



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS (CMPF)
BACHARELADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

CÁDMO JOSÉ CORDEIRO DE OLIVEIRA

**ÍNDICE DE EROSIVIDADE EI_{30} PARA OS CÂMPUS DA UNIVERSIDADE
FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO NO PERÍODO DE 2005-2016**

PAU DOS FERROS

2017

CÁDMO JOSÉ CORDEIRO DE OLIVEIRA

**ÍNDICE DE EROSIVIDADE EI_{30} PARA OS CÂMPUS DA UNIVERSIDADE
FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO NO PERÍODO DE 2005-2016**

Monografia apresentada ao Centro Multidisciplinar de Pau dos Ferros, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Wesley de Oliveira Santos, Prof. Dr.

PAU DOS FERROS

2017

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

C48Í Cordeiro de Oliveira, Cádmo José.
Índice de erosividade EI30 para os Câmpus da
Universidade Federal Rural do Semi-Árido no
período de 2005-2016 / Cádmo José Cordeiro de
Oliveira. - 2017.
50 f. : il.

Orientador: Wesley de Oliveira Santos.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2017.

1. erosão hídrica. 2. erosividade. 3.
precipitações. I. de Oliveira Santos, Wesley,
orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

CÁDMO JOSÉ CORDEIRO DE OLIVEIRA

**ÍNDICE DE EROSIVIDADE EI_{30} PARA OS CAMPI DA UNIVERSIDADE FEDERAL
RURAL DO SEMI-ÁRIDO NO PERÍODO DE 2005-2016**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Defendida em: 19 / 05 / 2017.

BANCA EXAMINADORA

Wesley de Oliveira Santos
Prof. DSc. Wesley de Oliveira Santos (UFERSA)
Presidente

Jennef Carlos Tavares
Jennef Carlos Tavares, Bacharel em Engenharia Civil (UFERSA)
Membro Examinador

Kytéria Sabina Lopes de Figueiredo
Prof. DSc. Kytéria Sabina Lopes de Figueiredo (UFERSA)
Membro Examinador

DEDICATÓRIA

Dedico, primeiramente, a Deus.

Dedico aos meus pais.

Dedico aos meus irmãos.

Dedico a meus avós, tios e primas.

Dedico a minha namorada, Heryca Nogueira.

Dedico ao meu orientador, Wesley Oliveira Santos, e aos demais professores.

Dedico a todos os meus amigos e companheiros.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me dar forças e capacidade de aplicar meus conhecimentos nesse estudo. Agradeço por ter me ajudado em momentos de angústia e por não abalar minha fé.

Agradeço aos meu pais, Davi Cordeiro e Célia Nicácio, por sempre me apoiarem nas minhas decisões, por estarem presentes em toda a minha caminhada até aqui, sem eles nada seria possível. Agradeço aos meus irmãos Maria Helena, Maria Cristina e Cássio por me ajudarem e serem companheiros. Agradeço a minha querida avó materna, Dona Helena, a qual é muito importante para mim, agradeço também a minha avó postíça Telvina, pelas suas rezas e conselhos, agradeço todos os meus tios e primos, aos amigos da família, todos eles contribuem e depositam sua confiança no meu progresso.

Agradeço a minha namorada, Heryca Santos Nogueira, por ser meu alicerce, compartilhar comigo momentos de alegria e tristeza, calma e confusão, durante todo o tempo em que estivemos distantes. Agradeço por me esperar a cada partida e me receber sempre com um abraço e uma saudade enorme.

Agradeço ao Orientador por me instruir na conclusão deste trabalho, me mostrar informações e métodos para demonstrar os resultados obtidos. Agradeço também, tendo sido meu professor, pelo tempo em que me foi ministrada aula, seus conhecimentos foram de extrema importância. Faço os mesmos agradecimentos aos demais professores do campus Paus do Ferros da UFRSA.

Agradeço a Banca Examinadora por ceder de seu tempo para avaliar este trabalho, agradeço também por estarem dispostos a ouvir mais sobre o assunto abordado.

Agradeço aos meus amigos que, junto a mim, apresentam seus próprios trabalhos, Leonardo, Augusto, Públio e Mauro, desejo-lhes muito sucesso. Agradeço a todos os meus amigos, em especial os participantes do grupo “Mesa da Amargura” e do grupo “Os bois de Sta”, por me ajudarem seja com humor, companheirismo ou bons conselhos. São amizades que perlongaram para a vida.

“Mas eu o tentarei, como ele próprio aconselhava, pois o importante é tentar, mesmo o impossível.”

(Jorge Amado)

RESUMO

As precipitações em determinada região podem causar a perda de massa de solo e de suas propriedades físicas e químicas. Este fator, chamado de erosão hídrica, agrava principalmente os solos, plantações e lençóis freáticos, sendo assim é extremamente nocivo a agricultura. Os impactos ambientais são vastos, desde prejuízo em lavouras até a formação de crateras na terra devido a erosão. Para determinar os fatores erosivos podem, foi criada a equação universal de perda de solo (EUPS), que auxilia na previsão e controle das perdas de solo, assim como é utilizada para se calcular o EI_{30} , que é o índice de erosividade para chuvas de 30 minutos de duração. Neste trabalho, foram calculados os EI_{30} , mensais, médios mensais e médios anuais para as cidades em que se localizam os 4 câmpus da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, a UFERSA, sendo elas as cidades de Angicos, Caraúbas, Mossoró e Pau dos Ferros, no estado do Rio Grande do Norte. Com o uso de planilhas que dispõem dos dados pluviométricos diários de cada uma dessas cidades, no período de 2005-2016, foi possível se obter tabelas com os valores respectivos e a criação de gráficos que melhoram a o entendimento e a comparação dos resultados. Todo este procedimento teve a finalidade de determinar os índices de erosividade anuais e o período de retorno e a sua probabilidade de ocorrência. O maior valor dos índices anuais médio EI_{30} obtido foi para a cidade de Pau dos Ferros, enquanto que o menor foi para a cidade de Mossoró.

Palavras-chave: erosão hídrica, erosividade, precipitações.

ABSTRACT

Precipitation in a given region can cause the loss of soil mass and its physical and chemical properties. This factor, called water erosion, mainly aggravates soils, plantations and groundwater, and thus agriculture is extremely harmful. The environmental impacts are vast, from damage to crops to the formation of craters in the earth due to erosion. In order to determine the erosion factors, a universal soil loss equation (EUPS) was created, which assists in the prediction and control of soil losses, as it is used to calculate EI_{30} , which is the erosivity index for rainfall of 30 minutes long. In this study, the EI_{30} , monthly, average monthly and annual average were calculated for the cities where the 4 campuses of the Universidade Federal Rural do Semi-Árido, UFERSA, are located, being the cities of Angicos, Caraúbas, Mossoró and Pau dos Ferros, in the state of Rio Grande do Norte. With the use of spreadsheets that have the daily rainfall data of each of these cities, in the period 2005-2016, it was possible to obtain tables with the respective values and the creation of graphs that improve the understanding and the comparison of the results. All this procedure had the purpose of determining the annual erosivity indices and the period of return and their probability of occurrence. The highest value of the annual average index EI_{30} obtained was for the city of Pau dos Ferros, while the smallest was for the city of Mossoró.

Keywords: water erosion, erosivity, rainfall.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	–	Localização dos Câmpus da UFERSA no Rio Grande do Norte....	16
----------	---	---	----

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	–	Precipitação média mensal de 2005-2016 em Angicos.....	29
Gráfico 2	–	El ₃₀ médio mensal de Angicos de 2005-2016.....	31
Gráfico 3	–	Precipitação média mensal de 2005-2016 para Caraúbas	34
Gráfico 4	–	El ₃₀ médio mensal de Caraúbas de 2005-2016.....	36
Gráfico 5	–	Precipitação média mensal de 2005-2016 para Mossoró.....	39
Gráfico 6	–	El ₃₀ médio mensal de Mossoró de 2005-2016.....	41
Gráfico 7	–	Precipitação média mensal de 2005-2016 para Pau dos Ferros.....	44
Gráfico 8	–	El ₃₀ médio mensal de Pau dos Ferros de 2005-2016.....	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Coeficiente de desagregação para diferentes durações de chuva.....	25
Tabela 2	– Classes para a interpretação do índice de erosividade anual	27
Tabela 3	– Precipitação média mensal de 2005-2016 em Angicos.....	28
Tabela 4	– EI_{30} mensal e mensal médio em Angicos.....	30
Tabela 5	– Probabilidade de ocorrência e períodos de retorno dos valores anuais de erosividade EI_{30} para Angicos de 2005-2016	32
Tabela 6	– Precipitação média mensal de 2005-2016 em Caraúbas.....	33
Tabela 7	– EI_{30} mensal e mensal médio em Caraúbas.....	35
Tabela 8	– Probabilidade de ocorrência e períodos de retorno dos valores anuais de erosividade EI_{30} para Caraúbas de 2005-2016	37
Tabela 9	– Precipitação média mensal de 2005-2016 em Mossoró.....	38
Tabela 10	– EI_{30} mensal e mensal médio em Mossoró.....	40
Tabela 11	– Probabilidade de ocorrência e períodos de retorno dos valores anuais de erosividade EI_{30} para Mossoró de 2005-2016.....	42
Tabela 12	– Precipitação média mensal de 2005-2016 em Pau dos Ferros.....	43
Tabela 13	– EI_{30} mensal e mensal médio em Pau dos Ferros.....	45
Tabela 14	– Probabilidade de ocorrência e períodos de retorno dos valores anuais de erosividade EI_{30} para Pau dos Ferros de 2005-2016.....	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CETESB	Companhia Ambiental Do Estado De São Paulo
El ₃₀	Índice de erosividade para chuvas de 30 minutos de duração
EMPARN	Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte
ESAM	Escola Superior de Agricultura de Mossoró
EUPS	Equação Universal de Perdas de Solo
UFERSA	Universidade Federal Rural do Semi-Árido

LISTA DE SÍMBOLOS

@	Arroba
©	Copyright
®	Marca registrada
%	Porcentagem

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 PROBLEMATIZAÇÃO	19
3 OBJETIVOS	19
3.1 Geral:.....	19
3.2 Específicos:.....	19
4 JUSTIFICATIVA.....	20
5 REFERÊNCIAL TEÓRICO	21
6 METODOLOGIA	24
6.1 Coleta de dados pluviométricos	24
6.2 Índice de Erosividade	24
6.3 Período de Retorno e Probabilidade de Ocorrência	27
8 RESULTADOS E DISCUSSÕES	28
8.1 ANGICOS	28
8.2 CARAÚBAS	33
8.3 MOSSORÓ	38
8.4 PAU DOS FERROS.....	43
9 CONCLUSÃO	48
10 REFERÊNCIAS	49

1 INTRODUÇÃO

O nordeste brasileiro é uma região caracterizado pela seca e estiagem. Seu clima na grande maioria do território é semi-árido, apresentando a vegetação de caatinga que se adapta às altas temperaturas e falta de água. Esta região tem se desenvolvido bastante no decorrer dos anos, abrindo oportunidades em vários ramos.

