

---

## **EROSIVIDADE DAS CHUVAS EM PARTE DO ALTO CURSO DO RIO BANABUIU - SERTÃO CENTRAL DO CEARÁ**

Léya Jéssyka Rodrigues Silva **CABRAL**  
Universidade Federal do Piauí  
leyarodrigues@hotmail.com  
<http://lattes.cnpq.br/5258760681428875>

Gustavo Souza **VALLADARES**  
Universidade Federal do Piauí  
valladares@ufpi.edu.br  
<http://lattes.cnpq.br/7710601501267719>

Cláudia Maria Saboia de **AQUINO**  
Universidade Federal do Piauí  
cmsaboia@gmail.com  
<http://lattes.cnpq.br/0090245396610980>

---

**RESUMO:** Para melhor utilização e conservação das terras é necessário conhecer as potencialidades erosivas das chuvas. O trabalho teve como objetivo analisar a erosividade das chuvas de parte do alto curso do rio Banabuiu, localizado no sertão central do Ceará, utilizando o índice de Fournier, adaptado por Silva (2004). Para a realização dos mapas foram utilizados dados de precipitação média considerando uma série histórica de 30 anos, de 12 postos pluviométricos. A partir dos dados foram calculados os coeficientes de chuvas mensais, com os valores médios mensais (p) e os anuais (P). Os dados equacionados foram interpolados no Arcgis, usando o método do inverso do quadrado da distância, gerando um mapa que mostra as variações espaciais da erosividade. Os resultados obtidos permitem inferir que os meses de março e abril foram os que apresentaram os maiores índices de erosividade, no qual a erosão dos solos é mais acentuada.

**Palavras-chave:** Índice de Fournier. Dados pluviométricos. Semiárido.

## **RAIN EROSIVITY IN HIGH COURSE OF BANABUIU RIVER- CENTRAL WILDERNESS OF CEARÁ, BRAZIL**

**ABSTRACT:** To better use and conservation of lands is necessary to know the erosive potential of rainfall. The study aimed to analyze the rainfall erosivity in a part of the upper course of the Banabuiu River, located in the central wilderness of Ceará, using the index of Fournier. Data were calculated from considering an average rainfall time series for 30 years, from 12 rain gauge stations for the making of the maps. From the data the coefficients of monthly rainfall, with monthly mean values (p) and annual (P) were calculated. The equated data were interpolated with the use of Geographic Information System, using the method of

the inverse square of the distance, generating a map showing the spatial variation of erosivity. The results allow us to infer that the months of March and April were those with the highest levels of erosivity.

**Keywords:** Index of Fournier. Rainfall data. Semiarid.

### **EROSIVIDADE DAS CHUVAS NA PARTE SUPERIOR DO CURSO DO RIO BANABUIÚ - CEARÁ SERTÃO CENTRAL, BRASIL**

**RESUMEN:** Para um melhor uso y conservación de la tierra es necesario conocer el potencial erosivo de la lluvia. El estudio tuvo como objetivo analizar la parte erosividad de la lluvia del curso superior del río Banabuiú, situado em el interior central de Ceará, utilizando el índice de Fournier, adaptado por Silva (2004). Los datos se utilizan de la consideración de una serie de media hora de lluvia por 30 años, de las estaciones de calibre 12 de lluvia para la elaboración de los mapas. De los datos se calcularon los coeficientes de precipitación mensual, con valores médios mensuales (p) y anual (P). Los datos se interpolan em ArcGIS equi para utilizando el método de la inversa del cuadrado de la distancia, la generación de un mapa que muestra la variación espacial de la erosividad. Los resultados permiten inferir que los meses de marzo y abril fueron aquellos con los niveles más altos de erosividad, donde La erosión del suelo es más pronunciada.

Palabras clave: Índice de Fournier. Datos de las precipitaciones. Semiarido.

### **INTRODUÇÃO**

A conservação do solo constitui, sem dúvida, um dos aspectos mais importantes da agricultura moderna. A segurança da coletividade e interesses dos agricultores exigem uma orientação técnica a fim de que as explorações agrícolas possam ser conduzidas em bases conservacionistas, sem descuidar ao mesmo tempo, dos interesses financeiros dos agricultores. Para isso é necessária a planificação racional do uso do solo, tendo em vista o conjunto das suas principais características físicas, ecológicas e econômicas (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2008).

