minutos, observam-se valores aproximados no que diz respeito à altura pluviométrica. Essa altura pluviométrica reflete o volume acumulado a partir da ocorrência da chuva indicada, o que demonstra que, quanto maior o tempo de retorno, maior será o acumulado pluviométrico.

Desse modo, o menor valor de altura pluviométrica do segmento (h) foi de 20,0 mm para a duração de 15 minutos no tempo de retorno de 2 anos, resultando na energia cinética do segmento da chuva no valor de 5,71 MJ ha⁻¹. Entretanto, o maior acumulado pluviométrico para a duração de 30 minutos foi de 58,1 mm para o tempo de retorno de 100 anos, tendo energia cinética do segmento de 17,41MJ ha⁻¹.

É importante ressaltar que essa última questão está diretamente atrelada à capacidade e armazenamento de chuvas com maiores durações, diferente das de 15 minutos que acontecem com alto poder erosivo imediato “(..) influenciados pela intensidade da chuva, e não pela quantidade de chuva” (DASH *et al.*, 2019, p. 739), como indicados pela energia cinética e energia cinética do segmento. Segundo Damé *et al* (2012), as precipitações de elevada intensidade com curtas durações são mais frequentes em regiões de climas tropicais. Essas chuvas caracterizam-se como precipitações presentes no contexto do Semiárido, as quais possuem forte intensidade em pouco tempo de duração, além de serem mal distribuídas durante o ano.

Existem diferenças significativas entre os valores de intensidades inerentes ao tempo de sua duração e de sua erosividade. Pesquisas realizadas por Santos e Montenegro (2012) e Silva *et al* (2020) sobre a erosividade no contexto do semiárido brasileiro, demonstraram que os maiores índices de erosividades mensais nessa região concentram-se nos meses de fevereiro a maio, visto que estes índices são decorrentes dos períodos de maiores precipitações.

Além disso, de acordo com as informações da **Tabela 3**, a energia cinética do segmento demonstrou valores mais elevados para os 30 minutos de duração. Esses valores quando associados à intensidade da

chuva apontam que as gotas de água da chuva dispõem de uma maior capacidade de desagregar o solo, uma vez que o mesmo não consegue efetivar o processo de infiltração de forma rápida. Bodí *et al.* (2013) aponta que, quando as gotas encontram os solos ainda muito secos, os mesmos produzem o aumento da repelência à água e descargas repentinas de escoamento e depois altas taxas de erosão.

Esse processo pode, inclusive, ser acentuado, a depender dos níveis de declividade do terreno, assim como o uso e ocupação desse solo. Nesse contexto, Santos e Montenegro (2012) corroboram que a principal forma de erosão hídrica é a causada pela energia cinética, pois a força das gotas das chuvas deflagra a desagregação das partículas do solo, principalmente, quando há a ausência de vegetação, em que o impacto da chuva age diretamente em contato com a superfície do solo.

Diante disso, nas **Figuras 7 e 8**, fica evidente a disparidade nos resultados ao analisar as diversas intensidades das chuvas máximas e seus correspondentes potenciais de erosão para durações de 15 e 30 minutos. As chuvas máximas revelaram valores mais elevados de potencial de erosão durante os 15 minutos, apresentando uma correlação com alta intensidade e energia cinética nesse intervalo, iniciando em 457,5 $\text{mm}^{-1} \text{ha}^{-1} \text{h}^{-1}$ e chegando ao valor máximo de 2133,0 $\text{mm}^{-1} \text{ha}^{-1} \text{h}^{-1}$. Em contraste, para a duração de 30 minutos, os valores foram de 432,7 $\text{mm}^{-1} \text{ha}^{-1} \text{h}^{-1}$ no início, atingindo o máximo de 2025,5 $\text{mm}^{-1} \text{ha}^{-1} \text{h}^{-1}$. Valores como esses podem ser equiparados aos resultados encontrados em outras localidades, como os indicados por Nascimento e Chaves (1996) em Alagoinha – PB, Damé *et al* (2012), para Pelotas – RS, e Santos (2015), que tratou sobre os índices de erosividade para o estado do Rio Grande do Norte.