Com o desenvolvimento da região, a necessidade de se investir em educação aumentou, uma vez que haveria formação de profissionais que contribuiriam ainda mais para no engrandecimento do Nordeste. Pensando nisso, várias instituições de ensino foram instaladas em áreas que abrangessem o maior número de cidades, para que fossem ofertadas escolas, cursos de formação técnica, tecnológica e ensino superior. A Universidade Federal Rural do Semi-Árido é um exemplo de instituição de ensino recém nomeada. Antiga ESAM (Escola Superior de Agricultura de Mossoró), a UFERSA foi transformada em universidade no ano de 2005, com sede em Mossoró/RN. Em tempos atuais, a UFERSA conta com 4 campus, sendo eles situados nas cidades de Mossoró, Pau dos Ferros, Angicos e Caraúbas, todas no estado do Rio Grande do Norte.

Figura 1 - Localização dos Câmpus da UFERSA no Rio Grande do Norte



Fonte: <http://mapasblog.blogspot.com.br/201112mapas-do-rio-grande-do-norte.html>

(editado pelo autor)

Os câmpus da Ufersa estão dispostos em 4 regiões diferentes do estado. O campus de Mossoró (sede da instituição) localiza-se na microrregião da Costa Branca Salineira ou Oeste, o campus Angicos localiza-se no Sertão Central e é o mais próximo da capital do estado, sendo o único que não se localiza na região oeste. Os câmpus Pau dos Ferros e Caraúbas estão localizados nas microrregiões Alto-Oeste e Médio Oeste, respectivamente. Estas microrregiões têm como critério de abrangência o clima e o relevo da área que cobre.

Devido ao clima seco, as cidades as quais se localizam os câmpus da UFERSA apresentam média de chuvas relativamente baixa, o que foi agravado durante o período de estiagem. A incidência do calor, ventos, chuvas, fator humano entre outros faz com que o solo dessa região sofra alterações nas suas propriedades, podendo acarretar em enfraquecimento do próprio.

De acordo com Carvalho et al. (2005), para medir a erosividade da chuva podem ser utilizados muitos parâmetros, com base nos dados pluviométricos; o problema central é escolher um que seja o mais adequado para a maioria dos casos, levando em conta que a atuação da chuva em cada ambiente tem uma escala diferente, com isso, a erosão irá variar de diferentes maneiras. Uns dos fatores que contribuem para este fato é retirada da vegetação e a exposição do solo à ação direta das chuvas ou irrigação, acarretando em perdas de solo e de água, também sofrendo de mudanças em suas propriedades físicas e químicas.

Com a grande estiagem que teve início em meados de 2000, é importante se fazer um estudo sobre como o meio ambiente reagiu a isto. O solo, em especial, sofre um alto grau de erosão devido ao próprio clima, o que é agravado com a seca. Visto isso e prevendo a vinda de chuvas posteriores, é necessário analisar a condição do solo para receber estas chuvas, saber o quanto ele sofrerá com a erosão hídrica.

A erosão hídrica constitui um grande problema para os solos com utilização agrícola, pois proporciona a redução da produtividade das culturas, podendo causar sérios impactos ambientais, especialmente o assoreamento e a poluição dos recursos hídricos (Cassol et al., 2007).

De acordo com Wischmeier & Smith (1958), a melhor variável para avaliar, em climas temperados, a erosão é o calcular o produto da energia cinética E_c e a sua intensidade máxima em um intervalo de tempo de 30 minutos (I_{30}), expressada em índice como EI_{30} , o qual vem sendo usado praticamente em todo o Brasil como parâmetro para avaliar a erodibilidade dos solos.

Erosão causa o empobrecimento do solo e é geralmente causada por fatores climáticos ou biológicos. As chuvas trazem consigo um grande número de reações químicas e físicas que tendem a alterar a composição e estrutura do solo atingido. As consequências deste fenômeno pesam principalmente na agricultura e anejo do solo, e, em decorrência disto, afeta de forma indireta na economia e qualidade de vida da região. O estudo da erosividade das cidades a serem estudadas mostrará o quanto ocorreram mudanças durante o período em que a estiagem severa atingiu o Nordeste.

2 PROBLEMATIZAÇÃO

A chuva no nordeste brasileiro tem uma má distribuição, seja no tempo tendo seus ciclos inconstantes, seja no território abrangido, uma vez que em diferentes regiões (as vezes próximas) a ocorrência de chuva seja maior que em outras. As cidades de Mossoró, Pau dos Ferros, Angicos e Caraúbas estão localizadas no Oeste Potiguar e apresentam clima bem parecido, com predominância ao clima seco e altas temperaturas. Igualmente a maioria das cidades do Nordeste, estas têm baixo índice pluviométrico com maior incidência no começo do ano, tendo seu período de maior estiagem nos últimos meses do ano. As chuvas nesta região são chuvas rápidas, porém com uma alta intensidade, fazendo com que a resistência dos solos à erosão tenha que ser bem maior, o que contribuirá para a incidência de erosão.

A erosão hídrica causada pela atividade pluviométrica causa desprendimento de solo, enfraquecimento das estruturas, mudanças no pH, dentre outros problemas. Este estudo visa determinar índices de erosividade para os câmpus da UFERSA por meio da análise dos dados pluviométricos e pluviográficos das cidades em que estão instaladas, correlacionando-os para se chegar a um índice médio para a região que é abrangida pela universidade.

3 OBJETIVOS

3.1 Geral:

✓ Por meio da análise bibliográfica e análise de dados, pretende-se avaliar o índice de erosividade (EI_{30}) para os câmpus da UFERSA, nas cidades de Mossoró, Pau dos Ferros, Angicos e Caraúbas, no estado do Rio Grande do Norte no período de 2005-2016.

3.2 Específicos:

- ✓ Verificar a relação linear e potencial da erosividade das chuvas calculada pelo índice EI_{30} dos 4 câmpus e compara-los entre si.
- ✓ Estimar o período de retorno e a probabilidade de ocorrência da erosividade das chuvas.

4 JUSTIFICATIVA

A chuva pode causar a erosão hídrica, que por muitas vezes, pode ser a responsável por danos permanentes às características e fertilidade do solo, assim como em obras que utilizam deste recurso. O estudo sobre o índice de erosividade se faz importante para que possa ser feita a análise da condição de erosão e da resistência a mesma, fazendo com que se possa pensar em soluções para a diminuição ou retardo desta.

Há poucos estudos que correlacionem o clima e o que ele afeta em diferentes câmpus de determinadas universidades. Especificamente na UFERSA, o estudo possibilitará analisar o que o período de estiagem provocou no solo, as mudanças, o grau de aumento ou diminuição e as consequências do mesmo, tendo em vista que este período de seca tem sido um dos maiores das últimas décadas e tende a causar preocupação de moradores e órgãos do nordeste brasileiro.

5 REFERÊNCIAL TEÓRICO

Com os fatores climáticos e a exposição à esforços, o solo passa por um processo conhecido como erosão. Erosão, nada mais é, do que o desgaste e a alteração das propriedades de determinado material. Dentre os fatores principais que causam este fenômeno, podem-se citados as chuvas, ventos fortes, mudanças de temperatura e a ação do homem.

A erodibilidade do solo representa o efeito dos processos que regulam a infiltração da água no solo, a desagregação pelo impacto da gota de chuva e a resistência ao transporte pelo fluxo superficial, os quais são responsáveis pelo comportamento do solo em face aos processos erosivos (Lal, 1988).

O conceito de erosão define o desmembramento de elementos de algum material (mais comumente o solo) por ação de uma força externa. Este fenômeno tem dois grandes causadores, primeiro as mudanças climáticas e fatores da natureza, como chuvas, tremores, ventos, e segundo a ação do ser humano em determinado local.

A expressão do potencial de erosão de uma chuva refere-se à perda de solo por unidade de área que pode ser esperada de uma chuva caindo em área completamente desprovida de cobertura e resíduos vegetais, mas sofrendo os mesmos tipos de operações culturais do solo cultivado. Por essa definição, o potencial de erosão de uma chuva é função do solo, do declive e das características da chuva. (Neto et al., 1992)

A partir de várias teorias e estudos, foi possível a formação de um conjunto de equações que tem como função correlacionar todos os fatores que influenciam na perda de solo. No nordeste brasileiro, apenas pelo próprio clima semiárido, o solo já sofre bastante com a abrasividade e desgaste, porém, nos últimos anos, uma grande estiagem tem assolado esta região. Esta seca tem diminuído drasticamente a ocorrência de chuvas (a qual já era baixa e estável), fazendo com que seja necessário uma reavaliação do índice de erosividade da chuva perante o solo, afim de saber o quanto esta causará danos e modificações. O modelo mais comumente usado e que melhor quantifica o estudo é o que usa como base uma chuva com precipitação de 30 minutos de duração.

O solo é um dos recursos naturais mais significativos para a humanidade, podendo ter sua capacidade produtiva comprometida pela degradação ocasionada pelo manejo inadequado e, conseqüentemente, pela erosão hídrica. Portanto, o conhecimento e a quantificação dos fatores que influenciam a erosão hídrica são fundamentais para o planejamento de uso e manejo do solo em bases conservacionistas em uma região.(Carvalho, et al., 2005)

Neto et al. (1992) afirma que países pouco desenvolvidos apresentam escassez de dados pluviográficos, o que torna necessário o uso de dados pluviométricos além destes. Afirma ainda que, para facilitar as medições de cálculo da energia cinética da chuva, vários autores tentam correlacionar o índice de erosividade com fatores referentes ao clima que de obtenção mais fácil e que não fazem necessário o registro de intensidade de chuva.

