



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO  
UNIDADE ACADÊMICA DE TECNOLOGIA DO DESENVOLVIMENTO  
CURSO DE ENGENHARIA DE BIOSISTEMAS**

**RAYNA KELLY DA SILVA**

**MAPEAMENTO E ANÁLISE DA EROSIVIDADE DA CHUVA  
NA SUB-BACIA DO ALTO PARAÍBA**

**SUMÉ - PB  
2021**

**RAYNA KELLY DA SILVA**

**MAPEAMENTO E ANÁLISE DA EROSIVIDADE DA CHUVA  
NA SUB-BACIA DO ALTO PARAÍBA**

**Monografia apresentada ao curso de Engenharia de Biosistemas, do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido, da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Bacharela em Engenharia de Biosistemas.**

**Orientador: Professor Dr. George do Nascimento Ribeiro**

**SUMÉ - PB**

2021

S586m Silva, Rayna Kelly da.  
Mapeamento e análise da erosividade da chuva na Sub-bacia do Alto Paraíba. / Rayna Kelly da Silva. - 2021.

37 f.

Orientador: Professor Dr. George do Nascimento Ribeiro.

Monografia - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido; Curso de Engenharia de Biosistemas.

1. Erosividade da chuvas. 2. Erosão do solo. 3. Solos do Cariri. 4. Geotecnologias. 5. Sub-bacia do Alto Paraíba. 6. Perda de solo. 7. Geomorfologia. 8. Mapeamento da erosividade. 9. Equação universal de perda do solo. I. Ribeiro, George do Nascimento. II. Título.

CDU: 631.6.02(043.1)

**Elaboração da Ficha Catalográfica:**

Johnny Rodrigues Barbosa  
Bibliotecário-Documentalista  
CRB-15/626

**RAYNA KELLY DA SILVA**

**MAPEAMENTO E ANÁLISE DA EROSIVIDADE DA CHUVA  
NA SUB-BACIA DO ALTO PARAÍBA**

**Monografia apresentada ao curso de Engenharia de Biosistemas, do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido, da Universidade Federal de Campina Grande, rerquisito parcial para obtenção do título de Bacharela em Engenharia de Biosistemas.**

**BANCA EXAMINADORA:**

---

**Prof. Dr. George do Nascimento Ribeiro.  
Orientador – UAEB/CDSA/UFCG**

---

**Prof. Dr. Paulo da Costa Medeiros.  
Examinador Interno – UATEC/CDSA/UFCG**

---

**Professora Dra. Ana Mary da Silva  
Examinadora Externa – UAEB/CDSA/UFCG**

---

**Professor Dr. Paulo Roberto Megna Francisco.  
Examinador Externo – CTRN/UFCG**

**Trabalho aprovado em: 26 de maio de 2021.**

**SUMÉ-PB**

## **AGRADECIMENTOS**

Á Deus pela vida, pelo amor incondicional e pelas bênçãos concedidas.

"Tu és o meu refúgio e a minha fortaleza, o meu Deus, em quem confio..."

Salmos 91:2.

## RESUMO

Dentre os vários fatores que contribuem para a erosão do solo, descritos no modelo EUPS - Equação Universal de Perdas de Solos, destaca-se a Erosividade das Chuvas (fator R), que é um dos mais importantes parâmetros como agente de perda de solo, em razão da sua capacidade de desagregar partículas, pelo impacto das gotas da chuva e gerar escoamento superficial carregando detritos. A EUPS estima as perdas de solo por erosão laminar, através da multiplicação de seis fatores intrínsecos: as características climáticas, propriedades do solo, paisagem do terreno, cobertura vegetal, manejo agrícola e práticas conservacionistas. O foco do estudo foi analisar a erosividade da chuva ( $EI_{30}$ ) na região da sub-bacia do Alto Paraíba, por meio de geotecnologias, para posterior geração de mapas mensais e anual. O trabalho utilizou dados de precipitação fornecidos pela Agência Executiva de Gestão das Águas (AESAs) com 103 anos de observação entre 1911 e 2014. Os dados de erosividade, latitude e longitude foram inseridos em planilha eletrônica com as coordenadas dos postos de cada município. Para a elaboração dos mapas na região de estudo: na distribuição da erosividade, foi utilizado o programa SURFER 11 e; para o mapeamento, foi utilizado o método da *Krigagem*, onde foram obtidos as médias, medianas, máximas e mínimas, variância e desvio padrão. Quando todos os fatores, com exceção da chuva, são mantidos constantes, a perda de solo por unidade de área de um terreno desprotegido de vegetação é diretamente proporcional ao produto de duas características da chuva: energia cinética multiplicada por sua intensidade máxima em 30 minutos; essa foi a melhor correlação encontrada para expressar o potencial erosivo da chuva. Portanto, informações geradas no trabalho possibilitou a análise da erosividade da chuva na região da sub-bacia do Alto Paraíba, com isso, concluiu-se que o uso de geotecnologias permitiu prognosticar e mapear a erosividade das terras da bacia hidrográfica em estudo com rapidez e agilidade. Foi possível identificar que a distribuição média anual do fator erosividade da chuva foi de  $3.477,57 \text{ mm.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ . E o desvio padrão do parâmetro erosividade  $EI$  médio mensal apresentou valor de  $639,96 \text{ mm.ha}^{-1}$ , e o coeficiente de variância apresentou valor de 0,184.

**Palavras-chave:** Solo; Erosão; Geotecnologia.

## ABSTRACT

Among the various factors that contributed to soil erosion, described in the EUPS model, the Erosivity of the Rains (Factor R) stood out, which is one of the most important factors of soil loss, due to its ability to disaggregate, by the impact of the droplets and generate runoff carrying the soil particles. The EUPS estimates soil losses through laminar erosion, through the multiplication of six intrinsic factors: climatic characteristics, soil properties, terrain landscape, vegetation cover, agricultural management and conservation practices. The focus of the study was to analyze the erosivity of rain (EI30) in the Alto Paraíba sub-basin region, through geotechnologies, resulted in monthly and annual maps. The work used precipitation data provided by the water Management Executive Agency (AESAs) with 103 years of observation between 1911 and 2014. The data on erosivity, latitude and longitude were entered in an electronic spreadsheet with the coordinates of the posts of each municipality. The SURFER® 11 program was used to prepare the maps, in the Kriging method was used for the mapping, where the means, medians, maximum and minimum values, variance and standard deviation were obtained. When all factors, with the exception of rain, are kept constant, the loss of soil per unit area of an unprotected area of vegetation is directly proportional to the product of two characteristics of rain: kinetic energy multiplied by its maximum intensity in 30 minutes; this was the best correlation found to express the erosive potential of rain. Therefore, information generated in the work made it possible to analyze the erosivity of rain in the region of the Alto Paraíba sub-basin, thus, it was concluded that the use of geotechnologies allowed to predict and map the erosivity of the watershed basins under study quickly and agility. It was possible to prove that the average annual distribution of the rain erosivity factor was 3,477.57 mm.ha<sup>-1</sup>.year<sup>-1</sup>. And the standard deviation of the erosivity parameter The monthly average presented a value of 639.96 mm.ha<sup>-1</sup>, and the coefficient of variation presented a value of 0.184.

**Keywords:** Soil; Erosion; Geotechnology

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 – Localização da área de estudo.....   | 20 |
| Figura 2 – Mapa da precipitação média anual (mm) da bacia hidrográfica do Alto Paraíba.....   | 24 |
| Figura 3 – Mapas mensais da erosividade ( $\text{MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ ) da bacia hidrográfica .....                          | 26 |
| Figura 4 – Mapa de erosividade anual ( $\text{MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ ) da bacia hidrográfica do alto curso do rio Paraíba..... | 28 |
| Figura 5 – EI = média mensal do índice de erosão histórica no período de 1911 a 2014 .....  | 29 |

## LISTAS DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1 – Dados de precipitação dos Municípios nos períodos de observação .....                                    | 22 |
| Tabela 2 – Classes de Erosividade da chuva média anual e mensal .....   | 23 |
| Tabela 3 – EI mensal ( $\text{MJ mm ha}^{-1}\text{h}^{-1}$ ), precipitação (P) (mm) e R da bacia hidrográfica ..... | 25 |
| Tabela 4 – Variabilidade estatística dos parâmetros de erosividade da bacia hidrográfica .....                      | 29 |

