

To the rainfall erosion in Caruaru - PE, Brazil

Manoel V. França^{*}, Raimundo M. de Medeiros^{**}, Juan X. Ferraz^{***}, Romildo M. Holanda^{****}

^{*}Prof. MSc. Federal Rural University of Pernambuco, UFRPE, PE, Brazil, e-mail: manolvieiraufpe@gmail.com

^{**}Prof., Post Doc, Dr. Ademar Furtado Faculty, Teresina, Piauí – Brazil, E-mail: mainarmedeiros@gmail.com

^{***}Prof. Dr. Federal Rural University of Pernambuco, UFRPE, PE, Brazil, e-mail: romildomorant@gmail.com

Received 20 November 2018; accepted 28 December 2018

Abstract

In Brazil and especially in the municipality of Caruaru, erosion causes loss of agricultural productivity by reducing the area, silting and contamination of water bodies by fertilizers and agrochemicals in water resources and the loss of their biodiversity. To estimate the index of rainfall erosivity, the methodology proposed by Wischmeier and Smith, Lombardi Neto, was used. The factor R allows to evaluate the erosive potential of the rains of a certain place. The objective of this study is to study the variability of precipitation and the erosivity index of monthly and annual rainfall based on the universal equation of soil loss, its probability and its time of return, providing information relevant to the agricultural sector for the realization of plans with better sources of security aiming at the installation of projects and their sustainable production, besides the possibility of closing of degraded areas transforming it into a system of capitation of rainwater in barquinhas for soil water maintenance. Soil uses accelerated the erosive processes and, due to this, there is a predominance of morphogenesis to the detriment of the pedogenesis, which need re-adaptation of the soil use. This re-adaptation can occur both through the modification of land use and occupation and through practices of soil conservation mechanics. The main erosive agent in the municipality of Caruaru is the use, occupation of the soil and conservation practices, since the classes of agriculture and exposed soil that dominate the study area are used without many techniques.

Keywords: Soil conservation and fragility, reduction of agricultural area, loss of productivity.

À erosão pluvial em Caruaru – PE, Brasil

Resumo

No Brasil e em especial no município de Caruaru, a erosão causa a perda de produtividade agrícola com a redução da área, o assoreamento e a contaminação dos corpos d'água por fertilizantes e agrotóxicos nos recursos hídricos e a perda da sua biodiversidade. Para estimar o índice de erosividade pluvial, utilizou-se da metodologia proposta por Wischmeier e Smith, Lombardi Neto. O fator R permite avaliar o potencial erosivo das chuvas de determinado local. Objetiva-se a estudar a variabilidade da precipitação e do índice de erosividade da chuva mensal e anual com base na equação universal de perda do solo, sua probabilidade e seu tempo de retorno, fornecendo informações relevantes ao setor agropecuário para realizações de planejamentos com melhores fontes de segurança visando a instalação de projetos e sua produção sustentável, além da possibilidade de fechamento de áreas degradadas transformando-as em sistemas de captação de água de chuva em barroquinhas para manutenção da água do solo. Os usos do solo aceleraram os processos erosivos e, devido a isto, há predomínio da morfogênese em detrimento da pedogênese as quais necessitam de readequação do uso do solo. Essa readequação pode ocorrer tanto pela modificação do uso, quanto através de práticas de mecânicas de conservação do solo. O principal agente erosivo no município de Caruaru é o uso do solo sua ocupação e práticas conservacionistas, pois as classes de agricultura com solo exposto que predominam a área de estudo, são utilizadas sem muitas técnicas.

Palavras-Chave: Conservação e fragilidade solo, redução da área agrícola, perda de produtividade.

1. Introdução

A precipitação pluvial é uma variável climática que possui uma distribuição aleatória espaço temporal irregular, exercendo influência nas condições ambientais e socioeconômica. Os

equipamentos comumente utilizados para medir a quantidade de chuva que cai sobre uma região são chamados de pluviômetros e/ou pluviógrafos (convencional/automáticos), existindo um conjunto destes, forma-se uma rede que possibilita o estudo climatológico de uma determinada área seja uma

bacia hidrográfica ou o limite administrativo de um município em conformidades com os autores Tucci (2001), Moulin (2005) e Caram (2007).

Os processos de erosão superficial de partículas de solo são ocasionados pelas ações do vento ou da água, causando ou provocando erosões eólicas ou hídricas. A erosão hídrica é a mais importante e preocupante devido a predominância do clima tropical em conformidade com Bertoni e Lombardi Neto (2012).

A erosão do solo é avaliada como um processo de procedência natural com a finalidade de formação da paisagem e renovação do solo. Entretanto, as atividades desenvolvidas pelo homem ao longo dos anos têm ocasionado impactos na superfície terrestre, e dessa forma, a erosão do solo acelerada por essas atividades torna-se um problema nas bacias hidrográficas conforme afirma os autores Pires et al. (2013). Ainda Segundo o autor, a erosão do solo é analisada como um processo de origem natural com a finalidade de formação da paisagem e renovação do solo. Os impactos causados pela erosão hídrica são o empobrecimento do solo devido a perda de nutrientes e matéria orgânica, assoreamento e contaminação dos corpos hídricos pelo deslocamento de fertilizantes e agrotóxicos, ocasionando mudanças diretas na fauna e flora (Bertoni e Lombardi Neto, 2012; Pires et al., 2013).

A erosão hídrica é uma das principais causas de degradação do solo no mundo, com perdas muito superiores às taxas naturais de reposição de acordo com Needelman, (2013). No Brasil, a aceleração dos processos erosivos, com os usos do solo pelo homem, é responsável pelo carreamento de solos, sementes, adubos e agrotóxicos para lagoas, lagos, córregos, riachos, rios e oceano segundo afirmação do autor Andrade et al. (2010). As consequências são perda de produtividade, avanço das fronteiras agrícolas, assoreamento e contaminação dos corpos d'água, além de perda da biodiversidade. De acordo com os autores acima referenciado acima, o planejamento das atividades agropecuárias, contemplando as vulnerabilidades do ambiente e as potencialidades de uso, é imprescindível para minimizar sua degradação.

O homem, por sua vez, pode comprometer este equilíbrio, de forma temporária ou permanente, com o uso inadequado de recursos naturais, como o solo. Assim, Tricart (1977) propôs a estratificação da paisagem em três tipos de unidades ecodinâmicas: 1) estáveis, com domínio da pedogênese sobre a morfogênese; 2) intergrades, com interferência permanente da morfogênese e da pedogênese no mesmo espaço; e 3) instáveis, com domínio da morfogênese sobre a pedogênese.

Para Gonçalves et al. (2015), o risco de erosão ou de movimentos de massa associado à

geologia do Estado de Minas Gerais está relacionado à porosidade, que interfere na quantidade do deflúvio acima da camada rochosa, à deformação tectônica e à presença de zonas de cisalhamento ou com intensidade das fraturas.

Medeiros et al. (2015) utilizaram dados de precipitação mensal e anual e dados de temperatura estimados pelo Software Estima_T para o período de 1912-2014, com os dados obtidos elaborados cenários otimista e pessimista e aplicaram o método do balanço hídrico com CAD de 100 mm para as seis regiões homogêneas do Estado da Paraíba e efetivou o cálculo da erosividade. Os índices evapotranspirados apresentaram aumentos em todas as regiões e nos dois cenários; os índices de evaporação mantiveram-se em reduções nos dois cenários B2 e A2; as deficiências e os excedentes hídricos sofreram oscilações de altos e baixos valores para todos os cenários; verificaram-se reduções da erosividade em todas as regiões de estudo; o fator R foi de 43.776,3 MJ mm.ha⁻¹.ano⁻¹, no Litoral; 25.135,1 MJ mm.ha⁻¹.ano⁻¹, no Agreste; 30.675,9 MJ mm.ha⁻¹.ano⁻¹, no Brejo; 17.361,8 MJ mm.ha⁻¹.ano⁻¹, Cariri/Curimataú; 24.140,5 MJ mm.ha⁻¹.ano⁻¹, Sertão e Alto Sertão 27.326,9 MJ mm.ha⁻¹.ano⁻¹.