A erosão hídrica é a consequência da interação da chuva com o solo, ou seja, é a resultante do poder da chuva em causar erosão e da capacidade do solo em resistir a esta. (Bazzano et al., 2007). Dito isto, teremos que o índice de erosividade será um parâmetro para determinar a resultante desta interação.

De acordo com DECHEN et al. (2015), a erosão hídrica é tida como uma forma de degradação dos solos no Brasil, podendo ser classificada como uma das principais. A erosão hídrica é o processo de escoamento na superfície do solo pela água decorrente de precipitações, no qual há desagregação, transporte e deposição de partículas de solo, nutrientes e matéria orgânica (MO). A ocorrência de processos erosivos é determinada, entre outros, por Usa-se de fatores, como erosividade da chuva, erodibilidade do solo e cobertura vegetal, para se determinar a ocorrência de processos erosivos em determinadas áreas. Um fator de grande importância no controle da erosão hídrica é a cobertura do solo, uma vez que é a parte que sofrerá diretamente com os agentes erosivos.

Se esta problemática for controlada, o solo em questão terá suas propriedades físicas e químicas mantidas, reduzindo alteração e até o pH de sua superfície. Para a agricultura, estes estudos se fazem importantes no intuito de melhorar a qualidade do solo e nutrientes que são extraídos deles pelos vegetais, com a chuva podendo influenciar em pontos positivos ou negativos a área.

O conhecimento e a quantificação das características físicas das chuvas associadas ao seu potencial erosivo, em dada região, são imprescindíveis na determinação de índices de erosividade adequados. No Brasil, poucos são os estudos básicos sobre características físicas das precipitações e também o são, geralmente, para um número reduzido de anos; além disso, os dados de perda de solo obtidos em experimentos de chuva natural e de longa duração, são escassos, o que tem dificultado o desenvolvimento de índices de erosividade adaptados para as condições brasileiras. (Carvalho, et al., 2005)

Segundo Wischmeier e Smith (1978), a EUPS (Equação Universal de Perdas de Solo) é um modelo empírico usado para calcular as perdas médias anuais em um local a ser estudado, sendo assim, se faz importante para que haja um planejamento conservacionista, sendo a partir de combinações de uso de solo, manejo da vegetação e outras práticas o que tornam as perdas reduzidas. A EUPS é uma equação a qual todos os fatores que influenciam a erosão pelo impacto das gotas de chuva e pela enxurrada estão contidos, para em conjunto informar a perda total, sendo expressa como:

$$A = R.K.LS.C.P$$

Onde A representa as perdas médias anuais de solo ($Mg\ ha^{-1}\ ano^{-1}$), R é o fator erosividade da chuva dado em $MJ\ mm\ (ha\ h\ ano)^{-1}$ e K é o fator erodibilidade do solo dado em $Mg\ ha\ h\ (ha\ MJ\ mm)^{-1}$. LS, C e P são fatores adimensionais, expressando relações entre as perdas de solo que ocorrem em determinados fatores de espaço, que são eles, L como sendo o comprimento de rampa, S é a declividade do terreno, C será as culturas e seus manejos, e P são as práticas conservacionistas.

A caracterização do fator R da EUPS requer o cálculo do índice de erosividade das chuvas (EI_{30}), cujo valor é obtido pela multiplicação de dois parâmetros específicos das precipitações erosivas de dado local: energia cinética total da chuva (E) e intensidade máxima em 30 min (I_{30}). Tomando os valores desse índice para todas as chuvas individuais erosivas que ocorrem em cada mês do ano, tem-se o EI_{30} mensal, cuja soma caracteriza o EI_{30} anual. A média anual desse índice, determinada na mais longa série histórica de dados de pluviografia disponível, representa o fator R do local em estudo. Mais de 30 anos de determinações em parcelas com coletores de enxurrada indicaram que quando todos os demais fatores que influem na erosão, exceto a chuva, são mantidos constantes, as perdas de solo em áreas cultivadas são diretamente proporcionais ao índice EI_{30} (Wischmeier, 1962).

6 METODOLOGIA

6.1 Coleta de dados pluviométricos

Analisando os dados pluviométricos diários de ocorrência de chuvas entre os anos de 2005-2016 em cada cidade onde estão localizados os câmpus da UFERSA e fazendo uma revisão bibliográfica, este estudo irá determinar o índice de erosividade (EI_{30}) a partir do cálculo com equações específicas. Serão coletadas informações relacionadas a cada campus, a incidência de chuvas no local e posteriormente o seu grau de erosão. Usando a literatura já existente sobre o tema, será feito um embasamento teórico afim de, introduzir noções sobre o estudo.

Os dados de precipitação pluviométrica diária foram desagregados em chuvas de 30 minutos, de acordo com a metodologia proposta pela (CETESB, 1986), por meio de coeficientes de desagregação, demonstrados na Tabela 1 para diferentes durações, com a finalidade de determinar as chuvas erosivas.

Tabela 1 – Coeficiente de desagregação para diferentes durações de chuva

Relação entre alturas pluviométricas	Coeficiente de desagregação
24h para 1dia	1,14
1h para 24h	0,42
30min para 1h	0,74

Fonte:CETESB (1986)

6.2 Índice de Erosividade

Serão utilizadas uma série de equações usadas para calcular o EI_{30} , que é, justamente, o produto da energia cinética total da chuva, em $MJ\ ha^{-1}$, pela intensidade máxima de chuva,

expressa em mm h^{-1} , baseando-se na incidência de precipitação pluviométrica de 30 minutos de duração.

A energia cinética E_c da chuva será determinada conforme a equação (1), definida para $I \leq 76 \text{ mm h}^{-1}$, já quando $I > 76 \text{ mm h}^{-1}$, $E_c = 0,283 \text{ MJ ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, conforme Foster et al. (1981).

Segundo Foster et al. (1981), o diâmetro das gotas de chuva não aumenta quando as intensidades são iguais ou superiores a 76 mm h^{-1} , desta forma, para essas condições de intensidade de precipitação a energia cinética passa a ter valor máximo de $0,283 \text{ MJ ha}^{-1}$.

$$E_c = 0,119 + 0,0873 \cdot \log(I) \quad (1)$$

As equações 2 e 3 representam a energia cinética do segmento uniforme e a energia cinética total da chuva, que foi determinada com o somatório das energias cinéticas de cada segmento da chuva.

$$E_{cs} = E_c \cdot h \quad (2)$$

$$E_{ct} = \sum_{i=1}^n E_{cs} \quad (3)$$

Em que: E_c = a energia cinética da chuva, $\text{MJ ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$; I = a intensidade da chuva no segmento considerado, mm h^{-1} ; E_{cs} = energia cinética do segmento, MJ ha^{-1} ; h = a altura pluviométrica do segmento, mm ; E_{ct} = a energia cinética total da chuva, MJ ha^{-1} .

Os índices de erosividade de cada chuva para a duração de 30 minutos, será determinado pela equação:

$$EI_{30} = E_{ct} \cdot I_{30} \quad (4)$$

Em que: EI_{30} = índice de erosividade de chuva na duração de 30 minutos, $MJ\ mm^{-1}\ ha^{-1}\ h^{-1}$; E_{ct} = é a energia cinética total da chuva, $MJ\ ha^{-1}$; I_{30} = intensidade máxima de chuva na duração de 30 minutos, $mm\ h^{-1}$.

Os índices de erosividade são classificados em diferentes classes, como mostra as informações contidas na Tabela 2, em que se verifica a classificação do índice de erosividade anual proposta por Carvalho (2008).

Tabela 2 - Classes para a interpretação do índice de erosividade anual

Erosividade ($MJ\ mm^{-1}\ ha^{-1}\ h^{-1}$)	Classe de erosividade
$R \leq 2452$	Erosividade fraca
$2452 < R \leq 4905$	Erosividade moderada
$4905 < R \leq 7357$	Erosividade moderada a forte
$7357 < R \leq 9810$	Erosividade forte
$R > 9810$	Erosividade muito forte

Fonte: Carvalho (2008).

De acordo com a metodologia de Wischmeier & Smith (1978), o EI_{30} ($MJ\ (ha\ mm\ h)^{-1}$) das chuvas individuais erosivas é calculado a partir da multiplicação da energia cinética pela sua intensidade máxima em 30 min ($mm\ h^{-1}$). O EI_{30} mensal foi calculado pela adição dos valores desse índice para todas as chuvas individuais erosivas que ocorreram em cada mês do ano, sendo assim, foi gerado o EI_{30} anual para cada ano do período. A média anual desse índice, 2005 a 2016, representa o fator R de Fortaleza em um intervalo de 12 anos.

6.3 Período de Retorno e Probabilidade de Ocorrência

Há necessidade do cálculo do período de retorno e da probabilidade de ocorrência da erosividade anual e , conforme Schwab et al. (1981), tem seus valores encontrados por meio das equações 5 e 6.

$$T = \frac{N+1}{m} \quad (5)$$

$$Pr = \left(\frac{1}{T} \right) \cdot 100 \quad (6)$$

Nestas equações, temos T representando o período de retorno que é dado em anos, no qual o índice de erosividade é igualado ou superado. O número de anos que está sendo estudado em dados é dado por N , m é o número de ordem do índice de erosividade da série considerada, quando a erosividade é colocada em ordem decrescente de magnitude e Pr é a probabilidade de ocorrência do índice de erosividade, em porcentagem. Os valores obtidos são baseados em uma faixa de tempo a ser estudada.

8 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para determinar os valores dos índices EI_{30} , é fundamental a existência de uma série histórica de dados pluviométricos. Um dos meios de utilizar destes dados é a utilização da correlação das precipitações médias mensais com os índices de erosividade médios mensais, as duas determinadas para cada campus.

Com o uso dos dados da EMPARN (Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte), obteve-se o índice pluviométrico de todos os dias de 2005 a 2016, para as cidades de Angicos, Caraúbas, Pau dos Ferros e Mossoró. Neste trabalho, foi usado destes dados para obter a desagregação da chuva, e assim encontrar o índice de erosividade.

8.1 ANGICOS

Angicos é uma cidade do Rio Grande do Norte localizada na microrregião do Sertão Central. Está a uma distância de cerca de 150 km da capital do estado, Natal. Analisando os dados pluviométricos para a mesma, foi obtido a precipitação média mensal para os anos estudados. Os dados obtidos estão contidos na Tabela 3, abaixo.

