



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

DISTRIBUIÇÃO DE EROSIVIDADE DA CHUVA NA BACIA DO RIO PARNAÍBA, NORDESTE DO BRASIL: UMA APLICAÇÃO COM DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO

Jefferson Inayan de Oliveira Souto^(a), Lianne Borja Pimenta^(b), Ariadne Reinaldo Trindade^(a), Vítor Abner Borges Dutra^(a), Norma Ely Santos Beltrão^(c)

^(a) Discente do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais - Universidade do Estado do Pará (PPGCA/UEPA), inayansouto@uepa.br, dnetrindade@gmail.com, vitor Dutra@uepa.br

^(b) Mestre em Ciências Ambientais - Universidade do Estado do Pará (PPGCA/UEPA), lianneborja@yahoo.com.br

^(c) Doutora em Economia Agrícola/Docente Permanente do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais - Universidade do Estado do Pará (PPGCA/UEPA), normaely@uepa.br

Eixo: A Climatologia no contexto dos estudos da paisagem e socioambientais

Resumo

A erosão hídrica pluvial do solo é influenciada pelas características da chuva e do solo, pela forma do relevo e pela cobertura e manejo do solo. Este trabalho resulta em uma pequena reflexão da problemática irregular da distribuição de estações pluviométricas e a usabilidade precipitação estimada por sensores remotos no potencial erosivo. Utilizou-se dados do CPC MORPHing técnica (CMORPH) referentes ao período de 1998 a 2017 e estações convencionais com viés comparativo. A erosividade da chuva foi calculada em ambos os dados de precipitação. O índice erosivo (EI_{30}) na bacia do Rio Parnaíba, em sua média anual, varia de 1.700 a 3.100 MJ mm ha⁻¹ e, deste valor, os meses de dezembro a maio correspondem a 86% do valor da erosividade. O mês de março possui o maior potencial erosivo na bacia, enquanto o mês de junho o menor. Os dados de CMORPH são uma excelente resposta ao monitoramento erosivo.

Palavras chave: potencial erosivo, pluviosidade, CMORPH, bacia hidrográfica.

1. Introdução

Uma das principais características da pluviosidade é o seu potencial em ocasionar erosões (FAO, 2011; WALTRICK *et al.*, 2015). A erosão pode ser entendida como produto final da interação chuva/solo e é, portanto, resultante do poder da chuva em causá-la e da capacidade do solo em resistí-la (OLIVEIRA *et al.*, 2015; PANAGOS *et al.*, 2015, BACK; POLETO, 2018). O poder da chuva em causar erosão é denominado erosividade, que é função



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

de suas características físicas. Existem vários parâmetros que podem ser utilizados para medir a erosividade da chuva, destacando: o total de precipitação, a intensidade da chuva, o momento e a energia cinética (TRINDADE *et al.*, 2016).

Diversos autores passaram a correlacionar o índice de erosão com fatores climáticos, pois são de fácil medida, a exemplo de dados pluviométricos, e não requerem registros de intensidade de chuva (PANAGOS *et al.*, 2016). O parâmetro de erosividade (EI_{30}) foi criado nos Estados Unidos e difundido mundialmente, principalmente pelo emprego da *Universal Soil Loss Equation* (USLE) desenvolvida por Wischmeier e Smith (1978). Desde então, o EI_{30} tem sido calculado e testado em diversos países, que em sua maioria, são acompanhadas de limitações associadas a falta de dados confiáveis e, também, de mensurações que dependem de análises morosas e trabalhosas de diagramas pluviográficos (OLIVEIRA *et al.*, 2011; ELTZ *et al.*, 2013). Este fato levou a elaboração de modelos simplificados para o cálculo da erosividade.

Nesse contexto, os dados de precipitação por satélites orbitais têm sido ferramentas extremamente úteis e considerados uma alternativa para monitorar a precipitação espacial e temporalmente (DIADATO *et al.*, 2013; RISAL *et al.*, 2016; PANAGOS *et al.*, 2017). Os estudos são crescentes nas últimas décadas devido à disponibilidade de aquisição e melhor cobertura espacial com menores custos, tornando-se uma ferramenta importante, principalmente em regiões que não possuem estações meteorológicas (OLIVEIRA *et al.*, 2013; SCHIMIDT *et al.*, 2016). São realizadas análises de validação nos dados de precipitação de estações meteorológicas, verificando boa correlação entre eles, principalmente em escala mensal, apresentando menores erros e maiores correlações (AS-SYAKUR *et al.*, 2013; FALCK *et al.*, 2016).

