



## Analysis of mathematical models to estimate erosivity

## Análises de modelos matemáticos para estimativa da erosividade

SILVA, Thaís Rayane Gomes da<sup>(1)</sup>; FERREIRA, Anderson Cardoso<sup>(2)</sup>; SANTOS, Márcio Aurélio Lins do<sup>(3)</sup>; SANTOS, Daniella Pereira dos<sup>(4)</sup>; SANTOS, Cícero Gomes dos<sup>(5)</sup>

<sup>(1)</sup> 0000-0002-6787-3717. Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho'. Jaboticabal, SP, Brasil. [trg.silva@unesp.br](mailto:trg.silva@unesp.br).

<sup>(2)</sup> 0000-0002-6387-2178. Universidade Federal de Alagoas. Arapiraca, AL, Brasil. [andersonfio00@gmail.com](mailto:andersonfio00@gmail.com).

<sup>(3)</sup> 0000-0001-5216-4443. Universidade Federal de Alagoas. Arapiraca, AL, Brasil. [mal.santo@hotmail.com](mailto:mal.santo@hotmail.com).

<sup>(4)</sup> 0000-0002-4450-0141. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, PE, Brasil. [daniellapsantos@hotmail.com](mailto:daniellapsantos@hotmail.com)

<sup>(5)</sup> 0000-0002-2264-6772. Universidade Federal de Alagoas. Arapiraca, AL, Brasil. [gomes@arapiraca.ufal.br](mailto:gomes@arapiraca.ufal.br)

O conteúdo expresso neste artigo é de inteira responsabilidade dos/as seus/as autores/as.

### ABSTRACT

The main cause of soil degradation in humid tropical and subtropical environments is water erosion, characterized by being the most important in Brazil. The main factors that determine soil losses by water erosion are erosivity, erodibility, topography, soil use and management and conservationist practices. Proper conservation planning requires knowledge of the factors that influence local erosion. The quantification of soil losses due to water erosion helps to define management techniques and conservation practices appropriate for each province. The objective of this work was to determine the erosivity of rainfall for the municipality of Rio Largo - AL, through rainfall data from 1963 to 2015. These data were tabulated to calculate rainfall, coefficient and its relationship with erosivity using six equations. The average annual rainfall calculated was 1712 mm for the observation period of 52 years, showing a wide variation in rainfall distribution, with the rainy season concentrated in the months of April to August. The computed average annual erosivity index was 3761 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>, ranging from 312 to 7211 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>. The months of May, June and July correspond to the most critical period in relation to the erosive potential of the rains, which indicates that, probably, a greater loss of soil by erosion may occur in this period, and the months of October, November and December, comprises the less critical period, coinciding both with the period of greater and lesser precipitation.

### RESUMO

A principal causa da degradação do solo em ambientes tropicais e subtropicais úmidos é a erosão hídrica, caracterizada por ser a mais importante no Brasil. Os principais fatores que determinam as perdas de solo por erosão hídrica são a erosividade, erodibilidade, topografia, uso e manejo do solo e as práticas conservacionistas. O planejamento conservacionista adequado requer o conhecimento dos fatores que influenciam a erosão local. A quantificação das perdas de solo por erosão hídrica auxilia na definição das técnicas de manejo e práticas conservacionistas adequadas para cada província. O objetivo deste trabalho foi determinar a erosividade das chuvas para o município de Rio Largo - AL, através de dados pluviométricos no período de 1963 a 2015. Os referidos dados foram tabulados para cálculo de chuva, coeficiente e sua relação com a erosividade utilizando seis equações. A média pluviométrica anual calculada foi de 1712 mm para o período de observação de 52 anos, apresentando uma ampla variação da distribuição das chuvas, com a estação das águas concentrada nos meses de abril a agosto. O índice de erosividade médio anual computado foi de 3761 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, variando de 312 a 7211 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Os meses de maio, junho e julho correspondem ao período mais crítico em relação ao potencial erosivo das chuvas, o qual indica que, provavelmente, pode ocorrer uma maior perda de solo por erosão nesse período, e os meses de outubro, novembro e dezembro, compreende o período menos crítico, coincidindo, ambos, com o período de maior e menor precipitação.

### INFORMAÇÕES DO ARTIGO

#### Histórico do Artigo:

Submetido: 31/01/2023

Aprovado: 29/03/2023

Publicação: 10/04/2023



#### Keywords:

Soil conservation, precipitation, erosivity, estimation models

#### Palavras-Chave:

Conservação do solo, precipitação, modelos de estimativa da erosividade

## Introdução

A degradação do solo pode ser entendida como a perda da sua capacidade em desempenhar uma função e o grau da degradação como um indicador chave da sustentabilidade dos ecossistemas (Manzatto, 2002). São vários os tipos de degradação do solo sendo a erosão hídrica a principal causa das perdas no ambiente tropical, no Brasil, a mesma representa o tipo de erosão mais comum. No geral, a erosão pode ser causada tanto pela água, quanto pelo vento ou pela combinação desses agentes.

As principais formas de expressão da erosão hídrica nas áreas agrícolas são a laminar, em sulcos e em voçorocas (Bertoni & Lombardi Neto, 1990). O conhecimento e a quantificação dos fatores que a influenciam são fundamentais para o planejamento de uso e manejo do solo em bases conservacionistas em uma região (Carvalho et al., 2005). Os principais fatores que determinam a maior ou menor perda de solo por erosão hídrica são a erosividade (chuva), a erodibilidade (características intrínsecas do solo), a topografia, o uso e manejo e as práticas conservacionistas.

A quantificação das perdas de solo por erosão hídrica tem como objetivo principal auxiliar na definição das técnicas de manejo e práticas conservacionistas adequadas para cada região, minimizando desta forma os prejuízos ambientais e econômicos. A metodologia amplamente utilizada na predição da taxa de perda de solo é através da Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS), também conhecida por *Universal Soil Loss Equation* (USLE). A EUPS exprime a ação dos principais fatores que influenciam a erosão pela chuva (Xavier et al., 2019).