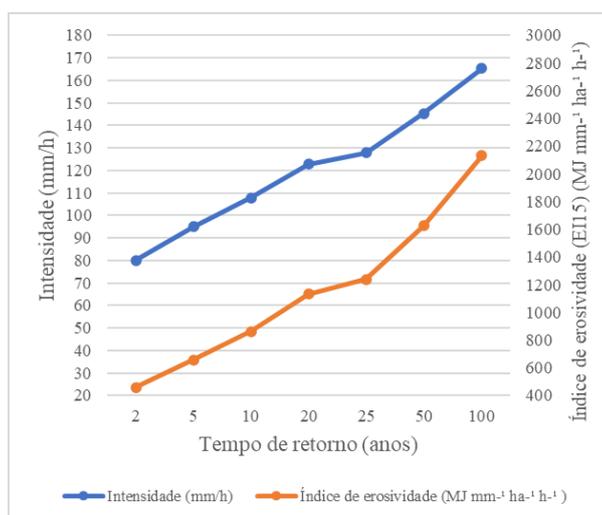


Figura 7: Intensidade e índice de erosividade das chuvas máximas de Pau dos Ferros para a duração de 15 minutos para diferentes tempos de retorno. Fonte: Elaboração própria (2022).

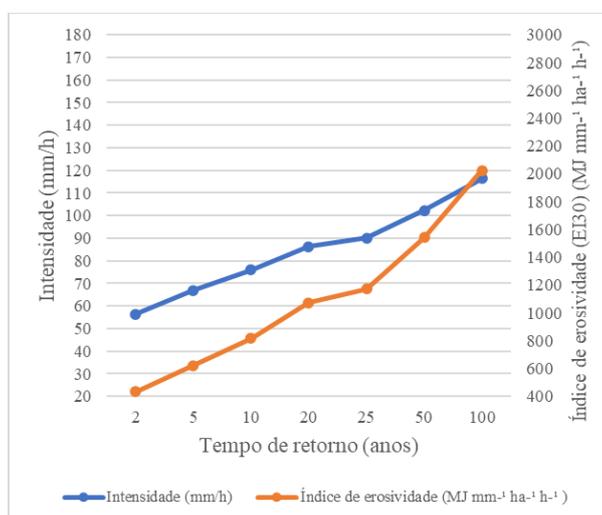


Figura 8: Intensidade e índice de erosividade das chuvas máximas de Pau dos Ferros para a duração de 30 minutos para diferentes tempos de retorno. Fonte: Elaboração própria (2022).

Sobre as chuvas máximas de duração de 30 minutos, devido à sua extensão temporal, é possível que essas comecem com uma intensidade elevada, mas à medida que persiste, a sua força tende a diminuir. No entanto, é importante destacar que os impactos sobre o solo se tornam mais acumulativos devido à sua prolongada duração. Damé *et al* (2012) e Dash *et al* (2019) descrevem que a duração da chuva exerce influência na determinação das variáveis de erosividade, em que a duração da chuva intervém de forma inversa ao fator de erosividade; isto é, quanto menor a duração, maiores são esperados os valores de intensidade e de erosividade da chuva. Além disso, Trindade *et al.* (2016), ressaltam que, o potencial erosivo das chuvas não depende somente de sua quantidade, e que sua intensidade é o principal parâmetro para determinar o valor da erosividade. Por isso, é relevante destacar que a concentração de chuvas em determinados períodos do ano pode interferir significativamente nos valores calculados da erosividade.

Quanto ao aspecto acumulado da erosividade da chuva durante o período chuvoso, ao observar o quadrimestre da década de 2011 a 2020 (**Figura 9**), nota-se que os meses de janeiro e fevereiro apresentaram os maiores índices mensais de erosividade (R), sendo fevereiro o mais significativo, apresentando também a segunda maior amplitude ($2.599 \text{ mm}^{-1} \text{ ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$), entre os valores registrados, sendo março o primeiro com $3.286 \text{ mm}^{-1} \text{ ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$. Além disso, de maneira semelhante aos coeficientes de chuva, em que abril e maio mostram menor expressividade em comparação aos meses anteriores, esses dois meses exibem amplitudes menores (2.109 e $1.149 \text{ mm}^{-1} \text{ ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$). Essa variação, influencia inclusive, nos padrões de distribuição das médias dos índices de erosividades mensais (**Tabela 4**).