O sertão central do Ceará está incluído na região semiárida brasileira, caracterizada por um regime de precipitação pluviométrica baixa e irregular, concentrada em apenas alguns meses do ano de forma intensa e de curta duração, o que ocasiona um elevado risco de perda dos solos, causado principalmente pelas chuvas intensas e intensificada pela inexpressiva proteção oferecida pela cobertura vegetal, esta de caráter caducifólio. (NYSSSEN et al., 2005; SANCHEZ-MORENO et al., 2014; VRIELING et al., 2014, RENARD, 1994).

O processo erosivo causado pelas águas das chuvas tem abrangência em quase toda a superfície terrestre, em especial nas áreas com clima tropical, onde os totais pluviométricos

são bem mais elevados quando comparados a outras regiões do planeta (GUERRA et al., 2007).

Denominamos de erosividade da chuva, a capacidade da chuva em causar erosão, e a competência do solo de resistir ou não estão relacionados à sua erodibilidade, ambos são fatores integrantes da Equação Universal de Perdas de Solo. Entre os diversos fatores ligados à erosão das chuvas, a erosividade é um dos mais importantes (MELLO et al., 2007).

A erosividade da chuva é função de suas características físicas, como duração, quantidade, intensidade etc. A dinâmica da erosividade inicia-se a partir do momento em que as gotas de chuvas tocam o solo. Segundo Guerra et al. (2007), a ação do *splash*, também conhecido por erosão de salpicamento, é o estágio inicial do processo erosivo, pois prepara as partículas que compõem o solo, para serem transportadas pelo escoamento superficial.

A preparação para o transporte de partículas se dá tanto com a ruptura dos agregados, quebrados em tamanhos menores, como pela própria ação transportadora que o salpicamento provoca nas partículas dos solos. Além disso, os agregados vão preenchendo os poros da superfície do solo, provocando a selagem e conseqüente diminuição da porosidade, o que aumenta o escoamento da água. (GUERRA et al., 2007).

Para o cálculo da erosividade das chuvas foi necessário selecionar uma série de registros das chuvas mensais e anuais dos municípios da área de estudo e do seu entorno. O trabalho se concentrou em pesquisar detalhadamente a erosividade das chuvas, utilizando o índice de Fournier, e uma adaptação desse índice elaborada por Silva (2004).