A determinação do fator R da EUPS necessita de pelo menos 20 anos de séries históricas de precipitação e o índice  $EI_{30}$  é um dos parâmetros mais utilizados para a quantificação da erosividade, sendo o produto entre energia cinética da chuva (E) e sua maior intensidade num período contínuo de 30 min ( $I_{30}$ ) (Wischmeier & Smith, 1958). De acordo com Wischmeier (1959) este produto avalia bem as três fases da erosão do solo, ou seja: o impacto das gotas de chuva, o salpicamento das partículas e a turbulência do fluxo, combinados com a enxurrada que transporta as partículas desagregadas do solo. Segundo Lal (1976) a relação empírica obtida por Wischmeier e Smith (1958) subestima a energia cinética das chuvas tropicais.

Na metodologia original proposta por Wischmeier e Smith (1958) era necessário somar a intensidade de cada aclave da curva dos pluviogramas que representa a chuva, essa metodologia se caracterizava por ser morosa e trabalhosa (Back, 2017).

Com o objetivo de reduzir a morosidade dos cálculos uma alternativa muito usada é a estimativa do índice de erosividade a partir das médias pluviométricas mensais denominadas de método pluviométrico (Waltrick et al., 2015). Este método tem a vantagem de poder ser aplicado facilmente em um número grande de locais, uma vez que os dados de pluviômetros são mais facilmente obtidos e possuem séries históricas longas na maioria das localidades brasileiras (Mazurana et al., 2009). No entanto, para a utilização do método pluviométrico, há

necessidade de uma equação de correlação com o método pluviográfico específico para a região de estudo (Back, 2017).

Lombardi Neto (1977) estimou o índice de erosividade médio mensal no município de Campinas – SP, por meio de um coeficiente de chuva chamado por ele de  $R_c$ , utilizando, exclusivamente, registros pluviométricos. A partir deste coeficiente de chuva, o índice  $EI_{30}$  pode ser estimado através de uma equação de ajuste. Em diversos municípios e regiões do Brasil, essa correlação tem se mostrado altamente significativa, geralmente com elevados coeficientes de determinação encontrados para outras equações de regressão específicas para os locais estudados, onde o  $R_c$  é a variável independente (Silva & Dias, 2003). Portanto, nas localidades que não possuem longas séries históricas de dados pluviográficos pode-se estimar o índice  $EI_{30}$  através de dados pluviométricos (Rufino, Biscaia e Merten, 1993; Moreti et al., 2003; Carvalho et al., 2005).

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a erosividade das chuvas do município de Rio Largo – AL, através de dados pluviométricos, sua distribuição anual, determinando, dessa forma, o período crítico no qual maiores cuidados de proteção do solo deverão ser tomados, assim como verificar a relação entre a erosividade da chuva e a precipitação pluvial.

## Material e Métodos

O município de Rio Largo – AL está localizado na região metropolitana de Maceió, capital do estado (Figura 1). Este município faz parte da região fisiográfica denominada de Tabuleiros Costeiros, apresentando uma altitude média de 50 a 100 metros e área territorial 299 km<sup>2</sup>. O clima dessa região, segundo a classificação climática de Köppen, é tropical litorâneo úmido (As), com baixa amplitude térmica anual e com maiores totais de precipitação entre abril e julho. Os valores totais anuais de precipitação pluvial são em média 1800 mm. A temperatura do ar, a 80% de probabilidade, apresenta variação de 26,0 a 32,8°C para a temperatura máxima, e de 18,3°C a 23,2°C para a temperatura mínima (Souza et al., 2004).

Os dados utilizados neste trabalho foram obtidos nos arquivos da estação meteorológica convencional do Centro de Ciências Agrárias (CECA) da Universidade Federal de Alagoas – UFAL, localizada de acordo com as seguintes coordenadas geográficas 9° 28' S, 35° 49' W, para um período de observação de 1963 a 2015.

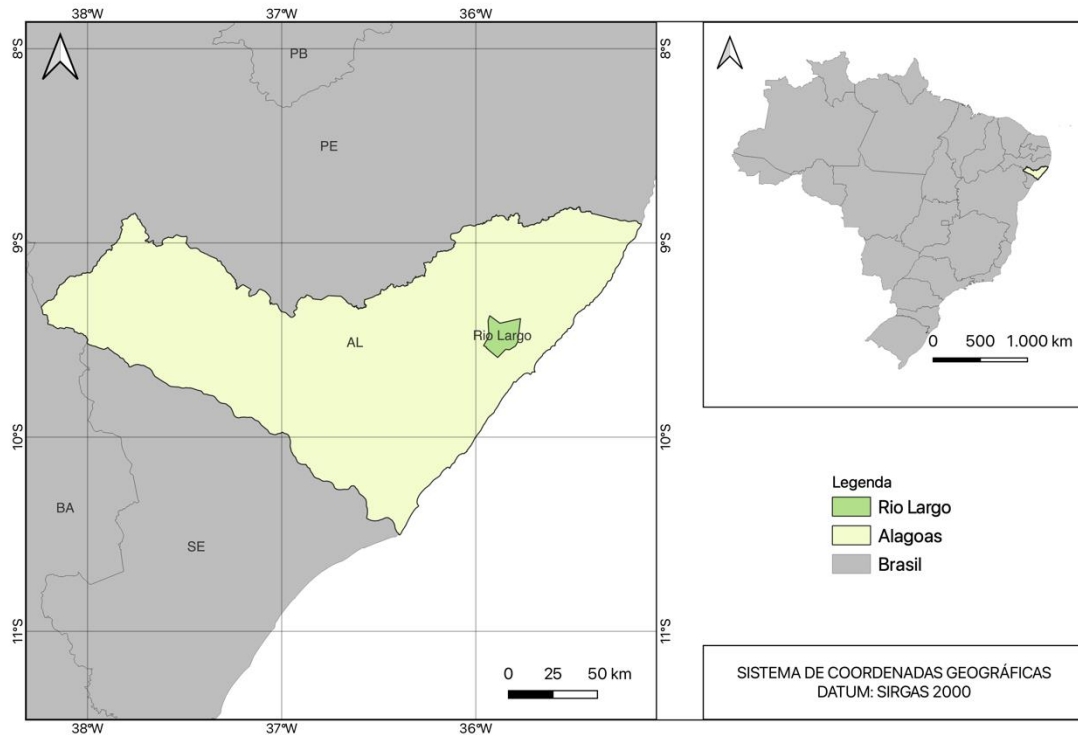
Para estimativa do coeficiente de erosividade de chuva ( $R_c$ ), com base nos dados pluviométricos do município estudado, utilizou-se a equação proposta por Lombardi Neto (1977), baseada no modelo de Fournier (1960), com algumas alterações (Eq.1):

$$R_c = \frac{p^2}{P} \quad (1)$$

Onde: p = precipitação pluvial média mensal (mm); P = precipitação pluvial média anual (mm).