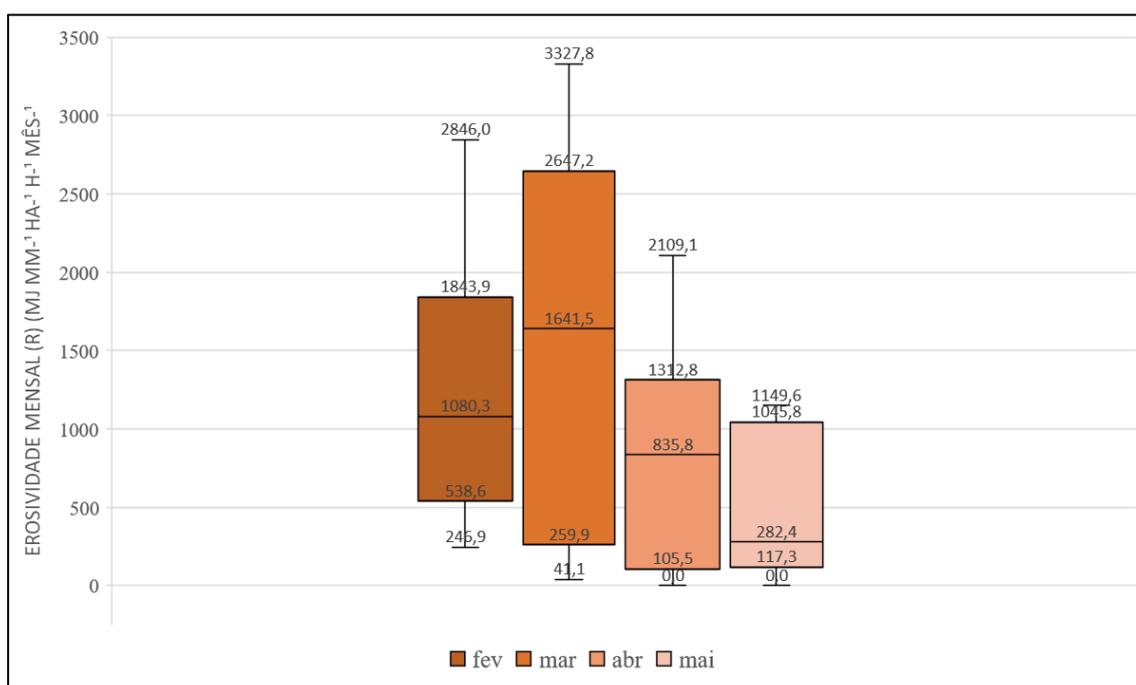


Figura 9: Distribuição dos índices de erosividade mensal (R) ($\text{MJ mm}^{-1} \text{ ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$) do quadrimestre chuvoso (fevereiro-maio) de Pau dos Ferros, no período de 2011 a 2020. Fonte: Elaboração própria (2023).

Tabela 4: Comparativo entre a erosividade média histórica (Santos, 2015) e a erosividade média estimada no quadrimestre chuvoso do período de 2011 a 2020 em Pau dos Ferros e suas respectivas classes de erosividade.

Mês/Parâmetro	Erosividade média histórica (1964-2013)	Erosividade média estimada (2011-2020)	Aderência (%)	Classe de erosividade
Fevereiro	521,5	1153,4	221,2	Muito Alta
Março	940,9	1229,6	130,7	Muito alta
Abril	919,9	709,0	91,0	Alta
Mai	551,2	373,6	79,7	Baixa

Fonte: Elaboração própria (2022).

Analisando a variação dos índices de erosividade mensais estimados (**Tabela 4**), observa-se que as médias estimadas desses índices para cada mês, quando comparadas às médias históricas correspondentes, revelam que fevereiro e março apresentam maior instabilidade em relação ao padrão de erosividade. Esses meses representam, respectivamente, 121,2% e 30,7% acima do valor esperado, conforme indicam seus

percentuais de aderência, podendo inclusive, serem classificados como erosividade do tipo muito alta, conforme Carvalho (1997). Quanto a abril e maio, categorizados como meses de alta e baixa erosividade segundo Carvalho (1997), os valores estimados da erosividade mensal aproximam-se das médias históricas. Há uma aderência de 9% inferior para abril e 20,3% inferior para maio em relação aos padrões esperados.

Desse modo, é crucial ressaltar que entender o tempo de retorno das chuvas erosivas é fundamental, considerando a possibilidade de sua recorrência crescente (ANDRADE *et al.*, 2020; PETSCH *et al.*, 2021). Os dados sobre o período de retorno e a probabilidade de ocorrência da erosividade anual das chuvas permitem estimar quando podemos esperar maiores perdas de solo em uma área específica (CASSOL *et al.*, 2008). Isso demonstra que o entendimento de possíveis mudanças na recorrência desses eventos fornece uma base para estratégias preventivas e adaptativas, promovendo a sustentabilidade do solo e a minimização de impactos ambientais, sobretudo nos meses de novembro e dezembro, visto que antecedem o período chuvoso e seus maiores potenciais erosivos em fevereiro e março.