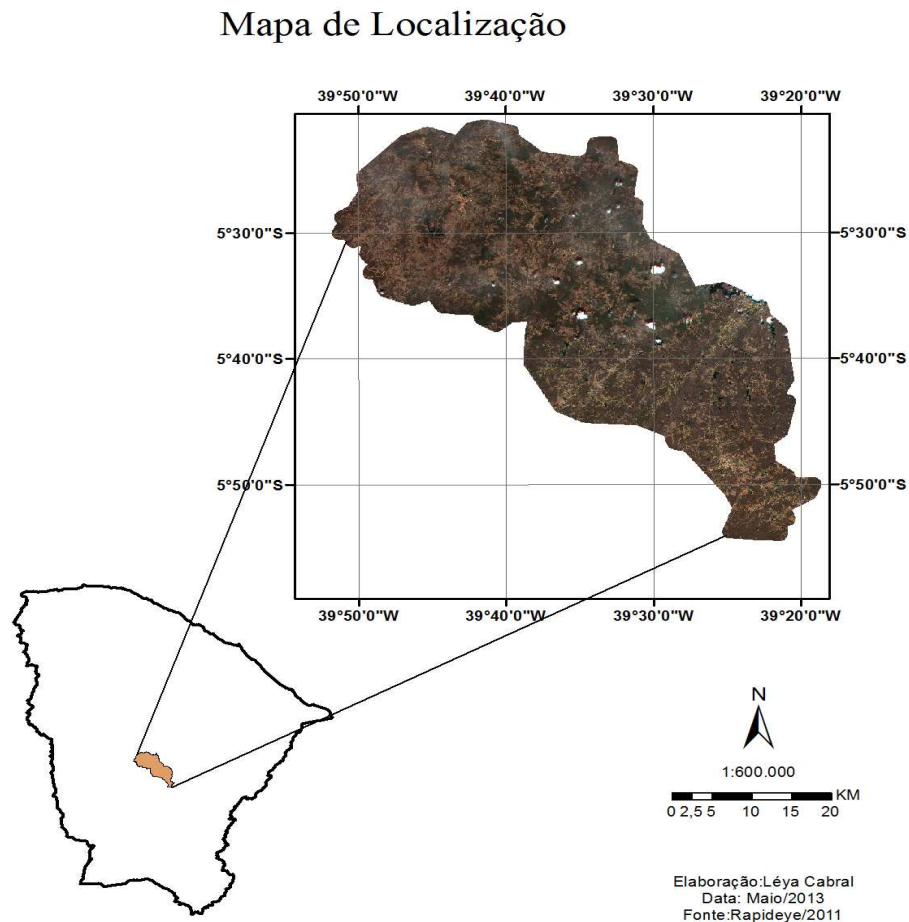
Desta forma, avaliar o potencial de erosão das chuvas é essencial para a criação de um programa de manejo e conservação do solo e útil para antecipar os impactos antes mesmo de determinada prática agrícola ser implantada. Partindo dessa temática o presente trabalho tem como objetivo i) estimar os valores de erosividade das chuvas, em parte do alto curso do rio Banabuiu, área no sertão central do Ceará; ii) elaborar mapas de isoerodentes que demonstrem a distribuição espacial da erosividade na área de estudo (AQUINO, 2006); iii) analisar as áreas de maior potencial erosivo.

## **PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

A área de estudo está situada em parte do alto curso do rio Banabuiu - Sertão Central do Ceará, Bacia do Banabuiu, microrregião do Sertão de Senador Pompeu, localizada entre as coordenadas geográficas 5° 21' e 5° 53' de latitude sul e 39° 18' e 39° 51' de longitude oeste. Abrange os municípios de Pedra Branca com 542 km<sup>2</sup>, Senador Pompeu com 539 km<sup>2</sup>,

Mombaça com 232 km<sup>2</sup> e Piquet Carneiro com 180 km<sup>2</sup> perfazendo um total de aproximadamente 1490 km<sup>2</sup> conforme figura 1.

Figura 1 – Localização da área de estudo no Estado do Ceará.



Fonte: Rede hidroclimatológica do Nordeste.

Ao analisar o índice pluviométrico da área, considerando dados da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), de uma série histórica de 30 anos, pode-se constatar que os meses de maiores ocorrências de precipitação estendem-se de fevereiro a maio, e os meses de estiagem de julho a dezembro, com variações que chegam de 686 mm a 840 mm/ano, distribuição esta marcada por chuvas irregulares e mal distribuídas na região, características do clima semiárido.

Segundo a classificação climática de Köppen, a área de estudo é representada por clima BSw'h', do tipo semiárido, muito quente o ano todo, com médias anuais térmicas superiores a 25°C e pluviosidade média anual inferior a 1000 mm/ano com chuvas irregulares, concentradas no verão e outono.

Para a realização do trabalho utilizou-se dados de precipitação (mm) de uma série histórica de 30 anos, considerando os meses de janeiro a dezembro. Foram utilizados 12 postos pluviométricos, localizados tanto dos municípios que englobam a área de estudo (Mombaça, Piquet Carneiro, Senador Pompeu e Pedra Branca), como os do entorno (Boa Viagem, Quixadá, Quixeramobim, Independência, Acopiara, Milhã, Tauã e Deputado Irapuan Pinheiro).

A partir dos dados coletados foi elaborada uma tabela, com as médias mensais e anuais de precipitação. Para calcular a erosividade mensal das chuvas fez-se uso da Equação (1) adaptada por Silva (2004).

$$R_x = 42.307 * \left(\frac{M_x^2}{P}\right) + 69.763(I)$$

Onde  $R_x$  é o fator R (MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) por mês x,  $M_x$  é a precipitação média mensal (mm), e P é a precipitação média anual (mm).

