RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

SANTA FILOMENA – PIAUÍ, BRASIL E SUAS VARIABILIDADES EROSIVAS POR METODOS DIFERENCIADOS

SANTA FILOMENA – PIAUÍ, BRAZIL AND ITS EROSIVE VARIABILITY BY DIFFERENTIATED METHODS

Raimundo Mainar de Medeiros[1], Manoel Vieira de França[2], Fernando Cartaxo Rolim Neto[3], Romildo Morant de Holanda[4], Luciano Marcelo Falle Saboya[5], Wagner Rodolfo de Araújo[6]

Submetido em: 11/08/2021 e28642
Aprovado em: 21/09/2021 https://doi.org/10.47820/recima21.v2i8.642

RESUMO
Objetiva-se analisar as variabilidades dos índices de aridez e suas classificações climáticas com nível de susceptibilidade; estimativa das perdas anuais de solo através da equação universal e dos fatores erosividade e avaliar os impactos dos elementos estudados e suas possíveis mudanças do clima e erosivas. O método do índice de aridez foi determinado pela geração do balanço hídrico, utilizando-se da temperatura média estimada e da precipitação para o período de 1960-2017. Para o computo do fator erosividade utilizou-se das equações propostas por Wischmeier et al. (1971) e Wischmeier e Smith (1958, 1978). Além da realização da classificação quanto ao nível de susceptibilidade à desertificação com o auxílio do uso do Índice de Aridez. Áreas identificadas com vulnerabilidade à desertificação, em razão do índice de aridez menor, podem não estar localizadas na área degradada, e áreas que apresentam um maior índice de aridez e não são advertidas como processos de vulnerabilidade podem encontrar-se degradadas a ponto de serem consideradas áreas desertificadas. Esta variabilidade poderá ocorrer devido ao uso inadequado do solo e do ambiente. O período de 1960 a 2017 foi estudado visando determinar com maior segurança os dados dos níveis de suscetibilidade e classificações climáticas com maior precisão para determinar a existência ou não de áreas com desertificação. Nesse sentido, quanto maior a precipitação, maior será o índice de aridez, e diante da desertificação, menor será a susceptibilidade. O índice de aridez calculado no balanço hídrico mostra ampla oscilação espacial interanual e intermunicipal, entretanto os índices de aridez estão acima dos valores estabelecidos para a desertificação.

PALAVRAS-CHAVE: Monitoramento pluvial e erosivo. Variabilidade climática. Impactos dos elementos

ABSTRACT
The objective is to analyze the variability of aridity indices and their climatic classifications with level of susceptibility; estimation of annual soil losses through the universal equation and erosivity factors and evaluating the impacts of the studied elements and their possible climate and erosive changes. The aridity index method was determined by generating the water balance, using the estimated average temperature and precipitation for the period 1960-2017. To compute the erosivity factor, the equations proposed by Wischmeier et al. (1971) and Wischmeier and Smith (1958, 1978). In addition to carrying out the classification regarding the level of susceptibility to desertification with the help of the use of the Aridity Index. Areas identified as vulnerable to desertification, due to the lower aridity index, may not be located in the degraded area, and areas that present a higher aridity index and are not warned as vulnerability processes may be degraded to the point of being considered desertified areas. This variability can occur due to inadequate use of the soil and the environment. The period from 1960 to 2017 was studied in order to determine with greater certainty the data on the levels of susceptibility and climate classifications with greater precision to determine the existence or not of areas with desertification. In this sense, the greater the precipitation, the greater the aridity index, and in the face of desertification, the lesser the susceptibility.

[1] Pós-doutorado pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).
[2] Prof. MSc pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).
[3] Prof. Dr. pela Universidade Federal de Rural de Pernambuco (UFRPE).
[4] Prof. do Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).
[5] Prof. Dr. pela Universidade Federal de Campina Grande.
[6] Graduando em Geografia pela Universidade Estácio de Sá – Recife.

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

The aridity index calculated in the water balance shows wide interannual and intermunicipal spatial oscillation, however the aridity indices are above the values established for desertification.