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

**AESA** - Agência Executiva de Águas do Estado

**ANA** - Agência Nacional de Águas

**DPI** - Divisão de Processamento de Imagens

**NEB** - Nordeste do Brasil

**EUPS** - Equação Universal de Perdas de Solos

**USLE**- Universal Soil Loss Equation.

**SIGs** - (Sistema de Informações Geográficas)

**EUA** - Universidade de Purdue

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>  | <b>11</b> |
| <b>2 OBJETIVOS .....</b>   | <b>13</b> |
| <b>2.1 Objetivo geral .....</b>  | <b>13</b> |
| <b>2.2 Objetivos específicos .....</b>                                   | <b>13</b> |
| <b>3 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>  | <b>14</b> |
| <b>3.1 Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) e o Fator “R” .....</b> | <b>14</b> |
| <b>3.2 Erosividade da chuva e da perda de solo .....</b>                 | <b>16</b> |
| <b>3.3 Geotecnologias para o mapeamento da erosividade .....</b>         | <b>17</b> |
| <b>3.4 Região semiárida e o cariri paraibano .....</b>                   | <b>17</b> |
| <b>4 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>  | <b>20</b> |
| <b>4.1 Caracterização da área de Estudo.....</b>                         | <b>20</b> |
| <b>4.2 Clima.....</b>  | <b>20</b> |
| <b>4.3 Vegetação .....</b>   | <b>21</b> |
| <b>4.4 Geologia .....</b>  | <b>21</b> |
| <b>4.5 Geomorfologia .....</b>   | <b>21</b> |
| <b>4.6 Solos .....</b>   | <b>21</b> |
| <b>4.7 Processamento de Dados.....</b>                                   | <b>22</b> |
| <b>5 RESULTADOS EDISCUSSÃO.....</b>                                      | <b>24</b> |
| <b>6 CONCLUSÃO.....</b>  | <b>31</b> |
| <b>REFERÊNCIAS .....</b>   | <b>32</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

O conceito de erosão está ligado aos processos de desgaste da superfície do terreno com a retirada e o transporte dos grãos minerais. Em sentido amplo, a erosão consiste no desgaste, no afrouxamento do material rochoso e na remoção dos detritos através dos processos atuantes na superfície da terra (BIGARELLA, 2003). É um fenômeno que tem causado preocupação, tanto quanto às causas de sua origem, evolução e controle isto em razão desta atingir e inutilizar extensas áreas de terras, levando, até mesmo, a uma descaracterização completa do meio físico (BERTONI, 1999).

Bertoni e Lombardi Neto (2005) citam que, a erosão é o processo de desprendimento e arraste das partículas do solo causado pela água e pelo vento; entre os fatores que influenciam na magnitude do processo erosivo, estão as chuvas, a infiltração, a topografia do terreno, a cobertura vegetal e a natureza do solo.

A estimativa é muito importante em vários contextos ambientais, tais como a avaliação de perda de solo potencial de terras cultivadas e a avaliação da perda de capacidade de armazenamento de água nos reservatórios, devido à deposição de sedimentos (AMORE *et al.*, 2004).

Para tal, a Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS) ou Universal Soil Loss Equation (USLE) (WISCHMEIER e SMITH, 1978) é um modelo empírico para estimar a perda média anual de solo por erosão laminar e considera fatores naturais e antrópicos.

Dentre os vários fatores que determinam a erosão do solo, descritos no modelo 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, 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 e BRITO, 1993).

Segundo Bertoni e Lombardi Neto (2010), se faz necessário uma previsão mais precisa e eficaz das perdas de solo, servindo como direcionamento para o planejamento do uso do solo e determinação das práticas de conservação do solo mais adequadas para uma determinada área.

Atualmente, o uso de geotecnologias, dos SIGs (Sistema de Informações Geográficas), a evolução dos sistemas computacionais, para estudos de análise ambiental, e a disponibilização de imagens de satélite, tem proporcionado excelentes resultados no processo de automação da maioria dos trabalhos executados de forma convencional e tem permitido o processamento de um grande volume de informações relevantes para tomadas de decisão (CARVALHO *et al.*, 2009; CÂMARA & MEDEIROS, 1996; FERNANDES *et al.*, 1998).

A área em estudo localiza-se no semiárido paraibano, apresenta solos do tipo Luvissole Crômico Vértico, fase pedregosa, relevo suave ondulado, que predomina em grande parte da região. (BRASIL, 1972; PARAÍBA, 1978). Em toda a área de estudo a vegetação é do tipo Caatinga hiperxerófila (SOUZA *et al.*, 2009; FRANCISCO, 2010).

O foco do estudo é a região do Cariri paraibano, no qual estudos comprovam que há irregularidade na distribuição da precipitação pluviométrica, e que a mesma, oscila entre 350 a 500 mm.ano<sup>-1</sup>, com os maiores valores concentrados em apenas 3 ou 4 meses do ano, nos demais, a precipitação registrada é pequena ou quase inexistente, causando vários problemas econômicos, com intensos reflexos nas áreas sociais (LIMEIRA, 2008).

Assim sendo, há uma necessidade precípua de se estudar a capacidade erosiva das chuvas no cariri paraibano, bem como os fatores climáticos que possam influenciar direta ou indiretamente nos processos erosivos dos solos da região.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Analisar a erosividade da chuva ( $EI_{30}$ ) na região da sub-bacia do Alto Paraíba, por meio de geotecnologias e gerar os mapas mensais e anual.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Identificar e analisar a distribuição média anual do fator erosividade da chuva;
- Correlacionar o parâmetro erosividade  $EI_{30}$ , médio mensal, com o coeficiente de chuva;
- Elaborar mapa de erosividade.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) e o Fator “R”

A Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) foi desenvolvida em 1954 no National Runoff and Data Soil Loss Center pela Agricultural Research Service em colaboração com a Universidade de Purdue (EUA) e posteriormente revisada por Wischmeier e Smith (1978), sendo esta última a mais difundida (PAES *et al.*, 2010).

Para Checchia (2005), a equação foi desenvolvida empiricamente a partir de dados anuais de mais de 10.000 parcelas-padrão, permitindo assim a estimativa da perda média de solo em terrenos com diferentes cultivos agrícolas, devido à erosão laminar e por sulcos, para um período de aproximadamente 20 anos.

A EUPS foi utilizada, primariamente, para predição de erosão em trechos de declives não muito acentuados e uniformes. Wischmeier e Smith (1978) foram os primeiros a desenvolver um procedimento para o cálculo da perda de solo em declives caracterizados como mais complexos. Eles dividiram declives irregulares em um número limitado de segmentos uniformes. Dessa forma, foram capazes de levar em consideração o formato do declive. Logo, Foster e Wischmeier (1994) continuaram esses estudos para declives irregulares, atribuindo peso para os trechos do declive, conforme este fosse convexo ou côncavo (RANZI *et al.*, 2012).

A EUPS estima as perdas de solo por erosão laminar, através da multiplicação de seis fatores intrínsecos: as características climáticas, propriedades do solo, paisagem do terreno, cobertura vegetal com manejo agrícola e práticas conservacionistas, representado na Equação 1.

$$A = R * K * L * S * C * P \quad (\text{Eq. 1})$$

Em que: A é a estimativa média anual de perda de solo (t.ha-1.ano-1); R é o fator erosividade das chuvas (MJ.mm.ha-1.h-1); K é o fator erodibilidade do solo (t.h.MJ-1.mm-1); L é o comprimento da rampa (m); S é a declividade da Rampa (%); C é o fator de cobertura, uso/manejo (adimensional); P é o fator de práticas conservacionistas (adimensional).

A Equação Universal de Perda de Solo - EUPS tem por objetivo prever a erosão, que poderá ocorrer em determinada área agrícola, de forma que a magnitude da perda de solo fique situada dentro dos limites toleráveis. Essa equação relaciona, de forma combinada, todos os fatores que influenciam a erosão acelerada do solo, quais sejam: erosividade da chuva (R),

erodibilidade do solo (K), comprimento e grau do declive (LS), cobertura e manejo do solo (C) e práticas conservacionistas de suporte (P) (WISCHMEIER e SMITH, 1978).

Um dos fatores que se destaca é a erosividade da chuva (fator R da EUPS), que indica o potencial da chuva e enxurrada associada em causar erosão do solo, sendo determinada pelo produto da energia cinética total da chuva com sua intensidade máxima, em trinta minutos. Portanto, sua utilização é de fundamental importância para o estabelecimento do uso e manejo corretos do solo e, conseqüentemente, para a seleção das práticas conservacionistas de maior eficácia na redução da erosão hídrica (PAES *et al.*, 2010).

No Brasil, adequações de alguns fatores às condições climáticas e culturais foram propostas por alguns pesquisadores (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1990) ao modelo de Wischmeier e Smith (1978).

Para Bertoni (1999) 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, como a interferência pelos ventos. As variáveis mais importantes são a intensidade e a duração da chuva (MORGAN, 2005).

No Brasil, existem valores de erosividade determinados para várias regiões. De acordo com Cogo *et al.* (1988), a erosividade apresenta uma amplitude de 5.000 a 12.000 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

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 em selamento superficial e aumento de arraste 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. Desta forma, até chuvas com pouco poder erosivo são capazes de provocar perdas nos meses subsequentes ao preparo.