Com os resultados das equações obtidos foram criadas tabelas, e transformados em formato (txt), para serem inseridos no software Arcgis 10. Através da ferramenta de interpolação dos dados, usando o método do inverso do quadrado das distâncias foram feitos os mapas de erosividade das chuvas.

Para a interpolação de dados no Arcgis 10, foram utilizados apenas os dados dos meses de fevereiro, março, abril e maio, por serem estes os meses com o maior índice de pluviosidade, sendo assim os meses com o maior risco de erosividade.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os dados de erosividade das chuvas para a área de estudo foram obtidos a partir do emprego da equação de Silva (2004), sendo apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Dados da erosividade das chuvas mensal e anual dos municípios da área de estudo em (MJ mm ha<sup>-1</sup> mês<sup>-1</sup>).

| LOCAL         | EROSIVIDADE DAS CHUVAS MENSAL E ANUAL |     |      |      |     |     |     |     |     |     |     |     |       |
|---------------|---------------------------------------|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
|               | JAN                                   | FEV | MAR  | ABR  | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | NOV | DEZ | ANUAL |
| MOMBAÇA       | 358                                   | 599 | 2254 | 1725 | 667 | 227 | 113 | 76  | 84  | 70  | 75  | 80  | 5561  |
| PIQUET        | 367                                   | 753 | 2594 | 1999 | 699 | 274 | 126 | 82  | 82  | 71  | 74  | 121 | 5999  |
| CARNEIRO      |                                       |     |      |      |     |     |     |     |     |     |     |     |       |
| PEDRA BRANCA  | 338                                   | 686 | 2352 | 2113 | 899 | 395 | 281 | 122 | 87  | 72  | 75  | 126 | 6740  |
| QUIXADÁ- PB   | 360                                   | 801 | 2324 | 2158 | 799 | 302 | 121 | 70  | 70  | 70  | 72  | 95  | 6114  |
| SENADOR       | 311                                   | 359 | 1791 | 1351 | 665 | 170 | 112 | 84  | 75  | 71  | 74  | 81  | 4940  |
| POMPEU        |                                       |     |      |      |     |     |     |     |     |     |     |     |       |
| BOA VIAGEM    | 272                                   | 422 | 1509 | 1618 | 508 | 227 | 118 | 72  | 74  | 70  | 71  | 98  | 5763  |
| QUIXERAMOBIM  | 333                                   | 828 | 2234 | 2086 | 939 | 325 | 153 | 75  | 70  | 71  | 73  | 93  | 5926  |
| INDEPENDÊNCIA | 387                                   | 792 | 1937 | 1281 | 214 | 96  | 70  | 70  | 70  | 70  | 70  | 79  | 5586  |
| ACOPIARA      | 393                                   | 821 | 1783 | 1692 | 543 | 163 | 155 | 73  | 75  | 78  | 71  | 205 | 5937  |
| MILHÃ         | 337                                   | 611 | 1959 | 1410 | 899 | 218 | 132 | 74  | 85  | 72  | 74  | 128 | 5595  |
| TAUÃ          | 301                                   | 494 | 1239 | 1099 | 281 | 104 | 78  | 71  | 72  | 73  | 72  | 99  | 4283  |
| DEP IRAPUAN   | 181                                   | 572 | 1708 | 1460 | 749 | 162 | 102 | 70  | 70  | 70  | 70  | 82  | 5349  |

Fonte: Rede hidroclimatológica do Nordeste/ SUDENE, 2014.

A análise da Tabela permite inferir que:

- As médias dos meses de Julho a Dezembro são muito baixas, tendo sido o menor valor médio mensal da ordem de 70 MJ mm ha<sup>-1</sup> mês<sup>-1</sup>, constatado para o posto pluviométrico de Independência. Ressalta-se que este baixo valor é reflexo das baixas precipitações, constatadas durante estes meses.
- Considerando que as chuvas do Nordeste são mais frequentes no período do verão, que se inicia em dezembro, este, portanto é o mês a partir do qual se constata o aumento nos valores da erosividade das chuvas, estendendo-se aos meses de Janeiro, Fevereiro, Março, Abril e Maio.
- Os meses de Março e Abril foram os que apresentaram os maiores valores de erosividade e, portanto, maior capacidade das chuvas em causar erosão na área de estudo.