***KEYWORDS**: Pluvial and erosive monitoring. Dlimate variability. Element impacts*

INTRODUÇÃO

O monitoramento pluvial é preocupação global e por isso políticas de previsão dos totais de chuva vêm sendo adotadas em todo o mundo visando o armazenamento e represamento de água das chuvas. Nesse sentido, diversos mecanismos de alerta quanto à escassez ou excesso dos recursos hídricos tornam-se cada vez mais comuns, especialmente para o setor avícola e agropecuário. Pesquisas elaboradas por Sun et al. (2014) enfatizam evidências entre a distribuição das variáveis meteorológicas e os modos de variabilidade climática em diferentes regiões do globo terrestre.

Para os autores Souza (2011); Alves et al. (2011) e Silva et al. (2007) o prévio conhecimento do procedimento do regime pluvial em escalas mensais e anuais, em termos de intensidade, duração e distribuição, assim como sobre informações do excedente e deficiência hídrica local e regional são dados valiosos, os quais condicionam o tipo de vegetação natural de determinada região, o tipo de exploração agrícola a ser desenvolvida, potencializa a agricultura não irrigada, influencia o ciclo hidrológico, e permite entrever soluções para problemas hídricos.

A chuva de fraca intensidade é de grande importância para a agricultura, pois ela é mais propícia para manter a umidade do solo, se esta chuva reduz, o solo vai ficando cada vez mais seco, sem vegetação, se tornando desprotegido. Isto confirma a situação pela qual a região passa, pois está incluída numa área que apresenta alta susceptibilidade à desertificação, de acordo com o Relatório do Programa nacional de combate à desertificação.

O conhecimento das variáveis climáticas é de suma importância para o desenvolvimento das atividades humanas e mesmo para sua sobrevivência, principalmente em áreas com notável variação climática. Nesse cenário, insira-se o Nordeste do Brasil (NEB) que tem como elemento mais marcante de sua paisagem o regime de chuvas ocorrendo irregularmente com sua distribuição no espaço e no tempo. Tal fato gera concentração de chuvas em 4 a 5 meses ao longo do ano, ficando o restante com baixa ou ausência de chuvas. Cita-se, ainda, que a região apresenta altas temperaturas médias e totais de evapotranspiração elevado, e como expressivo déficit hídrico.

Medeiros (2014) demonstrou que a variação espacial das variáveis meteorológicas: deficiência hídrica, excedente hídrico e dos índices de Aridez, Umidade e Hídrico em função da capacidade d'água disponível (CAD's) nos níveis de 75, 100, 125 e 150 mm realizados pelo método do BHC proposto por Thornthwaite e Mather (1948, 1953) não são iguais no Estado do Piauí. Através dessa análise verificou-se que ocorreram pequenas oscilações nestas variáveis em função das CAD's estudadas, comprovadas pela variabilidade espaço temporal dos índices pluviométrico juntamente com a alta oscilação da evapotranspiração potencial.

Tavares et al. (2016) estudando a desertificação no município de São João do Cariri/PB faz uma análise das vulnerabilidades socioeconômicas e ambientais, revelando a inter-relação entre a

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

vulnerabilidade das famílias rurais com o fenômeno de desertificação. Obtiveram os resultados a vulnerabilidade social, de 44,85% que é considerado alto, vulnerabilidade econômica foi 13,05%, que é considerado baixo. Em relação às vulnerabilidades tecnológicas e às secas, os valores encontrados foram, respectivamente, 30,03% e 17,68% considerados moderados. A análise das vulnerabilidades socioeconômicas e ambientais em São João do Cariri permitiu diagnosticar a suscetibilidade das famílias frente ao fenômeno da desertificação.

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

Os impactos causados pela erosão hídrica são o empobrecimento do solo devido à 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, segundo os autores Bertoni et al. (2012) e Pires et al. (2013). Ainda de acordo com Pires et al. (2013) a erosão do solo é analisada como um processo de origem natural com a finalidade de formação da paisagem e renovação do solo.

Objetiva-se em Analisar as variabilidades dos índices de aridez e suas classificações climáticas com nível de susceptibilidade; estimativa das perdas anuais de solo através da equação universal e dos fatores erosividade e avaliar os impactos dos elementos estudados e suas possíveis mudanças do clima e erosivas.