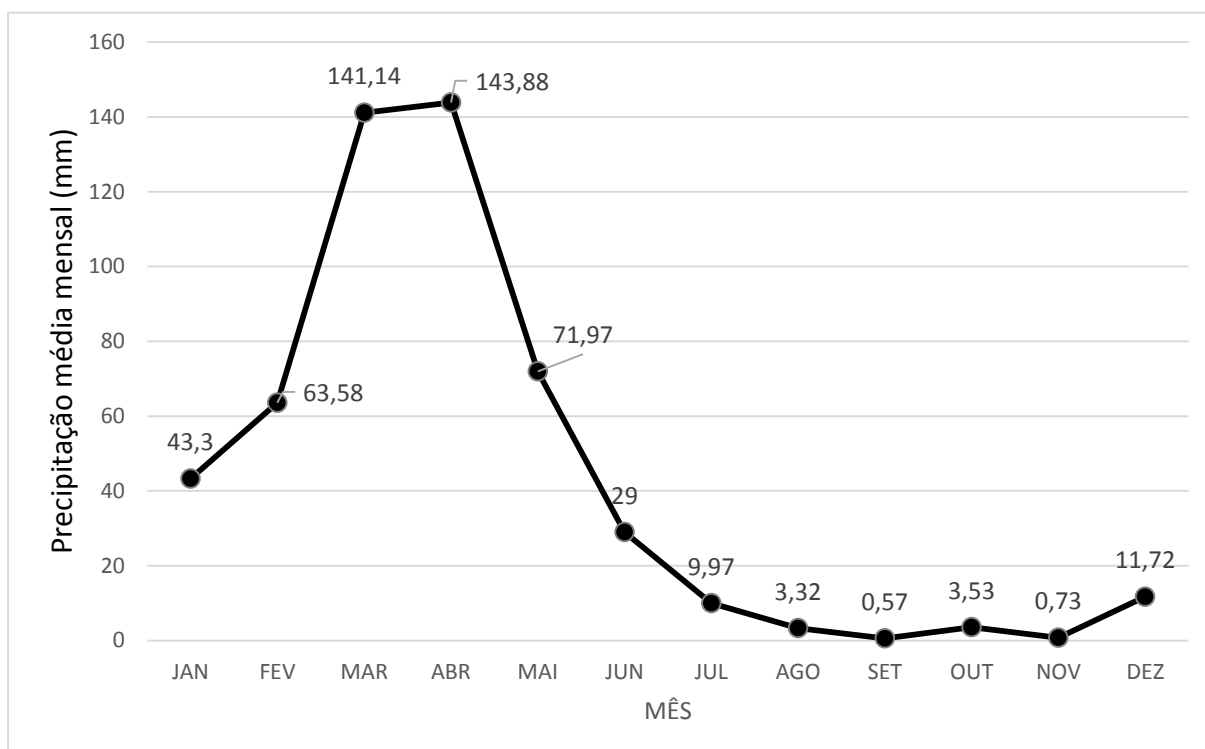
Tabela 3 – Precipitação média mensal de 2005-2016 em Angicos

MÊS	Precipitação Média mensal (mm)
JAN	43,3
FEV	63,58
MAR	141,14
ABR	143,88
MAI	71,97
JUN	29
JUL	9,97
AGO	3,32
SET	0,57
OUT	3,53
NOV	0,73
DEZ	11,72

Fonte: Arquivo do Autor.

A partir dos dados da Tabela 3 foi gerado um gráfico que descreve os resultados da mesma. No Gráfico 1 observa-se o crescimento ou decréscimo do valor médio de precipitação.

Gráfico 1 – Precipitação média mensal de 2005-2016 em Angicos



Fonte: Arquivo do Autor.

De acordo com o Gráfico 1, o segundo semestre para a cidade é desprovido de muitas precipitações, mantendo um clima mais severo, o que é comum na região Nordeste. A cidade tem boa parte de sua economia dependente de agropecuária, sendo assim, tendo o primeiro semestre como melhor época para o plantio, resta dos moradores aproveitarem esse período. Na região, esta época é conhecida como inverno, mesmo estando localizada próxima a transição do verão para o outono. O mês que mais apresentou precipitações foi o mês de abril, com uma média de 143,88 mm, e o que menos apresentou foi o mês de setembro, com cerca de 0,57 mm de média e sendo considerado o mês mais quente do ano em diversas áreas do Nordeste.

Com os dados obtidos na Tabela 3, fazendo o uso das equações citadas na metodologia deste trabalho, foi possível se obter uma tabela contendo os índices de erosividade para chuvas de 30 minutos (EI_{30}) para cada mês, seu valor médio mensal.

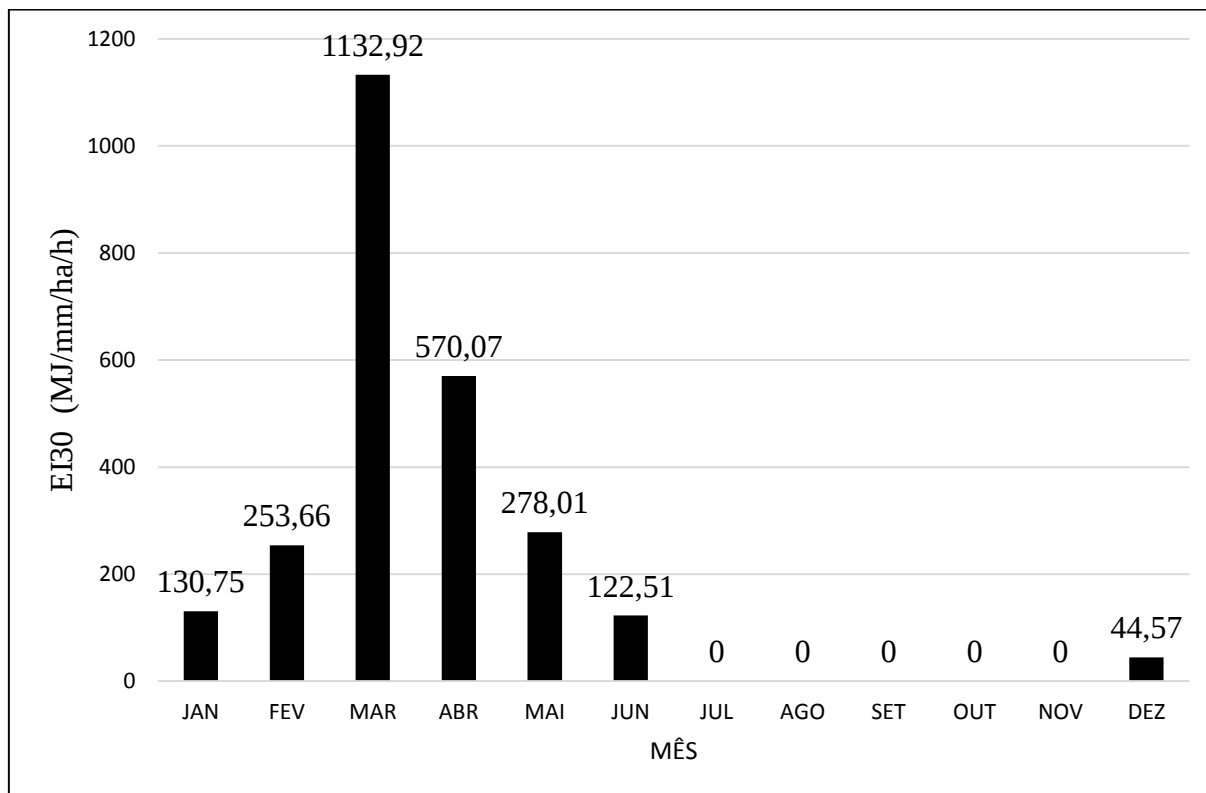
Tabela 4 – EI₃₀ mensal e mensal médio em Angicos

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
2005	0,00	0,00	382,84	739,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2006	0,00	60,28	339,37	545,48	1685,53	289,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	292,38
2007	0,00	307,31	0,00	1129,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2008	202,84	0,00	572,59	446,37	60,28	57,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2009	0,00	977,13	1806,68	195,92	995,12	1072,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2010	0,00	0,00	368,88	240,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	242,47
2011	1121,08	0,00	3241,20	1242,40	342,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2012	60,28	1154,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2013	0,00	0,00	0,00	1139,98	0,00	51,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2014	0,00	219,37	434,15	282,56	253,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2015	0,00	325,39	3946,92	363,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2016	184,87	0,00	2502,42	515,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	1569,07	3043,93	13595,05	6840,81	3336,18	1470,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	534,85
MÉDIA MENSAL	130,75	253,66	1132,92	570,07	278,01	122,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	44,57

Fonte: Arquivo do Autor.

A última linha da Tabela 4 nos mostra a média mensal do EI_{30} no período de 2005-2016, a partir dela, foi possível criar um gráfico em barra afim de comparar esses valores. O Gráfico 2 mostra esse comparativo.

Gráfico 2 – EI_{30} médio mensal de Angicos de 2005-2016



Fonte: Arquivo do Autor.

De acordo com o gráfico, o mês em que o EI_{30} é mais elevado é o mês de março, isso nos diz que a ocorrência de chuvas consideradas erosivas foi bem maior neste mês, atingindo uma média mensal de 1132,92 MJ/mm/ha/h ao mês. Os meses de Julho, Agosto, Setembro, Outubro e Novembro não apresentaram um índice significativa de chuvas erosivas, o que é comum já que a incidência de precipitações no segundo semestre do ano é drasticamente reduzida, se comparada ao primeiro semestre.

Com ajuda da tabela 4, a qual está disposta os valores de EI_{30} mensal, obteve-se os valores referentes a média anual. Usa-se destes valores anuais para encontrar o valores de período de retorno e de probabilidade de ocorrência da chuva erosiva, usando das equação (5) e equação (6) disponíveis na metodologia deste trabalho. A Tabela 5 dispõe dos dados obtidos.