**Figura 1.**

*Mapa de localização do município Rio Largo, estado de Alagoas, Brasil.*



*Nota: Autores (2023).*

Os dados utilizados neste trabalho foram obtidos nos arquivos da estação meteorológica convencional do Centro de Ciências Agrárias (CECA) da Universidade Federal de Alagoas – UFAL, localizada de acordo com as seguintes coordenadas geográficas 9° 28' S, 35°49' W, para um período de observação de 1963 a 2015.

Para estimativa do coeficiente de erosividade de chuva ( $R_c$ ), com base nos dados pluviométricos do município estudado, utilizou-se a equação proposta por Lombardi Neto (1977), baseada no modelo de Fournier (1960), com algumas alterações (Eq.1):

$$R_c = \frac{p^2}{P} \quad (1)$$

Onde:

p = precipitação pluvial média mensal (mm);

P = precipitação pluvial média anual (mm).

O modelo 1 proposto por Oliveira Júnior e Medina (1990), baseado no modelo de Fournier (1960), determina a erosividade com dados pluviométricos de uma determinada localidade (Eq.2).

$$R_x = 3,76 * \left(\frac{M_x^2}{P}\right) + 42,77 \quad (2)$$

Onde:

$R_x$  = fator R, erosividade ( $MJ \text{ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ );

$M_x$  = precipitação média mensal (mm).

O modelo 2 desenvolvido por Lombardi Neto e Moldenhauer (1992), com base no modelo de Fournier (1960), leva em consideração o coeficiente de chuva (Eq.1), que nesta equação foi modificado por  $M_x$ , representando a precipitação média mensal para uma dada localidade em estudo (Eq.3).

$$R_x = 68,73 * \left(\frac{M_x^2}{P}\right)^{0,841} \quad (3)$$

O modelo 3 foi desenvolvido por Leprun (1981) estudando precipitações pluviométricas do Nordeste, obtido através de modelo exponencial (Eq. 4).

$$R_x = 0,13 * (M_x^{1,24}) \quad (4)$$

O modelo 4 proposto por Val et al. (1986), para determinar a erosividade de chuva de uma localidade com base em dados pluviométricos, está fundamentado no modelo de Fournier (1960) (Eq. 5).

$$R_x = 12,592 * \left(\frac{M_x^2}{P}\right)^{0,6030} \quad (5)$$

O modelo 5 de Rufino, Biscaia e Merten (1993) foi desenvolvido baseado em modelos lineares para determinação da erosividade de uma localidade baseada em dados pluviométricos (Eq.6).

$$R_x = 19,44 + (4,20 * M_x) \quad (6)$$

Morais et al. (1991) desenvolveram o modelo 6 fundamentado nos trabalhos de Fournier (1960) (Eq.7)

$$R_x = 36,849 * \left(\frac{M_x^2}{P}\right)^{1,0852} \quad (7)$$

A Erosividade foi categorizada com base nas classes de erosividade da chuva dispostas na Tabela 1.

**Tabela 1.**  
*Classes de erosividade da chuva média anual*

Classes de Erosividade	Valores de Erosividade (MJ mm <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )
Muito baixa	R ≤ 2452
Baixa	2452 < R ≤ 4905
Média	4905 < R ≤ 7357
Alta	7357 < R ≤ 9810
Muito Alta	R > 9810

Os dados de erosividade foram submetidos à análise de regressão linear através do programa estatístico Sisvarr.

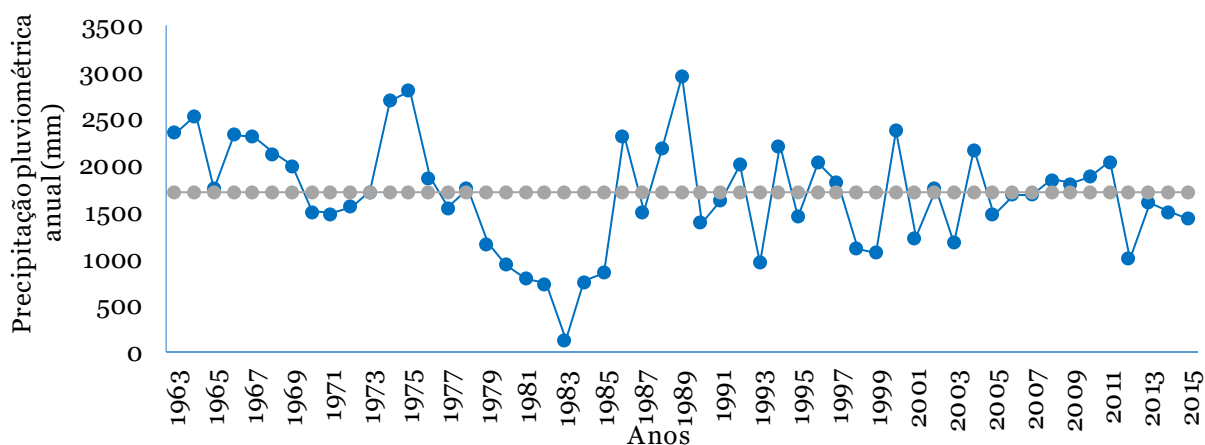
## Resultados e Discussão

### *Distribuição espacial e temporal das chuvas*

Rio Largo – AL, representante de uma série de 52 anos de análises do banco de dados da SUDENE (Brasil, 1990), utilizado para o cálculo da média anual de precipitação. A média anual de precipitação deste município é de 1712 mm, o ano de 1989 foi o que apresentou os maiores volumes de precipitação, com um total de 2954,7 mm, enquanto o ano de 1983 apresentou os menores volumes de precipitação dentro da série observada.

**Figura 1.**

*Precipitação pluviométrica anual do município de Rio Largo – AL, no período de 1963 a 2015*



Fonte: Autores (2023).

No período de observação verificou-se que do total de 52 anos, cerca de 20 anos registraram valores acima da média, enquanto aproximados 26 anos apresentaram valores abaixo da média histórica. As regiões tropicais, especialmente no recorte territorial do Nordeste brasileiro são caracterizadas por uma grande instabilidade espacial e temporal das precipitações, criando uma marca para região com períodos contínuos de chuvas abaixo da média, levando o registro de eventos conhecidos como secas.