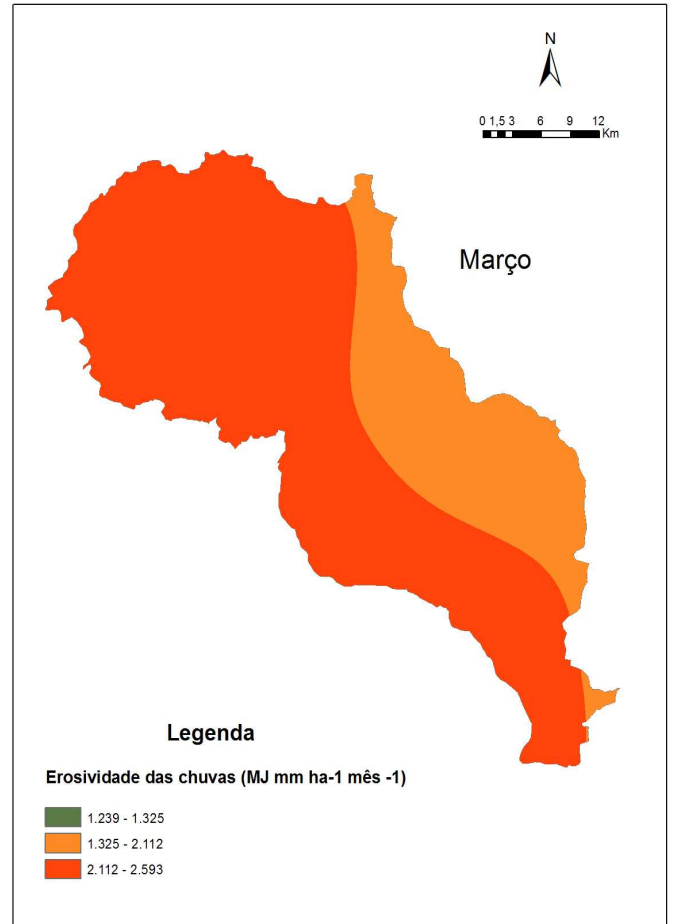
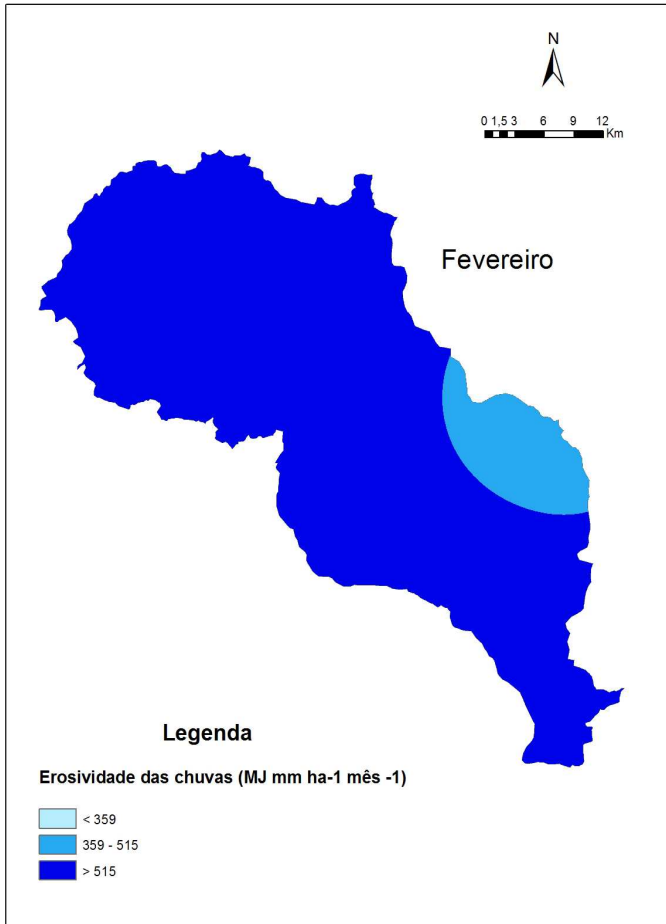
- O maior valor de erosividade obtido para o mês de Março foi de 2594 MJ mm ha<sup>-1</sup> mês<sup>-1</sup>, para o posto de Piquet Carneiro. Em Abril o maior valor foi de 2158 MJ mm ha<sup>-1</sup> mês<sup>-1</sup>, para o posto de Quixadá.
- Os resultados da análise da erosividade das chuvas das terras do sertão central do Ceará mostram que o valor médio anual encontrado para a área de estudo variou de 4283 MJ.mm/ha.h.ano (posto Tauá) e 6740 MJ.mm/ha.h.ano (posto Pedra Branca). Ao comparar os valores aqui obtidos com dados de Silva (2004), pode-se constatar que esses dados são consistentes, posto que o autor sugere para a área de estudo valores médio anuais de erosividade da ordem de 5.000 MJ.mm.ha-1.h-1 por ano.

