

Mapeamento e análise da erosividade da chuva na sub-bacia do Alto Paraíba (Paraíba)

Rayna Kelly da Silva ¹, George do Nascimento Ribeiro ², Paulo Roberto Megna Francisco ^{3*}, Paulo da Costa Medeiros ⁴, Ana Mary da Silva ⁵, Layane Carmem Arruda da Rocha ⁶

¹Engenheira de Biosistemas, Universidade Federal de Campina Grande, Brasil.

²Doutor em Engenharia Agrícola, Professor, Universidade Federal de Campina Grande, Brasil.

³Doutor em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Brasil. (*Autor correspondente: paulomegna@gmail.com)

⁴Doutor em Recursos Naturais, Professor, Universidade Federal de Campina Grande, Brasil.

⁵Doutora em Genética e Evolução, Professora, Universidade Federal de Campina Grande, Brasil.

⁶Doutoranda em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Brasil.

Histórico do Artigo: Submetido em: 24/09/2021 – Revisado em: 18/11/2021 – Aceito em: 31/01/2022

RESUMO

A erosão hídrica é um dos fenômenos mais danosos ao solo e às atividades humanas, em especial as atividades agrícolas. Este trabalho objetivou analisar a erosividade da chuva na sub-bacia do Alto Paraíba, por meio de geotecnologias. Utilizou-se dados de precipitação de 103 anos de observação entre 1911 e 2014. Na classificação da erosividade foram consideradas chuvas erosivas igual ou superior a 10mm, ou igual ou superior a 6mm em um período máximo de 15 minutos. Para o cálculo do fator R foi utilizado a média mensal e a média anual. Foi utilizado o programa Surfer[®] 11 para a distribuição da erosividade e elaboração dos mapas através do método da krigagem. Identificou-se que a distribuição média anual do fator erosividade da chuva foi de 3.477,57 mm.ha⁻¹.ano⁻¹; e o desvio padrão do parâmetro erosividade, EI₃₀ médio mensal, apresentou valor de 639,96, e o coeficiente de variância apresentou valor de 0,184. A região a noroeste da bacia foi a que ocorreu a maior erosividade. Os meses de março e abril apresentaram a maior variabilidade.

Palavras-Chaves: Geotecnologias, Krigagem, Erosão hídrica.

Mapping and analysis of rain erosivity in the Alto Paraíba sub-basin (Brazil)

ABSTRACT

Water erosion is one of the most damaging phenomena to soil and human activities, especially agricultural activities. This study aimed to analyze the rainfall erosivity in the Alto Paraíba sub-basin through geotechnology. Was used rainfall data of 103 years of observation between 1911 and 2014. In the classification of erosivity, erosive rains equal to or greater than 10mm, or equal to or greater than 6mm in a maximum period of 15 minutes were considered. To calculate the R factor, the monthly average and the annual average were used. Was used Surfer[®] program 11 for the distribution of erosivity and development of maps using the Kriging method. It was identified that the average annual distribution of the rain erosivity factor was 3,477.57 mm.ha⁻¹.year⁻¹; and the standard deviation of the average monthly EI₃₀ erosivity parameter showed a value of 639.96 mm.ha⁻¹.year⁻¹, and the coefficient of variance showed a value of 0.184. The region to the northwest of the basin was the one with the greatest erosivity. The months of March and April had the greatest potential for losses due to erosivity.

Keywords: Geotechnologies, Kriging, Water erosion.

Silva, R.K., Ribeiro, G.N., Francisco, P.R.M., Medeiros, P.C., Silva, A.M., Rocha, L.C. (2022). Mapeamento e análise da erosividade da chuva na sub-bacia do Alto Paraíba (Paraíba). *Revista Brasileira de Meio Ambiente*, v.10, n.2, p.13-25.



1. Introdução

A Paraíba é o Estado do Nordeste que apresenta uma das maiores variabilidades espaciais nas chuvas, uma vez que o Agreste/Litoral apresenta precipitações médias anuais acima de 1083,4 mm.ano⁻¹, em média, seguido do sertão, com valores médios de 821,9 mm.ano⁻¹ e a região do Cariri/Curimataú com média alcançando até 516,1 mm.ano⁻¹ (Araújo et al., 2003).

A erosão hídrica é um dos fenômenos mais danosos ao solo e às atividades agrícolas. É caracterizado pelo processo de desprendimento, transporte e deposição de partículas e nutrientes das camadas superficiais dos solos realizado devido a ação do escoamento superficial das águas da chuva (Ashiagbor et al., 2013; Dechen et al., 2015; Belasri & Lakhouili, 2016; Barros et al., 2018).

A erosividade da chuva (fator R) indica o potencial da chuva em causar erosão do solo, sendo determinada pelo produto da energia cinética total da chuva e da intensidade máxima, em 30 minutos (Wischmeier & Smith, 1978). Para Bertoni e Lombardi Neto (2010) a erosividade da chuva, sendo expressa pelo fator R, é definida como um índice numérico que expressa a capacidade da chuva de erodir o solo de um terreno sem cobertura vegetal. O potencial erosivo ou erosividade refere-se à capacidade potencial da chuva em causar erosão. É influenciada por algumas variáveis como intensidade total de precipitação, energia cinética e outros fatores. As variáveis mais importantes são a intensidade e a duração da chuva (Morgan, 2005).

Dentro dos vários fatores que determinam a erosão do solo, descritos no modelo da Equação Universal de Perdas de Solos (EUPS), destaca-se a Erosividade das Chuvas (fator R), que representa o potencial da mesma em causar enxurrada e conseqüentemente produzir erosão do solo (Roque et al., 2001). A determinação de tal fator define, entre outras particularidades, a melhor época para a adoção de práticas conservacionistas, visando minimizar as perdas de solos (Lopes & Brito, 1993).

No Brasil, existem valores de erosividade determinados para várias regiões. De acordo com Cogo (1988), a erosividade apresenta uma amplitude de 5.000 a 12.000 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹. Após o impacto das gotas de chuva, os agregados são dispersos em fragmentos menores, que vão preenchendo os espaços irregulares entre si o que resulta no selamento superficial e no aumento de arrastamento do solo por deflúvio, em função do aumento de densidade e conseqüente diminuição da infiltração (Mahilum, 2004; Morgan, 2005; Guerra et al., 2010).