Tabela 5 -Probabilidade de ocorrência e períodos de retorno dos valores anuais de erosividade EI_{30} para Angicos de 2005-2016

Ano	EI_{30} (MJ/mm/ha/h)	m (Número de ordem)	T (anos)	Pr (%)
2005	1122,13	10	1,18	84,61
2006	3212,82	4	3,25	30,77
2007	1437,09	6	2,17	46,15
2008	1339,14	7	1,86	53,85
2009	5046,93	2	6,5	15,38
2010	851,78	12	1,08	92,31
2011	5946,81	1	13	7,69
2012	1214,73	8	1,62	61,54
2013	1191,29	11	1,44	69,23
2014	1189,18	9	1,3	76,92
2015	4635,51	3	4,33	23,08
2016	3202,68	5	2,6	38,46

Fonte: Arquivo do Autor.

De acordo com a tabela, o maior índice apresentado foi no ano de 2011 (5946,93 MJ/mm/ha/h) e o menor ocorreu em 2010 (851,78 MJ/mm/ha/h), um ano antes da maior ocorrência. Estes valores são classificados, de acordo com a Tabela 2 deste trabalho, como sendo Erosividade moderada a forte e Erosividade fraca, respectivamente. Temos para esses valores, respectivamente, um período de retorno de 13 anos e de 1,08 anos, assim como sua probabilidade de retorno, respectivamente, serem de 7,69% e 92,31%. Analisando a probabilidade dos dados, espera-se que os valores máximo e mínimo sejam superados ou igualados uma vez a cada 7,7 e 92,3 anos, respectivamente.

8.2 CARAÚBAS

Caraúbas é uma cidade do Rio Grande do Norte localizada na microrregião do Médio Oeste e está a uma distância de cerca de 290 km da capital do estado, Natal. Fez-se a análise os dados pluviométricos e foi obtido a precipitação média mensal para os anos estudados no município em questão. Os dados obtidos estão contidos na Tabela 6 a seguir.

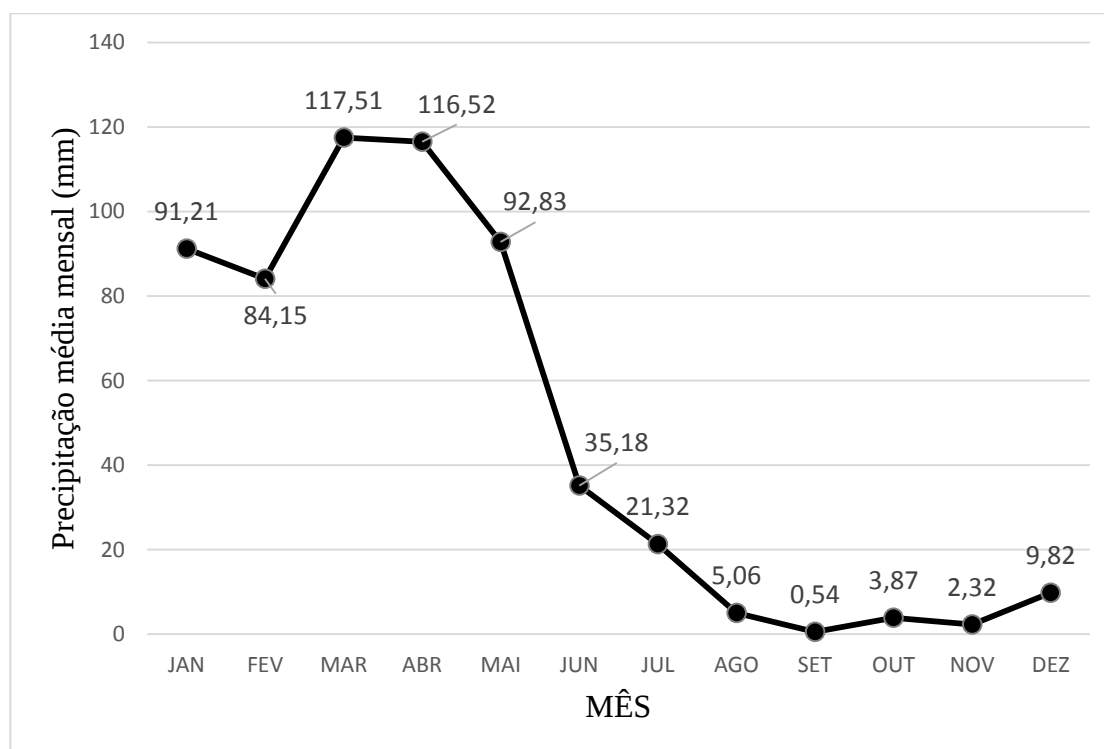
Tabela 6 - Precipitação média mensal de 2005-2016 em Caraúbas

MÊS	Precipitação Média mensal (mm)
JAN	91,21
FEV	84,15
MAR	117,51
ABR	116,52
MAI	92,83
JUN	35,18
JUL	21,32
AGO	5,06
SET	0,54
OUT	3,87
NOV	2,32
DEZ	9,82

Fonte: Arquivo do Autor.

Com os dados da Tabela 6, foi gerado, como para Angicos, um gráfico que descreve os resultados da mesma em linha, o Gráfico 3 mostra estas informações. O mesmo tem a função de fazer um comparativo entre as precipitações médias mensais, mostrando o mês com maior e menor ocorrência.

Gráfico 3 - Precipitação média mensal 2005-2016 para Caraúbas



Fonte: Arquivo do Autor

De acordo com o Gráfico 3, semelhante aos dados observados para Angicos, o segundo semestre para a cidade tem um decrescimento na média de precipitações, característica do Nordeste. O mês com a maior média de precipitação mensal foi o mês de março, com uma média de 117,51 mm, enquanto que o mês com a menor média foi o mês de setembro, com cerca de 0,54 mm.

A partir dos dados dispostos na Tabela 6, novamente fazendo o uso das equações citadas na metodologia deste trabalho, foi possível se obter uma tabela contendo os índices de erosividade para chuvas de 30 minutos (EI_{30}) para cada mês, seu valor médio mensal. A Tabela 7, a seguir, mostra os resultados obtidos.

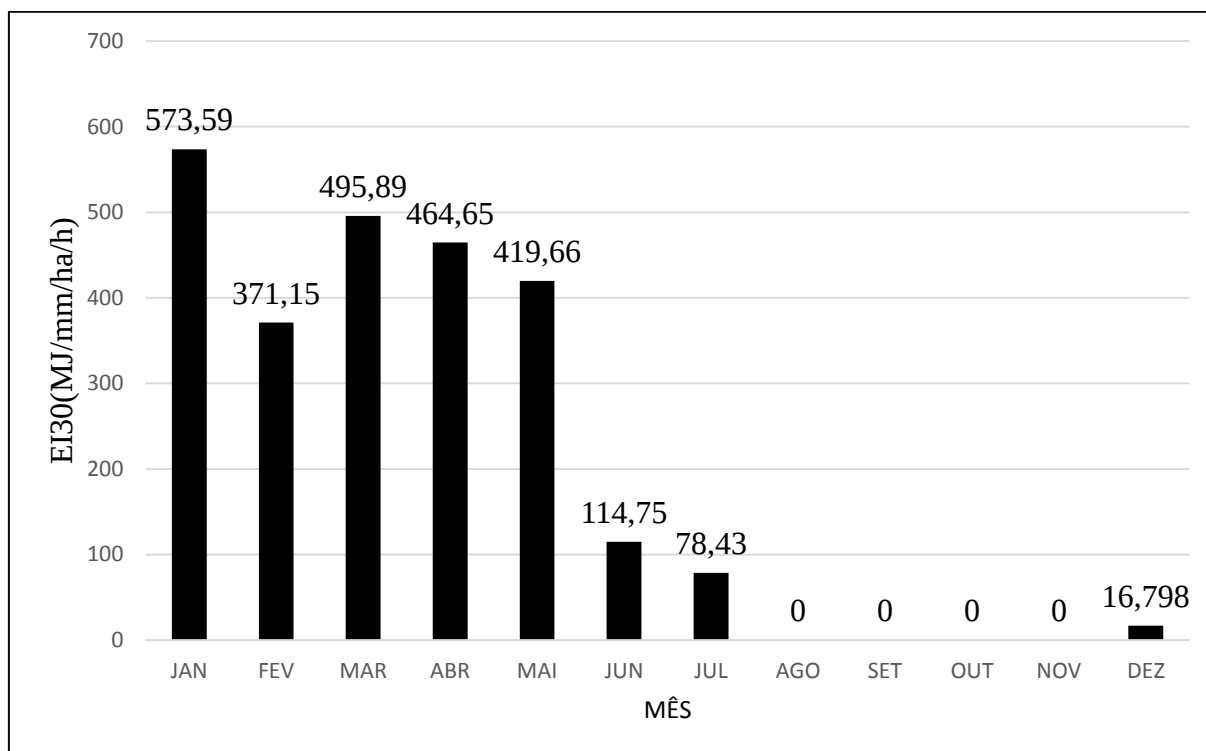
Tabela 7 – EI₃₀ mensal e mensal médio em Caraúbas

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
2005	0,00	272,78	333,07	0,00	45,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2006	0,00	228,09	249,91	53,92	1130,38	254,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2007	0,00	662,62	0,00	448,81	665,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2008	912,24	0,00	505,18	292,38	386,97	442,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2009	1163,41	343,29	182,16	741,40	606,60	376,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2010	422,73	240,43	184,87	204,44	319,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	201,58
2011	2045,77	522,47	240,43	2635,36	708,19	0,00	941,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2012	1110,44	2085,18	289,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2013	0,00	0,00	0,00	210,47	46,30	48,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2014	118,05	98,93	1314,21	709,56	506,53	254,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2015	0,00	0,00	1719,72	0,00	182,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2016	1110,44	0,00	931,38	279,44	439,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	6883,08	4453,79	5950,71	5575,78	5035,89	1377,04	941,17	0,00	0,00	0,00	0,00	201,58
MÉDIA MENSAL	573,59	371,15	495,89	464,65	419,66	114,75	78,43	0,00	0,00	0,00	0,00	16,798

Fonte: Arquivo do Autor

Usa-se do valor médio mensal de EI_{30} de 2005-2016, disponível na última linha da Tabela 7, para criar um gráfico em barras, afim de fazer um comparativo entre os meses. O Gráfico 4 dispõe destes resultados.

Gráfico 4 – EI_{30} médio mensal de Caraúbas de 2005-2016



Fonte: Arquivo do Autor

De acordo com o gráfico, o maior valor do índice EI_{30} é observado no mês de janeiro, ou seja, a ocorrência de chuvas erosivas foi maior neste mês, atingindo uma média mensal de 573,59 MJ/mm/ha/h ao mês. Os meses de agosto, setembro, outubro e novembro não apresentaram um índice significativo de chuvas erosivas, decorrente do fato de que o número de precipitações diminui no segundo semestre do ano.