Medeiros et al. (2014) estimaram a erosividade pluvial no município de São João do Cariri, PB objetivando o desenvolvimento de manejos apropriados para um melhor aproveitamento do solo da região. Utilizaram dos dados de precipitação mensal de 1911 a 2011. Através da equação determinada por Wischmeier et al. (1958; 1978) o fator erosividade (R) encontrado foi 14261,3 mm h⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹. Os maiores índices de erosividade registraram-se nos meses de janeiro a julho que coincidem com o início do período chuvoso e com a capacidade de campo em valores máximos para os meses de agosto a dezembro ocorreram os menores índices de erosividade que corresponde ao período seco.

Ross (1994; 2012) demonstrou que os valores obtidos em estudos que quantificam as perdas de solo para cada característica específica de cada um dos fatores, podem ser utilizados para fundamentar a classificação da vulnerabilidade.

Em relação ao clima, foi adotado o valor de erosividade estabelecido para a área, de acordo com Aquino et al. (2012), que ponderou a quantidade, intensidade e duração das precipitações.

Em conformidade com os autores Weill et al. (2008) e Freitas et al. (2012) a cobertura do solo é a componente importante no controle da erosão hídrica ou pluvial. Neste aspecto, ao uso do solo foi atribuído maior peso, pois a alteração da cobertura vegetal é que rompe o estado de equilíbrio dinâmico e acelera os processos erosivos. Deste modo o relevo também desempenha papel marcante na aceleração destes

processos, já que, de acordo com Bertoni e Lombardi Neto (2008), a inclinação determina a velocidade do escoamento superficial.

A geologia é uma componente menos relevante do que o tipo de solo de acordo com Fushita et al. (2011), por estar abaixo destes e não sofrer o impacto direto da precipitação e do deflúvio superficial, além de ser material menos intemperizado e mais coeso. O clima, por sua vez, é pouco influente, porquanto mesmo com elevada erosividade foram formados solos espessos, que denotam estabilidade natural entre a morfogênese e a pedogênese.

O processo de erosão superficial de partículas de solo é causado pela ação da água ou do vento, causando erosão hídrica e eólica respectivamente. No Brasil, a erosão hídrica é a mais importante devido a predominância do clima tropical segundo a afirmação de Bertoni e Lombardi Neto (2012).

A erosividade da chuva, (fator R), consiste em uma interação entre a energia cinética das gotas de chuva e a superfície do solo. Essa interação pode resultar em um menor ou maior grau de desprendimento e transporte de partículas do solo de acordo com a quantidade de energia e intensidade da chuva, para o mesmo tipo de solo, relevo, cobertura de solo e manejo de acordo com os autores Wischmeier et al. (1978) e Hudson, (1971).

O conhecimento do regime pluvial é de extrema importância em regiões semiáridas, áridas,

úmidas e subúmidas que se caracterizam por alto déficit hídrico. Tem-se como objetivo estudar a variabilidade da precipitação e do índice de erosividade da chuva (EI_{30}) mensal e anual com base na equação universal de perda do solo, sua probabilidade e seu tempo de retorno no município de Caruaru – PE, fornecendo informações relevantes ao setor agropecuário para que possa realizar planejamentos com melhores fontes de segurança visando à instalação de projetos e sua produção sustentável, além da possibilidade de fechamento de áreas degradada transformando-a em sistema de captação de água de chuva em barroquinhas para manutenção da água do solo.

2. Material e métodos

O município de Caruaru está localizado na mesorregião Agreste e na Microrregião do Vale do Ipojuca do Estado de Pernambuco, limitando-se a norte com Toritama, Vertentes, Frei Miguel e Taquatinga do Norte, a sul com Altinho e Agrestina, a leste com Bezerros e Riacho das Almas, e a oeste com Brejo da Madre de Deus e São Caitano. A área municipal ocupa 928,1 km² e representa 0,94% do Estado de Pernambuco. A sede do município tem altitude de 554 metros e coordenadas geográficas de 08°17'S latitude e 35°58'W de longitude, distando 140,7 km da capital. Na Figura 1 tem-se o contorno do município de Caruaru.

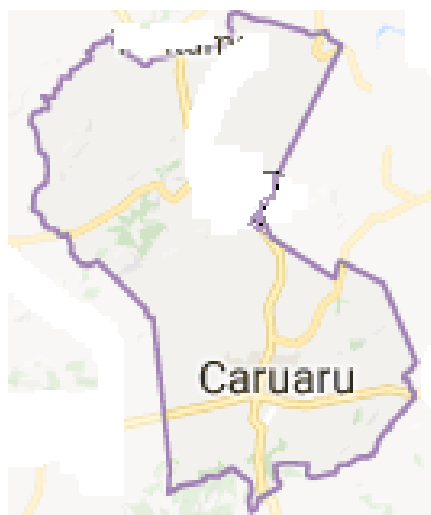


Figura 1. Contorno geográfico do município de Caruaru – PE. Fonte: adaptada pelo autor.

O município de Caruaru está inserido na unidade geoambiental do Planalto da Borborema, formada por maciços e outeiros altos, com altitude variando entre 650 a 1000 metros. Ocupa uma área de arco que se estende do sul de Alagoas até o Rio Grande do Norte. O relevo é geralmente movimentado, com vales profundos e estreitos

dissecados. Com respeito à fertilidade dos solos é bastante variada, com certa predominância de média para alta. A área da unidade é recortada por rios perenes, porém de pequena vazão e o potencial de água subterrânea é baixo.

A vegetação é formada por Florestas Subcaducifólica e Caducifólica, próprias das áreas

agrestes. Nas Superfícies suaves onduladas a onduladas, ocorrem os Planossolos, medianamente profundos, fortemente drenados, ácidos a moderadamente ácidos e fertilidade natural média e ainda os Podzólicos, que são profundos, textura argilosa, e fertilidade natural média a alta. Nas elevações ocorrem os solos Litólicos, rasos, textura argilosa e fertilidade natural média. Nos Vales dos rios e riachos, ocorrem os planossolos, medianamente profundos, imperfeitamente drenados, textura média/argilosa, moderadamente ácidos, fertilidade natural alta e problemas de sais. Ocorrem ainda Afloramentos de rochas (CPRM, 2005).

A precipitação média anual no município é de 573,5 mm com 105 anos de observações e registros (APAC, 2018). O tipo climático dominante na área de estudo é Bsh, possuindo verões quentes e secos e invernos amenos e chuvosos de acordo com a classificação de Köppen (1928) e de acordo com Alvarez et al. (2014) e Medeiros et al. (2018). A estação chuvosa se inicia em janeiro/fevereiro com término em agosto, a estação seca ocorre entre os meses de setembro a dezembro. As perdas de solo se intensificam entre janeiro e julho, período de elevada precipitação no município.

Para estimar o índice de erosividade pluvial, utilizam-se da metodologia proposta por Wischmeier (1971) e Wischmeier e Smith (1958, 1978) e fazendo uso da equação simplificada por Bertoni e Lombardi Neto (1999), assim a erosividade da chuva é dada como:

$$EI_{30} = 67,355(r^2/P)e^{0,85}$$

Em que:

EI_{30} - é a média mensal do índice de erosão, em MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹;

Tabela 1- Classificação do Índice de Erosividade anual.

Erosividade (MJ mm ano ⁻¹ ha ⁻¹ h ⁻¹)	Classe de Erosividade
$R \leq 2452$	Baixa erosividade
$2452 < R \leq 4905$	Média erosividade
$4905 < R \leq 7357$	Baixa/alta erosividade
$7357 < R \leq 9810$	Alta erosividade
$R > 9810$	Muito Alta erosividade

Para a análise da distribuição mensal e anual da percentagem acumulada da erosividade, foram obtidos os valores relativos deste índice a partir da divisão da erosividade média mensal pelo seu valor médio anual, gerando valores relativos mensais. Quando transformados para percentagens, esses valores relativos representam a percentagem acumulada da erosividade para cada mês do ano, permitindo a avaliação da sua distribuição anual.

r^2 - é a precipitação média mensal, em mm;
P - é a precipitação média anual, em mm.