Conforme Bertol e Miquelluti (1993), chuvas de alta erosividade contribuem para que haja quebra de agregados e seja rapidamente atingido o limite de saturação hídrica do solo. Renard et al. (1997) afirmam que, um dos fatores mais importantes agindo nas perdas de solo é a chuva, em razão da sua capacidade de desagregar o solo pelo impacto das gotas e gerar escoamento superficial carregando as partículas de solo.

A utilização de modelos matemáticos para a estimativa da erosão do solo é uma alternativa que permite realizar simulações em diferentes cenários e obter resultados representativos para diferentes escalas temporais e espaciais (Amorim et al., 2010; Kinnell, 2010; Panagos et al. 2015). Conforme Jakob (2012), a krigagem é considerada uma boa metodologia de interpolação de dados. Francisco et al. (2016) mapeando índices de umidade, índice hídrico e de aridez, discriminação de cenários pluviométricos, e insolação utilizando krigagem obtendo bons resultados.

Para Silva (2004), os mapas de erosividade da chuva podem ser construídos com o auxílio de softwares adequados para o processamento terrestre, adicionando os valores de erosividade da chuva das estações pluviométricas no ambiente Sistema de Informação Geográfica (SIG) e posteriormente interpolando os dados, obtendo a erosividade da chuva espacializada. Miranda (2005) ressalta que as geotecnologias existentes possibilitam a aquisição e manipulação de informações espaciais, sendo ferramentas relevantes para o levantamento, monitoramento e mapeamento dos recursos naturais.

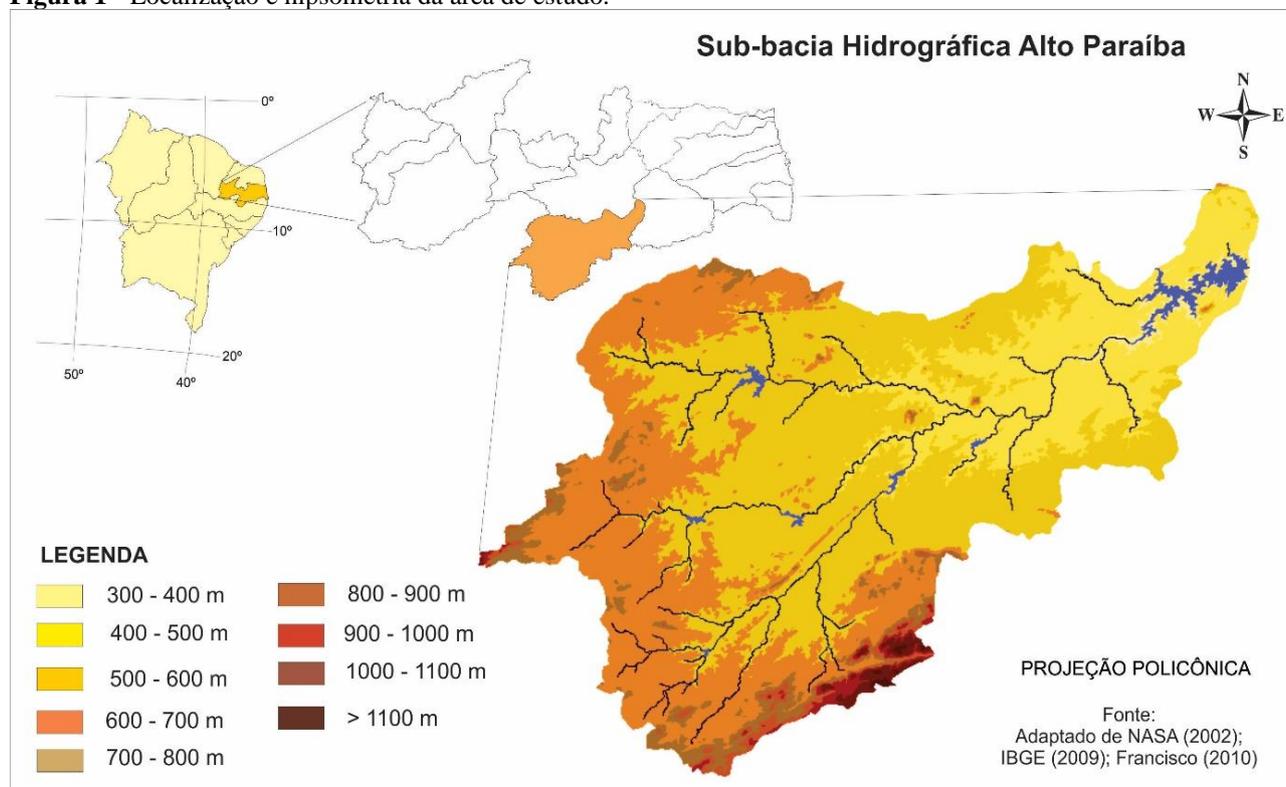
A região de estudo localiza-se em região com grande variabilidade das chuvas e com potencial de perda da camada fértil dos solos podendo causar baixa produção na agricultura sendo de grande importância

a identificação destas áreas para se promover a prevenção. Portanto, objetiva-se por este trabalho estimar e mapear a erosividade da chuva (EI_{30}) da bacia da região do Alto rio Paraíba através de geotecnologias utilizando a interpolação por krigagem.