A partir dos dados da tabela 7, com os valores de EI_{30} mensais foi possível obter os valores referentes a média anual. Utiliza-se os valores de EI_{30} anuais para encontrar o período de retorno e a probabilidade de ocorrência da chuva erosiva, usando das equação (5) e equação (6) disponíveis na metodologia deste trabalho. O resultado será mostrado na Tabela 8, a seguir.

Tabela 8 -Probabilidade de ocorrência e períodos de retorno dos valores anuais de erosividade
EI₃₀ para Caraúbas de 2005-2016

Ano	EI₃₀ (MJ/mm/ha/h)	m (Número de ordem)	T (anos)	Pr (%)
2005	651,34	11	1,18	84,61
2006	1916,77	7	1,86	53,85
2007	1776,51	10	1,44	69,23
2008	2539,5	6	2,17	46,15
2009	3413,44	3	4,33	23,08
2010	1573,23	8	1,3	76,92
2011	7093,38	1	13	7,69
2012	3485,4	2	6,5	15,38
2013	305,54	12	1,08	92,31
2014	3001,77	4	3,25	30,77
2015	1901,88	9	1,62	61,54
2016	2760,27	5	2,6	38,46

Fonte: Arquivo do Autor

Como mostra a Tabela 5, o ano que apresentou maior índice foi 2011 (7093,38 MJ/mm/ha/h) e o que apresentou o menor índice foi 2013 (305,54 MJ/mm/ha/h). Classificando estes valores de máximo e mínimo, de acordo com a Tabela 2 deste trabalho, respectivamente, obtêm-se a classificação Erosividade moderada a forte e Erosividade fraca. Assim como, para esses valores encontrados, respectivamente, foi calculado um período de retorno de 13 anos e de 1,08 anos, tendo como sua probabilidade de retorno os valores de 7,69% e 92,31%. Analisando a probabilidade dos dados, espera-se que os valores máximo e mínimo sejam superados ou igualados uma vez a cada 7,7 e 92,3 anos, respectivamente. Os resultados obtidos se assemelharam aos obtidos no município de Angicos.

8.3 MOSSORÓ

Mossoró é uma cidade do Rio Grande do Norte, localizada na microrregião do Oeste e está a uma distância de cerca de 280 km da capital do estado, Natal, sendo dos municípios estudados, o que tem a maior área territorial e maior poder econômico. Há também um fator muito importante, o município está localizado próximo a região litorânea, neste caso, o clima e as brisas marítimas contribuem para a ocorrência de precipitações. Com a análise dos dados pluviométricos e foi possível obter a precipitação média mensal para dos anos de 2005-2016 no município. Os dados obtidos estão contidos na Tabela 9, abaixo.

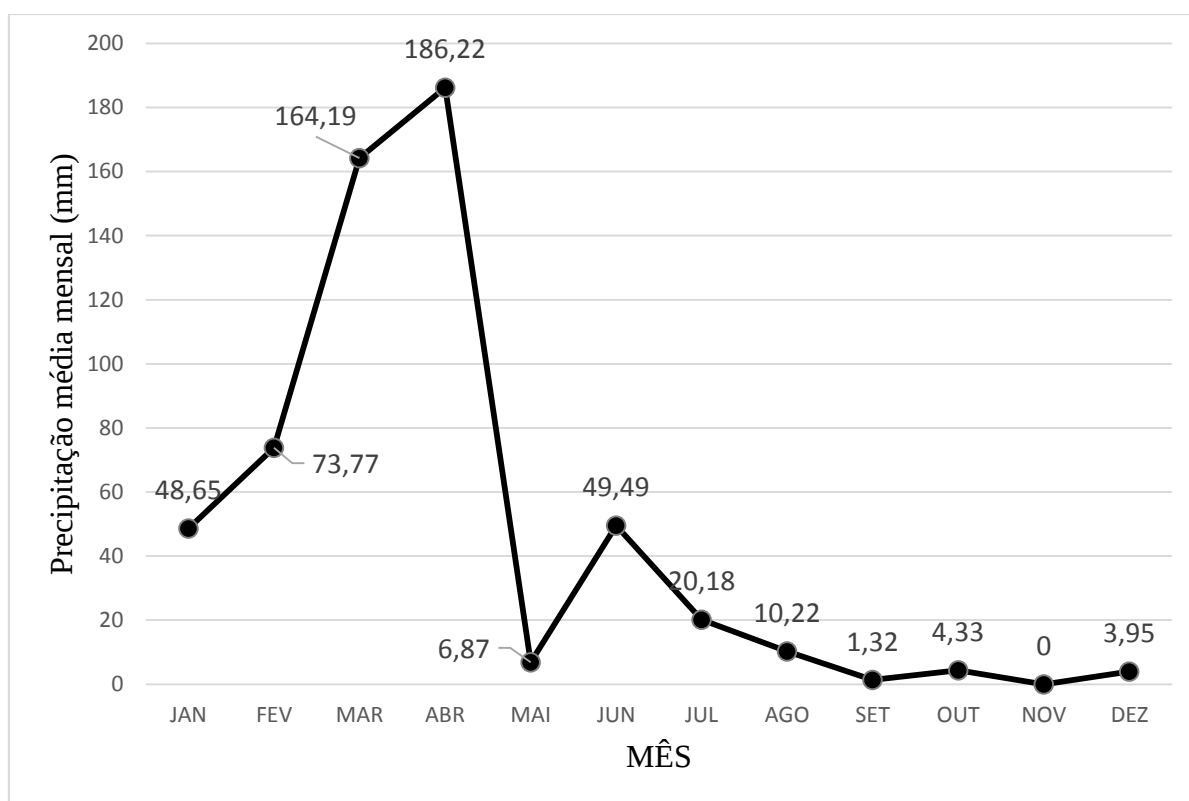
Tabela 9 - Precipitação média mensal de 2005-2016 em Mossoró

MÊS	Precipitação Média mensal (mm)
JAN	91,21
FEV	84,15
MAR	117,51
ABR	116,52
MAI	92,83
JUN	35,18
JUL	21,32
AGO	5,06
SET	0,54
OUT	3,87
NOV	2,32
DEZ	9,82

Fonte: Arquivo do Autor.

Com os dados da Tabela 9, foi construído um gráfico que descreve os valores da mesma em linha, o Gráfico 5. Este gráfico foi criado com o intuito de fazer um comparativo entre as precipitações médias mensais, mostrando o mês em que houve a maior e menor ocorrência.

Gráfico 5 - Precipitação média mensal 2005-2016 para Mossoró



Fonte: Arquivo do Autor.

Analisando o Gráfico 5, houve um grande decréscimo de precipitações entre o mês de abril e o mês de maio, com diminuição média de cerca de 180 mm comparados entre si, novamente observa-se o segundo semestre como sendo o período mais seco. Apesar de ser localizada próxima a região litorânea, as temperaturas de Mossoró (zona urbana) são bastante elevadas, isso é decorrente da existência de formações denominadas “ilhas de calor” ao longo do seu território. O mês que mais apresentou a maior precipitação média foi o mês de abril, com uma média de 186,22 mm, e o que apresentou a menor foi o mês de setembro, com cerca de 0 mm de média, vale salientar que esta é uma média com todas as precipitações com aproximação de 2 casas decimais, o que não significa que não tenha havido chuvas no mês de novembro nos anos estudados.

Usando os valores da Tabela 9, utilizando-se das equações citadas na metodologia deste trabalho, obteve-se uma nova tabela, com os índices de erosividade para chuvas de 30 minutos (EI_{30}) para cada mês, seu valor médio mensal. A Tabela 10, a seguir, demonstra estes resultados.

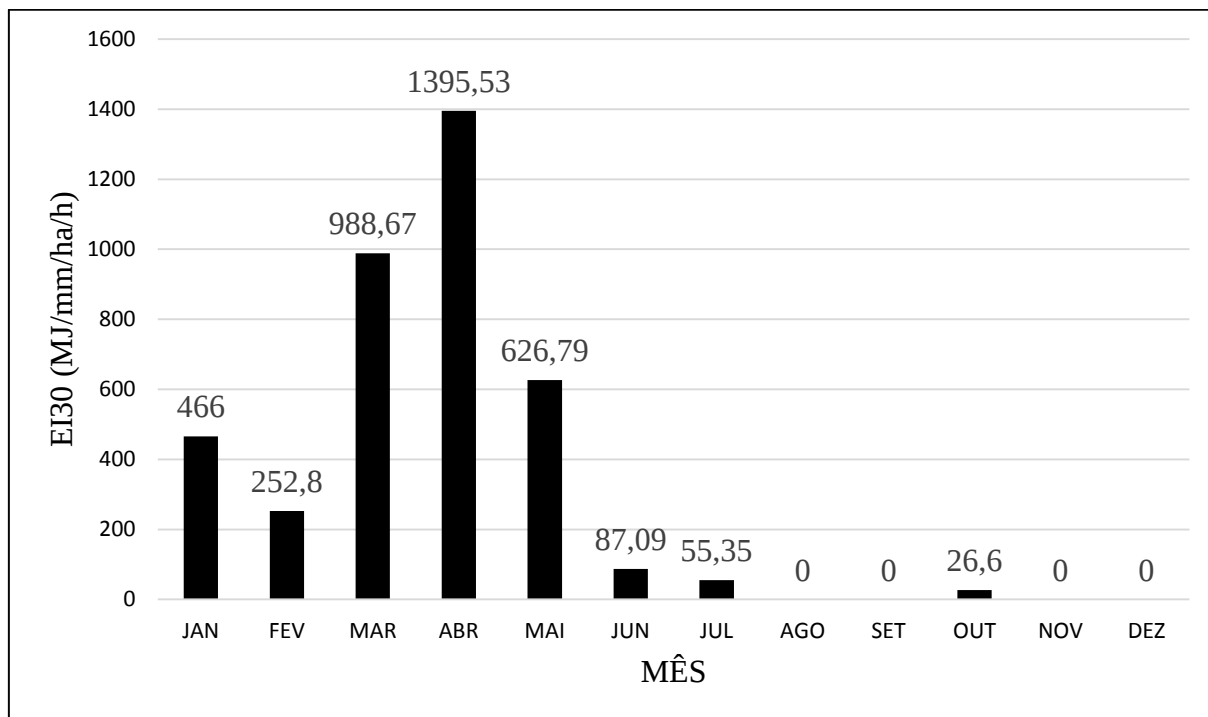
Tabela 10 – EI₃₀ mensal e mensal médio em Mossoró

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
2005	272,78	0,00	1240,72	43,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2006	0,00	0,00	1040,22	0,00	279,44	220,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2007	0,00	542,07	2003,70	923,09	896,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2008	0,00	0,00	1393,76	542,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2009	0,00	98,09	1035,95	1940,18	2757,89	768,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2010	3619,16	175,47	0,00	701,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	319,19	0,00	0,00
2011	669,25	1334,59	783,84	1383,30	2676,67	0,00	664,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2012	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2013	0,00	0,00	0,00	8358,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2014	0,00	0,00	1385,11	1978,79	620,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2015	0,00	883,43	2363,27	0,00	289,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2016	1030,84	0,00	617,45	874,40	0,00	56,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	5592,03	3033,65	11864,02	16746,33	7521,57	1045,13	664,26	0,00	0,00	319,19	0,00	0,00
MÉDIA MENSAL	466	252,80	988,67	1395,53	626,79	87,09	55,35	0,00	0,00	26,60	0,00	0,00

Fonte: Arquivo do Autor.