Renard (1997) afirma que, um dos fatores mais importantes agentes da perda 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. Com isso, esse fator de chuva é conhecido como a erosividade da chuva e o fator que dá a característica climática a USLE.

A erosividade da chuva é definida como uma função da energia cinética da chuva e da intensidade máxima da chuva em 30 minutos (WISCHMEIER e SMITH, 1978). Nesse sentido, para poder estimar a erosividade da chuva são necessários dados pluviográficos e este tipo de dado é difícil de se obter e requer muito tempo de processamento (KINNEL, 2010). Em países em desenvolvimento, a carência de dados hidrológicos de alta qualidade com séries extensas é muito comum (MELLO *et al.*, 2007; BESKOW *et al.*, 2009).

### **3.2 Erosividade da chuva e da perda de solo**

A erosão hídrica é um dos fenômenos mais danosos ao solo e às atividades humanas, em especial as atividades agrícolas. É caracterizado pelo processo de desprendimento, transporte e deposição de partículas e nutrientes das camadas superficiais dos solos e seus, realizado devido a ação do escoamento superficial das águas da chuva (ASHIAGBOR *et al.*, 2013; DECHEN *et al.*, 2015; BELASRI e LAKHOULI, 2016; BARROS *et al.*, 2018).

Verifica-se que, quando todos os outros fatores, com exceção da chuva, são mantidos constantes, a perda de solo por unidade de área de um terreno desprotegido de vegetação é diretamente proporcional ao produto de duas características da chuva: energia cinética multiplicada por sua intensidade máxima em 30 minutos. Essa foi a melhor correlação encontrada para expressar o potencial erosivo da chuva (WISCHMEIER & SMITH, 1958).

A lentidão na determinação das perdas de solo por erosão, por meio de métodos diretos, é a principal causa do crescente interesse pelos modelos de predição da erosão. Tais modelos permitem identificar áreas de maior risco e auxiliar na escolha de práticas de manejo mais adequadas (FOSTER *et al.*, 1985). A equação universal de perdas de solo - EUPS (WISCHMEIER & SMITH, 1978), considerada uma das mais importantes ferramentas de predição de perdas de solo, é utilizada com sucesso em regiões e para finalidades completamente distintas (ALBALADEJO MONTORO & STOCKING, 1989; TOY & OSTERKAMP, 1995) daquelas para as quais foi projetada (WISCHMEIER, 1976).

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, 2015).

Bertol (1994) destaca que, o fator pode ser utilizado como parâmetro de suporte a trabalhos de extensão rural, pois permite indicar as épocas mais críticas com relação à ocorrência da erosão. Panagos *et al.* (2015), destacam ainda a importância do fator erosividade como indicativo de risco natural a eventos como deslizamentos e escorregamento de encostas.

### 3.3 Geotecnologias para o mapeamento da erosividade

O crescente avanço das tecnologias tem possibilitado e estimulado o desenvolvimento das chamadas geotecnologias, dos sistemas de informações geográficas (SIG's) e a evolução dos sistemas computacionais para estudos de análise ambiental e, com isso, a disponibilização de imagens de satélite tem proporcionado excelentes resultados no processo de automação da maioria dos trabalhos executados de forma convencional, e tem permitido o processamento de um grande volume de informações relevantes para tomadas de decisão (ALBUQUERQUE *et al.*, 2012; CARVALHO *et al.*, 2009; CÂMARA & MEDEIROS, 1996; FERNANDES *et al.*, 1998).

Gianezini e Saldias (2012); Sá *et al.* (2010); Sá *et al.* (2012); Francisco *et al.* (2012) reforçam que, a geotecnologia destaca-se pela possibilidade de leitura e análise a partir da coleta de informações sobre as características das propriedades e seus recursos, e na atualidade, com o avanço da informática e a disponibilização de programas computacionais para estudos de análise ambiental, a ferramenta tecnológica que mais cresce, está ligada ao geoprocessamento, com a utilização de um sistema de informação geográfica. Tendo em vista a importância da informação especializada, os programas de SIG estão cada vez mais oferecendo uma maneira rápida para realizar trabalhos visando à gestão dos recursos naturais, sendo um agente facilitador na tomada de decisão.

Segundo Guerra (1980), antes de se pensar em planejar a utilização dos recursos naturais, faz-se necessário o conhecimento prévio dos mesmos, ou seja, suas características qualitativas e quantitativas. Uma das tecnologias que possibilitam a caracterização física de uma região é denominada geotecnologia. Esta tecnologia permite o emprego de diversas ferramentas disponíveis para o conhecimento, gestão e monitoramento das bacias hidrográficas de uma região e o aproveitamento dos recursos naturais ali existentes.

Miranda (2005), ressalta e destaca que as geotecnologias existentes possibilitam a aquisição e manipulação de informações espaciais, sendo ferramentas relevantes para o levantamento, monitoramento e mapeamento dos recursos naturais.

### 3.4 Região semiárida e o cariri paraibano

O Nordeste Brasileiro ocupa 1.600.000 km<sup>2</sup> do território nacional e apresenta índices pluviométricos inferiores a 800mm por ano (MARENGO, 2010). Particularmente relacionado ao semiárido, este encontra-se distribuído em oito estados do Nordeste além de parte do Norte de Minas Gerais, possuindo uma extensão territorial com aproximadamente 1.128.697 km<sup>2</sup>, apresentando um total de 27.870.241 habitantes (SUDENE, 2017).

Moura (2007) afirma que o semiárido brasileiro é considerado o maior do mundo em extensão e apresenta temperaturas médias anuais de 23 a 27°C, com evaporação de 2.000 mm.ano<sup>-1</sup> e umidade relativa do ar que chega a uma média de 50%. Com isso, observa-se que o conhecimento quantitativo das variações pluviométricas vem a ser crucial para os estudos da dinâmica dos ecossistemas (GOMES, 2013).

A água no semiárido nordestino apresenta uma situação especial em decorrência das variações climáticas existentes na Região. A geologia da maior parte do território da região determina as condições de esgotamento rápido da água no solo, atribuindo aos corpos hídricos (rios, açudes) do Nordeste um caráter intermitente e gerando uma base física bastante heterogênea (MACEDO, 2014). Com isso, evidenciamos a inexistências de ações vindas do governo que possa de alguma maneira beneficiar a população que vive em áreas rurais, isso denota a negligência quando se refere a problemas relacionados a recursos hídricos da região.

Uma das principais características do semiárido é ter a maior parte do seu território coberto pela Caatinga que possui uma grande variedade de fauna e flora. A predominância vegetal do Nordeste é xerófila, que representa aproximadamente 73% dessa vegetação. Apresenta plantas as quais são demasiadamente adaptadas ao clima do semiárido nordestino (LOPES, 2012).

No semiárido Brasileiro os solos de maior ocorrência são das classes dos Latossolos e Argissolos, além da ocorrência de Neossolos Quartzarênicos, Planossolos, Cambissolos, Vertissolos, Luvisolos e, nas áreas mais movimentadas, principalmente, Neossolos Litossolos. A cobertura pedológica dessa região está intimamente relacionada com o clima, material de origem, vegetação e o relevo (CORREIA, 2011).

Outra característica do semiárido brasileiro é o déficit hídrico. Além disso, a quantidade de chuva é menor do que o índice de evaporação potencial, que é de 3.000 mm.ano<sup>-1</sup>, ou seja, a evaporação é três vezes maior do que a de chuva que cai.

A bacia do Paraíba é composta pela sub-bacia do rio Taperoá e regiões do Alto, Médio e Baixo curso do rio Paraíba. Seu principal rio é o Paraíba, o mais extenso do Estado, tendo sua nascente na região semiárida, na Serra do Jabitacá, município de Monteiro (Planalto da Borborema), e se estende no sentido Sudoeste-Nordeste até chegar a sua foz no Oceano Atlântico, no município de Cabedelo. O aproveitamento principal das águas dessa bacia é para irrigação e abastecimento urbano. O principal açude dessa bacia é o Epitácio Pessoa (Boqueirão) (AESAs, 2018).