2. Material e Métodos

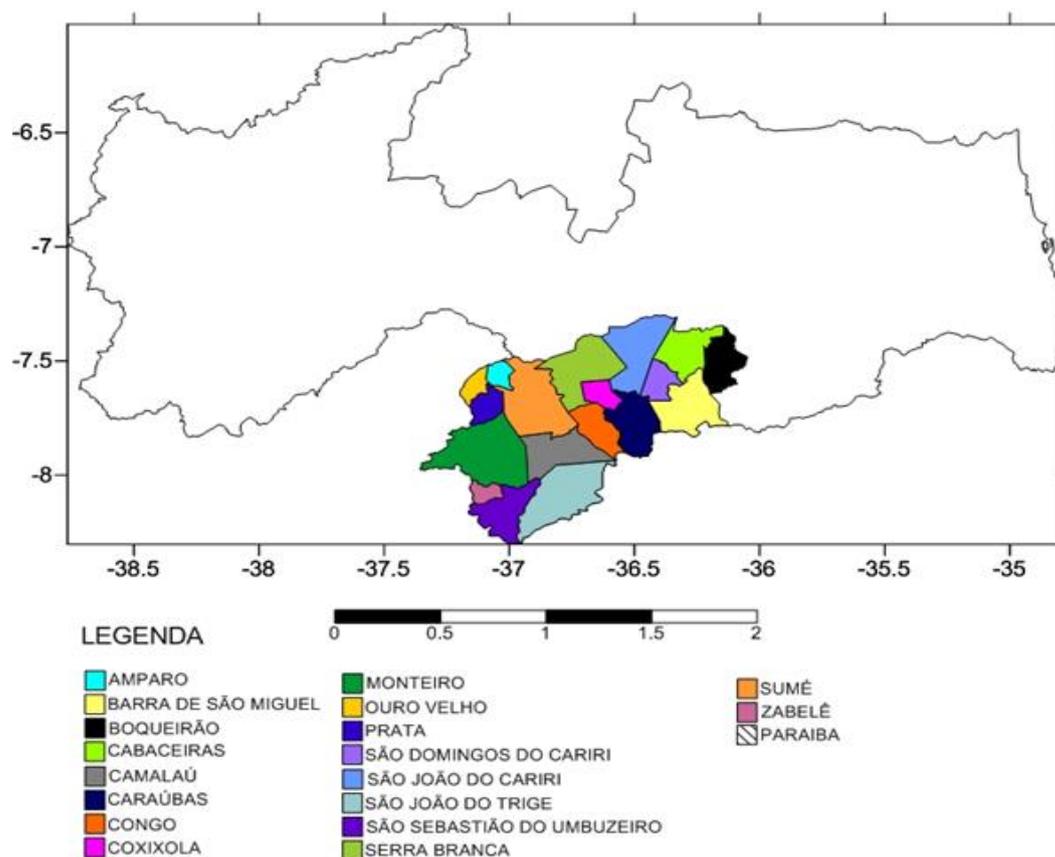
A região de estudo é a sub-bacia do Alto Paraíba que ocupa uma área de 6.983 km² (Figura 1), abrangendo total ou parcialmente os municípios de Amparo, Barra de São Miguel, Boqueirão, Cabaceiras, Camalaú, Caraúbas, Congo, Coxixola, Monteiro, Ouro Velho, Prata, São Domingos do Cariri, São João do Cariri, São João do Tigre, São Sebastião do Umbuzeiro, Serra Branca, Sumé e Zabelê (Figura 2).

Figura 1 - Localização e hipsometria da área de estudo.



Fonte: Adaptado de Francisco et al. (2014).

Figura 2 - Localização da área de estudo.



Fonte: Adaptado de IBGE (2009); AESA (2006).

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da área de estudo é considerado do tipo Bsh – Semiárido quente, precipitação predominantemente abaixo de 600 mm.ano^{-1} , e temperatura mais baixa, devido ao efeito da altitude (400 a 700 m). As chuvas da região sofrem influência das massas atlânticas de sudeste e do Norte (Francisco, 2010). Segundo Farias (2017), a temperatura média anual é de 24°C e a insolação anual média é de 2.800 horas. A vegetação representativa da área de estudo é do tipo caatinga hiperxerófila, de acordo com Sousa et al. (2007).

A geologia da bacia é composta em sua maioria por rochas cristalinas que compõe o Escudo pré-cambriano do Nordeste. Constituído por formações oriundas do proterozóico e o arqueozóico, compostas por quartzitos, gnaisses, migmatitos e micaxistos. Existem também ocorrências de granitos originados de rochas vulcânicas e plutônicas (Lacerda, 2003).

Os solos predominantes na área de estudo conforme Paraíba (1978), e reclassificados por Campos e Queiroz (2006), são os Neossolos flúvicos Ta eutróficos solódicos, Luvisolos Crômicos órtico típico, Neossolos Litólicos Eutróficos típico, e o Vertissolo Cromado Órtico solódico.

Na metodologia de trabalho foi utilizado dados de precipitação de 18 postos pluviométricos (Tabela 1) obtidos na Agência Executiva de Gestão das Águas (AESA, 2020) com 103 anos de observação entre 1911 e 2014 por estarem homogêneos. A utilização dos dados foi procedida de uma análise no tocante à sua consistência, homogeneização e no preenchimento de falhas em cada série, além das séries já publicadas pela SUDENE até o ano de 1985. Não foi possível adotar, neste trabalho, um período de observação comum a todas as localidades, haja vista a diferença do número de anos e/ou mesmo do número de postos que tal

procedimento acarretaria, devido a diferença de início da operação desses postos. Assim, para cada localidade com série de observação igual ou superior a vinte anos, foi considerado para o período disponível, independente do início (Francisco et al., 2016).

Tabela 1 - Períodos de disponibilidade de dados de precipitação dos municípios da bacia em estudo

Município	Coordenadas geográficas		Período de Levantamento
Amparo	-37,0639	-7,5697	1962-2010
Barra de São Miguel	-36,3181	-7,7517	1962-2013
Boqueirão	-36,1358	-7,4908	1961-2013
Cabaceiras	-36,2869	-7,4922	1911-2013
Camalaú	-36,8256	-7,89	1962-2013
Caraúbas	-36,4903	-7,7253	1911-2012
Congo	-36,6586	-7,8022	1962-2013
Coxixola	-36,6056	-7,6286	1962-2013
Monteiro	-37,1083	-7,8008	1911-2013
Ouro Velho	-37,1508	-7,6206	1995-2014
Prata	-37,0842	-7,695	1962-2013
São Domingos do Cariri	-36,4311	-7,6331	1998-2014
São João do Cariri	-36,5286	-7,3825	1911-2012
São João do Tigre	-36,8472	-8,08	1934-2013
São Sebastião do Umbuzeiro	-37,0097	-8,1517	1962-2013
Serra Branca	-36,66	-7,4819	1962-2013
Sumé	-36,8964	-7,6736	1962-2012
Zabelê	-37,0931	-8,075	1980-2012

A classificação da erosividade foi realizada de acordo com critérios descritivos por Cassol et al. (2007), em que são consideradas chuvas erosivas aquelas com quantidade igual ou superior a 10mm, ou igual ou superior a 6mm em um período mínimo de 15 min. A determinação do índice EI_{30} , que representa a erosividade de cada chuva individual e erosiva, foi dada pela Equação 1.

$$EI_{30} = Ect I_{30} \quad (1)$$

Em que: EI_{30} é o índice de erosividade da chuva erosiva individual ($MJ \text{ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$); Ect é a energia cinética total da chuva ($MJ \text{ ha}^{-1}$); I_{30} é a intensidade máxima média de precipitação em 30 min (mm h^{-1}).