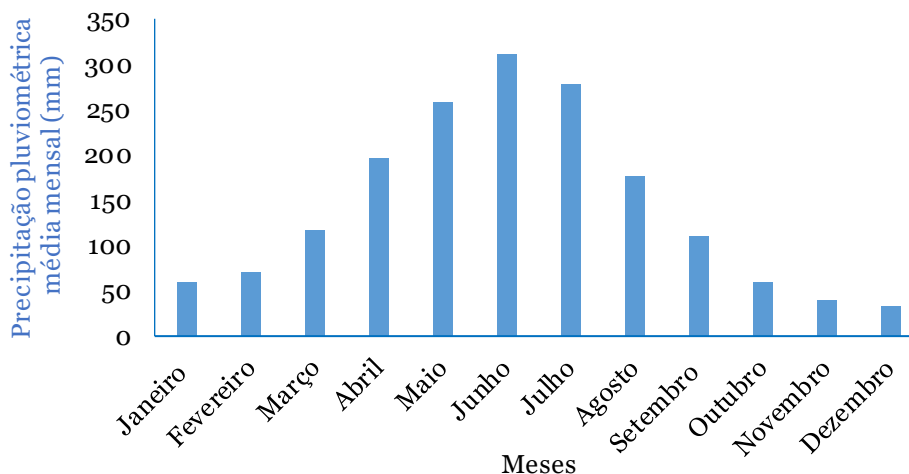
A variabilidade interanual e intrassazonal da precipitação pluvial no Nordeste também é influenciada por mecanismos de escala global como eventos de ENOS – El Niño Oscilação Sul. O ENOS é um fenômeno atmosférico de interação oceano-atmosfera, que ocorre no oceano Pacífico Tropical, e é considerado como a principal causa da variabilidade climática em diversas regiões do globo, apresentando duas fases extremas, sendo uma fase quente, denominada El Niño, e uma fase fria, denominada La Niña (Dias et al., 2020; Molion, 2005).

A Figura 3 apresenta a distribuição mensal da precipitação pluviométrica do município Rio Largo – AL, representando a série histórica de 52 anos de análises de dados para o período de 1963 a 2015 da base de dados da SUDENE (Brasil, 1990). Os meses de maio, junho e julho

apresentaram as maiores médias com 259, 310 e 278 mm, respectivamente, respondendo a 47% da precipitação anual. Já os meses de outubro, novembro e dezembro foram mais secos; juntos representam 8,26% da ocorrência de chuva na região.

**Figura 2.**

*Precipitação média mensal do município de Rio Largo – AL, para o período de 1963 a 2015*



Fonte: Autores (2023).

O referido município está inserido na região Nordeste que, por sua vez, apresenta uma grande variação de precipitação, tanto no intervalo temporal como no espacial de um ano, com períodos relativamente curtos da ocorrência de um grande volume de precipitação, o que contribui para elevadas perdas de solos por processos erosivos.

Dada a importância da erosividade das chuvas para os processos erosivos, o planejamento conservacionista do uso da terra é fundamental para a sustentabilidade e equilíbrio do sistema.

Perdas de solo, água, nutrientes e matéria orgânica por erosão hídrica são fortemente influenciadas por sistemas de manejo do solo, os quais, quando mal utilizados, podem acarretar a degradação de ecossistemas (Hernani, Kurihara e Silva, 1999). O uso adequado da terra é o primeiro passo no sentido da preservação do recurso natural dos solos e da agricultura sustentável (Manzatto, 2002).

### **Coefficientes de chuva ( $R_c$ )**

Estão apresentados os  $R_c$  obtidos pelo modelo matemático proposto do Lombardi Neto (1977), com base no coeficiente de Fournier (1960), que estabelece uma relação entre os valores de precipitação mensal por um período anual. A determinação deste coeficiente foi realizada para a série de 52 anos segundo os dados pluviométricos.

A variação do  $R_c$  segue a distribuição anual das chuvas, representando em média 12% do total da precipitação (Tabela 2), com os maiores registros nos meses de maio, junho e julho.

**Tabela 1.**

*Valores médios mensais e anuais e coeficiente de chuva (Rc) do município de Rio Largo – AL, para o período de 1963 a 2015*

Mês	Total Mensal (mm)
	Rc
Jan	2,1
Fev	2,9
Mar	8,1
Abr	22,5
Mai	39,2
Jun	56,2
Jul	45,0
Ago	18,2
Set	7,2
Out	2,1
Nov	0,9
Dez	0,6
Total	205,2

*Fonte: Autores (2023).*

Andrade et al. (2018) estudando as características das chuvas no agreste pernambucano obtiveram resultados de coeficiente de chuva em torno de 33% para o período estudado. Lombardi Neto e Moldenhauer (1992) e Mazurana et al. (2009) comprovam os resultados obtidos nesta pesquisa para os valores de coeficiente de chuva.

### ***Erosividade da chuva***

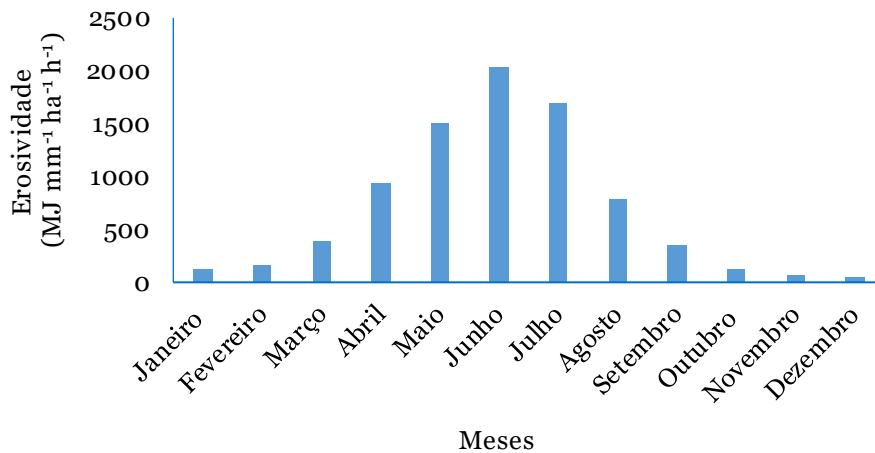
Nas figuras 3, 4, 5, 6, 7 e 8 estão apresentados os valores de erosividade de chuva mensal para o município de Rio Largo – AL, dentro da série de dados de 52 anos. Para determinação da erosividade foram utilizados os modelos matemáticos desenvolvidos por Oliveira Júnior e Medina (1990), Lombardi e Moldenhauer (1992), Leprun (1981), Val et al. (1986), Rufino, Biscaia e Merten (1993) e Morais et al. (1991).