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

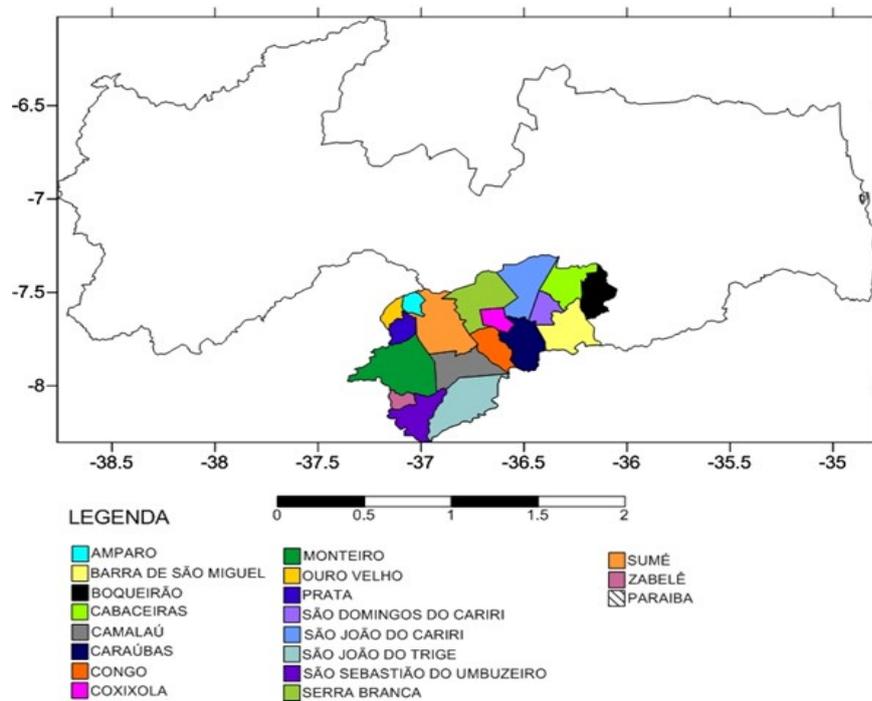
acima de 1083,4 mm.ano<sup>-1</sup>, em média, seguido do sertão, com valores médios de 821,9 mm ano<sup>-1</sup> e a região do Cariri/Curimataú com média alcançando até 516,1 mm.ano<sup>-1</sup> (ARAÚJO *et al.*, 2003).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Caracterização da área de estudo

A região de estudo é o Cariri Ocidental que ocupa uma área de 6.983 km<sup>2</sup>, distância de 180 km de João Pessoa-PB, abrangendo 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 1** - Localização da área de estudo.



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

### 4.2 Clima

O Cariri Paraibano, tem o clima classificado como semiárido, onde o regime de chuvas é marcado pela escassez, acentuada irregularidade espaço-temporal e longos períodos de estiagem, onde a maior parte da precipitação, geralmente, ocorre em três meses, de janeiro a março com média anual inferior a 800mm (EMBRAPA, 2018).

Na região semiárida brasileira o clima se caracteriza por apresentar precipitações anuais baixas e muito variáveis, no espaço e no tempo, além de evapotranspirações permanentemente altas, com temperaturas médias elevadas (SAMPAIO & SALCEDO, 1997).

Segundo Farias (2017), a temperatura média anual é de 24°C e a insolação anual média é de 2.800 horas.

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<sup>-1</sup>, 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).

### **4.3 Vegetação**

A vegetação representativa da área de estudo é do tipo caatinga hiperxerófila, de acordo com Sousa *et al.* (2007).

### **4.4 Geologia**

A geologia da bacia, principalmente o alto e o médio curso são compostos 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).

### **4.5 Geomorfologia**

De uma maneira geral três grandes compartimentos geomorfológicos dominam o relevo Paraibano: os tabuleiros costeiros, na parte leste do estado, o planalto da Borborema, na parte central, e a depressão sertaneja, no oeste do estado (CARVALHO, 1982). O planalto da Borborema, importante unidade geomorfológica do Nordeste, apresenta cotas altimétricas médias que vão desde os 400 aos 800 metros de altitude.

O Cariri está localizado na parte centro-sul do Planalto da Borborema, inserido em terreno cristalino do complexo gnáissico-migmatítico-granodiorítico (PARAÍBA, 1985). Há também afloramentos de rochas graníticas. Os solos são do tipo bruno não cálcicos, havendo também a presença de solos litólicos, aluviais, vertissolos e solos salgados do tipo solonietz e solontchak (PARAÍBA, 1985; AESA, 2007). Os terrenos cristalinos, de um modo geral, não favorecem a acumulação de água (BRANCO, 2003).

### **4.6 Solos**

Nas condições de aridez e semiaridez os solos são normalmente pouco espessos, contêm menos argilas e mais minerais primários, que pouco ou nada foram afetados pelo intemperismo químico, além de apresentarem comumente menores quantidades de matéria orgânica (ou de carbono) e maiores quantidades de cátions básicos trocáveis (LEPSCH, 2002).

Os solos predominantes na área de estudo (Figura 2), conforme PARAÍBA (1978), são os Aluviais Eutróficos que ocorrem ao longo das calhas dos rios; os Brunos Não Cálcicos e os solos Litólicos Eutróficos, distribuídos por toda a área da bacia, como também os Vertisols, com maior ocorrência no terço inferior da bacia, mais próximos ao Açude Epitácio Pessoa, estes reclassificados para o novo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos por Campos e Queiroz (2006) como solos Neossolos flúvicos Ta eutróficos solódicos, Luvisolos Crômicos órtico típico, Neossolos Litólicos Eutróficos típico, e como Vertissolo Cromado Órtico solódico, respectivamente.

#### 4.7 Processamento de dados

Na metodologia deste trabalho foi utilizado dados de precipitação fornecido pela Agência Executiva de Gestão das Águas (AESAs) com 103 anos de observação entre 1911 e 2014 (Tabela 1).

**Tabela 1** – Dados de precipitação dos Municípios nos períodos de observação.

| <b>Município</b>           | <b>Período de Levantamento</b> |
|----------------------------|--------------------------------|
| Amparo                     | 1962-2010                      |
| Barra de São Miguel        | 1962-2013                      |
| Boqueirão                  | 1961-2013                      |
| Cabaceiras                 | 1911-2013                      |
| Camalaú                    | 1962-2013                      |
| Caraúbas                   | 1911-2012                      |
| Congo                      | 1962-2013                      |
| Coxixola                   | 1962-2013                      |
| Monteiro                   | 1911-2013                      |
| Ouro Velho                 | 1995-2014                      |
| Prata                      | 1962-2013                      |
| São Domingos do Cariri     | 1998-2014                      |
| São João do Cariri         | 1911-2012                      |
| São João do Tigre          | 1934-2013                      |
| São Sebastião do Umbuzeiro | 1962-2013                      |
| Serra Branca               | 1962-2013                      |
| Sumé                       | 1962-2012                      |
| Zabelê                     | 1980-2012                      |

Fonte: AESA (2006).

A classificação das erosividade foi realizada de acordo com critérios descritivos por Cassol *et al.* (2007), onde são consideradas chuvas erosivas aquelas com quantidade igual ou superior a 10mm, ou igual ou superior a 6mm em um período máximo de 15 min.

A determinação do índice EI<sub>30</sub>, que representa a erosividade de cada chuva individual e erosiva, foi dada pela Equação 1.

$$EI_{30} = ECt I_{30} \text{ (Eq.1)}$$

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

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 ( $MJ \text{ mm ha}^{-1} h^{-1}$ ) |                  |
|-----------------------|---|------------------|
|                       | Anual   | Mensal           |
| Muito baixa           | $R < 2500$  | $R < 250$        |
| Baixa                 | $2500 < R < 5000$   | $250 < R < 500$  |
| Média                 | $5000 < R < 7000$   | $500 < R < 700$  |
| Alta                  | $7000 < R < 10000$  | $700 < R < 1000$ |
| Muito alta            | $R > 10000$   | $R > 1000$       |

Fonte: 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.

$$EI = 67,355*(r^2/P)^{0,85} \text{ (Eq.2)}$$

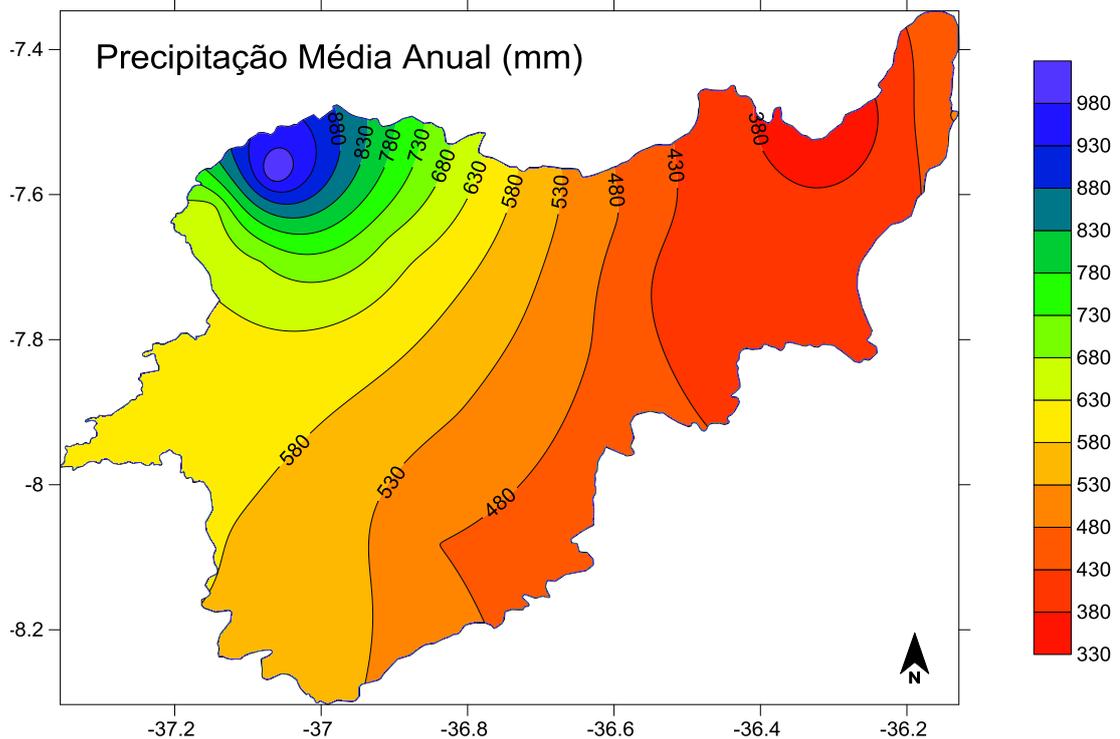
Em que:  $EI$  = média mensal do índice de erosão;  $r$  = precipitação média mensal (mm);  $P$  = precipitação média anual (mm).