Para o cálculo da erosividade da chuva foi adaptado à classificação adotada por Santos (2008), conforme a Tabela 2.

Tabela 2 - Classes de erosividade da chuva média anual e mensal

Classe de erosividade	Valores de erosividade ($MJ \text{ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$)	
	Anual	Mensal
Muito baixa	$R < 2.500$	$R < 250$
Baixa	$2.500 < R < 5.000$	$250 < R < 500$
Média	$5.000 < R < 7.000$	$500 < R < 700$
Alta	$7.000 < R < 10.000$	$700 < R < 1.000$
Muito alta	$R > 10.000$	$R > 1.000$

Fonte: adaptado de Santos (2008).

Para o cálculo do fator R foi utilizado a média mensal e a média anual de acordo com a metodologia de Lombardi Neto e Moldenhauer (1992) e de acordo com a Equação 2.

$$EI = 67,355 * \left(\frac{r^2}{P}\right)^{0,85} \quad (2)$$

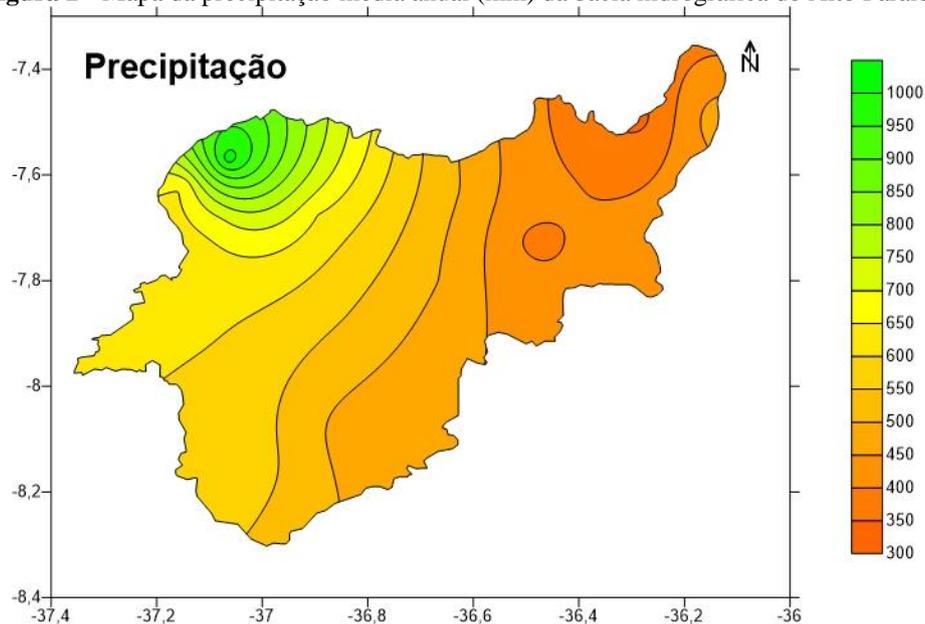
Onde: EI = média mensal do índice de erosão; r = precipitação média mensal (mm); P = precipitação média anual (mm).

Os dados de erosividade, latitude e longitude foram inseridas em planilha eletrônica com as coordenadas dos postos de cada município. Para a elaboração dos mapas de distribuição da erosividade foi utilizado o programa Surfer[®]11 utilizando o método da *krigagem* e calculado as médias, medianas, máximas e mínimas, variância e desvio padrão.

3. Resultados e Discussão

Pelos resultados obtidos, observa-se na Figura 2, no mapa de precipitação média anual, que a distribuição pluviométrica na região de estudo varia entre 330 a 1.030mm, com os menores valores localizados ao leste da bacia próximo ao município de Boqueirão e aumentando, gradativamente, até ao noroeste da bacia na região do município de Amparo.

Figura 2 - Mapa da precipitação média anual (mm) da bacia hidrográfica do Alto Paraíba.



Fonte: elaborado pelos autores.

Os valores calculados de erosividade mensal (EI) e da erosividade total (R) estão demonstrados na Tabela 3, na qual evidencia a variação das médias mensais históricas da precipitação e das avaliações dos índices de EI₃₀ e do fator R. Na Figura 3 apresenta-se os mapas mensais da erosividade (MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹) da bacia hidrográfica onde observa-se grande variabilidade mensal e geográfica da variável estudada.

Observa-se que nos meses de março a julho ocorrem os maiores índices pluviométricos, os menores índices estão concentrados nos meses de setembro a dezembro, resultado similar ao estudo de Medeiros et al. (2012). Resultados também de acordo com Medeiros et al. (2015) onde o mês de março para região do Cariri/Curimataú, destaca-se como os de maiores incidências de precipitações, como se observa na Tabela 3.

Amaral et al. (2014) observaram que, os maiores valores de erosividade ocorreram entre os meses de março a julho, resultado similar a este estudo, e que os menores valores entre os meses de agosto a janeiro. Os autores ainda complementam que esses resultados podem ser atribuídos a variação dos valores mensais de precipitação, que são influenciados por características distintas da chuva, como diferentes intensidades de chuva na região que determina grandes variações na erosividade.

Tabela 3 - EI mensal, R anual, e precipitação média anual nos municípios da bacia hidrográfica da região do Alto Paraíba