4. Conclusões

A partir da análise realizada, observou-se que, entre 2011 e 2020, o período chuvoso em Pau dos Ferros concentrou suas precipitações anuais nos meses de fevereiro a maio. Durante esse quadrimestre, os meses iniciais, fevereiro e março, registraram as maiores médias de precipitação acumulada, indicando potenciais erosivos mais significativos, tanto em termos de volume quanto de coeficientes de chuva. Esses dados destacam a influência desses meses na distribuição anual das chuvas no município.

No que diz respeito às intensidades das chuvas máximas com durações de 15 e 30 minutos, os resultados revelaram que, embora os acumulados pluviométricos para intervalos de 30 minutos fossem superiores, as intensidades relativas a esse período eram mais impactantes no que se refere ao poder erosivo. As chuvas de 15 minutos, devido ao impacto imediato das gotas no solo, mostraram-se mais erosivas, especialmente notáveis na intensidade de 80 mm/h para um retorno de 2 anos.

Essa dinâmica se torna mais clara ao observar os índices de erosividade correspondentes às intensidades geradas, assim como ao analisar a erosividade mensal do quadrimestre chuvoso em comparação às médias históricas. É verificado que fevereiro e março apresentam maior instabilidade em relação ao seu padrão de erosividade mensal, enquanto abril e maio se aproximam mais dos valores esperados, destacando a necessidade de atenção especial nos primeiros meses.

Entretanto, é crucial destacar que o processo erosivo e sua intensidade dependem das condições climáticas, topografia, cobertura e propriedades do solo. Diante das limitações do estudo, decorrentes da falta de dados pluviométricos diários e da necessidade de estudos mais detalhados nesses fatores, ressalta-se a importância de contribuições mais específicas para o planejamento territorial municipal. Reforça-se ainda a importância do desenvolvimento de uma equação de erosividade específica para a região, proporcionando maior segurança nas respostas sobre a atuação das precipitações.

Por fim, indica-se que os resultados apresentados podem contribuir para estudos sobre áreas suscetíveis a riscos de erosão e para a implementação de um zoneamento ambiental em conformidade com o Plano Diretor Municipal. Considera-se que este estudo tem o potencial de enriquecer os estudos geográficos, proporcionando entendimentos especializados sobre as chuvas no recorte espaço-temporal em análise, identificando os períodos de maiores precipitações e os meses com índices mais elevados de erosividade.

Referências

ALMEIDA, H. A. de. Variabilidade anual da precipitação pluvial em Cabaceiras, PB. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, XIII, Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2003, **Sociedade Brasileira de Agrometeorologia**, p. 835-836, 2003.

ALVES, A. M. **Caracterizações geológico - geomorfológica das microrregiões de São Miguel, Pau dos Ferros e Umarizal**. In: Zoneamento Ecológico - Econômico do Alto Oeste Potiguar: microrregiões de Pau dos Ferros, São Miguel e Umarizal. / Organização José Elesbão de Almeida, Agassiel de M. Alves. – Mossoró, RN: Queima-Bucha, 2014.

AIRES, A.; COSTA, J.; BEZERRA, J.; RÊGO, A. Análise Multicritério da Suscetibilidade Erosiva da Microbacia Hidrográfica da Barragem de Pau dos Ferros/RN. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.15, n.02, p. 1128-1141, 2022. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v15.2.p1128-1141>.

ANDRADE, A. F.; MACHADO, R. L.; REZENDE, C. C.; FERREIRA, E. A.; ÁGUAS, M; A; CORRECHEL, V.; CARVALHO, D. F. Precipitation Patterns and Rainfall Erosivity Return Period Under Savanna Conditions in Formosa, Goiás, Brazil. **Journal of Agricultural Studies**, v. 8, n. 4, p. 554-569, 2020.

BAZZANO, M. G. P; EITZ, F. L.F; CASSOL, E. A. Erosividade, coeficiente de chuva, padrões e período de retorno das chuvas de Quaraí, RS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p.1205-1217, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832007000500036>.

BACK, A. J; POLETO, C. Avaliação temporal do potencial erosivo das chuvas de Florianópolis - SC. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 21 - Jul/Dez, 2017.