Novamente fazendo o uso dos valores médios mensais de EI_{30} de 2005-2016, disponível na última linha da Tabela 10, foi criado um gráfico em barras para o comparativo entre os meses, no Gráfico 6 são demonstrados os valores.

Gráfico 6 – EI_{30} médio mensal de Mossoró de 2005-2016



Fonte: Arquivo do Autor.

Analisando o Gráfico 6, temos que o EI_{30} médio é mais elevado no mês de abril, onde houveram o maior número chuvas consideradas erosivas, com um valor de 1395,53 MJ/mm/ha/h ao mês. Os meses de agosto, setembro, novembro e dezembro não apresentaram um índice significativa de chuvas erosivas, porém, entre eles, o mês de outubro apresentou um valor de 26,6 MJ/mm/ha/h.

Com ajuda da Tabela 10, onde encontra-se os valores de EI_{30} mensal, foram obtidos os valores referentes ao EI_{30} médio anual. Com valores anuais, foram calculados o valores de período de retorno e de probabilidade de ocorrência da chuva erosiva, usando das equação (5) e equação (6) disponíveis na metodologia deste trabalho, o resultados estão disponíveis na Tabela 11.

Tabela 11 –Probabilidade de ocorrência e períodos de retorno dos valores anuais de erosividade EI₃₀ para Mossoró de 2005-2016

Ano	EI₃₀ (MJ/mm/ha/h)	m (Número de ordem)	T (anos)	Pr (%)
2005	1557,39	10	1,3	76,92
2006	1540,14	11	1,18	84,61
2007	4365,67	4	2,6	38,46
2008	1936,45	9	1,44	69,23
2009	6600,59	2	4,33	23,08
2010	4815,64	5	3,25	30,77
2011	7511,92	2	6,5	15,38
2012	0	12	1,08	92,31
2013	8358,18	1	13	7,69
2014	3984,89	6	2,17	46,15
2015	3536,47	7	1,86	53,85
2016	2578,84	8	1,3	76,92

Fonte: Arquivo do Autor.

Analisando os resultados contidos na Tabela 11, o maior índice de erosividade EI₃₀ é encontrado no ano de 2013 (8358,18 MJ/mm/ha/h) e o menor índice foi encontrado em 2012, onde foi obtido o valor de 0 MJ/mm/ha/h, ou seja, no ano de 2012 não ocorreram ou ocorreram em quantidades desprezíveis, precipitações consideradas erosivas. Este resultado, se analisando de um parâmetro agrícola, se torna muito, uma vez que chuvas erosivas contribuem para a diminuição dos nutrientes necessários para o plantio encontrados no solo, assim como danificam as plantações. Estes valores são classificados, de acordo com a Tabela 2, em Erosividade forte e Erosividade fraca, respectivamente. Para esses valores, respectivamente, foram obtidos um período de retorno de 13 anos e de 1,08 anos, assim como sua probabilidade de retorno, respectivamente, serem de 7,69% e 92,31%.

8.4 PAU DOS FERROS

Pau dos Ferros é uma cidade do Rio Grande do Norte localizada na microrregião do Alto Oeste Potiguar e está a uma distância de cerca de 390 km da capital do estado, Natal, sendo, das cidades estudadas, a que mais está afastada da capital. Apesar de sua população ser em torno de 28 mil habitantes (IBGE, 2010), é uma cidade polo na região em que se localiza, podendo ter o pico máximo de população flutuante de até o dobro deste valor. Fazendo a análise dos dados pluviométricos, foi possível obter os valores de precipitação média mensal para os anos de 2005-2016, como mostra a Tabela 12, abaixo.

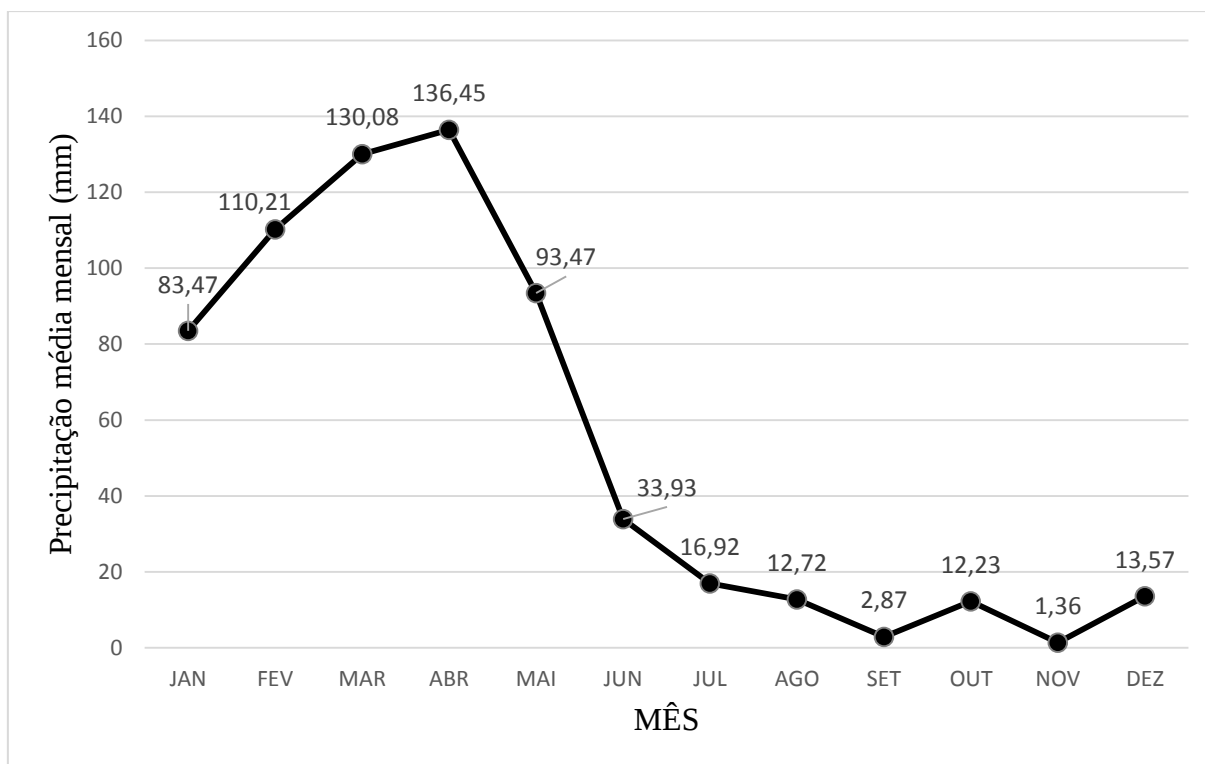
Tabela 12 – Precipitação média mensal de 2005-2016 em Pau dos Ferros

MÊS	Precipitação Média mensal (mm)
JAN	83,47
FEV	110,21
MAR	130,08
ABR	136,45
MAI	93,47
JUN	33,93
JUL	16,92
AGO	12,72
SET	2,87
OUT	12,23
NOV	1,36
DEZ	13,57

Fonte: Arquivo do Autor.

A partir da Tabela 12, foi construído um gráfico, no qual estão dispostos os valores de precipitação média mensal seguindo em forma de linha, com a função de fazer o comparativo entre os valores obtidos, podendo-se observar os períodos mais chuvosos na região. O Gráfico 7 demonstra estes valores.

Gráfico 7 – Precipitação média mensal 2005-2016 para Mossoró



Fonte: Arquivo do Autor.

Com a análise Gráfico 7 pode-se observar o mês em que houve a maior precipitação média mensal, o mês de abril, com uma média de 136,45 mm, e o mês em que houve a menos precipitação média mensal, o mês de novembro, com uma média de 1,36 mm. Houve, como normalmente há para a região Nordeste, um decréscimo na precipitação média no segundo semestre. Por estarem localizadas relativamente próximas uma da outra, os resultados referentes a Pau dos Ferros e Caraubas se assemelham em grande parte.

A partir dos dados de precipitação média mensal mostrados anteriormente, com ajuda das equações citadas na metodologia deste trabalho, foi gerada uma tabela com os índices de erosividade para chuvas de 30 minutos (EI_{30}) para cada mês, assim como seu valor médio mensal para o período de 2005-2016. Na Tabela 13, a seguir, estão contidos os valores obtidos.