Município	EI (MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹)												P (mm)	R
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez		
Amparo	21,2	42,9	87,9	106,5	79,6	26,0	65,7	23,9	7,9	2,2	2,6	6,6	1.023,5	533,5
Barra de São Miguel	15,4	37,0	75,9	78,3	25,2	40,6	14,6	3,4	1,1	0,8	0,3	4,0	424,6	281,9
Boqueirão	20,3	27,5	54,9	70,6	29,5	28,4	30,9	8,1	2,5	0,6	1,5	3,2	484,2	290,1
Cabaceiras	9,0	26,2	44,3	53,4	28,2	14,1	23,1	4,6	0,6	0,4	0,5	2,1	332,0	220,7
Camalaú	27,6	52,4	112,2	89,3	38,6	13,0	10,1	2,3	0,8	1,2	1,6	5,2	538,3	355,3
Caraúbas	13,0	36,5	114,2	73,6	26,8	16,2	5,6	0,8	0,1	0,8	1,0	5,1	389,0	290,5
Congo	21,5	43,8	128,4	87,4	47,8	20,3	5,4	0,3	0,0	0,2	0,5	8,2	496,4	359,8
Coxixola	25,3	39,3	104,6	93,4	27,4	21,8	12,3	2,2	0,5	1,0	0,2	5,5	488,7	332,0
Monteiro	25,8	50,4	118,5	87,1	52,7	18,5	10,5	2,7	0,7	2,2	2,4	7,9	610,4	382,6
Ouro Velho	22,2	67,4	140,2	133,4	38,9	16,0	12,3	2,5	0,5	0,4	0,8	6,4	655,0	443,6
Prata	31,9	77,6	148,0	115	42,6	17,5	8,6	2,0	0,3	1,0	1,4	6,9	675,1	451,3
São Domingos do Cariri	9,9	38,1	87,7	99,7	24,3	16,3	13,7	2,0	0,5	0,5	0,5	2,4	409,6	296,8
São João do Cariri	15,1	43,9	101,1	74,1	33,6	13,9	9,0	2,2	0,3	1,0	1,0	3,8	433,8	301,4
São João do Tigre	20,4	40,5	117,7	93,6	26,1	10,6	6,6	1,2	0,4	1,1	2,5	8,5	480,7	332,5
São Sebastião do Umbuzeiro	33,0	55,8	126,9	85,6	32,3	16,6	6,0	1,0	1,0	2,0	4,9	11,9	571,5	370,8
Serra Branca	22,4	51,0	115,6	91,9	29,7	16,4	8,6	2,8	0,6	0,6	0,8	8,2	516,4	348,7
Sumé	35,8	54,8	135,3	96,3	47,5	37,0	12,9	2,7	0,7	0,2	0,1	4,2	652,4	427,6

Fonte: Elaborado pelos autores.

Pelos resultados obtidos (Tabela 3) evidencia-se maior índice de erosividade no município de Amparo, para o período estudado, assim sendo, constata-se maior taxa erosiva da chuva. Observa-se também, que no histórico, a média mensal do fator R é maior que os outros municípios da bacia em estudo.

Observa-se que, entre os meses de agosto a dezembro, ocorre um decréscimo no índice de erosividade (EI₃₀). Juntamente com o município de Cabaceiras, Caraúbas apresenta o menor valor do EI₃₀. Em Cabeceiras a média mensal do índice de erosividade histórica do período estudado é de 9 a 53,4mm. Resultados similares encontrados por Silva et al. (2012), onde observaram que os meses de agosto a dezembro são os que apresentaram as menores avaliações de erosividade.

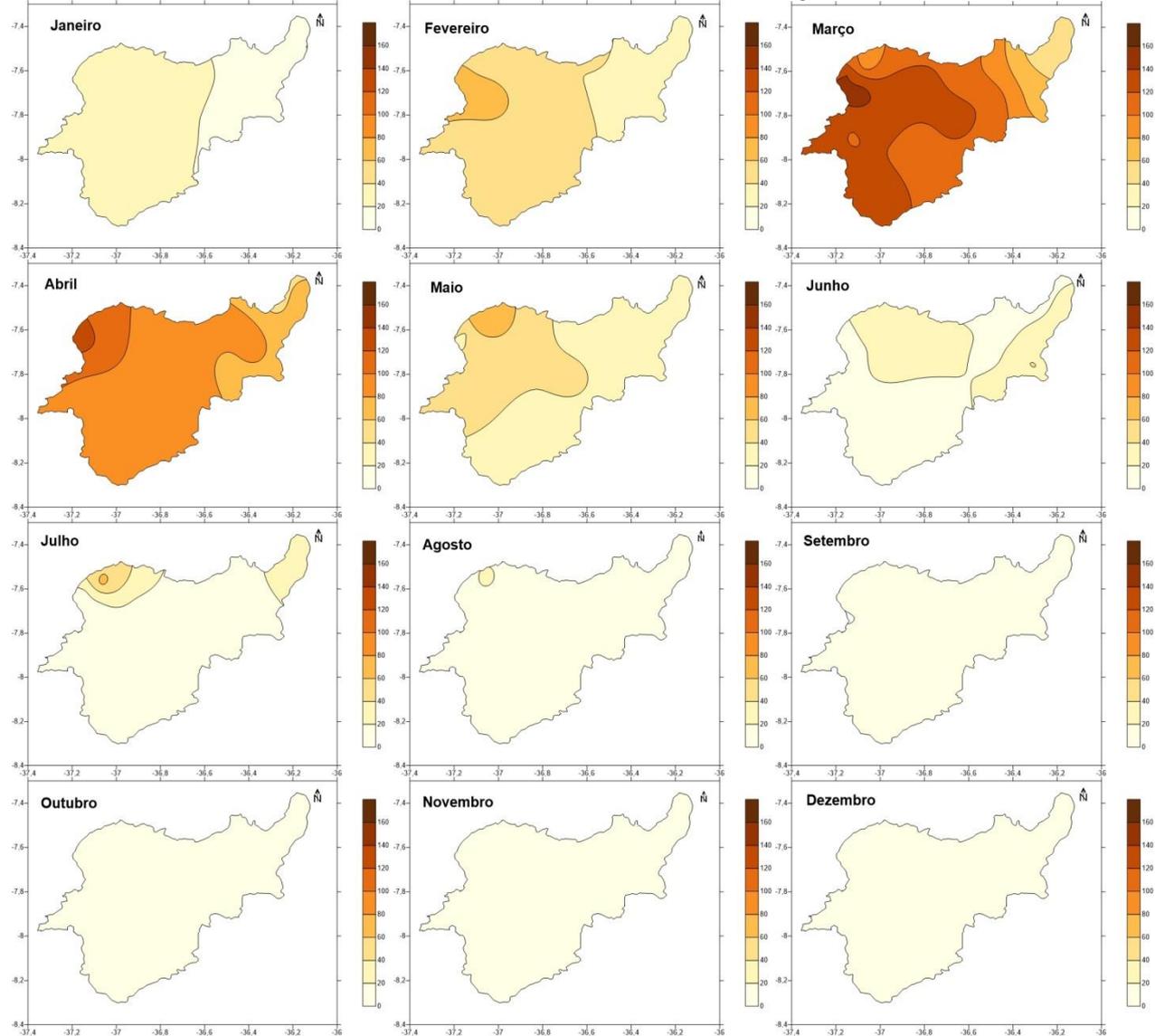
Amaral et al. (2014) observaram que, os maiores valores de precipitação e coeficiente de chuva ocorreram entre fevereiro a abril, e os menores, em setembro, outubro e novembro, para precipitação e para coeficiente de chuva, respectivamente, e que essa distribuição difere quando comparada à distribuição dos valores da erosividade, que apresenta os valores máximos em fevereiro, março e abril e os mínimos em setembro, outubro e novembro, mostrando que a erosividade é dependente da intensidade da chuva.