Segundo Barbosa et al. (2000) e Menezes et al. (2011) o fator R permite avaliar o potencial erosivo das chuvas de determinado local, dado por:

$$R = \sum_1^{12} EI_{30}$$

Após os cálculos dos índices anuais de erosividade da chuva de 1913 a 2015, foi calculado o período de retorno dado por:

$$T = (N + 1)/m$$

Onde:

T é o período de retorno, no qual o índice de erosividade é igualado ou excedido;
N o número de anos da série de dados, e
m o número de ordem do índice de erosividade, quando a série de dados de erosividade é colocada em ordem decrescente de magnitude.

O cálculo de probabilidade de ocorrência foi realizado por:

$$Pr = 100/T$$

Onde:

Pr é a probabilidade de ocorrência e
T o período de retorno.

Aplicou-se a lei de probabilidade logarítmica e a teoria de valores extremos (SCHWAB et al., 1981).

O índice de erosividade da chuva foi classificado de acordo com a Tabela 1.

O cálculo do coeficiente de chuva, como proposto por Lombardi Neto (1977), cuja expressão é dada por:

$$Rc = Pm^2/Pa$$

Onde:

Rc o coeficiente de chuva em mm;
Pm² a precipitação média mensal em mm, e
Pa a precipitação média anual.

Os coeficientes de chuva (Rc) para cada mês foram correlacionados com os valores dos índices de erosividade através de regressão, objetivando avaliar relação entre a ocorrência da precipitação e as perdas de solo.

Em conformidade com Bertoni e Lombardi Neto (1990, 2008, 2012) e como diversos estudos que abordam a erosividade da chuva, como: Carvalho et al. (2010), Aquino et al. (2012), Waltrick (2010), Bazzano et al. (2007), Cassol et al. (2008), Dias et al. (2003), Colodro et al. (2002) e Hickmann et al. (2008), a condição seria trabalhar com uma série de dados pluvial de pelos menos 30 anos de dados observados e registrados, embora seja possível estimar a erosividade com séries de dados mais curtas, conforme afirmam os autores (Bertoni e Lombardi Neto.,1990; Mannaerts, 2000). No desenvolvimento deste trabalho utilizou-se de uma série de dados de 105 anos, compreendido ente o período de 1913 a 2015.

Realizaram-se os preenchimentos de falhas pelo método da média ponderada pelo o inverso da distância ao quadrado desenvolvido em planilhas eletrônicas por Medeiros (2016), após a etapa do preenchimento realizou-se a consistência e harmonizações da série pluvial da área de estudo.

Plotou-se as figuras da distribuição da precipitação e erosão dos meses de janeiro a

dezembro do período 1913 a 2015 da área de estudo visando um melhor entendimento deste parâmetro.

3. Resultados e discussão

O fator erosividade das chuvas possui relação com a precipitação da área de estudo. De acordo com a Tabela 2, a qual apresenta as médias de precipitação mensal e erosividade mensal considerando o período de 1913 a 2017, o valor médio mensal da erosividade das chuvas aumenta com relação à precipitação média mensal.

A classificação do índice de erosividade anual apresenta duas classes de média erosividade (janeiro a julho) e baixa erosividade (agosto a dezembro), na classificação anual foi de muito alta erosividade.

A erosividade oscila entre 842,8 MJ mm ano⁻¹ ha⁻¹ h⁻¹ a 4272,3 MJ mm ano⁻¹ ha⁻¹ h⁻¹, com uma erosividade anual de 17.142,2 MJ mm ano⁻¹ ha⁻¹ h⁻¹, com desvio padrão de 16489,1 MJ mm ano⁻¹ ha⁻¹ h⁻¹ e coeficiente de variância 96,1%.

A precipitação média fluiu entre 8,8 mm no mês de outubro a 91,7 mm no mês de junho, com um total anual de 573,5 mm. O desvio padrão e o coeficiente de variância são 294,9 mm e 51,4%, respectivamente.

Tabela 2- Distribuição média mensal da precipitação, erosividade e do coeficiente de chuva e sua respectiva classificação no município de Caruaru-PE, nos períodos de 1913 a 2015.

Meses	Precipitação (mm)	Erosividade (MJ mm ano ⁻¹ ha ⁻¹ h ⁻¹)	Coeficiente de chuva (mm)	Classificação
Janeiro	33,2	2597,5	1,9	Média Erosividade
Fevereiro	47,2	3152,4	3,9	Média Erosividade
Março	63,0	3339,4	6,9	Média Erosividade
Abril	73,0	3509,8	9,3	Média Erosividade
Mai	81,6	3793,2	11,6	Média Erosividade
Junho	91,7	4272,3	14,7	Média Erosividade
Julho	81,0	4070,6	11,5	Média Erosividade
Agosto	42,2	2337,6	3,1	Baixa Erosividade
Setembro	23,8	1789,2	1,0	Baixa Erosividade
Outubro	8,8	842,8	0,1	Baixa Erosividade
Novembro	12,1	1267,0	0,3	Baixa Erosividade
Dezembro	15,8	1417,7	0,4	Baixa Erosividade
Anual	573,5	17142,2	573,5	Muito Alta

Fonte: Autor (2018).

Diversos estudos próximos à área de estudo corroboram com os resultados encontrados com índices próximos de erosividade de 13.914 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, obtidos por Oliveira Júnior (1988), e para a cidade de Rondon do Pará (PA), Rosa et al. (2016) obtiveram um índice de 16.390 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹

ano⁻¹. Em Cabaceiras – PB o índice erosivo foi de 11.701,1 MJ mm ha⁻¹ ano⁻¹ Medeiros et al. (2015). A erosividade em Barbalha (CE) foi de 7.849,0 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ Matos (2017), A proximidade entre os valores era esperada em função da similaridade da distribuição anual e comportamento da precipitação

na região norte e leste do Brasil. Valores próximos também foram encontrados em Quedas do Iguaçu (PR) (12.169 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹), por Waltrick (2010), se justificando pela intensidade da precipitação no período estudado. Estudos como o de Fortaleza (CE) (2,2 anos) por Dias et al. (2003) para o município de Conceição do Araguaia (PA) (2,7 anos) por Oliveira Jr. (1996), entre tantos outros

pesquisadores estes estudos vem a corroborar com os resultados da pesquisa em desenvolvimento.

O período de retorno do fator erosividade da chuva do município de Caruaru no ano de 1927 foi de 113444,5 MJmmha⁻¹h⁻¹ano⁻¹ com 9,1 anos com probabilidade de 11%, demais valores erosivos, seu tempo de retorno e suas probabilidades estão exposto na Tabela 3.

Tabela 3- Ano, erosividade (MJmmha⁻¹h⁻¹ano⁻¹), número de ordem, período de retorno T (anos) Probabilidade, Pr (%) de ocorrência e dos valores anuais de erosividade do município de Caruaru no período de 1913 a 2015.