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 para o mapeamento utilizando o método da krigagem e obtido as médias, medianas, máximas e mínimas, variância e desvio padrão.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelos resultados obtidos, observa-se na Figura 3, 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 pelo autor.

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 EI<sub>30</sub> e do fator R.

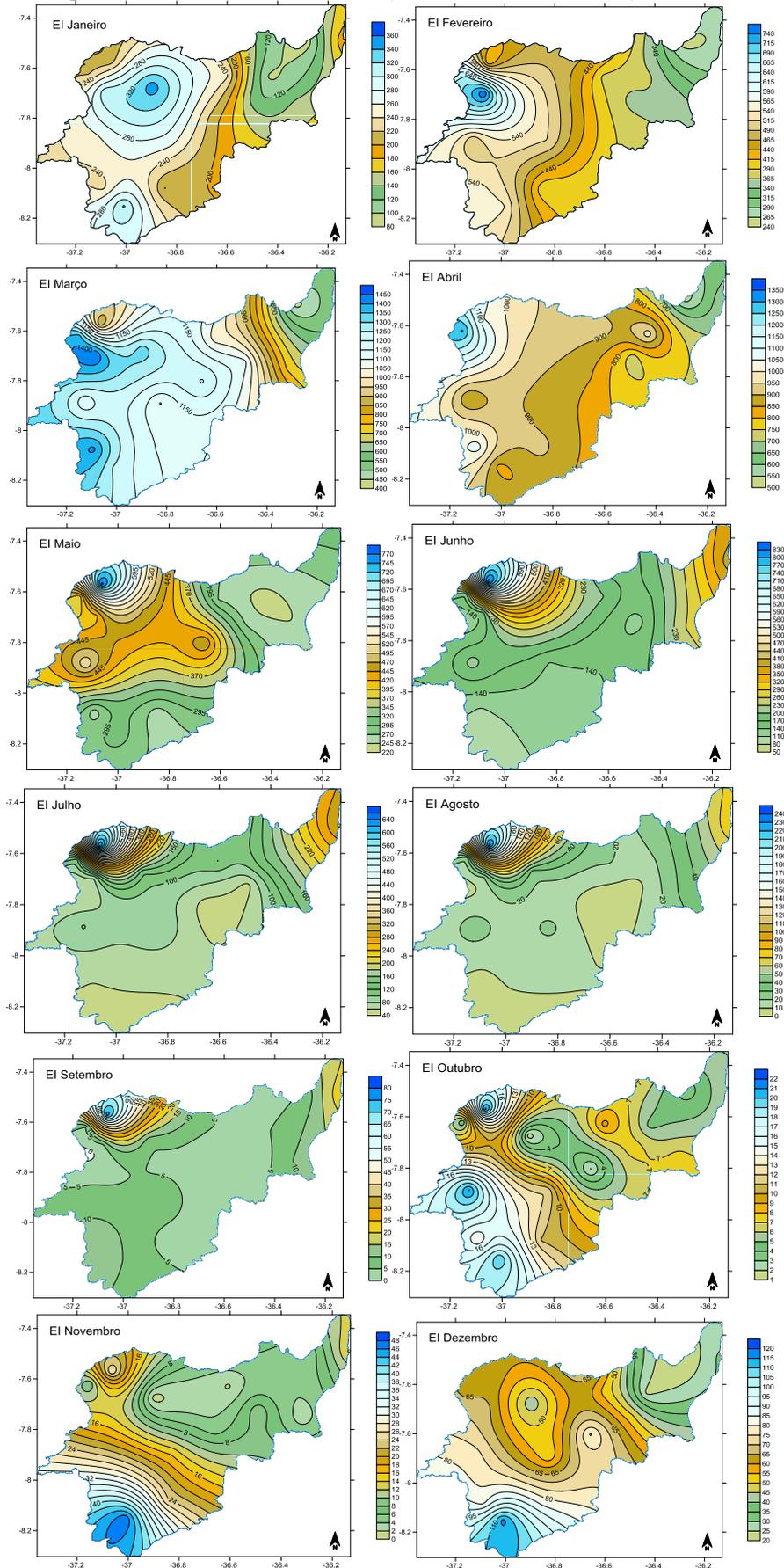
**Tabela 3** – EI mensal (MJ mm ha<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>), precipitação (P) (mm) e R da bacia hidrográfica.

| Município                  | EI<br>jan | EI<br>fev | EI<br>mar | EI<br>abr | EI<br>mai | EI<br>jun | EI<br>jul | EI<br>ago | EI<br>set | EI<br>out | EI<br>nov | EI<br>dez | P      | R     |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|-------|
| Amparo                     | 21,2      | 42,9      | 87,9      | 106,5     | 79,6      | 26        | 65,7      | 23,9      | 7,9       | 2,2       | 2,6       | 6,6       | 1023,5 | 533,5 |
| Barra de São Miguel        | 15,4      | 37        | 75,9      | 78,3      | 25,2      | 40,6      | 14,6      | 3,4       | 1,1       | 0,8       | 0,3       | 4         | 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         | 26,2      | 44,3      | 53,4      | 28,2      | 14,1      | 23,1      | 4,6       | 0,6       | 0,4       | 0,5       | 2,1       | 332    | 220,7 |
| Camalaú                    | 27,6      | 52,4      | 112,2     | 89,3      | 38,6      | 13        | 10,1      | 2,3       | 0,8       | 1,2       | 1,6       | 5,2       | 538,3  | 355,3 |
| Caráúbas                   | 13        | 36,5      | 114,2     | 73,6      | 26,8      | 16,2      | 5,6       | 0,8       | 0,1       | 0,8       | 1         | 5,1       | 389    | 290,5 |
| Congo                      | 21,5      | 43,8      | 128,4     | 87,4      | 47,8      | 20,3      | 5,4       | 0,3       | 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         | 0,2       | 5,5       | 488,7  | 332   |
| 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        | 12,3      | 2,5       | 0,5       | 0,4       | 0,8       | 6,4       | 655    | 443,6 |
| Prata                      | 31,9      | 77,6      | 148       | 115       | 42,6      | 17,5      | 8,6       | 2         | 0,3       | 1         | 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         | 0,5       | 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         | 2,2       | 0,3       | 1         | 1         | 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        | 55,8      | 126,9     | 85,6      | 32,3      | 16,6      | 6         | 1         | 1         | 2         | 4,9       | 11,9      | 571,5  | 370,8 |
| Serra Branca               | 22,4      | 51        | 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        | 12,9      | 2,7       | 0,7       | 0,2       | 0,1       | 4,2       | 652,4  | 427,6 |

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Na Figura 3 apresentam-se os mapas mensais da erosividade (MJ.mm.ha<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>) da bacia hidrográfica onde observa-se grande variabilidade mensal e geográfica da variável estudada.

**Figura 3 – Mapas mensais da erosividade ( $MJ \cdot mm \cdot ha^{-1} \cdot h^{-1} \cdot ano^{-1}$ ) da bacia hidrográfica.**



Fonte: Elaborado pelo autor.

Observa-se na figura 3 que os 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) em que o mês de março para região do Cariri/Curimataú, destaca-se como as 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 em que os menores valores de erosividade encontram-se nos 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.