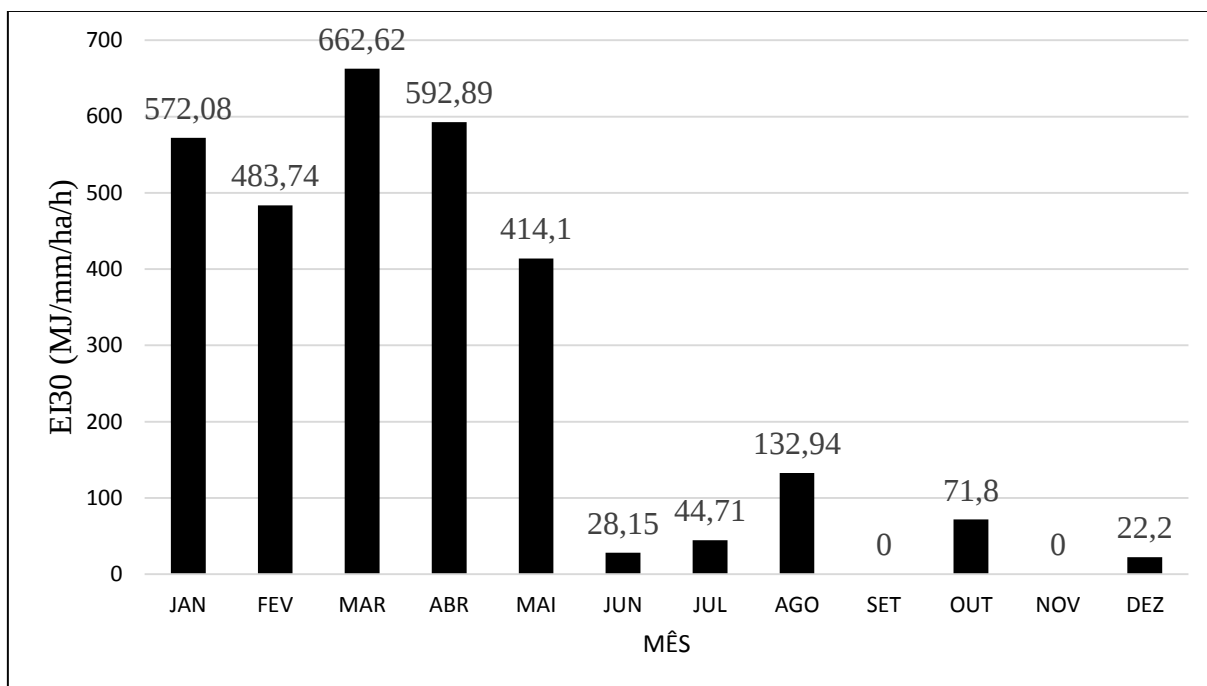
Tabela 13 – EI₃₀ mensal e mensal médio em Pau dos Ferros

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
2005	0,00	319,19	645,75	0,00	210,22	51,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	219,37
2006	0,00	1517,65	1559,83	1141,97	863,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2007	0,00	2052,19	0,00	43,89	254,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2008	1168,83	565,02	3591,60	1402,97	1005,62	0,00	0,00	1595,32	0,00	0,00	0,00	0,00
2009	1384,78	645,73	325,39	1887,88	389,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2010	572,51	0,00	182,16	911,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	272,78	0,00	0,00
2011	1347,92	0,00	0,00	843,69	799,65	0,00	246,72	0,00	0,00	588,81	0,00	0,00
2012	1418,69	233,08	228,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2013	0,00	364,70	0,00	882,51	874,40	286,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2014	0,00	60,28	120,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2015	0,00	47,11	1237,79	0,00	208,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	47,11
2016	972,27	0,00	60,28	0,00	363,20	0,00	289,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	6865	5804,95	7951,46	7114,73	4969,21	337,81	536,5	1595,32	0,00	861,59	0,00	266,48
MÉDIA MENSAL	572,08	483,74	662,62	592,89	414,10	28,15	44,71	132,94	0,00	71,80	0,00	22,20

Fonte: Arquivo do Autor.

Analisando os resultados da última linha da Tabela 13, na qual demonstra os valores médios mensais de EI_{30} , foi criado um gráfico em barras para o comparativo entre os meses, no Gráfico 8 são demonstrados os valores. Estes dados referem-se a média mensal dos índices para o período estudado, ou seja 2005-2016.

Gráfico 6 – EI_{30} médio mensal de Pau dos Ferros de 2005-2016



Fonte: Arquivo do Autor.

Q partir do Gráfico 8, observa-se que o a EI_{30} médio mensal com maior índice ocorre no mês de março, com um valor de 662,62 MJ/mm/ha/h ao mês. Os meses de setembro e novembro não apresentaram um índice significativa de chuvas erosivas. Pau dos Ferros, das cidades estudadas neste trabalho, foi a que menos apresentou índices EI_{30} médio mensal nulos ou insignificantes, sendo assim, é, dentre elas, a região em que mais ocorrem chuvas erosivas, com destaque para agosto, que nas outras localidades havia sido 0 MJ/mm/ha/ desta vez passa a ser 132,94 MJ/mm/ha/h.

Utilizando ainda dos valores da Tabela 13, mais especificamente os valores de EI_{30} mensal, foram obtidos os valores referentes ao EI_{30} médio anual, para que fossem calculados os respectivos valores de período de retorno e probabilidade de ocorrência de chuvas erosivas. Para isto, é feito uso das equações (5) e (6), tendo os resultados demonstrados na Tabela 14.

Tabela 14 –Probabilidade de ocorrência e períodos de retorno dos valores anuais de erosividade EI_{30} para Pau dos Ferros de 2005-2016

Ano	EI_{30} (MJ/mm/ha/h)	m (Número de ordem)	T (anos)	Pr (%)
2005	1445,84	11	1,18	84,615
2006	5083,15	2	6,5	15,38
2007	2350,57	6	2,17	46,15
2008	9329,36	1	13	7,69
2009	4633,47	3	4,33	23,08
2010	1939,27	7	1,86	53,85
2011	3826,8	4	3,25	30,77
2012	1879,85	8	1,62	61,52
2013	2408,11	5	2,6	38,46
2014	180,85	12	1,08	92,31
2015	1540,29	10	1,3	76,92
2016	1685,53	9	1,44	69,23

Fonte: Arquivo do Autor.

De acordo com os dados da Tabela 14, o índice de erosividade EI_{30} anual de maior valor é o do ano de 2008 (9329,36 MJ/mm/ha/h) e o índice de menor valor é o do ano de 2014 (180,85 MJ/mm/ha/h). Classificando os índices anuais máximo e mínimo, de acordo com a Tabela 2 deste trabalho, respectivamente, obtêm-se a classificação Erosividade forte e Erosividade fraca. Para esses valores de máximo e mínimo foram encontrados, respectivamente, um período de retorno de 13 anos e de 1,08 anos, tendo como sua probabilidade de retorno os valores de 7,69% e 92,31%. Ou seja, espera-se que os valores máximo e mínimo sejam superados ou igualados uma vez a cada 7,7 e 92,3 anos.

9 CONCLUSÃO

O índice de erosividade para chuvas de 30 minutos, EI_{30} , foi encontrado para as cidades em que se situam os 4 câmpus da Ufersa, assim como o índice médio de precipitação mensal, o período de retorno e a probabilidade de ocorrência. Todos tendo como parâmetro os anos de 2005, ano em que foi criada a instituição, ao ano de 2016. Os valores de erosividade para determinado município ou região irão depender diretamente da sua extensão territorial e a quantidade de precipitações, para que se possa analisar as que são consideradas erosivas nesta área.

Dentre as cidades estudadas, a que apresentou os maiores índices de erosividade EI_{30} médio anual foi a cidade de Pau dos Ferros, tendo o pico máximo de 9329,36 MJ/mm/ha/h, obtido em 2008. A cidade que apresentou o menor índice de erosividade EI_{30} médio anual foi a cidade de Mossoró, que em 2012 contabilizou 0 MJ/mm/ha/h como média anual, o que mostra que os valores de chuva erosiva foram nulos ou desprezíveis.

Os índices máximos e mínimos calculados foram de Erosividade forte a erosividade fraca, tem o índice médio como erosividade moderada. Os valores de período de retorno e probabilidade de ocorrência foram semelhantes para as 4 cidades, sendo, respectivamente, para os valores máximos de 13 anos e 7,69% e para os valores mínimos, 1,08 anos e 92,31%.

.

10 REFERÊNCIAS

BAZZANO, M. G. P.; ELTZ, F. L. F.; CASSOL, E. S. Erosividade, coeficiente de chuva, padrões e período de retorno das chuvas de Quaraí, RS. Revista Brasileira de Ciências do Solo, v.31, 2007.

CARVALHO, Daniel F. de, et al. Padrões de precipitação e índices de erosividade para as chuvas de Seropédica e Nova Friburgo, RJ. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Câmpusna Grande, v.9, n. 1, p. 7-14, 2005.

CARVALHO, N. O. Hidrossedimentologia prática. 2.ed. Interciência, Rio de Janeiro, p.599, 2008.

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, 2007.

DECHEN, Sonia Carmela Falci, et al. Perdas e custos associados à erosão hídrica em função de taxas de cobertura de solo. Bragantia, Câmpusnas, vol. 74, n.2, p.224-233, 2015.

EMPARN - Setor de meteorologia da emparn: 20 anos de serviços prestados à sociedade norterio-grandense, 2012.

FOSTER, G. R.; MC COOL, D. K.; RENARD, K. G.; MOLDENHAUER, W. C. Conversion of the universal soil loss equation to SI metric units. Journal of Soil Water Conservation, v.36, p.355-359,1981.

FOURNIER, F. The effect of climatic factors on soil erosion estimates of solids transported in suspension in runoff.[S.l.]: Association Hydrologic Int. Public, 1956. v.38, 6 p.

<<http://mapasblog.blogspot.com.br/2011/12/mapas-do-rio-grande-do-norte.html> > - Acessado em 05 de maio de 2017, as 19:00 horas.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios. Síntese dos Indicadores de 2009. Rio de Janeiro: IBGE; 2010.

LAL, R. Erodibility and erosivity. In: LAL, R., ed. Soil erosion research methods. Ankeny, Soil and Water Conservation Society, 1988;

NETO, F. L.; MOLDENHAUER, W. C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com as perdas de solo em Câmpusnas (SP). Câmpusnas: IAC, 1992;

Schwab, G.O.; Frevert, R.K.; Edminster, T.W. & Barnes, K.K. Soil and water conservation engineering. 3.ed. New York, John Wiley & Sons, 1981. 525p.

SANTOS, W. O. Máximas intensidades e índices de erosividade de chuvas para o Rio Grande do Norte. Mossoró: UFERSA, 2015;

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. Rainfall energy and its relationship to soil loss. Transactions American Geophysical Union, Washington, v.39, p.285-291,1958.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Washington, US Department of Agriculture, 1978. (Agriculture Handbook, 537).