O objetivo deste trabalho é estimar a distribuição espacial da erosividade da chuva através de dados oriundos de sensoriamento remoto com a finalidade de identificar o papel desempenhado pelos sistemas convectivos sobre o potencial erosivo na bacia do Rio Parnaíba em escalas anual e mensal.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

2. Materiais e métodos

2.1. Área de estudo

A bacia do Rio Parnaíba (Figura 1), possui 1400 km de extensão hidrográfica, com toda a bacia cobrindo uma área de 344.112 km² (3,9% do território brasileiro), onde estende-se em quase sua totalidade no estado do Piauí (99%), parte do Maranhão (19%) e Ceará (10%). O canal principal estende-se entre os estados do Maranhão e Piauí, incluindo 143 tributários no lado do Piauí e 74 no lado do Maranhão; parte dos afluentes na margem leste tem suas cabeceiras no estado do Ceará (RAMOS *et al.*, 2014).

Segundo a classificação de Köppen, o clima predominante da região é do tipo tropical quente úmido (Aw), com chuvas de verão/outono como resultado dos deslocamentos sazonais da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), sob a forma de massa de ar convectiva. A estação mais chuvosa da região estende-se de dezembro a maio, sendo o mês de março o mais chuvoso, e setembro o mais seco. Com isto, a bacia do Rio Parnaíba tem um regime perene e intermitente, representando a zona entre o semiárido da Caatinga na área leste da bacia, e o clima mais úmido do Cerrado, no oeste (ROSA *et al.*, 2003, RAMOS, 2012).



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

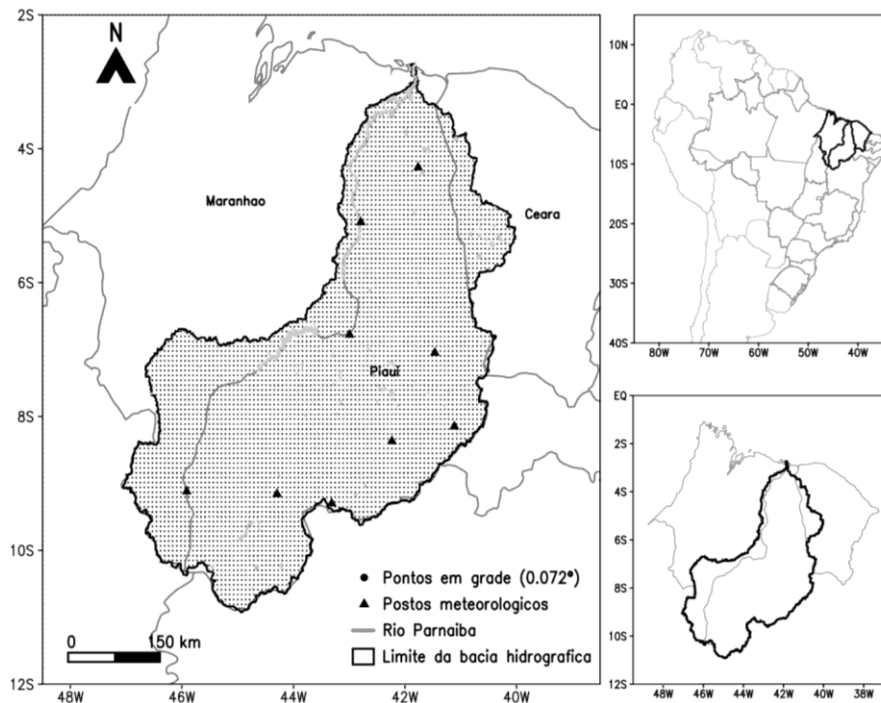


Figura 1 – Bacia do Rio Parnaíba com localização dos postos pluviométricos (INMET) e pontos em grade da precipitação estimada (CMORPH).

2.1. Dados de precipitação

Foram utilizadas séries históricas de nove postos pluviométricos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), com registros diários de pluviosidade superiores a 30 anos, sendo obtidos da plataforma do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), distribuídas entre os estados do Piauí (89%) e Maranhão (11%).