Observa-se que os índices de erosividade elevados ocorrem simultaneamente nos meses de março e abril, em todos os municípios estudados da bacia (Figura 3). Os municípios de Prata, Ouro Velho, e Amparo,

apresentam as maiores taxas de erosividade com 115, 113,5 e 106,5mm respectivamente.

Alves e Azevedo (2013), estimando a erosividade das chuvas na bacia do riacho Namorado, no município de São João do Cariri, observaram que os maiores valores de erosividade para a série analisada foram nos meses de fevereiro, março e abril, coincidindo com os elevados valores precipitados.

Figura 3 - Mapas mensais da erosividade ($\text{MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) da bacia hidrográfica do rio Paraíba

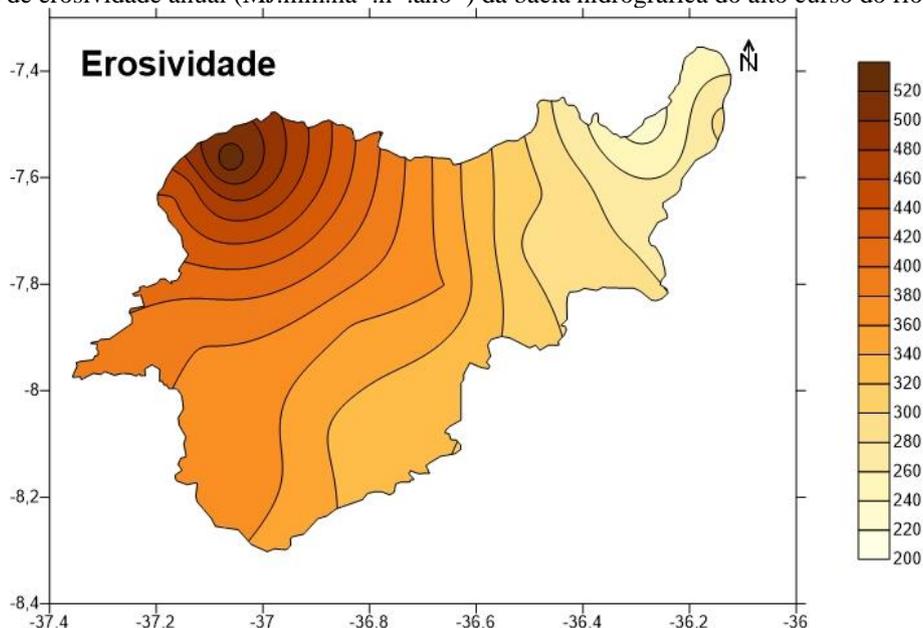


Analisando a Tabela 3 evidencia-se que, o mês de março apresenta-se com o mais elevado nível de erosividade de todo o período estudado. Verifica-se uma queda do EI_{30} nos meses de julho até o mês de dezembro, em razão do clima da região. Para Amaral et al. (2014) percebe-se que os valores de erosividade seguem a mesma tendência da precipitação, o que era esperado também neste trabalho.

Medeiros et al. (2015), observaram que na região do Cariri/Curimataú para os meses de julho a dezembro as menores incidências erosivas fluíram entre 7,7 a 155,7 $\text{MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$. Resultados similares a este estudo.

Na Figura 4 pode-se observar que os maiores valores de R anual estão localizados ao noroeste da bacia atingindo 540 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹.

Figura 4 - Mapa de erosividade anual (MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹) da bacia hidrográfica do alto curso do rio Paraíba.



Fonte: elaborado pelos autores.

Na Tabela 4, tem-se as variabilidades estatísticas dos parâmetros médios da erosividade da bacia hidrográfica onde se observa que, as oscilações da erosividade mínima mensal fluem entre 0,41 e 522,84 mm.ha⁻¹.ano⁻¹ com uma média anual de 2.161,39 mm.ha⁻¹.ano⁻¹, a erosividade máxima oscila entre 21,24 e 1.446,68 mm.ha⁻¹.ano⁻¹ e sua média é de 5.218,57 mm.ha⁻¹.ano⁻¹, a erosividade média apresenta uma flutuação entre 10,15 e 1.068,68 mm.ha⁻¹.ano⁻¹ e sua média é de 3.477,57 mm.ha⁻¹.ano⁻¹.

Tabela 4. Variabilidade estatística dos parâmetros de erosividade da bacia hidrográfica

Mês	Variabilidade dos parâmetros (mm.ha ⁻¹ .ano ⁻¹)						
	Mínimo	Mediana	Máxima	Média	Desvio Padrão	Variância	Coefficiente Variância
Jan	88,20	207,63	350,30	212,92	52,06	2.710,94	0,244
Fev	256,61	445,93	758,50	449,83	96,97	9.405,07	0,215
Mar	433,66	1.112,72	1.446,68	1.068,68	221,81	49.202,27	0,207
Abr	522,84	876,70	1.304,17	888,09	145,91	21.290,87	0,164
Mai	237,90	306,81	778,09	352,51	107,25	11.503,20	0,304
Jun	94,94	179,95	845,05	228,24	133,33	17.778,40	0,584
Jul	52,23	93,77	642,57	137,90	105,25	11.077,87	0,763
Ago	3,14	19,19	233,89	35,27	39,70	1.576,38	1,125
Set	0,41	7,57	77,39	11,61	12,38	153,39	0,000
Out	1,56	9,06	21,24	10,15	4,17	17,42	0,412
Nov	1,11	14,57	47,47	16,87	11,08	122,77	0,653
Dez	20,13	65,74	116,13	65,45	20,27	411,12	0,309
Anual	2.161,39	3.390,25	5.218,57	3.477,57	639,96	409.549,78	0,184

Fonte: elaborado pelos autores.