BODÍ, M. B.; MUÑOZ-SANTA, I; ARMERO, C.; DOERR, S. H.; MATAIX-SOLERA, J.; CERDÀ, A. Spatial and temporal variations of water repellency and probability of its occurrence in calcareous Mediterranean rangeland soils affected by fires. **Catena**, n. 113, p. 14–25, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2012.04.002>.

CASSOL, E. A.; ELTZ, F. L. F.; MARTINS, D.; LEMOS, A. M. de.; LIMA, V. S. de.; BUENO, A. C. Erosividade, Padrões Hidrológicos, Período de retorno e probabilidade de ocorrência das chuvas em São Borja, RS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p.1239 - 1251, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000300032>.

CARVALHO, A. T. F. Caracterização climática da quadra chuvosa de município do semiárido brasileiro, entre os anos de 2013 a 2017. **Geografia em Atos** (Online), 2(17), p. 04–23, 2020. <https://doi.org/10.35416/geoatos.v2i17.7116>.

CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia prática**. Rio de Janeiro: CPRM, 1994. 372p.
CAVALCANTE, A. A. Geomorfologia fluvial no semiárido brasileiro. **Revista de Geografia** (Recife), v.35, n.4, p.254-268, 2018. <https://doi.org/10.51359/2238-6211.2018.238226>.

DAMÉ, R. C. F.; TEIXEIRA, C. F. A.; GONÇALVES, T.; SANTOS, J. P. dos.; QUADRO, M. S. Erosividade sob duas durações de intensidades máximas da chuva em Pelotas - RS. **Revista Agroambiente**, v. 6, n. 1, p. 01-08, jan-abr, 2012. <https://doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v6i1.721>.

DASH, C. J.; DAS, N. K.; ADHIKARY, P. P. Rainfall erosivity and erosivity density in Eastern Ghats Highland of east India. **Natural Hazards**, v. 97, p. 727–746, 2019. <https://doi.org/10.1007/s11069-019-03670-9>.

DINIZ, M. T. M.; OLIVEIRA, G. P. de.; MAIA, R. P.; FERREIRA, B. Mapeamento Geomorfológico do Estado do Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Geomorfologia** (Online), São Paulo, v.18, n. 4, (Out-Dez) p. 689-701, 2017. <https://doi.org/10.20502/rbg.v18i4.1255>.

DIAS, A. S.; SILVA, J. R. C. A Erosividade das chuvas em Fortaleza (CE). I - Distribuição, Probabilidade de ocorrência e Período de retorno - 1º Aproximação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 335 - 345, 2003. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832003000200013>.

DJOUKBALA, O.; MAZOUR, M.; HASBAIA, M. Oussama Benselama. Estimating of water erosion in semiarid regions using RUSLE equation under GIS environment: Case of Wadi El-Ham watershed in Hodna region, Algeria. **Environmental Earth Sciences**, n. 75, n. 345, p. 1-15, 2018. <https://doi.org/10.1007/s12665-018-7532-1>.

FECHINE SOBRINHO, V.; RODRIGUES, J. O.; MENDONÇA, L. A. R.; ANDRADE, E. M. de. TAVARES, P. R. L. Desenvolvimento de equações Intensidade-Duração-Frequência sem dados pluviográficos em regiões semiáridas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.7, p. 727-734, 2014. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662014000700009>.

FREIRES, E. V.; SILVA NETO, C. A. da; SILVA, M. T. da; DUARTE, C. R.; VERISSIMO, C. U. V.; LOPES, D. N.; GOMES, D. D. M. Mapeamento da erosividade e erodibilidade da vertente úmida do Maciço

de Uruburetama/CE e entorno como subsidio ao planejamento ambiental. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 9, n. 2, p. 21–40, 2023. <https://doi.org/10.21680/2447-3359.2023v9n2ID30719>.

GURGEL, A. L.; MEDEIROS, J. F. Caracterização das condições climáticas de Pau dos Ferros - RN. **GeoTemas**, v. 8, n.2, p. 100-115, jul/set, 2018.