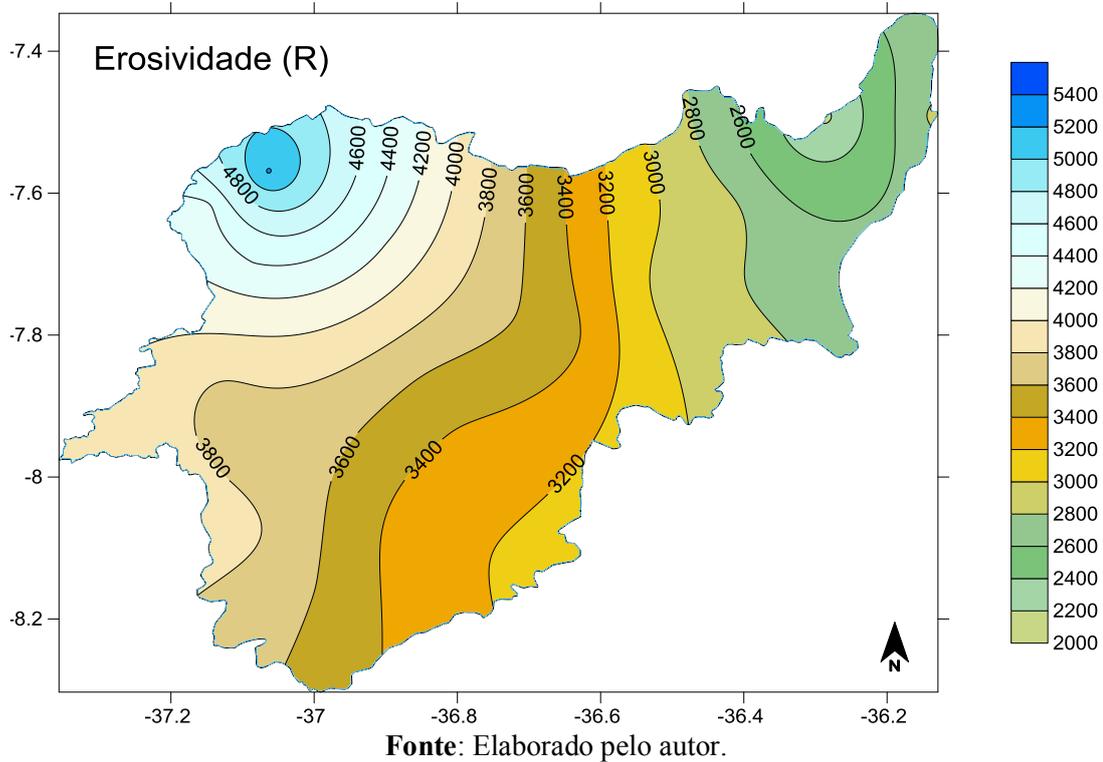
Pelos resultados obtidos (Tabela 3) evidencia-se maior índice de erosividade no município de Amparo, para o período estudado, assim sendo, constata-se maior taxa erosiva da chuva. Observa-se também, que no histórico, a média mensal do fator R é maior que os outros municípios da bacia em estudo.

Observa-se que, entre os meses de agosto a dezembro, ocorre um decréscimo no índice de erosividade ( $EI_{30}$ ) isto devido provavelmente ao clima da região semiárida. Juntamente com o município de Cabaceiras, Caraúbas apresenta o menor valor do  $EI_{30}$ . 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), os quais 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 todas os municípios estudados da bacia (Figura 5). Os municípios de Prata, Ouro Velho, e Amparo, apresentam as maiores taxas de erosividade com 115, 113,5 e 106,5mm respectivamente.

**Figura 4** – Mapa de erosividade anual ( $\text{MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ ) da bacia hidrográfica do alto curso do rio Paraíba.



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.

Analisando a Tabela 1 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  $\text{EI}_{30}$  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 similar a este estudo.

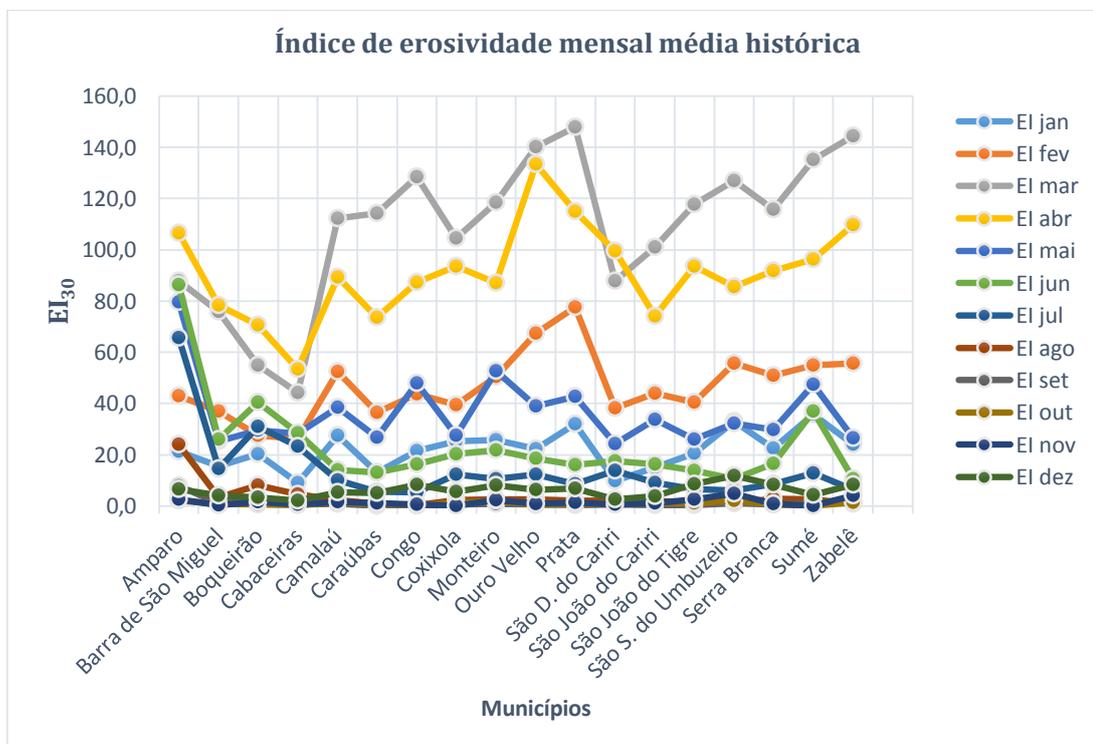
Na Tabela 2, tem-se as variabilidades estatísticas dos parâmetros médios da erosividade da bacia hidrográfica onde observa-se que, as oscilações da erosividade mínima mensal fluem entre 0,41 e 522,84  $\text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$  com uma média anual de 2.161,39  $\text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ , a erosividade máxima oscila entre 21,24 e 1.446,68  $\text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$  e sua média é de 5.218,57  $\text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ , a erosividade média apresenta uma flutuação entre 10,15 e 1.068,68  $\text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$  e sua média é de 3.477,57  $\text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ .

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

| Mês       | Variabilidade dos parâmetros (mm.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup> ) |          |          |          |               |            |                        |
|-----------|--|----------|----------|----------|---------------|------------|------------------------|
|           | Mínimo   | Mediana  | Máxima   | Média    | Desvio Padrão | Variância  | Coefficiente Variância |
| Janeiro   | 88,20  | 207,63   | 350,30   | 212,92   | 52,06         | 2.710,94   | 0,244                  |
| Fevereiro | 256,61   | 445,93   | 758,50   | 449,83   | 96,97         | 9.405,07   | 0,215                  |
| Março     | 433,66   | 1.112,72 | 1.446,68 | 1.068,68 | 221,81        | 49.202,27  | 0,207                  |
| Abril     | 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                  |
| Junho     | 94,94  | 179,95   | 845,05   | 228,24   | 133,33        | 17.778,40  | 0,584                  |
| Julho     | 52,23  | 93,77    | 642,57   | 137,90   | 105,25        | 11.077,87  | 0,763                  |
| Agosto    | 3,14   | 19,19    | 233,89   | 35,27    | 39,70         | 1.576,38   | 1,125                  |
| Setembro  | 0,41   | 7,57     | 77,39    | 11,61    | 12,38         | 153,39     | 0,000                  |
| Outubro   | 1,56   | 9,06     | 21,24    | 10,15    | 4,17          | 17,42      | 0,412                  |
| Novembro  | 1,11   | 14,57    | 47,47    | 16,87    | 11,08         | 122,77     | 0,653                  |
| Dezembro  | 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 pelo autor.

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.

**Figura 5** – EI = média mensal do índice de erosão histórica no período de 1911 a 2014.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os resultados demonstram uma forte correlação entre o total precipitado no ano hidrológico e os valores de erosividade da chuva. No município de Monteiro, verifica-se uma variação do EI<sub>30</sub> de 0,7 a 118,5mm, com precipitação média anual atingindo 610,4mm.

Os índices de erosividade foram praticamente nulos nos meses que correspondem às 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. Alves e Azevedo (2013).