A mediana apresenta um comportamento análogo ao da erosividade média, exceto para os meses de maio a setembro, e as maiores flutuações do desvio padrão ocorrem nos meses de março a julho. Estatisticamente, os coeficientes de variâncias apresentam índices expressivos de mudanças mensais, quanto ao parâmetro variância, as suas flutuações mensais apresentam valores com altas significâncias de ocorrências mensais. No município de Monteiro, verifica-se uma variação do EI₃₀ de 0,7 a 118,5mm, com precipitação média anual atingindo 610,4mm, que de acordo com Silva (2004) a erosividade anual é altamente dependente do total precipitado.

Alves e Azevedo (2013) identificaram que os índices de erosividade foram praticamente nulos nos meses que correspondem as estações da primavera e os de início do verão na bacia do riacho dos Namorados localizado no município de São João do Cariri, devido à baixa quantidade de chuva registrada no período.

Francisco et al. (2019) observaram que, a erosividade média anual da chuva na bacia, apresentou-se predominantemente baixa, em 75,2% da área, em que os valores variaram entre 2.000 a 4.000 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹, ocorrendo longitudinalmente ao longo da bacia; valores médios variando de 4.000 a 6.000 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹ ocorrem em 20,7% da área, associados a localidades com maiores volumes de precipitação. Em apenas em 4,1% da área a erosividade foi muito baixa, ocorrendo em áreas limítrofes elevadas e/ou com baixa muito precipitação. Observaram também que a distribuição dessas áreas mais planas está associada, predominantemente, aos solos Luvissolos Crômicos órtico, que ocorrem nas áreas interiores, nos interflúvios das principais drenagens da bacia.

Silva et al. (2012), estimando valores para o município de Cabaceiras, área inclusa neste estudo, afirmam que o fator R da área em estudo foi de 9.471,3 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹. Os maiores índices de erosividade foram encontrados no período de abril (507,1 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹) coincidindo com o mês mais chuvoso (60,2mm). Os menores índices de erosividade foram encontrados no período de outubro (3,9 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹) sendo este o mês de menor precipitação (3,9mm). A área de estudo é considerada de moderada a alta erosividade.

Os valores de erosividade média obtidos neste estudo são semelhantes aos estudos de Amaral et al. (2014), Nascimento e Chaves (1996), em parte da mesorregião do Agreste, no qual obtiveram valores entre 2.500 e 4.800 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹. Para o município de Sumé, Albuquerque et al. (2002; 2005) onde analisaram parâmetros erosividade da chuva, com as perdas de solo de um Luvissolo crômico, e obtiveram valores médio de 4.928 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹.

4. Conclusão

O uso da metodologia e a geoespacialização utilizando a krigagem permitiu diagnosticar e mapear a erosividade das terras da bacia hidrográfica em estudo com rapidez e agilidade. Identificou-se que a distribuição média anual do fator erosividade da chuva foi de 3.477,57 mm.ha⁻¹.ano⁻¹. O desvio padrão do parâmetro erosividade EI₃₀ médio mensal apresentou valor de 639,96, e o coeficiente de variância apresentou valor de 0,184. A região a noroeste da bacia foi a que ocorreu a maior erosividade. Os meses de março e abril apresentaram a maior variabilidade. Espera-se num futuro próximo que o uso de um número maior de dados de precipitação possa se identificar a variação.

5. Referências

AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/>. Acesso em: 12 de outubro de 2020.

Albuquerque, A. W., Lombardi Neto, F., Srinivasan, V. S., & Santos, J. R. (2002). Manejo da cobertura do solo e de práticas conservacionistas nas perdas de solo e água em Sumé, PB. **Revista Brasileira de**

Engenharia Agrícola e Ambiental, 6(1), 136-141.

Albuquerque, A. W., Moura Filho, G., Santos, J. R., Costa, J. P. V., & Souza, J. L. (2005). Determinação de fatores da Equação Universal de Perda de Solo nas condições de Sumé, PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 9(2), 180-188.

Alves, T. L. B., & Azevedo, P. V. de. (2013). Estimativa da erosividade das chuvas na bacia do riacho Namorado, no município de São João do Cariri (PB). **Ambiência Guarapuava**, 9(1), 3-23.

Amaral, B. S. D. do, Dantas, J. C., Silva, R. M. da, & Carvalho Neto, J. F. de. (2014). Variabilidade espacial da erosividade das chuvas no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 7(4), 691-701.

Amorim, R. S. S., Silva, D. D., Pruski, F. F., & Matos, A. T. (2010). Avaliação do desempenho dos modelos de predição da erosão hídrica USLE, RUSLE e WEPP para diferentes condições edafoclimáticas do Brasil. **Engenharia Agrícola**, 30, 1046-1049.

Araújo, L. E., Becker, C. T., & Pontes, A. L. (2003). Periodicidade da precipitação pluviométrica no estado da Paraíba. **Anais do Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**, Santa Maria, Brasil, 13.

Ashiagbor, G., Forkuo, E. K., Laari, P., & Aabeyir, R. (2013). Modeling Soil Erosion using RUSLE and GIS tools. **International Journal of Remote Sensing & Geoscience**, 2, 7-17.

Barros, E. N. S., Viola, M. R., Rodrigues, J. A. M., Mello, C. R., Avanzi, J. C., & Giongo, M. (2018). Modelagem da erosão hídrica nas bacias hidrográficas dos rios Lontra e Manoel Alves Pequeno, Tocantins. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, 13, e5509.

Belasri, A., & Lakhouili, A. (2016). Estimation of soil erosion risk Using the Universal Soil Loss Equation (USLE) and geo-information technology in Oued el Makhazine watershed, Morocco. **Journal of Geographic Information System**, 8(1), 98-107.

Bertoni, J., & Lombardi Neto, F. (2010). **Conservação do solo** (7a ed.). São Paulo: Ícone.

Bertol, I., & Miquelluti, D. J. (1993). Perdas de solo, água e nutrientes reduzidas pela cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 28(10), 1205-1213.

Campos, M. C. C., & Queiroz, S. B. (2006). Reclassificação dos perfis descritos no levantamento exploratório-reconhecimento de solos do estado da Paraíba. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, 6(1), 45-50.