MATERIAL E MÉTODO

O município localiza-se na microrregião de Alto Parnaíba Piauiense compreendendo uma área de 5.369 km^2, tendo limites com os municípios de Ribeiro Gonçalves e o estado do Maranhão a norte, a sul com Gilbués, a oeste com municípios do estado do Maranhão e, a leste, com Gilbués, Baixa Grande do Ribeiro e Ribeiro Gonçalves. A sede municipal tem as coordenadas geográficas de 09º06'44'' latitude sul e 45º55'20'' longitude oeste de Greenwich com altitude média de 277 metros acima do nível do mar.



Figura 1. Localização Geográfica do município de Santa Filomena – PI - Fonte: Medeiros (2021)

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

Os fatores provocadores e/ou inibidores de chuva que se apresentam em predominância para o município de Santa Filomena são as formações de linhas de instabilidade transportadas pelos ventos alísios de Sudeste/Nordeste, troca de calor, vestígios de frentes frias quando das suas penetrações mais ativas, formações de aglomerados convectivos, contribuições das formações dos vórtices ciclônicos em alto nível, Zona de Convergência do Atlântico Sul, orografia e os efeitos locais. São fatores que aumentam o transporte de vapor d'água e umidade e consequentemente a cobertura de nebulosidade, conforme citação de Medeiros (201). (Figura 2).

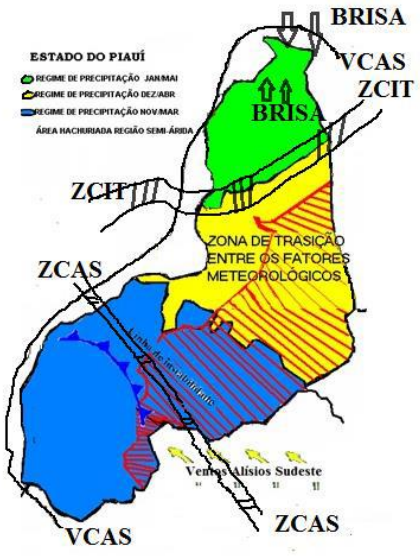

Figura 2. Regimes pluviais e principais fatores provocadores de chuva no estado do Piauí.
Fonte: Medeiros (2016)

Normalmente as chuvas têm intensidade moderada (de tempo regular por volta de sete a oito horas de chuvas descontínuas diárias), seguidas de irregularidade devido as falhas dos sistemas meteorológicos atuantes. Salienta-se que a ocorrência de períodos de veranicos (ocorrências de vários dias consecutivos sem chuva durante o período chuvoso) no quadrimestre (dezembro, janeiro, fevereiro, março) é esperada. Sua magnitude é variada dependendo da época e dos fatores meteorológicos desativados. Tem-se registrado ocorrências com períodos de veranicos superiores a dezenove (19) dias mensais no intervalo de tempo ocorrido dentro do quadrimestre. O período chuvoso inicia-se no mês de outubro com chuvas de pré-estação (chuvas que ocorrem antes do período chuvoso) e prolonga-se até o mês de abril, em anos atípicos, durante o mês de maio ocorrem chuvas acima do padrão normal. O quadrimestre chuvoso centra-se nos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março. O quadrimestre seco registra-se nos meses de junho, julho, agosto e setembro, de acordo com Medeiros (2016).

Segundo a classificação climática por Köppen (1928; 1931), Santa Filomena tem o clima tipo Aw, tropical quente e úmido, com chuvas no verão e seca no inverno, conforme classificação de Alvares et al. (2014). A classificação climática, segundo o modelo de Thornthwaite & Mather (1948; 1955) para o cenário

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

seco é do tipo semiárido, no cenário regular tem-se o clima Subúmido, para os cenários chuvoso e médio predominam o clima Subúmido.

Na metodologia foram utilizados dados de precipitações médias mensais e anuais adquiridos do banco de dados da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) e Empresa de Assistência Técnica do estado do Piauí (EMATERPI, 2017) para o período de 1960 a 2017.

O balanço hídrico climatológico (BHC) utilizado calcula a disponibilidade de água no solo para os diversos tipos de cultivo. Contabiliza a precipitação perante evapotranspiração potencial, levando em consideração a capacidade de campo de armazenamento de água no solo (CAD). O modelo utilizado para determinar o balanço hídrico foi o proposto por Thornthwaite (1948; 1955) e efetivado a sua estrutura de cálculo por planilhas eletrônicas em conformidade com Medeiros (2016). O cálculo do BHC foi realizado apenas com dados de precipitação média e temperatura média mensal do ar com capacidade de água disponível (CAD) de 100 mm.