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<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, ocorrendo longitudinalmente ao longo da bacia; valores médios variando de 4.000 a 6.000 MJ.mm.ha<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> ocorrem em 20,7% da área, associados a localidades com maiores volumes de precipitação. E 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 Luvisolos 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<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Os maiores índices de erosividade foram encontrados no período de abril (507,1 MJ.mm.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>) coincidindo com o mês mais chuvoso (60,2mm). Os menores índices de erosividade foram encontrados no período de outubro (3,9 MJ.mm.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>) 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 estudados, 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/h/ano. Para o município de Sumé, Albuquerque *et al.* (2002; 2005) onde analisaram parâmetros erosividade da chuva, com as perdas de solo de um Luvisolo crômico, e obtiveram valores médio de 4.928 MJ.mm/ha/h/ano.

## 6 CONCLUSÃO

O uso de geotecnologias permitiu prognosticar 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  $3.477,57 \text{ mm.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ .

O Desvio padrão do parâmetro erosividade  $EI_{30}$  médio mensal apresentou valor de  $639,96 \text{ mm.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ , e o coeficiente de variância apresentou valor de 0,184.

## REFERÊNCIAS

- AESA – **Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba**. Disponível em: <http://www.pb.gov.br/aesa>. Acesso em: 21 dez. 2007.
- AESA – **Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba**. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/> Acesso em: outubro de 2018.
- ALBALADEJO MONTORO, J.; STOCKING, M. A. Comparative evaluation of two models in predicting storm soil loss from erosion plots in semi-arid Spain. **Catena**, v.16, p.227-236, 1989.
- ALBUQUERQUE, A. W.; LOMBARDI NETO, F.; SRINIVASAN, V. S.; SANTOS, J. R. 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**, v.6, n.1, p.136-141, 2002.
- ALBUQUERQUE, A. W.; MOURA FILHO, G.; SANTOS, J. R.; COSTA, J. P. V.; SOUZA, J. L. Determinação de fatores da Equação Universal de Perda de Solo nas condições de Sumé, PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.2, p.180-188, 2005.
- ALBUQUERQUE, E. L. S.; MEDEIROS, C. N.; GOMES, D. D. M.; CRUZ, M. L. B. Sigweb Ceará em mapas interativos, novas ferramentas na cartografia escolar. **Mercator**, v.11, n.24, p.253-269, 2012.
- ALVES, T. L. B.; AZEVEDO, P. V. DE. Estimativa da erosividade das chuvas na bacia Do riacho Namorado, no município de São João do Cariri (PB). **Ambiência Guarapuava**, v.9, n.1, p.3-23, 2013.
- AMARAL, B. S. D. DO; DANTAS, J. C.; SILVA, R. M. DA; CARVALHO NETO, J. F. DE. Variabilidade espacial da erosividade das chuvas no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.7, n.4, p.691-701, 2014.
- AMORIM, R. S. S.; SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F.; MATOS, A. T. **Avaliação do desempenho dos modelos de predição da erosão hídrica USLE, RUSLE e WEPP para diferentes condições edafoclimáticas do Brasil**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.30, p.1046-1049, 2010.
- AMORE, E.; MODICA, C.; NEARING, M. A.; SANTORO, V. C. Scale effect in USLE and WEPP application for soil erosion computation from three Sicilian basins. **Journal of Hydrology**, v.293 p.100–114, 2004.
- ARAÚJO, L. E.; BECKER, C. T.; PONTES, A. L. Periodicidade da precipitação pluviométrica no estado da Paraíba. **In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA**, 13, 2003.
- ASHIAGBOR, G.; FORKUO, E. K.; LAARI, P.; AABEYIR, R. Modeling Soil Erosion Using RUSLE and GIS Tools. **International Journal of Remote Sensing & Geoscience**, v.2, p.7-17, 2013.

BARROS, E. N. S.; VIOLA, M. R.; RODRIGUES, J. A. M.; MELLO, C. R.; AVANZI, J. C.; GIONGO, M. Modelagem da erosão hídrica nas bacias hidrográficas dos rios Lontra e Manoel Alves Pequeno, Tocantins. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.13, e5509, 2018.

BELASRI, A.; LAKHOUILI, A. 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**, v.8, n.1, p.98-107, 2016.

BERTOL, I. Avaliação da erosividade da chuva na localidade de Campos Novos (SC) no período de 1981-1990. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, p.1453-1458, 1994.

BERTOL, I.; MIQUELLUTI, D. J. Perdas de solo, água e nutrientes reduzidas pela cultura do milho. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.28, n.10, p.1205-1213, 1993.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 5.ed. São Paulo: Ícone, 2005. 355p

BERTONI, J.; LOMBARDI, NETO, F. **Conservação do Solo**. Edição: 3.ed. Ano de publicação: 1990. São Paulo: Editora Ícone, 1990. 368p.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 4º edição. São Paulo: Ícone. 1999. 355p.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 7.ed. São Paulo, Ícone, 2010. 355p.

BESKOW, S.; MELLO, C. R.; NORTON, L. D.; CURI, N.; VIOLA, M. R.; AVANZI, J. C. Soil erosion prediction in the Grande River Basin, Brazil using distributed modeling. **Catena**, v. 79, n. 1, p. 49-59, 2009.

BIGARELLA, J. J.; BECKER, R. D.; PASSOS, E. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Vol 3. 01. ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2003. v. 03. 561p.

BRANCO, S. M. **Caatinga: a paisagem e o homem sertanejo**. 2ª ed. São Paulo: Moderna, 2003 72p.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Levantamento Exploratório e de Reconhecimento dos Solos do Estado da Paraíba**. Rio de Janeiro. Convênio MA/CONTA/USAID/BRASIL, 1972 (Boletins DPFS-EPE-MA, 15 - Pedologia, 8).

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. de. **Geoprocessamento para projetos ambientais**. INPE. São José dos Campos, 1996. 39p.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. DE. **Geoprocessamento para projetos ambientais**. 2.ed. INPE. São José dos Campos, 1998. 194p.

CAMPOS, M.C.C.; QUEIROZ, S.B. Reclassificação dos perfis descritos no levantamento exploratório-reconhecimento de solos do estado da Paraíba. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.6, n.1, p.45-50, 2006.

CARVALHO, M. G. R. F. de. **Estado da Paraíba: classificação geomorfológica**. João Pessoa: Editora Universitária da UFPB, 1982. 67p.

CARVALHO, C. C. N.; ROCHA, W. F.; UCHA, J. M. Mapa digital de solos: Uma proposta metodológica usando inferência fuzzy. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.1, p.46–55, 2009.

CASSOL, E. S.; MARTINS, D.; Eltz, F. L. F.; Lima, V.S.; Buenos, A. C. Erosividade e padrões hidrológicos das chuvas de Ijuí (RS) no período de 1963 a 1993. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.15, p.220-231, 2007.

CHECCHIA, T. **Avaliação de Perda de Solo por Erosão Hídrica e Estudo de Emergia na Bacia do Rio Caeté, Alfredo Wagner - Santa Catarina**. Dissertação Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis, 2005.

COGO, N. P. Conceitos e princípios envolvidos no manejo de solo para fins de controle da erosão hídrica. **In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO**, 21., 1988, Campinas, SP. Anais... Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1988. p.251-262.

CORREIA, R. C.; KIILL, L. H. P.; MOURA, M. S. B.; CUNHA, T. J. F.; JESUS JUNIOR, L. A.; ARAÚJO, J. L. P. A região Semiárida Brasileira. **In: VOLTOLINI, T. V. (Org.)**. Produção de caprinos e ovinos no semiárido. 1 ed. Petrolina-PE: Embrapa Semiárido, p.21-48, 2011.

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.

EMBRAPA: **Caatinga**. Disponível em: ><http://www.agencia.cnptia.embrapa.br>

FARIAS, P. C. B. **Análise da dinâmica da cobertura vegetal do município de Sumé - PB, com a utilização de geotecnologias e com base nas variações climáticas**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. Engenharia de Biosistemas Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido- Sumé- PB, 2017. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/5014>

FERNANDES, M. F; BARBOSA, M. P; SILVA, M. J. da. O uso de um sistema de informações geográficas na determinação da aptidão agrícola das terras de parte do setor leste da bacia do Rio Seridó, PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, n.2, p.195-198, 1998.

FOSTER, G.R; YOUNG, RA; ROMKENS, M.J.M. & ONSTAD, C.A Processes of soil erosion by water. **In: FOLLET, RF. & STEWART, B.A.**, eds. Soil erosion and crop productivity. Madison, Soil Science Society of America, 1985. p.137-158.

FOSTER, G. R; WISCHMEIER W. H. Evaluating irregular slopes for soil loss prediction. **Trans. ASAE**, v.17: 305-309, 1994.