Também optou-se pela base de dados do CPC MORPHing technique (CMORPH), com a finalidade de obter o campo espacial de precipitação e verificar a presença de eventuais processos erosivos. O CMORPH proporciona dados de precipitação global de alta resolução espacial ($0.0762^\circ \times 0.0762^\circ$ - latitude/longitude) e de resolução temporal alta (30 minutos) de 60°N a 60°S (JOYCE *et al.*, 2004). A técnica combina estimativas de precipitação que são gerados por algoritmos publicados, principalmente de instrumentos de microondas passiva por satélites de órbita polar, e também do infravermelho, que é utilizado para determinar o movimento de sistemas que produzem precipitação determinados a partir das microondas



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

passivas. A versão do produto utilizada foi a CMORPH V1.0 CRT e encontra-se disponível on-line (ftp://ftp.cpc.ncep.noaa.gov/precip/CMORPH_V1.0/CRT/).

2.1. Cálculo da erosividade

Para compreender o padrão de distribuição da erosividade mensal (EI_{30i}), utilizou-se a Equação 1 proposta por Almeida *et al.* (2017) em função do índice de Fournier (MFI), sendo:

$$EI_{30i} = 61.81 \left(\frac{Pm_i^2}{Pa} \right)^{0.58} \quad (1)$$

Em que EI_{30i} é o índice de erosividade das chuvas médio mensal ($MJ \text{ mm ha}^{-1} \text{ mês}^{-1}$); Pm_i é a precipitação pluviométrica (mm) média para o mês, com base nas séries horárias do CMORPH, igual a 20 anos; e P_a é a precipitação pluviométrica média anual. O valor anual da erosividade (EI_{30}) foi estimado pelo somatório mensais de cada ponto em grade do produto de precipitação estimada.

A equação de EI_{30i} é utilizada para estimar a erosividade mensal dos dados pluviométricos, considerando a similaridade de cada local no qual o MFI reflete como potencial da chuva em erodir o solo (ALMEIDA *et al.*, 2017).

3. Resultados e discussões

De forma geral, a bacia do Rio Parnaíba possui uma relativa alta pluviosidade distribuída diferentemente ao longo do ano (Figura 2). Os meses mais chuvosos correspondem a fevereiro, março e abril, cuja distribuição ocorre de forma distinta em diferentes localidades onde há estações pluviométricas, sendo que os meses de julho, agosto e setembro — os mais secos — também foram distribuídos nas mesmas áreas. A sazonalidade deste acumulado pluviométrico é influenciada principalmente pelo deslocamento da Zona de Convergência Intertropical, além disso, parte do regime de precipitação está associado as Linhas de Instabilidade, aos Distúrbios Ondulatórios de Leste e as Brisas Marítimas (ALVES *et al.*, 2017).

Com a distribuição espacial da precipitação, nota-se que os maiores acumulados de precipitação média anual estão localizados na área mais próxima da região costeira, variando



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

entre 1400 mm a 1800 mm, e na parte sul continental da bacia do Rio Parnaíba, com valores entre 1200 mm a 1650 mm (Figura 2). Contudo, nota-se que existem discrepâncias na análise comparativa quantos aos valores mensais, principalmente nos primeiros meses do ano, cujo o CMORPH mostra uma superestimação nos valores de precipitação na região mais costeira da bacia do Rio Parnaíba.