(Continua...)				
Ano	Erosividade (MJmmha ⁻¹ h ⁻¹ ano ⁻¹)	Número de Ordem, m	Período de Retorno, T (anos)	Probabilidade, Pr (%)
1927	113444,5	1	9,1	11,0
1929	74424,0	2	1,3	76,9
1966	66006,4	3	1,5	66,7
1926	55968,1	4	1,8	55,6
1928	54619,1	5	1,9	52,6
1973	45329,3	6	2,2	45,5
1972	43714,3	7	2,3	43,5
1977	38550,1	8	2,6	38,5
2004	36304,4	9	2,8	35,7
1985	34494,3	10	3,0	33,3
1986	34021,4	11	3,0	33,3
1978	31993,2	12	3,2	31,3
2000	30828,4	13	3,3	30,3
1989	30211,3	14	3,4	29,4
1914	29704,9	15	3,5	28,6
1974	29275,9	16	3,5	28,6
1994	28517,9	17	3,6	27,8
1992	27737,6	18	3,7	27,0
2011	25208,7	19	4,0	25,0
1944	22507,4	20	4,6	21,7
2009	21795,0	21	4,7	21,3
2010	21650,6	22	4,8	20,8
1969	21460,4	23	4,8	20,8
1965	21373,2	24	4,8	20,8
1988	21092,1	25	4,9	20,4
1984	20168,0	26	5,1	19,6
2002	19764,5	27	5,2	19,2
1967	19541,7	28	5,3	18,9
1997	19482,5	29	5,3	18,9
1921	18704,8	30	5,5	18,2
1922	18632,1	31	5,6	17,9
1935	18535,3	32	5,6	17,9
1981	18491,9	33	5,6	17,9
2005	18385,8	34	5,6	17,9
1980	17787,9	35	5,8	17,2
1931	17617,2	36	5,9	16,9
1982	17574,6	37	5,9	16,9
1976	17390,6	38	5,9	16,9
1916	17165,3	39	6,0	16,7
1920	16561,1	40	6,2	16,1
1924	15938,6	41	6,5	15,4
1990	15757,4	42	6,0	16,7
1913	15219,3	43	6,8	14,7

(Conclusão)				
Ano	Erosividade (MJmmha ⁻¹ h ⁻¹ ano ⁻¹)	Número de Ordem, m	Período de Retorno, T (anos)	Probabilidade, Pr (%)
1958	14904,0	44	6,9	14,5
2007	14714,5	45	7,0	14,3
1996	14212,8	46	7,3	13,7
1987	13773,8	47	7,5	13,3
1936	13624,5	48	7,6	13,2
1971	13412,3	49	7,7	13,0
1937	13365,8	50	7,7	13,0
1919	13117,6	51	7,9	12,7
2008	13033,9	52	7,9	12,7
2001	12813,1	53	8,1	12,3
1983	12780,0	54	8,1	12,3
1975	12648,4	55	8,2	12,2
1961	12540,4	56	8,2	12,2
1964	12323,1	57	8,4	11,9
1960	11953,8	61	8,7	11,5
1995	11889,3	62	8,7	11,5
1991	11853,1	63	8,7	11,5
2013	11772,8	64	8,8	11,4
1943	10549,7	65	9,8	10,2
1979	10469,4	66	9,9	10,1
1918	10286,7	67	1,0	100,0
1925	9947,8	68	1,0	100,0
1930	9484,9	69	1,0	100,0
1951	8713,6	70	1,1	90,9
1956	8579,4	71	1,2	83,3
1938	8460,1	72	1,2	83,3
1934	7989,9	73	1,3	76,9
1932	7918,2	74	1,3	76,9
2015	7381,3	75	1,4	71,4
1955	7206,8	76	1,4	71,4
1945	6859,9	77	1,5	66,7
2003	6760,8	78	1,5	66,7
1963	6602,0	79	1,5	66,7
1970	6264,5	80	1,6	62,5
1998	6193,6	81	1,7	58,8
2014	6068,0	82	1,7	58,8
1993	5798,9	83	1,7	58,8
1962	5304,9	84	1,9	52,6
1940	5061,8	85	2,0	50,0
1923	4890,3	86	2,1	47,6
1954	4495,2	87	2,3	43,5
1942	4155,5	88	2,5	40,0
1915	4129,4	89	2,5	40,0
1953	4108,6	90	2,5	40,0
1959	4025,8	91	2,5	40,0
1999	3963,4	92	2,6	38,5
1957	3734,0	93	2,7	37,0
1948	3424,7	94	3,0	33,3
1946	3089,5	95	3,3	30,3
1933	3011,3	96	3,4	29,4
1947	3009,0	97	3,4	29,4
1941	2900,2	98	3,5	28,6
1939	2795,1	99	3,7	27,0
2012	2489,7	100	4,1	24,4
1949	2255,6	101	4,6	21,7
1952	1797,8	102	5,7	17,5
1950	1469,3	103	7,0	14,3
1927	113444,5	104	9,1	11,0

Na Figura 2 tem-se a curva do período de retorno da erosividade anual no município de Caruaru no período de 1913 a 2015. O tempo de retorno da erosividade na área de estudo oscila entre 1 a 9 anos. No intervalo erosivo entre 45329,3 a 10469,4 MJmmha⁻¹h⁻¹ano⁻¹ tem-se probabilidade de ocorrências de 10 a 80% conforme Figura 3. A probabilidade de uma ocorrência de erosividade anual igual ou superior ao fator R calculado é de 50% pelo menos uma vez a cada um ano. A leitura dessa curva (Figura 3) permite estimar os períodos de retorno e probabilidades de ocorrência para diferentes valores de erosividade.

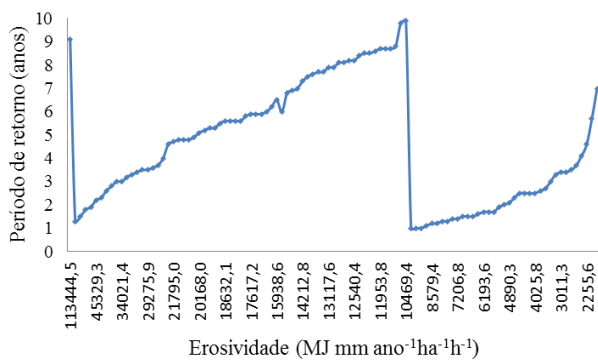


Figura 2- Curva do período de retorno da erosividade anual no município de Caruaru no período de 1913 a 2015.

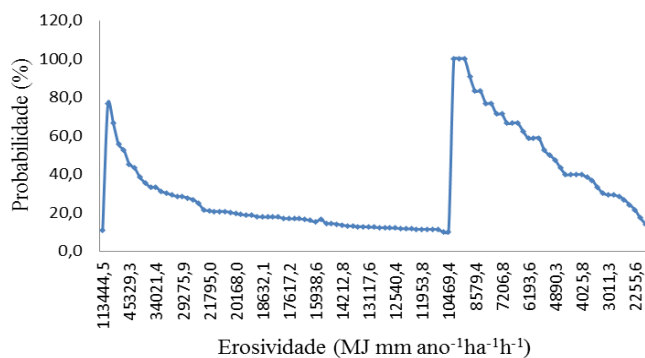


Figura 3- Curva de probabilidade de ocorrência da erosividade anual no município de Caruaru no período de 1913 a 2015.

As análises mensais das distribuições da precipitação e erosão dos meses de janeiro a dezembro do período 1913 a 2015 no município de Caruaru estão representadas nas Figuras de 4 a 17 a seguir.

Entre os anos de 1913 a 2015, no município de Caruaru, o índice pluviométrico médio para o mês de janeiro foi 33,5 mm. O menor índice de precipitação registrou 0,0 mm nos anos 1915, 1916, 1928, 1931, 1958 e 1969. Os anos com precipitação acima de 140 mm

foram 1914, 1944, 1961, 2004, 2010, 2011, sendo o ano de 2004 com maior registro de chuvas com 316,7 mm. Entre 1920 e 1942 os índices pluviômetros registrados foram abaixo da média, com exceção dos anos de 1925 e 1927 cujos índices foram de 42,0 mm e entre os anos de 1945 a 1954 os índices pluviométricos fluíram abaixo da média, o que demonstra que o mês de janeiro a irregularidade em suas oscilações ocorrem interanualmente. As flutuações da erosão do mês de janeiro registrou-se com valores médios de 2597,6 MJ.mm.ha⁻¹ano⁻¹; com valores mínimos de 0,0 MJ.mm.ha⁻¹ano⁻¹ e valores extremos para os anos de 1914, 1944, 1961 e 2004, sendo o ano de 2004 com taxa de erosão mais elevada atingindo 60730,9 MJ.mm.ha⁻¹ano⁻¹. Fica evidente que as altas precipitações desencadeiam um processo acentuado de erosão, elucidando que no mês de janeiro de 2004 com as chuvas muito elevadas desencadearam processo de erosão muito acentuada para o período em conformidade com a Figura 4.