A Figura 2 apresenta os mapas de erosividade média mensal para a área de estudo. Ressalta-se que os meses de junho a janeiro, não foram expostos como mapas, pois eles são considerados meses com déficit hídrico, não trazendo nenhuma contribuição, ou modificação nos resultados obtidos.

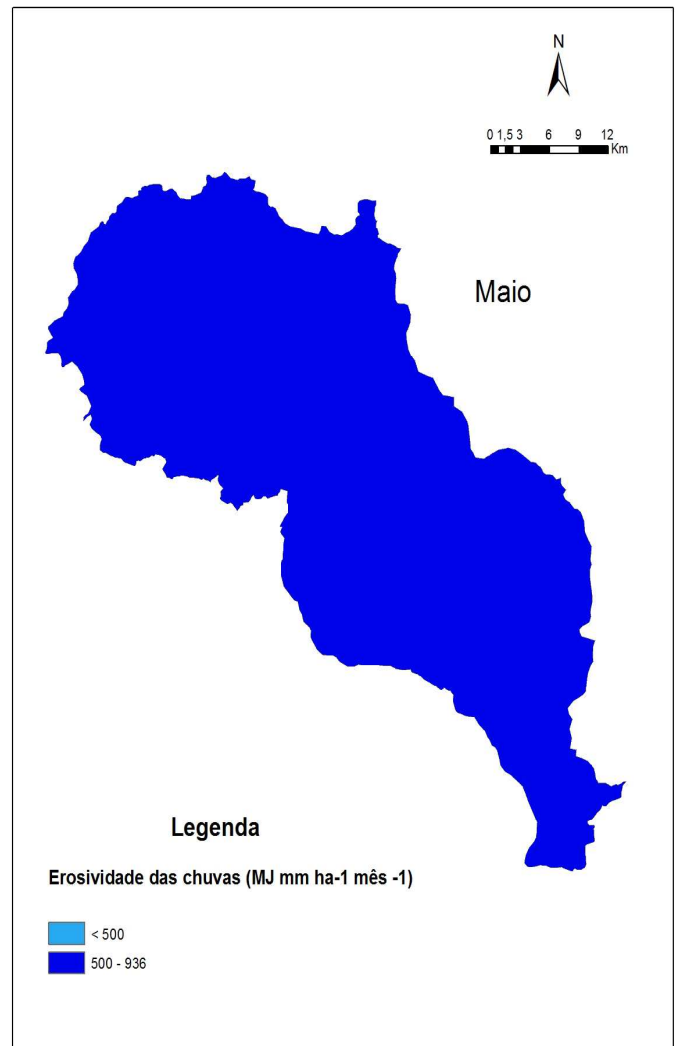
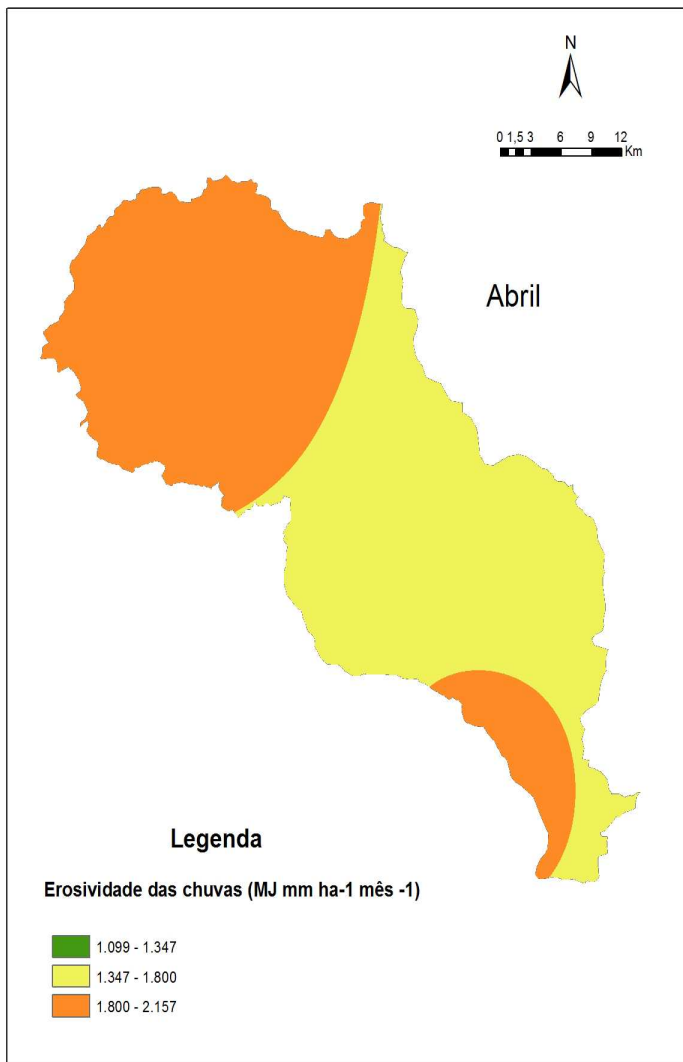
A Figura 2 apresenta a distribuição espacial da erosividade das chuvas na área de estudo e permite inferir que os meses de Março e de Abril, como dito anteriormente são aqueles com maiores valores de erosividade. Constata-se ainda que as áreas com maiores valores de erosividade aumentam de Nordeste em direção à parte Central da área de estudo, considerando os meses de Fevereiro, Março e Abril.