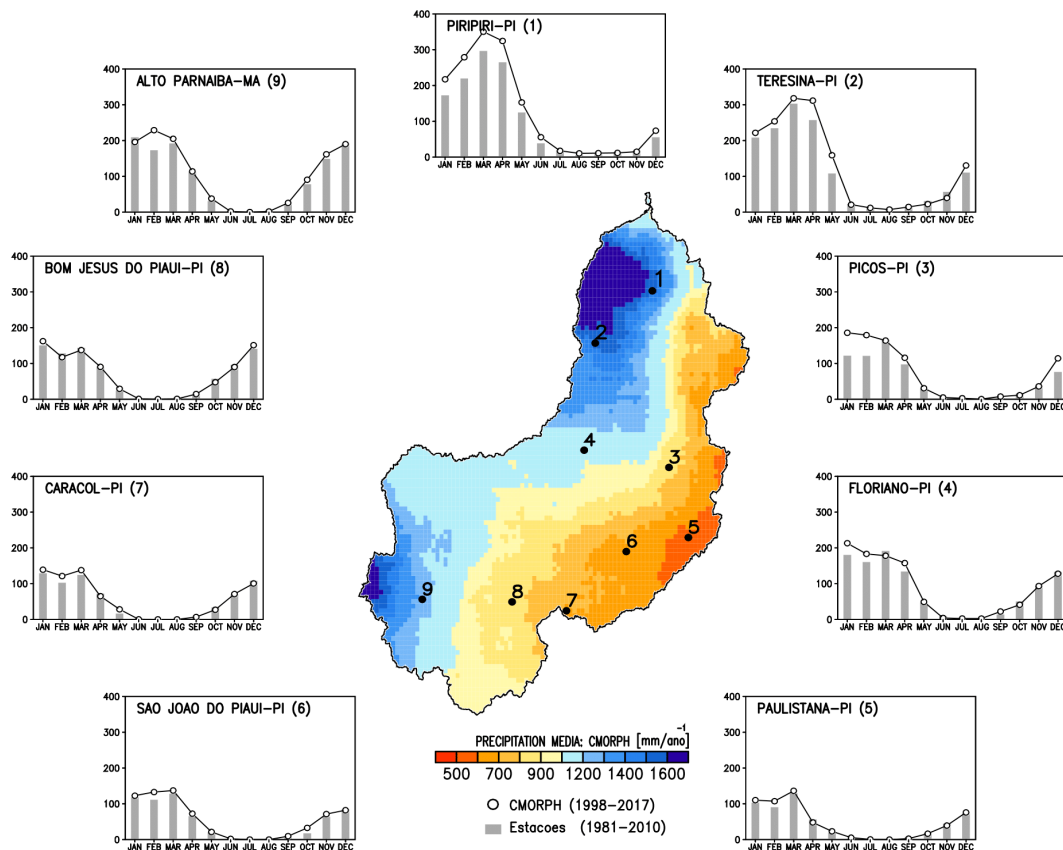


Figura 2 – Distribuição média anual da precipitação na bacia do Rio Parnaíba e a variação mensal média estimada da precipitação (1998-2017) em comparação às séries históricas (1981-2010).

De acordo com a Figura 3, pode-se verificar a variabilidade do índice de erosividade, apresentando os maiores valores em áreas localizadas de leste – oeste, que segundo Sales *et al.* (2015) e Nascimento *et al.* (2017), são as áreas de maior precipitação média anual, passando a diminuir no sentido oeste – leste. Isso indica que a variabilidade do índice de erosividade é



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

proporcional, seguindo o comportamento da variação de precipitação média anual, onde apresenta menores valores em áreas com menor precipitação média anual e maiores valores em áreas que apresentam uma maior precipitação média anual.

Das nove estações meteorológicas, em nenhuma delas os índices de erosividade foram inferiores ao das precipitações nos referidos meses. Contudo, os índices de erosividade levam em conta a intensidade de precipitação de cada mês, o que indica que o mês de março obteve os maiores valores de erosividade na bacia do Rio Parnaíba.

Observou-se, de modo geral, uma tendência de elevação nos valores da precipitação associada a um aumento também dos valores nos índices de erosividade, ou seja, houve uma concordância entre as distribuições médias dos índices de erosividade e da precipitação.