Cassol, E. A., Martins, D., Eltz, F. L. F., Lima, V. S. de, & Bueno, A. C. (2007). Erosividade e padrões hidrológicos das chuvas de Ijuí (RS) no período de 1963 a 1993. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, 15(3), 220-231.

Cogo, N. P. (1988). Conceitos e princípios envolvidos no manejo de solo para fins de controle da erosão hídrica. **Anais do Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, Campinas, Brasil, 21.

Dechen, S. C. F., Telles, T. S., Guimarães, M. F., & Maria, I. C. (2015). Perdas e custos associados à erosão

hídrica em função de taxas de cobertura do solo. **Bragantia**, 74, 224-233.

Farias, P. C. B. (2017). **Análise da dinâmica da cobertura vegetal do município de Sumé - PB, com a utilização de geotecnologias e com base nas variações climáticas**. Trabalho de Conclusão de Curso, Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido, Universidade Federal de Campina Grande, Sumé, PB, Brasil.

Francisco, P. R. M. (2010). **Classificação e mapeamento das terras para mecanização do Estado da Paraíba utilizando sistemas de informações geográficas**. Dissertação (Manejo de Solo e Água), Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB, Brasil.

Francisco, P. R. M., Chaves, I. de B., Lima, E. R. V. de, & Santos, D. (2014). Tecnologia da geoinformação aplicada no mapeamento das terras à mecanização agrícola. **Revista Educação Agrícola Superior**, 29(1), 45-51.

Francisco, P. R. M., Mello, V. da S., Bandeira, M. M., Macedo, F. L. de, & Santos, D. (2016). Discriminação de cenários pluviométricos do estado da Paraíba utilizando distribuição Gama Incompleta e Teste Kolmogorov-Smirnov. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 9(1), 47-61.

Francisco, P. R. M., Chaves, I. de B., Oliveira, F. P. de, Santos, D., & Barreto, H. T. S. (2019). Vulnerabilidade dos solos à desertificação na bacia do Alto Rio Paraíba. **Anais do Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia**, Palmas, Brasil, 6.

Francisco, P. R. M., Pedroza, J. P., Bandeira, M. M., Silva, L. L. da, Santos, D. (2016). Mapeamento da insolação do estado da Paraíba utilizando krigagem. **Revista de Geografia**, 33(1), 248-262.

Guerra, A. J. T., Silva, A. S., Botelho, R. G. M. (2010). **Erosão e conservação dos solos: Conceitos, temas e aplicações**. (6ª Ed.). Rio de Janeiro: Bertrand Brasil Ltda.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2009). Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>.

Jakob, A. A. E. (2002). A krigagem como método de análise de dados demográficos. **Anais do Encontro da Associação Brasileira de Estudos Populacionais**, Ouro Preto, Brasil, 13.

Kinnell, P. I. A. (2010). Event soil loss, runoff and the Universal Soil Loss Equation family of models: A review. **Journal of Hydrology**, 385(1), 384-397.

Lacerda, A. V. de. (2003). **A semi-aridez e a gestão em bacias hidrográficas: visões e trilhas de um divisor de ideias**. João Pessoa: UFPB.

Lombardi Neto, F., & Moldenhauer, W. C. (1992). Rainfall erosivity - its distribution and relationship with soil loss at Campinas, state of São Paulo, Brazil. **Bragantia**, 51, 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.

Mahilum, B. C. (2004). **Basic soil science and concepts in tropical soils**. Honokaa: Trop Ag Hawaii.

- Miranda, J. I. (2005). **Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica.
- Medeiros, R. M. de, Francisco, P. R. M., & Santos, D. (2015). Balanço hídrico e erosividade em função das mudanças climáticas no estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 8(4), 1068-1084.
- Medeiros, R. M. de, Francisco, P. R. M., Sousa, F. de A. S. de, & Santos, L. J. V. dos. (2012). Estimativa da erosividade da chuva no período de 1930-2010 no município de Bananeiras-PB como contribuição a agropecuária. **Anais da Jornada Nacional da Agroindústria**, Bananeiras, Brasil, 5.
- Morgan, R. P. C. (2005). **Soil Erosion e conservation**. (3ª Ed). Oxford: Blackwell Science.
- Nascimento, C. W. A., & Chaves, I. B. (1996). Erosividade e características da chuva correlacionadas com perdas de solo em Alagoinha–PB. **Ciência Rural**, 26(3), 407-412.
- Panagos, P., Ballbio, C., Borrelli, P., Meusburger, K., Klik, A., Rousseva, S., Tadic, M. P., Michaelides, S., Hrabalíkova, M., Olsen, P., Aalto, P. O., Lakatos, M., Rymaszewicz, A., Duitrescu, A., Berguería, S., & Alewell, C. (2015). Rainfall Erosivity in Europe. **Science of The Total Environment**, 511, 801-814.
- PARAÍBA. (1978). Governo do Estado da Paraíba. Secretaria de Agricultura e Abastecimento–CEPA–PB. **Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba**. Relatório. UFPB-ELC.
- Renard, K. G., Foster, G. R., Weesies, G. A., Mccool, D. K., & Yoder, D. C. (1997). **Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE)**. USDA.
- Roque, C. G., Carvalho, M. P., & Prado, R. M. (2001). Fator erosividade da chuva de Piraju (SP): distribuição, probabilidade de ocorrência, período de retorno e correlação com o coeficiente de chuva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 25, 147-156.
- Santos, C. N. (2008). **El Niño, La Niña e a erosividade das chuvas no Estado do Rio Grande do Sul**. Tese. (Doutorado), Programa de Pós-graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.
- Silva, A. M. (2004). Rainfall erosivity map for Brazil. **Catena**, 57(3), 251-259.
- Silva, V. M. de A., Medeiros, R. M. de, Francisco, P. R. M., Tavares, A. L., Patrício, M. da C. M., & Borges, C. K. (2012). Avaliação do índice da erosividade da chuva no município de Cabaceiras visando à captação pluvial. Anais do Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, Campina Grande, Brasil, 8.
- Sousa, R. F. de, Barbosa, M. P., Sousa Júnior, S. P. de, Terceiro Neto, C. P. C., & Morais Neto, J. M. (2007). Estudo da degradação de terras do município de Boa Vista-Paraíba. **Revista Engenharia Ambiental**, 4(2), p.5-13.
- Wischmeier, W. H., & Smith, D. D. (1978). **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning**. Washington, USDA. (Agriculture Handbook, 537).