O modelo matemático proposto por Lombardi e Moldenhauer (1992) foi utilizado para determinar a erosividade média anual e mensal. Os resultados desta análise estimaram uma erosividade média de  $6049 \text{ MJ mm}^{-1} \text{ ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , com os maiores valores médio mensais de erosividade de chuva registrados nos meses maio, junho e julho (Figura 4), correspondendo a 86% da erosividade total no período anual e os meses com menores registros de erosividade são outubro, novembro e dezembro.



**Figura 3.**

*Valores de erosividade de chuva mensal utilizando o modelo desenvolvido por Lombardi Neto e Moldenhauer (1992)*



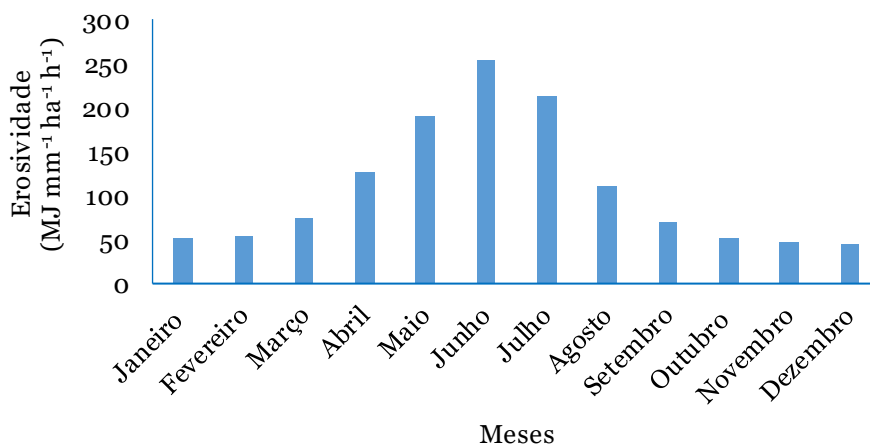
Fonte: Autores (2023).

Amaral et al. (2014), utilizando este modelo matemático, encontraram resultado semelhante para o valor de erosividade de chuva para o estado da Paraíba. Cantalice et al. (2009) encontraram valores de erosividade que não ultrapassou os 3500 MJ mm<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> para a região agreste do estado de Pernambuco, região esta que traz condições e dafoclimáticas semelhantes as da área de estudo.

O modelo matemático desenvolvido por Oliveira Júnior e Medina (1990) (Eq.2) foi utilizado para determinar a erosividade média anual e mensal. Com os resultados desta análise obtiveram-se um valor médio anual de 753 MJ mm<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> – erosividade muito baixa – com os maiores valores médio mensais de erosividade de chuva registrados nos meses maio, junho e julho (Figura 5), correspondendo a 81% da erosividade total no período anual e os meses com menores registros de erosividade foram outubro, novembro e dezembro.

**Figura 4.**

*Valores de erosividade de chuva mensal utilizando o modelo desenvolvido por Oliveira Júnior e Medina (1990)*

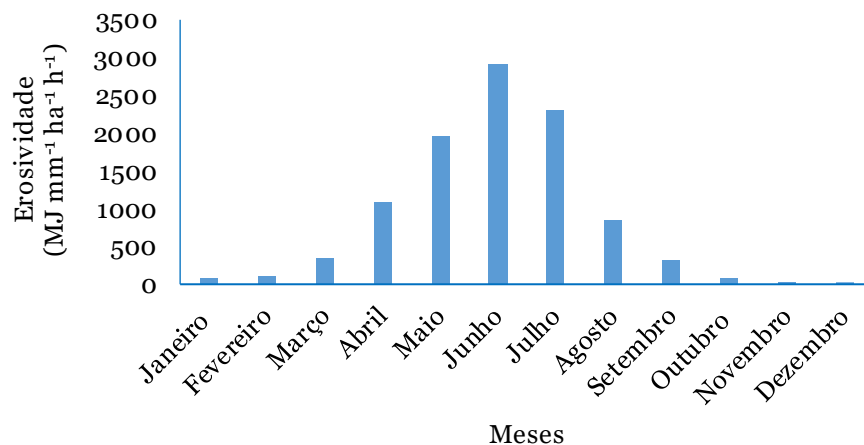


Duarte (2018) utilizando este modelo matemático encontrou resultado semelhante para o valor de erosividade de chuva na bacia hidrográfica do rio Juma, no sul do estado do Amazonas.

O modelo matemático desenvolvido por Morais et al. (1991) (Eq.7) foi utilizado para determinar a erosividade média anual e mensal. Os resultados desta análise obtiveram valor médio anual de  $11902 \text{ MJ mm}^{-1} \text{ ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  (muito alta), com os maiores valores médio mensais de erosividade de chuva registrados nos meses maio, junho e julho (Figura 6), correspondendo a 60% da erosividade total no período anual e os meses com menores registros de erosividade foram outubro, novembro e dezembro.

**Figura 5.**

*Valores de erosividade de chuva mensal utilizando o modelo desenvolvido por Morais et al. (1991)*



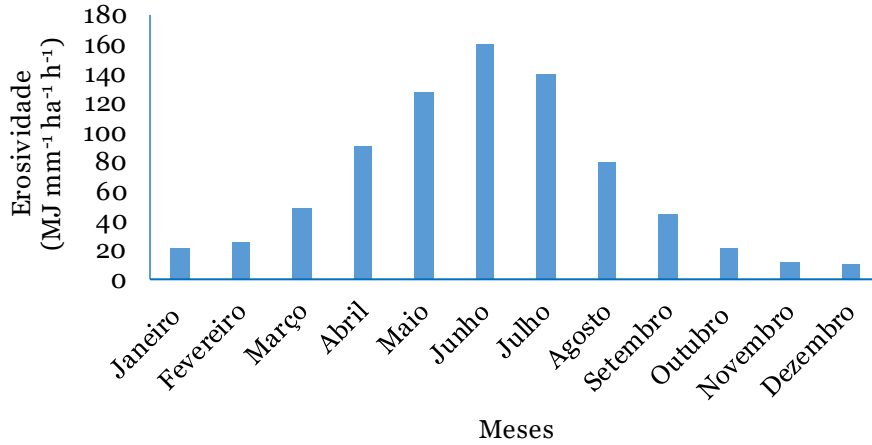
*Fonte: Autores (2023).*

Lima (2014) analisando o fator de erosividade da chuva para uma pequena bacia hidrográfica da Amazônia comprovou esta equação e julgou adequada para utilização no nordeste paraense.