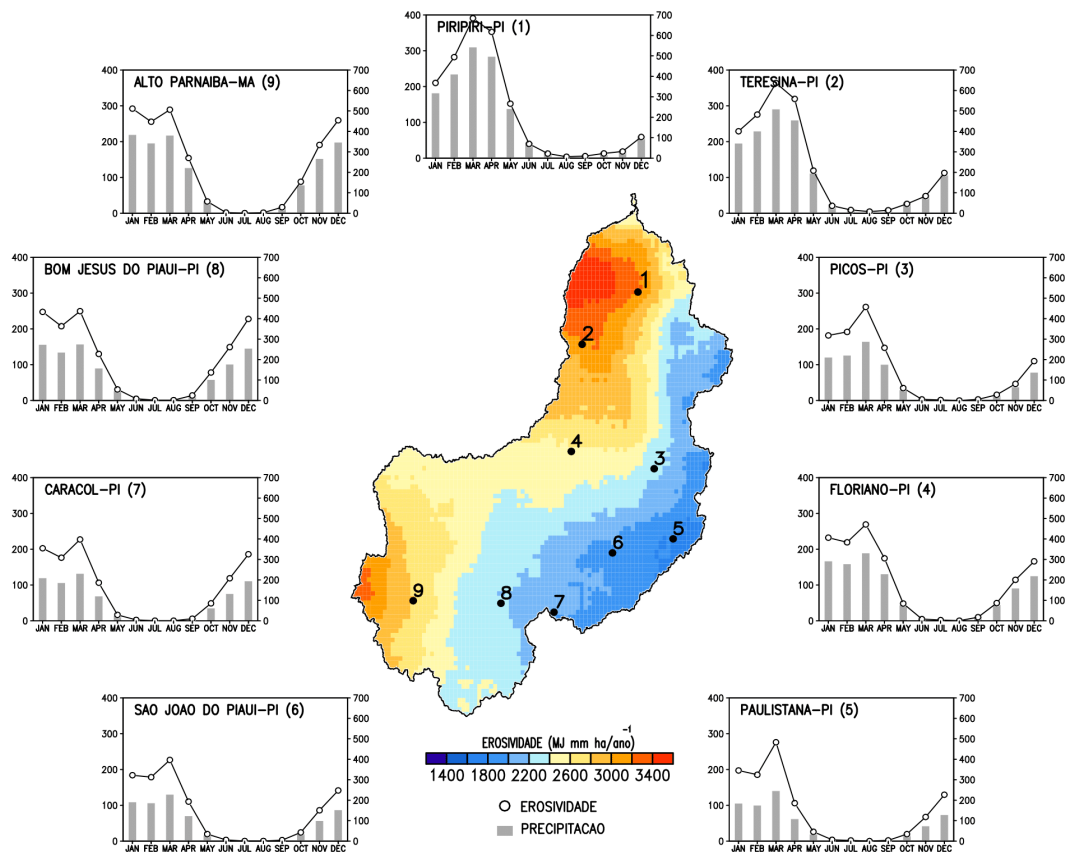


Figura 3 – Distribuição anual da erosividade na bacia do Rio Parnaíba e as tendências mensais entre precipitação histórica (1981-2010) com valores na esquerda e erosividade estimada (1998-2017) com valores na direita.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Na totalidade dos meses analisados, o mês de março foi correspondente com o maior potencial erosivo (Figura 4). Tais valores de distribuição, ocorridos nesse mês, indicam que no referido período, espera-se grande parte das perdas anuais médias do solo, principalmente em parte da região norte da bacia.

Em contrapartida, o mês de junho, além de apresentar os menores valores de precipitação ($09,0 \text{ mm/mês}^{-1}$) na bacia do Rio Parnaíba, corresponde com os menores índices de erosividade média anual (78 MJ mm ha^{-1}). Logo, os meses com chuvas menos intensas tendem a apresentar menores valores de índices de erosividade, ao decorrer em que os meses com maiores valores de precipitação tendem a exibir os maiores valores de erosividade.