GALDINO, S. **Distribuição espacial da erosividade da chuva no Estado de Goiás e no Distrito Federal**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2015. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1035985>. Acesso em 6 de maio de 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades - Pau dos Ferros. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/pau-dos-ferros/panorama>. Acesso em: 18 de junho de 2022.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E MEIO AMBIENTE DO RIO GRANDE DO NORTE. Perfil do seu Município - Pau dos Ferros. Natal, v.10. p.01-23, 2008. Disponível em: <http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/idema/DOC/DOC000000000013919.PDF>. Acesso em: 19 de abril de 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Boletim de monitoramento e análise climática. **Climanálise**, v. 28, n. 4, abril, 2013. DOI: 10.3923/ajsr.2020.259.269.

IRIANTI, M; B. NASRUL, A. SYAHZA. Erosion Control in Sustainable Plantation Development Efforts in Siak Watershed Region, Riau Province, Indonesia. **Asian Journal of Scientific Research**, v. 13, n. 4, p. 259-269, 2020.

JACOMINE, P. K. T; SILVA, F. B. R; FORMIGA, R. A.; ALMEIDA, J. C.; BELTRÃO, V. A.; PESSÓA, S. C. P.; FERREIRA, R. C. **Levantamento exploratório - reconhecimento de solos do estado do Rio Grande do Norte**. Recife: SUDENE-DRN, 1971.

LOMBARDI NETO, F; MOLDENHAUER, W. C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campinas (SP). **Bragantia**, v. 51, n. 2, p. 189-196, 1992. <https://doi.org/10.1590/S0006-87051992000200009>.

MAGALHÃES, A.J. da S.; ALVES, J.M.B.; SILVA, E.M. da; NUNES, F.T.; BARBOSA, A.C.B.; SANTOS, A.C.S. dos; SOMBRA, S.S. Veranicos no Brasil: Observações e Modelagens (CMIP5). **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 34, n. 4, p. 597-626, 2019. <https://doi.org/10.1590/0102-7786344072>.

MARTINS, S. G.; AVANAZI, J. C.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; NORTON, L. D.; FONSECA, S. Rainfall erosivity and rainfall return period in the experimental watershed of Aracruz, in the Coastal Plain of Espírito Santo, Brazil. **Revista Brasileira Ciências Solo**, v.34, p.999-1004, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000300042>.

MARENGO, J. A.; ALVES, L. M.; BESERRA, E. A.; LACERDA, F. F. **Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro**. Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas. Campina Grande - PB, 2011.

MARENGO, J. A.; CUNHA, A. P.; ALVES, L. M. A seca de 2012-15 no semiárido do Nordeste do Brasil no contexto histórico. **Revista Climanalise**, v. 4, n. 1, p. 49-54. 2016.

MEDEIROS, R. M.; FRANÇA, M. V.; HOLNADA, R. M.; SABOYA, L. M. F.; CUNHA FILHO, M.; ARAÚJO, W. R. Estimation of rain erosivity index in Caruaru-PE. **International Journal of Science and Research Archive**, v. 05, n. 02, p. 177–182, 2022. <https://doi.org/10.30574/ijrsra.2022.5.2.0078>.

MELLO, C. R. de; ALVES, G. J.; BESKOW, S.; NORTON, L. D. Daily rainfall erosivity as an indicator for natural disasters: assessment in mountainous regions of southeastern Brazil. **Natural Hazards**, v. 103, p. 947–966, 2020. <https://doi.org/10.1007/s11069-020-04020-w>.

NASCIMENTO, C. W. A. do; CHAVES, I. B. Erosividade e características da chuva correlacionadas com perdas de solo em Alagoinha – PB. **Ciência Rural**, v. 26, n.3, p.407- 412, 1996. <https://doi.org/10.1590/S0103-84781996000300011>.

NOVAIS, G. T.; MACHADO, L. A. Os climas do Brasil: segundo a classificação climática de Novais. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 32, Jan./Jun., 2023. <https://doi.org/10.55761/abclima.v32i19.16163>.
OGASSAWARA, J. F.; OLIVEIRA, L. J. C. Determinação das curvas de intensidade-duração-frequência de chuvas intensas para Itaqui - RS. In: XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2017, Florianópolis. **Anais do XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 2017.

OLIVEIRA JÚNIOR, R.C.de.; MEDINA, F.B. A Erosividade das chuvas em Manaus (AM). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 14, p. 235 - 239, 1990.

PETSCH, C.; SANCHES, F. DE O.; SCCOTI, A. A. V.; TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. DE S.; AMARAL, E. C. DO. Erosividade da bacia hidrográfica do rio Santa Maria (RS): tendências e espacialização. **Boletim de Geografia**, v. 39, p. 348-368, e61231, 2022. <https://doi.org/10.4025/bolgeogr.v39.a2021.e61231>.