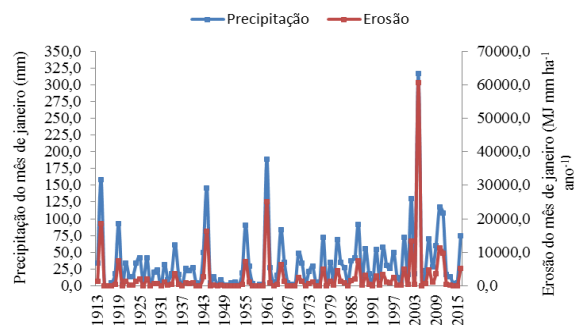


Figura 4- Distribuição da precipitação e erosão no mês de janeiro do período 1913 à 2015 no município de Caruaru.

O índice pluviométrico médio no mês de fevereiro foi 47,5 mm (1913-2015). O menor índice pluviométrico registrou-se nos anos 1914, 1915, 1954, 1957 e 1969. Os anos com precipitação acima de 160 mm foram 1927, 1929, 1936, 1966, 1985, sendo o ano de 1929 com máximo registro de chuvas com 423,3 mm. Entre os anos de 1937 a 1953 os índices fluíram abaixo da média histórica, demonstrando que o mês em estudo tem oscilação interanuais irregulares e de altas variabilidades. A erosão do mês de fevereiro atingiu valores médios de 3152,4 MJ.mm.ha⁻¹ano⁻¹, com valores mínimos de 0,0 MJ.mm.ha⁻¹ano⁻¹ e valores extremos para os anos de 1927, 1929, 1985 sendo o ano de 1929 com taxa de erosão elevada atingindo os 73853,3 MJ.mm.ha⁻¹ano⁻¹. Fica evidente que as altas precipitações

desencadeiam um processo acentuado de erosão Figura 5.

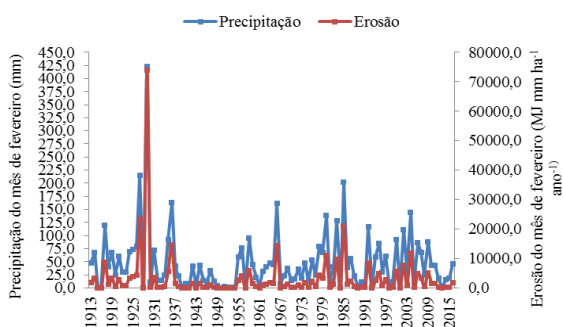


Figura 5- Distribuição da precipitação e erosão no mês de fevereiro do período 1913 à 2015 no município de Caruaru.

Figura 6 tem a variabilidade pluviométrica e erosão do período 1913 e 2015 no município de Caruaru. O índice pluviométrico médio para o mês de março foi 47,5 mm. O menor índice de precipitação registrou 0,0 mm nos anos 1919 e 1954. Os anos com precipitação acima de 160 mm foram 1920, 1926, 1929, 1969, 1981, 1985, 1992, sendo o ano de 1981 com maior registro de chuvas com 303,6 mm. Entre os anos de 1942 a 1954 os índices ficaram abaixo da média. A erosão atingiu valores médios de 2597,5 MJ.mm.ha⁻¹.ano⁻¹, com valores mínimos de 0,0 MJ.mm.ha⁻¹.ano⁻¹ e valores extremos para os anos de 1929, 1969, 1981, 1985, sendo o ano de 1981 com taxa de erosão mais elevada atingindo 32722,7 MJ.mm.ha⁻¹.ano⁻¹.

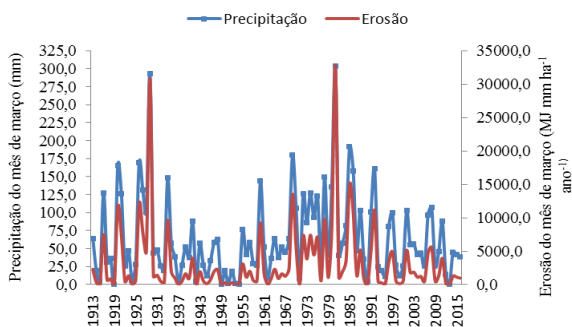


Figura 6- Distribuição da precipitação e erosão no mês de março do período 1913 a 2015 no município de Caruaru.

Figura 7 demonstra que o índice pluviométrico médio para o mês de abril foi 73,4 mm compreendido entre o período de 1913 a 2015. O menor índice precipitável registrado de 0,0 mm ocorreu nos anos 1919 e 1954. Os anos com precipitação superior aos 170 mm foram 1924, 1929, 1966, 1974, 1977, 1985, sendo o ano de 1929 com maior registro de chuvas (275,5 mm). Entre os anos de 1945 a 1956 os índices oscilaram abaixo da média climática. A erosão do mês de abril no período de

1913 a 2015 atingiu valores médios de 3509,805 MJ.mm.ha⁻¹.ano⁻¹, com valores mínimos de 0,0 MJ.mm.ha⁻¹.ano⁻¹ e valores extremos para os anos de 1924, 1929, 1966, 1977, sendo o ano de 1929 com taxa de erodibilidade de 24576,6 MJ.mm.ha⁻¹.ano⁻¹.

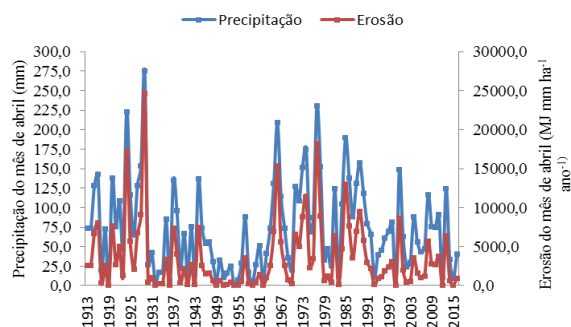


Figura 7- Distribuição da precipitação e erosão no mês de abril do período 1913 a 2016 no município de Caruaru.

O índice pluviométrico médio histórico para o mês de maio foi 80,1 mm conforme representação na Figura 8 destaca-se que os menores anos foram 1919 e 1926 com registrou 0,0 mm. Os anos com precipitação acima da média de 190 mm foram 1927, 1929, 1967, 1972, 1973, 1994, sendo o ano de 1929 com maior registro de chuvas com 321,7 mm. Entre os anos de 1946 a 1953 os índices ficaram abaixo da média. A erosão do mês de maio no período de 1913 a 2015 atingiu valores médios de 3793,173 MJ.mm.ha⁻¹.ano⁻¹, com valores mínimos de 0,0 MJ.mm.ha⁻¹.ano⁻¹ e valores extremos para os anos de 1927, 1929, 1972, 1973, sendo o ano de 1929 com taxa de erosão mais elevada atingindo 29705,0 MJ.mm.ha⁻¹.ano⁻¹.

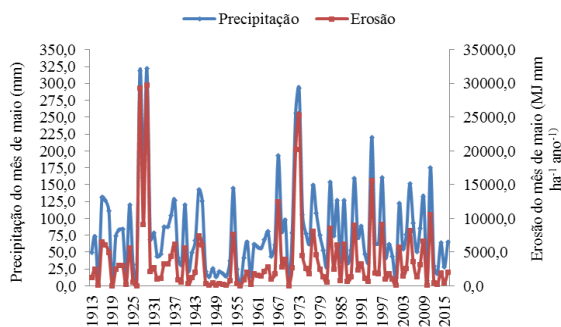


Figura 8- Distribuição da precipitação e erosão no mês de maio do período 1913 a 2015 no município de Caruaru.

Figura 9 entre os anos de 1913 e 2015, no município de Caruaru, o índice pluviométrico médio para o mês de junho foi 92 mm. O menor índice de precipitação registrou 0,0 mm no ano de 1924. Os anos com precipitação acima de 200 mm foram 1926, 1927, 1928, 1951, 1965, 1966, 2010, sendo o ano de 1951 com maior registro de chuvas com 344,4 mm.