FRANCISCO, P. R. M. **Classificação e mapeamento das terras para mecanização do Estado da Paraíba utilizando sistemas de informações geográficas**. 122f. Dissertação (Manejo de Solo e Água). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2010.

FRANCISCO, P. R. M.; Pereira, F. C.; Medeiros, R. M. de; Sá, T. F. F. de; Silva, J. V. do N. Zoneamento de risco climático e aptidão de cultivo para o município de Picuí – PB utilizando sistema de informação geográfica. IV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO Recife - PE, 2012. p.00-006.

FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. DE B.; OLIVEIRA, F. P. DE; SANTOS, D.; BARRETO, H. T. S. Vulnerabilidade dos solos à desertificação na bacia do Alto Rio Paraíba. **In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA**, 6, 2019, Palmas. Anais...Palmas, 2019.

GIANEZINI, M.; SALDÍAS, R.; CEOLIN; A. C.; BRANDÃO, F. S.; DIAS, E. A.; RUVIARO, C. F. Geotecnologia aplicada ao agronegócio: conceitos, pesquisa e oferta. **Revista Economia & Tecnologia (RET)** vol. 8(2), p.167-174, 2012.

GOMES, Azenate Campos. **Estudo da estrutura do componente arbóreo-arbustivo em área ciliar de caatinga: subsídios para a recuperação de áreas degradadas e suporte para a implantação de sistemas agroflorestais no Semiárido Paraibano**. 2013. 59f. (Trabalho de Conclusão de Curso – Monografia), Curso Superior de Tecnologia em Agroecologia, Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido, Universidade Federal de Campina Grande, Sumé – Paraíba – Brasil, 2013. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/13149>

GUERRA, A. T. **Recursos naturais do Brasil**. 3 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1980. 220p.

GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S; BOTELHO, R. G. M. **Erosão e conservação dos solos: Conceitos, temas e aplicações**. 6ª Edição, Rio de Janeiro: Bertrand Brasil LTDA, 2010. 340p.

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

LACERDA, A. V. de. **A semi-aridez e a gestão em bacias hidrográficas: visões e trilhas de um divisor de ideias**. João Pessoa: Autor Associado/UFPB, 2003, 164p.

LEPSCH, O. F. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

LIMEIRA, R. C. **Variabilidade e tendência das chuvas no estado da Paraíba**. 2008. 114f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Meteorologia, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2008. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/6588>

LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W. C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campinas (SP). In: *Bragantia*. v. 51 n. 2. Campinas – SP. 1992.

- LOPES, E. B. **Palma Forrageira: cultivo, uso atual e perspectiva de utilização no Semiárido nordestino**. 1. Ed. João Pessoa: EMEPA-PB, 235 p, 2012.
- LOPES, P. R. C.; BRITO, L. T. L. Erosividade da chuva no médio São Francisco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 17, n. 1, p. 129-133, 1993.
- MACEDO, H.P. **Uma nova agenda para o semi-árido do Nordeste**. Rio de Janeiro. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2014. p. 389 - 408.
- MAHILUM, B. C. **Basic soil science and concepts in tropical soils**. Honokaa: Trop Ag Hawaii, 2004. 266p.
- MARENGO, J.A. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semi-árido do Brasil. **Parcerias estratégicas**, v. 13, n. 27, p. 149-176, 2010.
- MEDEIROS, R. M. DE; FRANCISCO, P. R. M.; SOUSA, F. DE A. S. DE; SANTOS, L. J. V. DOS. Estimativa da erosividade da chuva no período de 1930-2010 no município de Bananeiras-PB como contribuição a agropecuária. **In: JORNADA NACIONAL DAAGROINDÚSTRIA**, 5, 2012, Bananeiras. Anais...Bananeiras, 2012.
- MEDEIROS, R. M. DE; FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D. Balanço hídrico e erosividade em função das mudanças climáticas no estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.8, n.4, p.1068-1084, 2015.
- 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.
- MIRANDA, J. I. **Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 425p.
- MORGAN, R. P. C. **Soil Erosion e conservation**. 3ª Ed. Oxford: Blackwell Science, 2005. 304p.
- MOURA, M. S. B.; GALVINCIO, J. D.; BRITO, L. T. L.; SOUZA, L. S. B.; SÁ, I. I. S.; SILVA, T. G. F. Clima e água de chuva no Semiárido. **In: BRITO, L. T. L.; MOURA, M. S. 35 B; GAMA, G. F. B. Potencialidades da água de chuva no Semiárido brasileiro**. EMBRAPA Semiárido, Petrolina. 2007. p. 37-59.
- MARENGO, J.A. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semi-árido do Brasil. **Parcerias estratégicas**, v. 13, n. 27, p. 149-176, 2010.
- NASCIMENTO, C. W. A.; CHAVES, I. B. Erosividade e características da chuva Correlacionadas com perdas de solo em Alagoinha–PB. **Ciência Rural**, v.26, n.3, p.407-412, 1996.
- PAES, F. S. (2010). **Áreas de Preservação Permanente em bacias hidrográficas e sua importância na prevenção da perda de solo por erosão**. Dissertação de Mestrado em Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática – NEPA, IRN, Universidade Federal de Itajubá, 60 pg.

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.511, p.801-814, 2015.

PARAÍBA. Governo do Estado. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. CEPA-PB. **Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba**. Relatório ZAP-B-D-2146/1. UFPB-Eleto Consult Ltda., 1978. 448p.

PARAÍBA. Governo do Estado. Secretaria de Educação. Universidade Federal da Paraíba. **Atlas Geográfico da Paraíba**. João Pessoa: Grafset, 1985.

RANZI, R., LE, T. H.; RULLI, M. C. A RUSLE approach to model suspended sediment load in the Lo river (Vietnam): Effects of reservoirs and land use changes. **Journal of Hydrology**, v. 422 –423, p. 17-29, 2012.

RENARD, K. G.; FOSTER, G. R.; WEESIES, G. A.; MCCOOL, D. K.; YODER, D. C. **Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE)**. USDA 1997. ISBN 0-16-048938-5

ROQUE, C. G.; CARVALHO, M. P.; PRADO, R. M. 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**, v. 25, p. 147-156, 2001.

SÁ, T. F. F. DE; COSTA FILHO, J. F. DA; FRANCISCO, P. R. M.; BRAGA JUNIOR, J. M. Sistema de informações geográficas (SIG) para a gestão ambiental de bacias hidrográficas. In: III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Recife - PE, 27-30 de Julho de 2010. p.001-004.

SÁ, T. F. F. DE; FRANCISCO, P. R. M.; COSTA FILHO, J. F. da. Bacias hidrográficas e gestão ambiental integrada através de SIG. In: VIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA. Campina Grande, PB. 2012. p.001-009.

SAMPAIO, E. V. S. B.; SALCEDO, I. H. Diretrizes para o manejo sustentável dos solos brasileiros: região semi-árida. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DE SOLO, 26, Rio de Janeiro, 1997. Anais dos Simpósios, CD-ROM, 33p., 1997.

SANTOS, C. N. El Niño, La Niña e a erosividade das chuvas no Estado do Rio Grande do Sul. Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Programa de Pós-Graduação em Agronomia. 2008.

SILVA, V. M. DE A.; MEDEIROS, R. M. DE; FRANCISCO, P. R. M.; TAVARES, A. L.; PATRÍCIO, M. DA C. M.; BORGES, C. K. Avaliação do índice da erosividade da chuva no município de Cabaceiras visando à captação pluvial. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 8, 2012, Campina Grande. Anais...Campina Grande, 2012.

SOUSA, R. F. DE; BARBOSA, M. P.; SOUSA JÚNIOR, S. P. DE. TERCEIRO NETO, C. P. C.; MORAIS NETO, J. M. Estudo da degradação de terras do município de Boa Vista-Paraíba. Revista **Engenharia Ambiental**, v.4, n.2, p.5-13, 2007.

SOUZA, B. I. DE; SUERTEGARAY, D. M. A.; LIMA, E. R. V. DE. Desertificação e seus efeitos na vegetação e solos do Cariri Paraibano. **Mercator**, v.8, n.16, p.217-232, 2009.

SUDENE. Conselho Deliberativo da SUDENE. **Delimitação do Semiárido**, 2017.

TOY, T.J. & OSTERKAMP, WR. The applicability of RUSLE to geomorphic studies. **J. Soil Water Conserv.**, Ankeny, 50:498-503, 1995.

WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. Rainfall energy and its relationship to soil loss. **Transactions American Geophysical Union**, Washington, D.C., 39(2):285-291, 1958.

WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. 1978. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning**. Washington: U.S. Department of Agriculture, (Agriculture Handbook n. 537), 58p. 1978.

WISCHMEIER, W.H. Use and misuse of the universal soil loss equation. **J. Soil Water Conserv.**, Ankeny, 31:5-9, 1976.