Utilizaram-se dos valores da temperatura média do ar estimadas pelo software Estima_T (Cavalcanti e Silva, 1994; Cavalcanti et al., 2006). O Estima_T é um software para fazer estimativas de temperaturas do ar na Região Nordeste do Brasil. A referida região foi dividida em três áreas: sendo a área 1 que compreende os estados do Maranhão e Piauí; a área 2 específica para os estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco e a área 3 para os estados da Alagoas; Sergipe e Bahia. Para todas as regiões (1, 2 e 3) determinaram-se os coeficientes da função quadrática para as temperaturas média, máxima e mínima mensal em função das coordenadas locais: longitude, latitude e altitude de acordo com os autores Cavalcanti e Silva (2006) dada por:

$$T = C_0 + C_1\lambda + C_2\emptyset + C_3h + C_4\lambda^2 + C_5\emptyset^2 + C_6h^2 + C_7\lambda\emptyset + C_8\lambda h + C_9\emptyset h$$

Em que:
C_0, C_1,...., C_9 são as constantes;
λ, λ^2, λ Ø, λ h longitude;
Ø, $\emptyset^2$, λ Ø latitude;
h, h^2, λ h, Ø h altura.

Também estimaram a série temporal de temperatura, adicionando a esta à anomalia de temperatura do Oceano Atlântico Tropical (Silva et al., 2006).

$$T_{ij} = T_i + AAT_{ij} \qquad i= 1,2,3,...,12 \qquad j= 1950, 1951, 1952,....2015$$

Em que:
i= 1,2,3,...,12

j= 1950, 1951, 1952, 1953...2015.

Elaboraram planilha eletrônica com os respectivos dados mensais e anuais de temperatura, realizaram-se os preenchimentos de falhas seguidamente de suas homogeneizações e consistências. Para determinar o fator erosividade utilizou-se da equação proposta por Wischmeier et al. (1971) e Wischmeier e Smith (1958, 1978) definida como:

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

$$EI_{30} = 67{,}355\left(\frac{r^2}{P}\right)e^{0{,}85}$$

sendo:
EI_{30} a média mensal do índice de erosividade das chuvas (MJ. mm $ha^{-1}.h^{-1}$);
r a precipitação média mensal (mm); e
p a precipitação média anual (mm).

O fator R (erosividade das chuvas) permite a avaliação do potencial erosivo das precipitações de determinado local, sendo possível conhecer a capacidade e o potencial da chuva em causar erosão no solo, para que assim se faça um manejo adequado e ocupação correta do mesmo conforme comentários dos autores Barbosa et al. (2010) e Menezes et al. (2011). O cálculo desse fator é o somatório dos valores mensais da erosividade, conforme a equação:

$$R = \sum_{1}^{12} EI_{30}$$

CÁLCULO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL (ETP)

Outra maneira de estimar a evapotranspiração potencial (ETP) utilizada na metodologia requer apenas dados de temperatura média mensal do ar e da insolação máxima expresso em mm/mês. Define-se a ETP da seguinte forma, de acordo com Thornthwaite e Mather (1948; 1953).

$$(\mathrm{ETP})\mathrm{j} = \mathrm{Fj}\,.\,\mathrm{Ej}$$

Onde:
Ej representa a evapotranspiração potencial (mm/dia) não ajustada e resumida da seguinte forma:

$$Ej = 0{,}553\,(\frac{10.Tj}{I})^{a}$$

Em que:
Tj representa a temperatura média mensal do ar do mês (°C);
I é o índice anual de calor definido através de:

$$\mathrm{I} = \sum_{j=1}^{12} ij$$

Sendo, o índice térmico de calor no mês dado por:

$$ij = (\frac{Tj}{5})^{1{,}514}$$

Por fim, o expoente “a” é uma função cúbica desse índice anual de calor, expresso da seguinte forma:

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

$$a = 6{,}75x10^{-7} - 7{,}71x10^{-5}I^2 + 1{,}79x10^{-2}\,I + 0{,}49$$

O fator de correção é definido em função do número de dias do mês Dj (em janeiro, Dj= 31; em fevereiro Dj=28; etc.) e da insolação máxima no dia 15 do mês J (Nj), considerado representativo da média desse mês, definido por:

$$Fj = \frac{Dj.Nj}{12}$$

Para o cálculo da insolação máxima do dia 15, utilizou-se a seguinte expressão:

$$Nj = \left(\frac{2}{15}\right)[\text{arc.}\cos(-tag\emptyset.tag\delta)]$$

Onde:
Ø Latitude do local;
δ Declinação do Sol em graus, para o dia considerado; definido por:

$$\delta = 23{,}45^0 sen[360(284 + \text{d})/365]$$

Em que,
"d" é o número de ordem, no ano do dia considerado (dia Juliano).

A estimativa da evapotranspiração potencial só é válida para valor de temperatura média do ar do mês inferior a 26,5°C. Quando a temperatura média desse mês for igual ou superior a 26,5°C, Thornthwaite e Mather (1948, 1953) assumiu que Ej independe do índice anual de calor e utiliza-se para sua estimativa uma tabela apropriada.

ÍNDICE DE ARIDEZ

O índice de aridez (IA) foi calculado usando a fórmula sugerida pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP – United Nation Environment Program, UNEP, 1992), que tem sido utilizado para classificação de terras susceptíveis aos processos de desertificação, cuja equação é dada por:

$$IA = \frac{\text{Pr}}{ETP}$$

Onde:
Pr é a precipitação média anual (mm ano^{-1})
ETP é evapotranspiração potencial média anual (mm ano^{-1}).

Dessa forma, o IA foi calculado para o município em estudo com os dados de precipitação mensal e anual e os dados de temperatura média do ar, sendo calculada a evapotranspiração média mensal, pelo método do balanço hídrico climático em conformidade com Thornthwaite (1948,1953). Utilizou-se, portanto da planilha eletrônica desenvolvida por Medeiros (2015) para cálculo do balanço hídrico. A classificação

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

climática de uma determinada localidade tem que estar de acordo com os valores do IA demonstrada na Tabela 1.

Tabela 1. Classificação climática conforme valores do índice de aridez (IA).

Tipos de Clima	Índice de aridez (IA)
Hiperárido	IA≤0,03
Árido	0,03<IA≤0,2
Semiárido	0,2<IA≤0,5
Subúmido seco	0,5<IA≤0,65
Subúmido	0,65<IA≤1,0
Úmido	IA>1,0

O grau da desertificação está associado à suscetibilidade de acordo com o índice IA, acrescentado do rigor do período de estiagens, pressão demográfica e tipo de uso dos recursos naturais, e ainda o nível de desenvolvimento do país e qualidade de medidas preventivas (FAO, 1967). Conhecendo-se as séries históricas meteorológicas de precipitação e de temperatura média e do IA, pode-se caracterizar a disponibilidade da água e o planejamento para o uso. É possível também destacar os períodos anuais que serão críticos, com perdas ou excedentes hídricos em conformidade com Souza et al. (2014).

Tabela 2. Classificação quanto ao nível de susceptibilidade à desertificação com o auxílio do uso do Índice de Aridez.

Nível de susceptibilidade à desertificação	Índice de Aridez
Superior à moderada	IA>0,65
Moderada	0,51 < IA < 0,65
Alta	0,21< IA < 0,50
Muito alta	0,05< IA < 0,20
Inferior a muito alta	IA<0,05

Fonte: Matallo Júnior (2001).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Figura 3 tem-se a distribuição da precipitação média anual e histórica para a área municipal de Santa Filomena - PI no período de 1960-2017. Com chuvas irregulares e de alta variabilidade interanual a área em estudo tem uma média pluvial anual de 1357,6 mm em cinquenta e oito (58) anos de precipitações observadas e registradas destacam-se vinte e sete (27) anos com índices pluviais abaixo da média, dez (10) anos com chuva entre a normalidade e vinte e anos (21) com ocorrências pluviais acima da média. Estas oscilações irregulares estão em conformidade com os estudos do IPCC (2007; 2014) e conforme descrição de Marengo (2004).