PFATLZAGRAFF, P. A. S.; TORRES, F. S. M. **Geodiversidade do estado do Rio Grande do Norte**. Recife: CPRM, 2010.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PAU DOS FERROS. Lei Complementar nº 017/2022 – Dispõe sobre o Plano Diretor Participativo do Município de Pau dos Ferros/RN e dá outras providências. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://pauudosferros.rn.gov.br/arquivos/2678/LC%20%20LEI%20COMPLEMENTAR_017_2022_0000001.pdf. Acesso em: 27 de janeiro de 2023.

PINHEIRO, J. U.; BRISTOT, G.; LUCENA, L. R. F. **Climatologia do Estado do Rio Grande do Norte**. In: Geodiversidade do estado do Rio Grande do Norte / Organização Pedro Augusto dos Santos Pfaltzgraff [e] Fernanda Soares de Miranda Torres. Recife: CPRM, 2010.

QUEIROZ, A. F. de. **Aspectos pedológicos das microrregiões de São Miguel, Umarizal e Pau dos Ferros**. In: Zoneamento Ecológico - Econômico do Alto Oeste Potiguar: microrregiões de Pau dos Ferros, São Miguel e Umarizal. / Organização José Elesbão de Almeida, Agassiel de M. Alves. – Mossoró, RN: Queima-Bucha, 2014.

ROCHA, T. B. C.; VASCONCELOS JÚNIOR, F. das C.; SILVEIRA, C. da S.; MARTINS, E. S. P. R.; SILVA, R. F. V. Veranicos no Ceará e Aplicações para Agricultura de Sequeiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 35, n. 3, 435447, 2020. <https://doi.org/10.1590/0102-7786353005>.

RODRIGUES, G. P.; ARAÚJO, J. C. de. Comportamento de chuvas intensas para bacia em região semiárida de Caatinga preservada. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.14, n.3, 2019. <https://doi.org/10.5039/agraria.v14i3a6138>.

SANTOS, G. G; GRIEBELER, N. P; OLIVEIRA, L.F.C. Chuvas intensas relacionadas à erosão hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.2, p.115-123, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662010000200001>.

SANTOS, J. C. N. dos; ANDRADE, E. M. de.; MEDEIROS, P. H. A.; GUERREIRO, M. J. S.; PALÁCIO, H. A. de Q. Effect of Rainfall Characteristics on Runoff and Water Erosion for Different Land Uses in a Tropical Semiarid Region. **Water Resour Manage**, v. 1, 2016. <https://doi.org/10.1007/s11269-016-1517-1>.

SANTOS, J. C. N. dos; ANDRADE, E. M. de.; GUERREIRO, M. J. S.; MEDEIROS, P. H. A.; PALÁCIO, H. A. Q.; ARAÚJO NETO, J. R. Effect of dry spells and soil cracking on runoff generation in a semiarid micro watershed under land use change. **Journal Hydrology**, n. 541, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.08.01>.

SANTOS, T. E. M. dos; MONTENEGRO, A. A. A. Erosividade e padrões hidrológicos de precipitação no agreste central pernambucano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.8, p.871-880, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662012000800009>.

SANTOS, W. O.; FEITOSA, A.P.; VALE, H. S. M.; COSTA, D. O.; BRITO, R. F. de.; QUEIROZ, R. F.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; FILHO, L. C. A. Chuvas Intensas para a Microrregião de Pau dos Ferros-RN.

Revista Brasileira de Geografia Física, v. 07, n.06, p.1093-1099, 2014. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v7.6.p1093-1099>.

SANTOS, W. O. **Máximas intensidades e índices de erosividade de chuvas para o Rio Grande do Norte**. 2015. Tese (Doutorado em Manejo de Solo e Água) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/handle/tede/413>. Acesso em 14 de julho de 2022.

SANTOS, W. O; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; JÚNIOR, M. J. S.; OLIVEIRA, J. C. de. Precipitação pluviométrica no município de Pau dos Ferros de 1964 a 2015. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 1, p. 5672-5684, 2021. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n1-385>.

SANTOS NETO, J. R. dos; CHRISTOFARO, C. Erosividade da chuva na bacia hidrográfica do rio Araçuá-MG. **Boletim de Geografia**, v. 37, n. 3, p. 40-50, 2020. <https://doi.org/10.4025/bolgeogr.v37i3.37522>.