Entre os anos de 1945 a 1950, 1954 e 1958 e 1995 a 1999 os índices ficaram muito abaixo média. A erosão do mês de junho com valores médios de 4272,297 MJ.mm.ha⁻¹ano⁻¹, com valores mínimos de 0,0 MJ.mm.ha⁻¹ano⁻¹ e valores extremos para os anos de 1927, 1951, 1966, 2010, sendo o ano de 1952 com taxa de erosão elevada (29663,90 MJ.mm.ha⁻¹ano⁻¹).

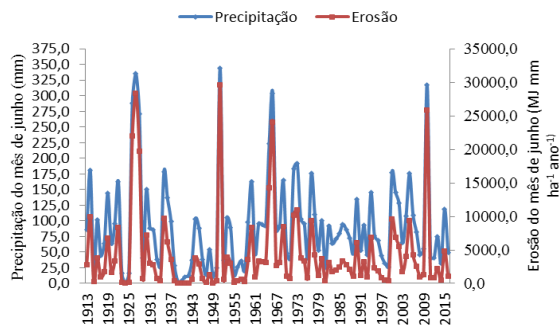


Figura 9- Distribuição da precipitação e erosão no mês de junho do período 1913 a 2015 no município de Caruaru.

Entre os anos de 1913 e 2015, no município de Caruaru, o índice pluviométrico médio para o mês de julho foi 80,5 mm. O menor índice de precipitação registrou 4,3 mm no ano de 1950. Os anos com precipitação acima de 190 mm foram 1926, 1927, 1958, 1966, 1977, sendo o ano de 1927 com maior registro de chuvas com 505,0 mm. Entre os anos de 1945 e 1955 os índices ficaram muito abaixo da média, A erosão do mês de julho no período de 1913 a 2015 atingiu valores médios de 4070,557 MJ.mm.ha⁻¹ano⁻¹, com valores mínimos de 19,3 MJ.mm.ha⁻¹ano⁻¹ e valores extremos para os anos de 1927, 1958, 1966, 1977, sendo o ano de 1927 com taxa de erosão mais elevada atingindo 63697,2 MJ.mm.ha⁻¹ano⁻¹. Figura 10.

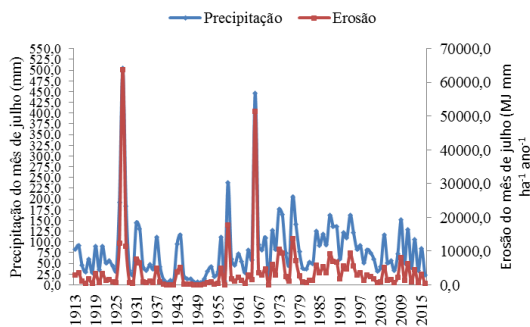


Figura 10- Distribuição da precipitação e erosão no mês de julho do período 1913 a 2015 no município de Caruaru.

O mês de agosto com 42,3 mm de média representativa do período de 1913-2015 para a área de estudo conforme Figura 11. O menor índice pluviométrico registrado foi de 4,7 mm no ano de 1920. Os anos com precipitação acima de 100 mm

foram 1914, 1922, 1926, 1927, 1972, 1984 sendo o ano de 1927 com maior registro de chuvas com 193,7 mm. Entre os anos de 1944 e 1955 os índices ficaram muito abaixo da sua média. A variabilidade erosiva atingiu valores médios de 2337,553 MJ.mm.ha⁻¹ano⁻¹, com valores mínimos de 38,8 MJ.mm.ha⁻¹ano⁻¹ e valores extremos para os anos de 1914, 1926, 1927, 1972, sendo o ano de 1927 com taxa de erosão mais elevada (21591,1 MJ.mm.ha⁻¹ano⁻¹).

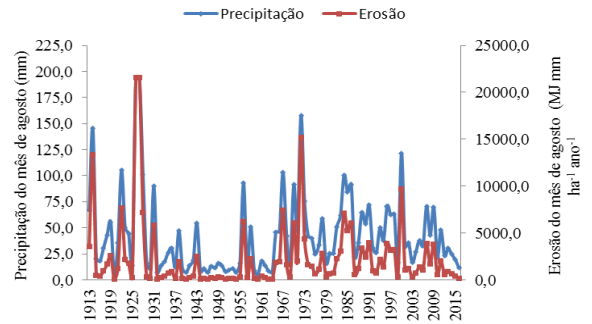


Figura 11- Distribuição da precipitação e erosão no mês de agosto do período 1913 a 2015 no município de Caruaru.

O índice pluviométrico médio para o mês de setembro foi 23,7 mm. O menor índice de precipitação (0,0 mm) ocorreu no ano de 1970. Os anos com precipitação acima de 98 mm foram 1926, 1928, 1972, 1992 sendo o ano de 1928 com maior registro de chuvas (217,5 mm). Entre os anos de 1939 e 1957 os índices ficaram abaixo da média. A erosão do mês de setembro atingiu valores médios de 1789,209 MJ.mm.ha⁻¹ano⁻¹, com valores mínimos de 0,0 MJ.mm.ha⁻¹ano⁻¹ e valores extremos para os anos de 1926, 1928, 1972, sendo o ano de 1928 com taxa de erosão elevada atingindo 43034,8 MJ.mm.ha⁻¹ano⁻¹. Figura 12.

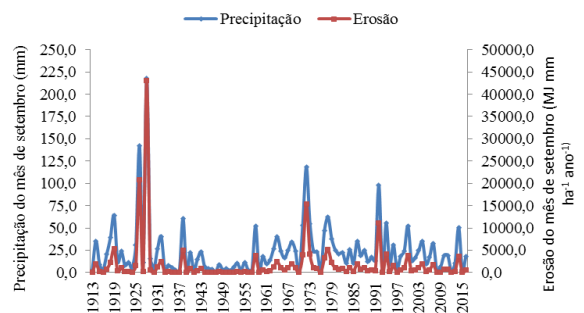


Figura 12- Distribuição da precipitação e erosão no mês de setembro do período 1913 a 2015 no município de Caruaru.

Figura 13 tem as oscilações dos índices pluviométricos médios para o mês de outubro com 8,9 mm. O menor índice de precipitação (0,0 mm) registrou-se nos anos de 1915, 1916, 1921, 1923 a

1925, 1927, 1935, 1954, 1962 a 1964, 1966 a 1968, 1970, 2009. Os anos com precipitação acima de 35 mm foram 1939, 1976, 1980, 2001 sendo o ano de 1976 com maior registro de chuvas (77,1 mm). Entre os anos de 1949 e 1960 os índices ficaram muito abaixo da média. A erosão do mês de outubro em estudo atingiu valores médios de 842,8364 MJ.mm.ha⁻¹ano⁻¹, valores de 0,0 MJ.mm.ha⁻¹ano⁻¹ e valor extremo para o ano de 1976, com taxa de erosão mais elevada atingindo os 17001,1 MJ.mm.ha⁻¹ano⁻¹.

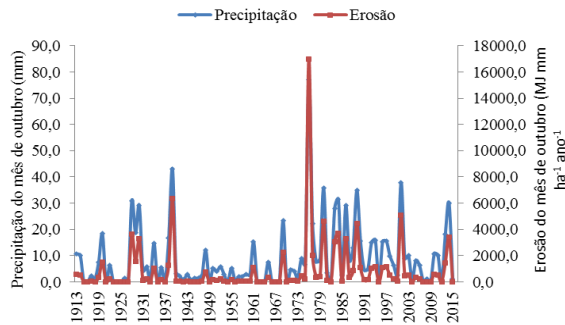


Figura 13- Distribuição da precipitação e erosão no mês de outubro do período 1913 a 2015 no município de Caruaru.