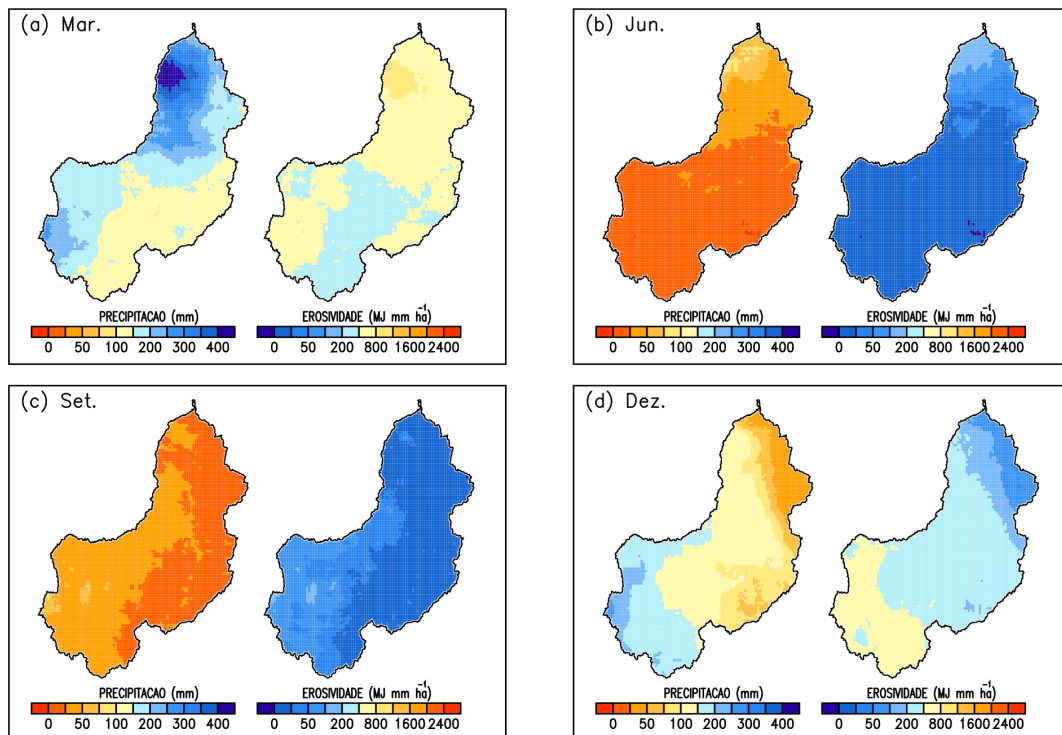


Figura 4 – Distribuição espacial da erosividade média mensal na bacia do Rio Parnaíba.

4. Considerações finais

A análise de dados com dados de alta resolução espacial permitiu identificar que os índices de erosividade das chuvas apresentam, para os diferentes meses na bacia do Rio



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Parnaíba, diferenças expressivas entre si, devido às características sazonais da região pela atuação ou não de sistemas convectivos.

A distribuição média mensal dos índices de erosividade de cada ponto em grade do CMORPH permitiu, de forma geral, concluir que os maiores potenciais erosivos concentram-se no período entre fevereiro e março, de leste-oeste. Na maioria das estações analisadas, o mês de março apresentou maiores possibilidades de erosão hídrica na bacia do Rio Parnaíba.

A estimativa da erosividade da chuva com auxílio de dados de sensoriamento remoto proporcionou melhores resultados que os proferidos por métodos de interpolação, identificando a necessidade cada vez maior desses tipos de produtos para análises espaciais e temporais, já há uma resposta muito próxima das observações *in-situ* em muitas áreas do Nordeste do Brasil.

5. Referências Bibliográficas

ALMEIDA, A. Q. DE, SOUZA, R. M. S.; LOUREIRO, D. C.; PEREIRA, D. DOS R.; CRUZ, M. A. S.; VIEIRA, J. S. Modelling the spatial dependence of the rainfall erosivity index in the Brazilian semiarid region. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 6, p. 371-379.

AS-SYAKUR, A. R.; TANAKA, T.; OSAWA, T.; MAHENDRA, M. S. Indonesian rainfall observation using TRMM multi-satellite data. **International Journal of Remote Sensing**, v. 34, n. 21, p. 7723-7738, 2013.

BACK, A. J.; POLETO, C. Distribuição espacial e temporal da erosividade das chuvas no estado de Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 22, n. 1, p. 381-403, 2018.

DIODATO, N.; KNIGHT, J.; BELLOCCHI, G. Reduced complexity model for assessing patterns of rainfall erosivity in Africa. **Global and Planetary Change**, v.100, p.183-193, 2013.

ELTZ, F.L.F.; CASSOL, E.A.; PASCOTINI, P.B.; AMORIM, R.S.S. Potencial erosivo e características das chuvas de São Gabriel, RS, de 1963 a 1993. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, p.647-654, 2013.

FAO. **The state of the world's land and water resources for food and agriculture (SOLAW)** – Managing systems at risk. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome and Earthscan, London, 2011.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

FALCK, A. S.; VILA, D.; TOMASELLA, J.; MAGGIONI, V.; DINIZ, F. L. R. Avaliação de um modelo estocástico de erro multidimensional aplicado a estimativas de precipitação por satélite. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 1, p. 52-63, 2016.

JOYCE, R. J.; JANOWIAK, J. E.; ARKIN, P. A.; XIE, P. CMORPH: A method that produces global precipitation estimates from passive microwave and infrared data at high spatial and temporal resolution. **Journal of Hydrometeorology**, n. 5, p. 487-503, 2004.

NASCIMENTO, F. C. A.; BRAGA, C. C.; ARAÚJO, F. R. C. D. Análise estatística dos eventos secos e chuvosos de precipitação no Maranhão. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, n. 3, p. 357-386, 2017.