O modelo matemático proposto por Leprun (1981) (Eq.4) foi utilizado para determinar a erosividade média anual e mensal. Os resultados desta análise obtiveram valor médio anual de  $1329 \text{ MJ mm}^{-1} \text{ ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  (muito baixo), com maiores valores médio mensais de erosividade de chuva registrados nos meses maio, junho e julho (Figura 7), correspondendo a 32% da erosividade total no período anual e os meses com menores registros de erosividade foram outubro, novembro e dezembro.

**Figura 6.**

Valores de erosividade de chuva mensal utilizando o modelo desenvolvido por Leprun (1981)



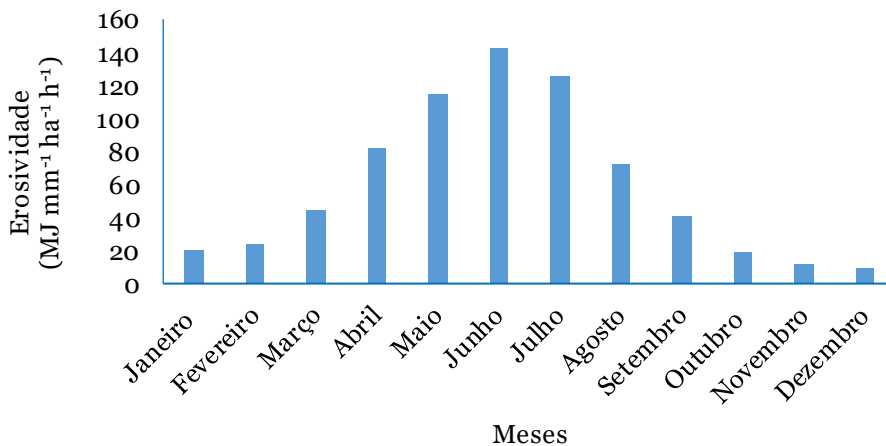
Fonte: Autores (2023).

Lopes e Brito (1993) estudando a erosividade da chuva no médio São Francisco através de diagramas de precipitação pluvial obtidos por pluviógrafos encontraram resultados semelhantes.

O modelo matemático desenvolvido por Val et al. (1986) (Eq.5) obteve valor médio anual de 312 MJ mm<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (muito baixo), com os maiores valores médio mensais de erosividade de chuva registrados nos meses maio, junho e julho (Figura 8), correspondendo a 32% da erosividade total no período anual e os meses com menores registros de erosividade foram outubro, novembro e dezembro.

**Figura 7.**

Valores de erosividade de chuva mensal utilizando o modelo desenvolvido por Val et al. (1986)



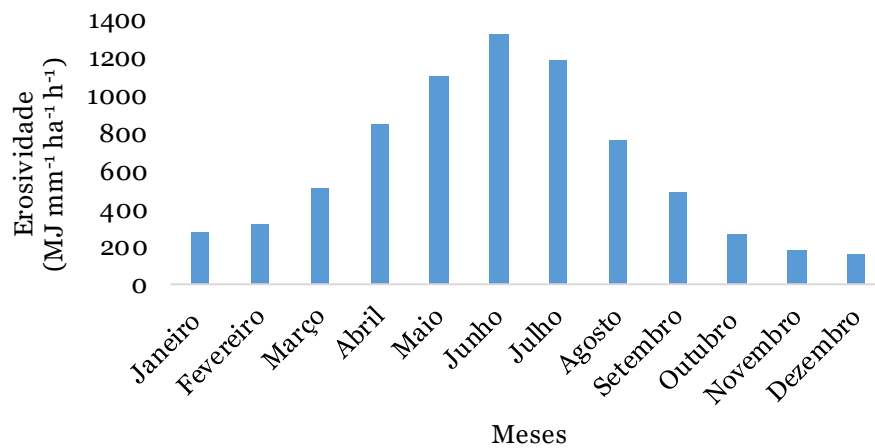
Nota: Autores (2023).

Silva et al. (2009) analisando a erosividade da chuva e erodibilidade de Cambissolo e latossolo na região de Lavras, sul de Minas Gerais afirmaram que os valores de precipitação pluvial apresentaram boa correlação com os valores de erosividade para esta equação.

O modelo matemático proposto por Rufino, Biscaia e Merten (1993) (Eq.5) obteve valor médio anual de  $7211 \text{ MJ mm}^{-1} \text{ ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  (erosividade média), com os maiores valores médios mensais de erosividade de chuva registrados nos meses maio, junho e julho (Figura 9), correspondendo a 50% da erosividade total no período anual e os meses com menores registros de erosividade foram outubro, novembro e dezembro.

**Figura 8.**

*Valores de erosividade de chuva mensal utilizando o modelo desenvolvido por Rufino, Biscaia e Merten (1993)*