Figura 14 demonstra a variabilidade da precipitação e erosão no município de Caruaru, o índice pluviométrico médio para o mês de novembro foi 12,4 mm. O menor índice de precipitação de 0,0 mm foi registrado nos anos de 1914, 1917, 1918, 1920, 1925, 1936, 1957, 1962 a 1965, 1967, 1968, 1970, 1972, 1999, 2008, 2010, 2012. Os anos com precipitação acima de 70 mm foram 1926, 1949, 1976, sendo o ano de 1949 com maior registro de chuvas (121 mm). Entre os anos de 1954 e 1965 os índices ficaram muito abaixo da média. A erosão do mês de novembro no período de 1913 a 2015 atingiu valores médios de 1267,049 MJ.mm.ha⁻¹ano⁻¹, com valores mínimos de 0,0 MJ.mm.ha⁻¹ano⁻¹ e valores extremos para os anos de 1926, 1949, 1976, sendo o ano de 1949 com taxa de erosão mais elevada atingindo 27589,6 MJ.mm.ha⁻¹ano⁻¹. Fica evidente que as altas precipitações desencadeiam um processo acentuado de erosão, elucidando que no mês de novembro de 1949 com as chuvas muito elevadas desencadearam processo de erosão muito acentuada para o período.

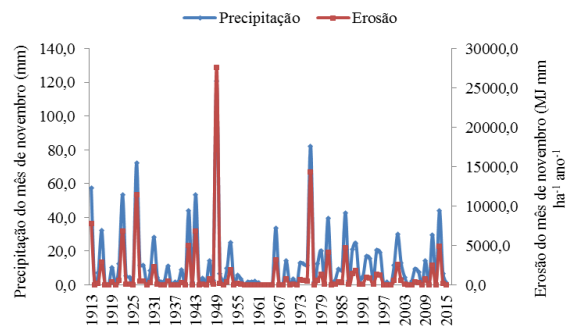


Figura 14- Distribuição da precipitação e erosão no mês de novembro do período 1913 a 2015 no município de Caruaru.

A variabilidade dos índices pluviométricos médio para o mês de dezembro foi 15,9 mm. O menor índice de precipitação (0,0 mm) ocorreu nos anos de 1919, 1923, 1975, 1935, 1940, 1970, 1971, 2002, 2011, 2014. Os anos com precipitação acima de 60 mm foram 1920, 1925, 1989, 2005, sendo o ano de 1989 com maior registro de chuvas com 136,5 mm. Entre os anos de 1947 e 1954 e entre os anos de 1956 e 1972 os índices ficaram muito abaixo da média histórica. A erosão do mês de dezembro no período de 1913 a 2015 atingiu valores médios de 1417,7 MJ.mm.ha⁻¹ano⁻¹, com valores mínimos de 0,0 MJ.mm.ha⁻¹ano⁻¹ e valores extremos para os anos de 1920, 1989, 2005, sendo o ano de 1989 com erodibilidade elevada (27394,7 MJ.mm.ha⁻¹ano⁻¹)

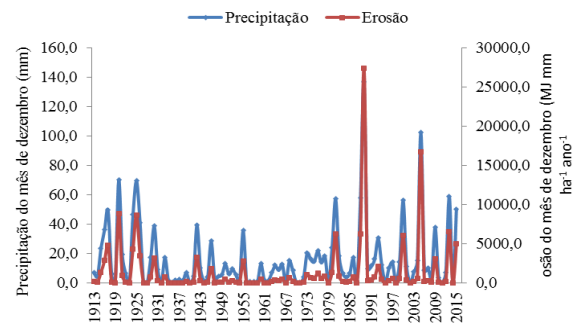


Figura 15- Distribuição da precipitação e erosão no mês de dezembro do período 1913 a 2015 no município de Caruaru.

Na Figura 16 tem-se a variabilidade da precipitação e erosão anual do período de 1913 a 2015, As variabilidades dos índices de precipitação e erosão anual são proporcionalmente as suas oscilações, estas variabilidades esta relacionadas com a quantidade dos índices pluviométricos ocorridos e registrados, assim como dos fatores sinóticos atuantes em cada ano de estudo.

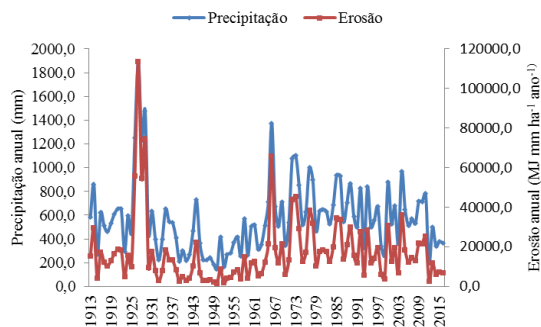


Figura 16- Distribuição da precipitação e erosão anual do período 1913 a 2015 no município de Caruaru.

Figura 17 tem-se distribuição da precipitação e erosão do período 1913 a 2015 no município de Caruaru onde observa-se que nos meses de março a julho a precipitação e erodibilidade são as elevadas e conhece com o período chuvoso. Nos meses de setembro a dezembro registram-se os menores índices pluviométricos e de erodibilidade. O mês de junho é o de máxima precipitação e erosão.

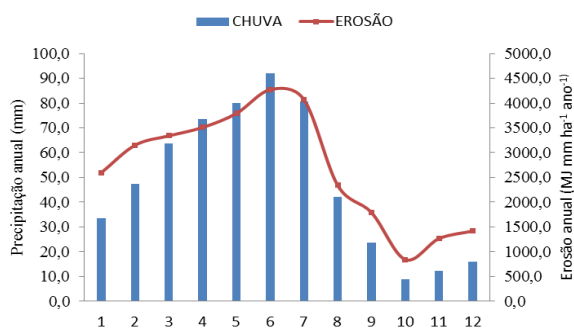


Figura 17- Distribuição da precipitação e erosão do período 1913 a 2015 no município de Caruaru.

A metodologia adotada por Rosa et al. (2016), onde foram determinados os índices de erosividade da chuva, seguidos dos seus períodos de retorno e probabilidade de ocorrência e sua correlação com o coeficiente de chuva local, corroboraram com os resultados aqui apresentados.

4. Conclusões

A adoção de técnicas de manejo adequadas para as pastagens, à erradicação dos solos expostos e o rearranjo dos locais de produção da agricultura temporária atenuariam muito os impactos ambientais negativos diretos e indiretos;

A metodologia utilizada no artigo se mostrou eficiente frente aos objetivos do trabalho, que buscou trazer uma alternativa para a avaliação da erosividade em situações de carência de dados horários e diários de precipitação.

Os usos do solo aceleraram os processos erosivos e, devido a isto, há predomínio da morfogênese em detrimento da pedogênese as quais necessitam de readequação do uso do solo. Essa readequação pode ocorrer tanto pela modificação do uso e ocupação do solo quanto através de práticas mecânicas de conservação do solo;

O principal agente erosivo no município de Caruaru é o uso, ocupação do solo e práticas conservacionistas, pois as classes de agricultura e solo exposto que predominam a área de estudo são utilizadas sem muitas técnicas;

Os fatores de erosividade das chuvas, erodibilidade dos solos e grau de declive e comprimento de rampa apresentaram baixa influência no resultado de perdas médias anuais de solo por erosão laminar durante o período estudado.

Referências

- Alvares, C.A., Stape, J.L., Sentelhas, P.C., Gonçalves, J.L.M., Sparovek, G., 2014. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift* 22, 711–728.
- Andrade, A.G., Freitas, P.L., Landers, J., 2010. Aspectos Gerais Sobre o Manejo e Conservação do Solo e da Água e as Mudanças Ambientais, in: Prado, R.B., Turetta, A.P.D., Andrade, A.G. (Org.), *Manejo e Conservação do Solo e da Água no Contexto das Mudanças Ambientais*. EMBRAPA Solos, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Rio de Janeiro.
- APAC. Agência Pernambucana de água e clima, 2017. Recife.
- Aquino, R., Silva, M.L.N., Freitas, D.A.F., Curi, N., Mello, C.R., Avanzi, J.C., 2012. Spatial variability of the rainfall erosivity in southern region of Minas Gerais state, Brazil. *Ciência e Agrotecnologia* 36, 533-542.
- Barbosa, G S., Iost, C., Schiessl, M.A., Maciel, G.F., 2000. Estimativa da erosividade da chuva (R) na Bacia Hidrográfica do rio Manoel Alves Grande localizado no cerrado tocantinense. Congresso brasileiro de meteorologia, Belém.
- Bazzano, M.G.P., Eltz, F.L.F., Cassol, E.A., 2007. Erosividade, coeficiente de chuva, padrões e período de retorno das chuvas de Quaraí, RS.