SCHICK, J.; BERTOL, I.; COGO, N. P.; GONZÁLEZ, A. P. Erosividade das chuvas de Lages, Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, n.6, (nov-dez), p.1890-1905, 2014. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000600024>.

SILVA NETO, V. L S. Avaliação da Erosividade das chuvas na Microrregião de Taguatinga - TO. **Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins**, v.2, n. 01, p. 149-159, Jul/Dez, 2015. <https://doi.org/10.20873/uft.2359-3652.2015v2n1p149>.

SILVA, A. B. K. N.; SILVA, M. T.; BARBOSA, E.; SILVA, F. D. S.; ROCHA JÚNIOR, R. L.; SERRÃO, E.A.O.; SILVA, V.P.R.; SILVA, C.M.S. Avaliação de extremos de erosividade causados pela precipitação na Bacia do Rio Apodi/Mossoró - RN. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 35, n. Especial, p. 871 - 879, 2020. <https://doi.org/10.1590/0102-77863550014>.

SILVA, F. A. S.; RAO, T. V. R. Regimes pluviais, estação chuvosa e probabilidade de ocorrência de veranicos no estado do Ceará. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 3, p. 453-459, 2002. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662002000300010>.

SOUZA, E.O.; COSTA, M. da S.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. F.; GÓIS, G. de; MARIANO, G. L.; COSTA, C. E. da S.; CORREIA FILHO, W. L. F.; SANTIAGO, D. de B. Estimativa e Espacialização da Erosividade em Mesorregiões Climáticas no Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 35, n. Especial, p. 769-783, 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/0102-77863550005>.

SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE. Resolução CONDEL/SUDENE nº 150, de 13 de dezembro de 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-condel-sudene-n-150-de-13-de-dezembro-de-2021-370970623>. Acesso em: 11 out. 2023.

TERASSI, P. M. B; BIFFI, V. H. R; GALVANI, E; OLIVEIRA – JÚNIOR, J. F. Estimativas de erosividade e as precipitações diárias extremas na bacia hidrográfica do rio Alto Iguaçu – Paraná. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 25, Jul/Dez, p.241-265, 2019. <https://doi.org/10.5380/abclima.v25i0.62319>.

TRINDADE, A. L. F.; OLIVEIRA, P. T. S.; ANACHE, J.A.A.; WENDLAND, E. Variabilidade espacial da erosividade das chuvas no Brasil. **Pesquisa agropec. bras.**, v.51, n.12, p.1918-1928, 2016. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2016001200002>.

VASCONCELOS, T. S.; MORAES, J. G. L.; ALVES, J. M. B.; JACINTO JÚNIOR, S. G.; OLIVEIRA, L. L. B. de. Variabilidade Pluviométrica no Ceará e suas Relações com o Cultivo de Milho, Feijão-Caupi e Mandioca (1987-2016). **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 34, n. 3, p. 431-438, 2019. <https://doi.org/10.1590/0102-7786343053>.

VIJITH, H.; DODGE-WAN, D. Modelling terrain erosion susceptibility of logged and regenerated forested region in northern Borneo through the Analytical Hierarchy Process (AHP) and GIS techniques. **Geoenvironmental Disasters**, v. 6, n. 8, p. 1-18, 2019. <https://doi.org/10.1186/s40677-019-0124-x>.

VILAÇA, I. L. V. V.; COSTA, F. R. Caracterização das áreas de alagamentos na cidade de Pau dos Ferros – RN. *Sociedade e Território*, [S. l.], v. 34, n. 2, p. 83–101, 2022. <https://doi.org/10.21680/2177-8396.2022v34n2ID27314>.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning**. Washington, US Department of Agriculture, p. 58, 1978.

XAVIER, J. P. S.; BARROS, A. H. C.; WEBBER, D. C.; ACCIOLY, L. J. O.; MARQUES, F.A.; ARAÚJO FILHO, J. C.; SILVA, A. B. Estimativa da erosividade da chuva por diferentes métodos e seu impacto na equação universal de perdas de solo, no semiárido pernambucano. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 12, n. 3, 2019. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v12.3.p859-875>.

ZHANG, Z. B.; ZHOU, H.; ZHAO, Q. G.; LIN, H.; PENG, X. Characteristics of cracks in two paddy soils and their impacts on preferential flow. *Geoderma*, p. 114–121, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2013.07.026>.



Este artigo é distribuído nos termos e condições do *Creative Commons Attributions/Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual (CC BY-NC-SA)*.