Analisando a metodologia empregada, os valores da erosividade, de modo geral, tendem a aumentar com a precipitação, fato que se justifica por serem os meses com maior atuação dos vários sistemas atmosféricos causadores de chuva na área de estudo, a exemplo da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que pode ser definida como uma banda de nuvens que circunda a faixa equatorial do globo terrestre, formada principalmente pela

Figura 2. Mapas da erosividade das chuvas nos meses de Fevereiro à Maio da área de estudo.







Fonte: Rede hidroclimatológica do nordeste/ SUDENE, 2014.

A Figura apresenta a distribuição espacial da erosividade das chuvas na área de estudo e permite inferir que os meses de Março e de Abril, como dito anteriormente são aqueles com maiores valores de erosividade. Constata-se ainda que as áreas com maiores valores de erosividade aumentam de Nordeste em direção à parte Central da área de estudo, considerando os meses de Fevereiro, Março e Abril.

Analisando a metodologia empregada, os valores da erosividade, de modo geral, tendem a aumentar com a precipitação, fato que se justifica por serem os meses com maior atuação dos vários sistemas atmosféricos causadores de chuva na área de estudo, a exemplo da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que pode ser definida como uma banda de nuvens que circunda a faixa equatorial do globo terrestre, formada principalmente pela

confluência dos ventos alísios do Hemisfério Norte com os ventos alísios do Hemisfério Sul, associado a estes sistema há intensa atividade convectiva e precipitação (Ferreira e Mello, 2005), sendo o mesmo o principal sistema causador de chuvas no Nordeste.