- Revista Brasileira de Ciência do Solo 31, 1205-1217.
- Bertoni, J., Lombardi Neto, F., 1999. Conservação do Solo. Ícone, São Paulo.
- Bertoni, J., Lombardi Neto, F., 2008. Conservação do Solo. 6. ed. São Paulo, Ícone.
- Bertoni, J. Lombardi Neto, F. Conservação do solo. 2. E. São Paulo: Ícone, 2012. 355p.
- Colodro, G., Carvalho, M.P., Roque, C.G., Prado, R.M., 2002. Erosividade da Chuva: Distribuição e correlação com a precipitação pluviométrica de Teodoro Sampaio (SP). Revista Brasileira de Ciência do Solo 26, 809-818.
- Caram, R.O., 2007. Reconstrução de séries e análise geoestatística da precipitação no Estado de Minas Gerais. Dissertação (Mestrado). Viçosa, UFV.
- Carvalho, D.F., Cruz, E.S., Pinto, M.F., Silva, L.D.B., Guerra, J.G.M., 2010. Características da chuva e perdas por erosão sob diferentes práticas de manejo do solo. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 13, 3-9.
- Cassol, E.A., Eltz, F.L.F., Martins, D., Lemos, A.M., Lima, V.S., Bueno, A.C., 2008. Erosividade, padrões hidrológicos, período de retorno e probabilidade de ocorrência das chuvas em São Borja, RS. Revista Brasileira de Ciência do Solo 32, 1239-1251.
- CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, 2005. Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea Diagnóstico do Município de Caruaru Estado de Pernambuco.
- Dias, A.S., Silva, J.R.C., 2003. A Erosividade das chuvas em Fortaleza (CE). I – distribuição, probabilidade de ocorrência e período de retorno – primeira aproximação. Revista Brasileira de Ciência do Solo 27, 335-345.
- Freitas, D.A.F., Silva, M.L.N., Castro, N.E.A., Cardoso, D.P., Dias, A.C., Carvalho, G.J., 2012. Modelagem da proteção do solo por plantas de cobertura no sul de Minas Gerais. Agroambiente 6, 117-123.
- Fushita, A.T., Camargo-Bortolin, L.H.G., Arantes, E.M., Moreira, M. A.A., Cançado, C.J., Lorandi, R., 2011. Fragilidade ambiental associada ao risco potencial de erosão de uma área da região geoeconômica médio Mogi Guaçu superior (SP). Revista Brasileira de Cartografia 63, 609-618.
- Gonçalves, J.H., Sampaio, A.R., Jesus, J.D.A., Leão, R., 2008. GEOBANK.
- Hickmann, C., Eltz, F.L.F., Cassol, E.A., Cogo, C.M., 2008. Erosividade das chuvas em Uruguaiana, RS, determinada pelo Índice EI30, com base no período de 1963 a 1991. Revista Brasileira de Ciência do Solo 32, 825-831.
- Hudson, N., 1971. Soil Conservation. Cornell Univ. Press, New York.
- Köppen, W., Geiger, R., 1928. Klimate der Erde. Gotha: Verlagcondicionadas. Justus Perthes.
- Lombardi Neto, F., 1977. Rainfall erosivity – Its distribution and relationship with soil loss at Campinas, Brasil.. Dissertação (Mestrado). West Lafayette, Purdue University.
- Mannaerts, C.M., Gabriels, D., 2000. Rainfall erosivity in Cape Verde. Soil and Tillage Research 55207-212.
- Matos, R.M., Silva, P.F., Medeiros, R.M., Saboya, L.M.F., Borges, V.E., Galvao S.T., 2017. Erosividade da chuva no período de 1973 a 2013 no município de Barbalha – CE. Revista Brasileira de Geografia Física 10, 641-649.
- Medeiros, R.M., Holanda, R.M., Viana, M.A., Silva, V.P., 2018. Climate classification in Köppen model for the state of Pernambuco – Brazil. Revista de Geografia 35, 219-234.
- Medeiros, R.M., 2016. Planilha eletrônica para preenchimento de falhas pluviiais pelo método da média ponderada pelo inverso da distância ao quadrado.
- Medeiros, R.M., Santos, D., 2015. Balanço hídrico e erosividade em função das mudanças climáticas no Estado da Paraíba. Revista Brasileira de Geografia Física 8, 327-340.
- Medeiros, R.M., Matos, R.M., Silva, P.F., Saboya, L.M.F., 2015. Cálculo do balanço hídrico e da erosividade para o município de Cabaceiras-PB. Enciclopédia Biosfera 11, 2894.
- Medeiros, R.M., Santos, D.C., Santos, D.C., Rafaela, R.A., 2014. Estimativa da erosividade da chuva em São João do Cariri- PB. Encontro Internacional da Governança da Água Governança da Água e Mudanças Climáticas.
- Menezes, M.D., Leite, F.P., 2011. Avaliação e espacialização da erosividade da chuva no Vale do Rio Doce, região centro-leste de Minas Gerais. Revista Brasileira de Ciência do Solo 34, 1029-1039.
- Moulin, G.D., 2005. Técnicas de entropia e de geoestatística no dimensionamento de redes pluviométricas. Dissertação (Mestrado). Vitória, UFES.
- Needelman, B.A., 2013. What are Soils?. Nature [online] 4.
- Oliveira JR., R.C., 1996. Índice de erosividade das chuvas na região de Conceição do Araguaia, Pará. EMBRAPA-CPATU, Belém. (Boletim de Pesquisa, 165).
- Oliveira Jr., R., Medina, B.F., 1990. A erosividade das chuvas em Manaus (AM). Revista Brasileira de Ciência do Solo 14, 235-239.
- Pires, F.R., Souza, C.M., 2013. Práticas Mecânicas de Conservação do Solo e da Água. 3. ed. Editora UFV, Viçosa.

- Rosa, A.G., Sousa, A.M.L., Costa, J.A., Souza, E.B., 2016. Erosividade da chuva em Rondon do Pará, PA, Brasil de 1999 a 2015 e projetada para 2035. *Revista Ambiente & Água* 11, 1006-1021.
- Ross, J.L.S., 1994. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. *Revista do Departamento de Geografia - USP* 8, 63-74.
- Ross, J.L.S., 2012. Landforms and environmental planning: potentialities and fragilities. *Revista do Departamento de Geografia - USP volume especial de 30 anos*, 38-51.
- Schwab, G.O., Fangmeier, D.D., Elliot, W.J., Frevert, R.K., 1981. *Soil and water conservation engineering*. 3. ed. John Wiley & Sons, New York.
- Tricart, J., 1977. *Ecodinâmica*. FIBGE/SUPREN, Rio de Janeiro.
- Tucci, C.E.M., 2001. *Hidrologia: ciência e aplicação*. 2. ed. Ed. Universidade/UFRGS: ABRH, Porto Alegre.
- Waltrick, P.C., 2010. Erosividade de Chuvas do Paraná: atualização, influência do “El Niño” e “La Niña” e estimativa para cenários climáticos futuros. *Dissertação (Mestrado)*. Curitiba, UFPR.
- Weill, M.A.M., Sparovek, G., 2008. Estudo da erosão na microbacia do Ceveiro (Piracicaba, SP). I – Estimativa das taxas de perda de solo e estudo de sensibilidade dos fatores do modelo EUPS. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 32, 801-814.
- Wischmeier, W.H., Johnson, C.B., Cross, B.V., 1971. A soil erodibility nomograph for farmaland and construction sites. *Journal of Soil and Water Conservation*, Ankeny 26, 189-193.
- Wischmeier, W.H., Smith, D.D., 1978. *Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning*. USDA, Washington.
- Wischmeier, W.H., Smith, D.D., 1958. Rainfall energy and its relationship to soil loss. *Transactions of the American Geophysical Union* 39, 285-291.