*Fonte: Autores (2023).*

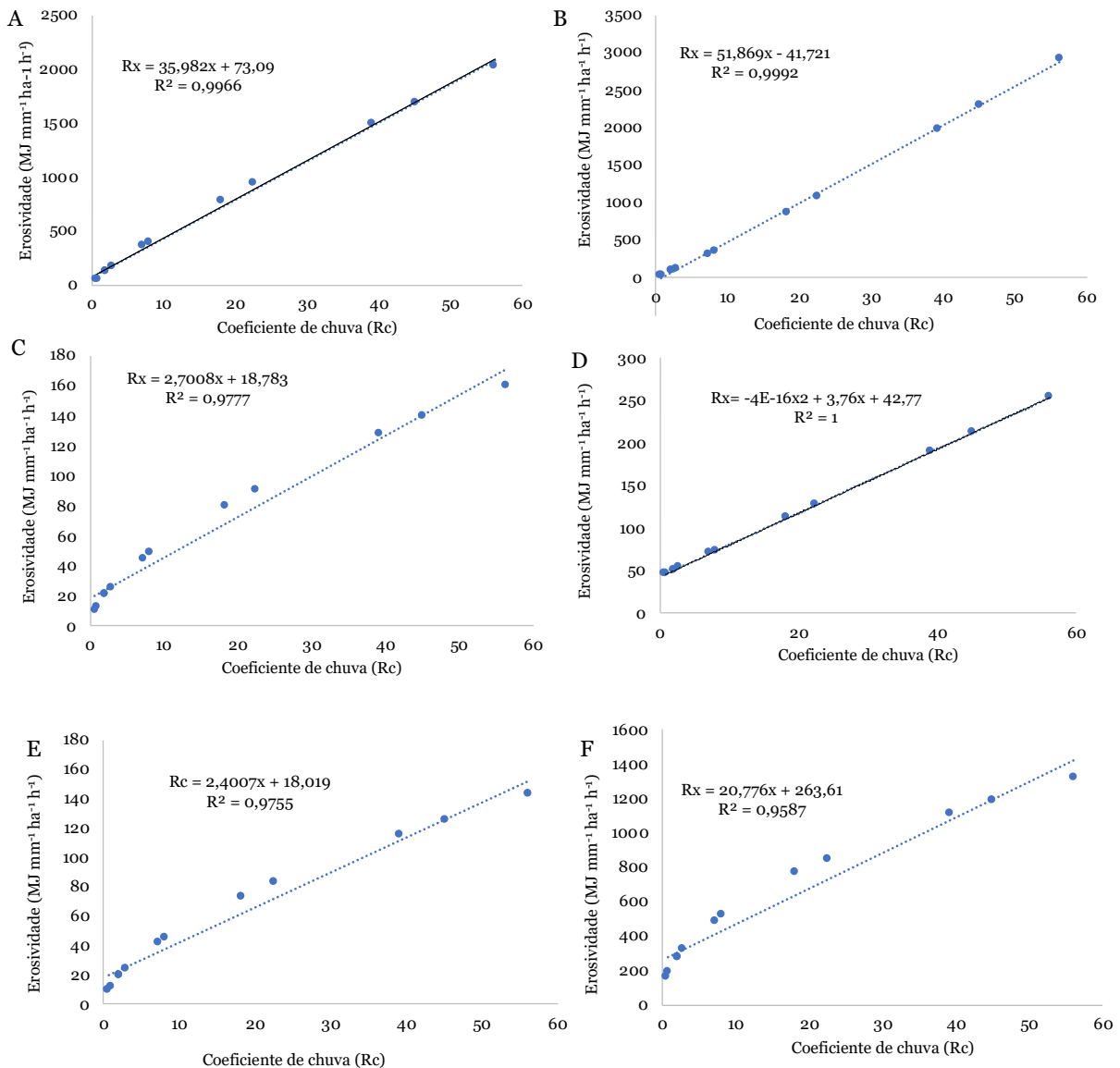
Waltrick (2014) estimando a erosividade das chuvas no estado do Paraná pelo método da pluviometria afirmou que a equação continua válida.

### ***Erosividade da chuva e coeficiente de chuva***

Na figura 10 estão apresentados os resultados da correlação entre o índice de erosividade de chuva calculados pelos modelos matemáticos citados anteriormente com o coeficiente de chuva (Rc) proposto por Lombardi Neto (1977) (Eq.1).

**Figura 9.**

Relação entre a erosividade da chuva e o coeficiente de chuva (Rc) obtido por Lombardi Neto e Moldenhauer (1992) (A), Morais et al. (1991) (B), Leprun (1981) (C), Oliveira Júnior e Medina (1990) (D), Val et al. (1986) (E) e Rufino, Biscaia e Merten, (1993).



Na análise de correlação entre o coeficiente de chuva e o fator erosividade média mensal determinada pelo modelo matemático 2, obteve-se uma correlação linear positiva, com  $R^2 = 0,99$  (Figura 10A), comprovando uma alta correlação.

Resultado semelhante também na análise de correlação alta com valor de  $R^2 = 0,96$ , utilizando-se o modelo 1 (Figura 10D). Este comportamento foi observado nas análises do coeficiente de determinação pelo modelo 3 (Figura 10C), modelo 6 (Figura 10B), modelo 4 (Figura 10E) e modelo 5 (Figura 10F), apresentando relação linear positiva, com valores de  $R^2$  acima de 0,90, o que caracteriza alta correlação entre o fator erosividade e o coeficiente de chuva.

Resultados semelhantes foram observados por Amaral et al. (2014), com valor de  $R^2 = 0,94$ , para o estado da Paraíba. Estudando as correlações entre o fator erosividade de chuva e o coeficiente de chuva, vários autores constataram correlação significativa para várias localidades do Brasil, com destaque os trabalhos de Lombardi Neto e Moldenhauer (1992) para o estado de São Paulo; Carvalho et al. (2005) para o Rio de Janeiro; Neves e Lollo (2022) em São Pedro – SP e Silva e Dias (2003) para o estado do Ceará.

## Conclusões

A erosividade média anual calculada utilizando os seis modelos matemáticos apresentaram valores que variaram de 312 a 7211 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> para a área de estudo;

Os meses de maio, junho e julho correspondem ao período mais crítico em relação ao potencial erosivo das chuvas, o qual indica que, provavelmente, pode ocorrer uma maior perda de solo por erosão nesse período, e os meses de outubro, novembro e dezembro, compreende o período menos crítico, coincidindo, ambos, com o período de maior e menor precipitação;

Portanto, tais informações são eficazes para estabelecer quais períodos podem ocorrer maiores perda de solo por processos erosivos;

Com isso, os modelos matemáticos apresentados são válidos e podem ser utilizados como uma alternativa para se determinar a erosividade média mensal e anual das chuvas para o município de Rio Largo – AL. Contudo, os modelos matemáticos 2 e 4 apresentaram maior correlação entre o fator de erosividade e coeficiente de chuva.