Segundo Ferreira e Mello (2005), a ZCIT é o fator mais importante na determinação de quão abundante ou deficiente serão as chuvas no setor Norte do Nordeste do Brasil, pois normalmente ele migra sazonalmente de sua posição mais ao norte, aproximadamente 14°N em agosto-outubro para posições mais ao sul, aproximadamente 2 a 4° s entre Fevereiro a Abril. Esse deslocamento da ZCIT está relacionado aos padrões de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) sobre essa bacia do oceano Atlântico Tropical

Os tratos culturais empreendidos na área de estudo pautam-se em práticas rudimentares e inadequadas de uso da terra (desmatamento, queimadas, exploração de madeira, para uso próprio e para comercialização, etc) conforme constata-se na Figura 3.

Como resultado destas formas de uso observa-se o aumento da erosão hídrica, que tende a reduzir o perfil de solos, por vezes rasos, com conseqüente redução da infiltração, aumento do escoamento superficial, com perda de matéria orgânica, ampliando assim o desencadeamento de diversos tipos de degradação ambiental, a exemplo da desertificação, em uma área que apresenta uma vulnerabilidade natural elevada, em face do condicionante climático (semiárido) e do tipo de vegetação predominante (caatinga).

Figura 3 - Processos erosivos decorrentes do uso inadequado dos solos



Fonte: Aquino (2012)

## CONCLUSÕES

- A área de estudo apresenta os meses de fevereiro a maio como os que indicam maior risco por erosividade das chuvas, sendo os meses de março e abril, os que apresentam valores mais elevados em todos os postos pluviométricos analisados.
- Existe uma relação de dependência entre os valores da erosividade e das precipitações na área de estudo, que pode ser verificado pelo aumento da erosividade, quando do aumento das precipitações, em especial no outono, sobre ação da ZCIT.
- O menor valor estimado para a erosividade das chuvas foi de 4.283 MJ.mm/ha.h.ano e o maior valor foi 6.740 MJ.mm/ ha.h.ano.
- Reafirmando os tratos culturais rudimentares empregados na área de estudo, é necessário o uso de práticas conservacionistas, com vista à redução das perdas de solo por erosão hídrica na área, em especial no mês de dezembro e janeiro quando se iniciam as chuvas, e há pouca proteção da vegetação ao solo.

## REFERÊNCIAS

AQUINO, Cláudia Maria S. de; OLIVEIRA, José Gerardo B. de; SALES, Marta Celina L. Estimativa da erosividade das chuvas (R) nas terras secas do Estado do Piauí. *Revista Ciência Agronômica*. v.37, n.3, p.287-291, 2006.

BERTONI, José; NETO, Lombardi. F. *Conservação do solo*. 6ª. ed. São Paulo: Ícone, 2008.

FERREIRA, A. G. ;MELLO, N G da S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. *Revista Brasileira de Climatologia*. v. 1, p. 15-25, 2005.

GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S. & BOTELHO, R.G.M. *Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007, 340p.

MELLO, C. R.; Sá, M. A. C.; Curi, N.; Mello, J. M.; Viola, M. R.; Silva, A. M. Erosividade mensal e anual da chuva no Estado de Minas Gerais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.42, n.4, p.537-545, 2007.

NYSSENA, J.; VANDENREYKENA, H.; POESENSA, J. ; MOEYERSONSC, J.; DECKERSD, J.; HAILEB, M.; SALLESAC.; GOVERS G. Rainfall erosivity and variability in the Northern Ethiopian Highlands. *Journal of Hydrology*. v. 311, p.172–187, 2005.

RENARD, K.G.; FREIMUND, J.R. Using monthly precipitation data to estimate the R-factor in the revised USLE. *Journal of Hydrology*.v.157, p.287-306, 1994.

SANCHEZ-MORENO, J. F.; MANNAERTS, C. M.; JETTEN V. Rainfall erosivity mapping for Santiago Island, Cape Verde. *Geoderma*.v. 217–218, p. 74–82,2014.

SILVA, A.M. Rainfall erosivity map for Brazil, Catena, v.57,p. 251-259, 2004

VRIELING, Anton; HOEDJES, J. C.B.; VELDE, M. van der. Towards large-scale monitoring of soil erosion in Africa: Accounting for the dynamics of rainfall erosivity. *Global and Planetary Change*. v.115,p.33–43,2014.