OLIVEIRA, P. T. S.; RODRIGUES, D. B. B.; ALVES, S. T.; CARVALHO, D. F.; PANACHUKI, E. Spatial variability of the rainfall erosive potencial in the State of Mato Grosso do Sul, Brazil. **Engenharia Agrícola**, v. 32, p. 69-79, 2011.

OLIVEIRA, P.T.S.; WENDLAND, E.; NEARING, M. A. Rainfall erosivity in Brazil: a review. **Catena**, v.100, p.139-147, 2013.

OLIVEIRA, P.T.S.; NEARING, M.A.; WENDLAND, E. Orders of magnitude increase in soil erosion associated with land use change from native to cultivated vegetation in a Brazilian savannah environment. **Earth Surface Processes and Landforms**, v.40, p.1524-1532, 2015.

PANAGOS, P.; BALLBIO, C.; BORRELLI, P.; MEUSBURGUER, K.; KLIK, A.; ROUSSEVA, S.; TADIC, M. P.; MICHAELIDES, S.; HRABALÍKOVA, M.; OLSEN, P.; AALTO, P. O.; LAKATOS, M.; RYMSZEWICZ, A.; DUITRESCU, A.; BERGUERÍA, S.; ALEWELL, C. Rainfall Erosivity in Europe. **Science of the Total Environment**, v. 51, n. 1, p. 801-814, 2015.

PANAGOS, P.; BORRELLI, P.; SPINONI, J.; BALLABIO, C.; MEUSBURGER, K.; BEGUERÍA, S.; ... ALEWELL, C. Monthly Rainfall Erosivity: Conversion Factors for Different Time Resolutions and Regional Assessments. **Water**, v. 8, n. 4, p. 1-18, 2016.

PANAGOS, P.; BORRELLI, P.; MEUSBURGER, K.; YU, B.; KLIK, A.; JAE LIM, K.; ... BALLABIO, C. Global rainfall erosivity assessment based on high-temporal resolution rainfall records. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 1-12, 2017.

RAMOS, T. P. A. Ictiofauna de água doce da bacia do Rio Paraíba. Tese de doutorado. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2012.

RAMOS, T. P. A.; RAMOS, R. T. C.; RAMOS, S. A. Q. A. Ichthyofauna of the Paraíba river Basin, Northeastern Brazil. **Biota Neotropica**, v. 14, n. 1, p. e20130039, 2014.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

RISAL, A.; BHATTARAI, R.; KUM, D.; PARK, Y. S.; YANG, J. E.; LIM, K. J. Application of Web EROsivity Module (WERM) for estimation of annual and monthly R factor in Korea. **CATENA**, v. 147, p. 225-237, 2016.

ROSA, R. S.; MENEZES, N. A.; BRITSKI, H. A.; COSTA, W. J. E. M.; GROTH, F. Diversidade, padrões de distribuição e conservação dos peixes da Caatinga, In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. Ecologia e Conservação da Caatinga, Recife: Editora Universitária da UFPE, p. 135-162.

Sales, D. C., Costa, A. A., Silva, E. M. da, Vasconcelos Júnior, F. das C., Cavalcante, A. de M. B., Medeiros, S. de S., ... Pereira, J. M. R. Projeções de mudanças na precipitação e temperatura no nordeste brasileiro utilizando a técnica de downscaling dinâmico. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30, n. 4, p. 435-456, 2015.

SCHMIDT, S.; ALEWELL, C.; PANAGOS, P.; MEUSBURGER, K. Regionalization of monthly rainfall erosivity patterns in Switzerland. **Hydrology and Earth System Sciences**, v.20, p.4359-4373, 2016.

TRINDADE, A. L. F.; OLIVEIRA, P. T. S.; ANACHE, J. A. A.; WENDLAND, E. Variabilidade espacial da erosividade das chuvas no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 12, p. 1918-1928, 2016.

WALTRICK, P. C.; MACHADO, M. A. M.; DIECKOW, J.; OLIVEIRA, D. Estimativa da erosividade de chuvas no estado do Paraná pelo método da pluviometria: atualização com dados de 1986 a 2008. **Revista Brasileira de Ciência e Solo**, v. 39, p. 256-267, 2015.

WISCHMEIER, W.H.; SMITH D.D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning**. Washington: United States Department of Agriculture, 1978. 67p. (USDA. Agriculture handbook, 537).