## REFERÊNCIAS

- Amaral, B. S. D., Dantas, J. C., Silva, R. M., & Carvalho Neto, J. F. (2014). Variabilidade da erosividade das chuvas no estado da Paraíba. *Revista Brasileira Geografia Física*, 7(4), 691-701. <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/233159/27053>
- Andrada, E. K. P., Andrade, A. R. S., Zamora, V. R. O., Silva, P. R. L. A., Santos, M. K. S. (2018). Periodicidades na distribuição homogênea da precipitação no Agreste de Pernambuco. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, 3(1), 100-117.
- Back, Á. J. (2017). Fator erosividade e características das chuvas erosivas para a Região do Planalto Norte de Santa Catarina. *Agropecuária Catarinense*, 31(1), 61-66.
- Bertoni, J., & Lombardi Neto, F. (1990). *Conservação do solo*. Ícone.
- Brasil. (1990). *Dados pluviométricos mensais do Nordeste – Piauí*. Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE). (Série Pluviometria, 2).
- Cantalice, J. R. B., Bezerra, S. A., Figueira, S. B., Inácio, E. S., & Silva, M. D. (2009). Linhas isoerosivas do estado de Pernambuco - 1ª aproximação. *Revista Caatinga*, 22(2), 75-80.
- Carvalho, D. F., Montebeller, C. A., Franco, E. M., Valcarcel, R., & Bertol, I. (2005). Padrões de precipitação e índices de erosividade para as chuvas de Seropédica e Nova Friburgo, RJ. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 9, 7-14.
- Dias, G. F. M., Serrão, E. A. O., Lima, A. M. M., Miranda, S. B. A., Silva Júnior, J. A., Sousa, A. M. L. (2020). Associação entre os eventos de ENOS e a distribuição espaço-temporal da precipitação na bacia hidrográfica do Rio Capim (Ma-Pa). *Revista Brasileira de Climatologia*, 26, 521 – 540.
- Duarte, M. L. (2018). Estimativa da erosividade da chuva na bacia hidrográfica do rio Juma com base em dados do satélite TRMM. *Caderno de Geografia*, 29(56), 45-60.
- Fournier, F. (1960). *Climat et erosion*. Universitaires de France.

- Hernani, L. C., Kurihara, C. H., & Silva, W. M. (1999). Sistemas de Manejo de solo e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 23, 145-154.
- Lal, R. (1976). Soil erosion on Alfisol in western Nigéria, III: Effects of rainfall characteristics. *Geoderma*, 16: 389-401.
- Leprun, J. C. (1981). *A erosão, a conservação e o manejo do solo no Nordeste Brasileiro*. SUDENE, Brasil.
- Lima, S. R. M. (2014). Análise do fator de erosividade da chuva para uma pequena bacia hidrográfica da Amazônia. *Revista de Engenharia e Tecnologia*, 2(6), 184-191.
- Lombardi Neto, F. (1977). Rainfall erosivity. Its distribution and relation with soil loss na Campinas – Brasil. *West Lafayette*.
- Lombardi Neto, F., & Moldenhauer, W. C. (1992). Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com perdas de solo em campinas, SP. *Bragantia*, 51(2), 189-196.
- Lopes, P. R. C., & Brito, L. T. L. (1993). Erosividade da chuva no médio São Francisco. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 17(1), 129-133.
- Manzatto, C. V. (2002). *Uso Agrícola dos Solos Brasileiros*. Embrapa Solos.
- Mazurana, J., Cassol, E. A., Santos, L. C., Eltz, F. L. F., & Bueno, A. C. (2009). Erosividade, padrões hidrológicos e período de retorno das chuvas erosivas de Santa Rosa (RS). *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 13, 975-983.
- Molion, L. C. B. (2005). Aquecimento global, El Niños, manchas solares, vulcões e Oscilação Decadal do Pacífico. *Revista Climanalise*, 3(1), 1-5.
- 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 EI<sub>30</sub> de chuva e sua relação com o coeficiente de chuva do sudoeste de Mato Grosso. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 15, 339-344.
- Moreti, D., Carvalho, M. P., Mannigel, A. R., & Medeiros, L. R. (2003). Importantes características de chuva para a conservação do solo e da água no município de São Manuel (SP). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27, 713-25.
- Neves, M. P., & Lollo, J. A. D. (2022). Erosividade da Chuva no Município de São Pedro -SP: Análise entre 1960-2020. *Sociedade e Natureza*, 34.
- Oliveira Júnior, R. C., & Medina, B. F. (1990). A erosividade das chuvas em Manaus (AM). *Revista Brasileira Ciência do Solo*, 14, 235-239.
- Rufino, R. L., Biscaia, R. C. M., & Merten, G. H. (1993). Determinação do potencial erosivo da chuva do estado do Paraná através da pluviometria: Terceira aproximação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 17, 439-44.
- Silva, A. M., Silva, M. L. N.; Curi, N., Avanzi, J. C., & Ferreira, M. M. (2009). Erosividade da chuva e erodibilidade de Cambissolo e Latossolo na região de Lavras, sul de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33(6), 1811-1820.  
<http://dx.doi.org/10.1590/s0100-06832009000600029>
- Silva, J. R. C., & Dias, A. S. (2003). A erosividade das chuvas em Fortaleza (CE): II - correlação com o coeficiente de chuva e atualização do fator R no período de 1962 a 2000. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27, 347-354.
- Souza, J. L., Moura Filho, G., Lyra, R. F. F., Teodoro, I., Santos, E. A., Silva, J. L., Silva, P. R. T., Cardim, A. H., & Amorin, E. C. (2004). Análise da precipitação pluvial e temperatura do ar na região do Tabuleiro Costeiro de Maceió, AL, período 1972 – 2001. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 12(1), 131-141.
- Val, L. A., Bahia, V. G., Freire, J. C., & Dias Júnior, M. S. (1986). Erosividade das chuvas em Lavras, MG. *Ciência e Prática*, 10, 199-209.
- Xavier, J. P. S., Barros, A. H. C., Webber, D. C., Accioly, L. J. O., Marques, F. A., Araujo Filho, J. C., & 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. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 12(3), 859-875.
- Waltrick, P. C., Machado, M. A. D. M., Dieckow, J., & Oliveira, D. (2015). Estimativa da erosividade de chuvas no estado do Paraná pelo método da pluviometria: atualização com dados de 1986 a 2008. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 39(1), 256-267.

- Waltrick, P. C. (2014). Estimativa da erosividade de chuvas no estado do paraná pelo método da pluviometria. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 5(8), 256-267.
- Wischmeier, W. H., & Smith, D. D. (1958). Rainfall energy and its relationship to soil loss. *Transactions American Geophysical Union*, 39, 285-291.
- Wischmeier, W. H. (1959). A rainfall erosion index for a universal soil-loss equation. *Soil Science Society American Proceedings*, 23(2), 246-249.