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

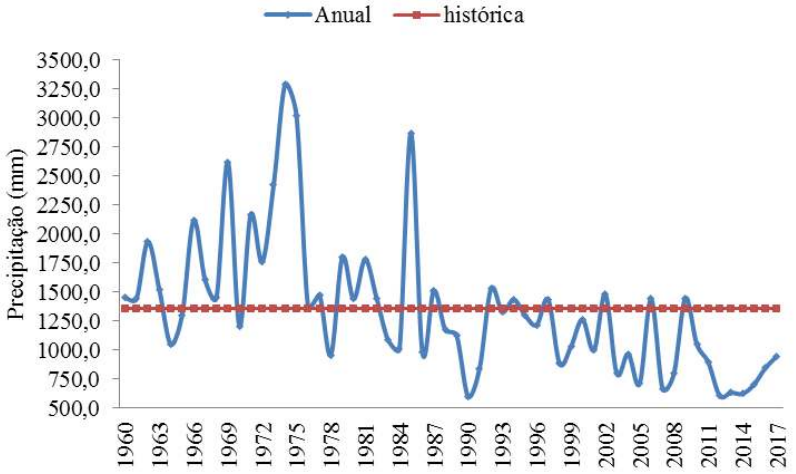

Figura 3. Distribuição da precipitação média anual e histórica para a área municipal de Santa Filomena - PI no período de 1960-2017. - Fonte: Medeiros (2021).

Destacam-se os anos 1967 a 1975 e 1985 quando a precipitação foi de valores extremos, superando a média exceto o ano de 1971, quando choveu abaixo da média. Entre os anos 1998 e 2017 os índices pluviais foram abaixo da média climatológica, exceto os anos de 2002, 2007 e 2010 onde os índices pluviais fluíram próximos à média.

As variabilidades irregulares são dependem dos fatores atuantes nos anos, estes fatores são eventos extremos, atuação dos fenômenos de meso, larga e grande escala seguidamente das contribuições locais e regionais que auxiliam ou reduzem os índices pluviais (MEDEIROS, 2016).

CLASSIFICAÇÃO ANUAL DO ÍNDICE PLUVIOMÉTRICO

A classificação climática foi realizada de acordo com a variabilidade pluviométrica descrita na tabela 3. Essa tabela é utilizada pelos núcleos de meteorologia dos Estados e Pelo Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (INPE) para a realização das classificações mensais e anuais dos índices pluviais de cada município do NEB de acordo com suas variabilidades nos desvios percentuais.

Tabela 3. Critérios de classificação.

Desvio Percentu	CLASSIFICAÇÃO
±0,0 A 25,0%	Normal
±25,1 A 45,0%	Seco/Chuvoso
±45,1 A 70,0%	Muito seco/Muito chuvoso
±70,1 > 100,0%	Extremamente seco/Extremamente chuvos

Fonte: Núcleos de meteorologias e Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC).

Na tabela 4 tem-se a Classificação anual pelo índice pluvial dos anos de 1960 - 2017 para a área do município de Santa Filomena - PI. Durante o período em estudo registrou-se vinte e oito (28) anos com chuvas ocorridas entre a normalidade, dez (10) anos classificados como seco, oito (8) anos classificados como muito secos. Ocorreram cinco (5) anos extremamente chuvosos, quatro (4) anos chuvosos e dois (2) anos muito chuvosos.

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

Tabela 4. Classificação anual pelo índice pluvial dos anos de 1960 - 2017 para a área do município de Santa Filomena-PI.

Ano	Classificação	Ano	Classificação
1960	Normal	1989	Normal
1961	Normal	1990	Muito seco
1962	Chuvoso	1991	Seco
1963	Normal	1992	Normal
1964	Normal	1993	Normal
1965	Normal	1994	Normal
1966	Muito chuvoso	1995	Normal
1967	Normal	1996	Normal
1968	Normal	1997	Normal
1969	Extremamente chuvoso	1998	Seco
1970	Normal	1999	Normal
1971	Muito chuvoso	2000	Normal
1972	Chuvoso	2001	Seco
1973	Extremamente chuvoso	2002	Normal
1974	Extremamente chuvoso	2003	Seco
1975	Extremamente chuvoso	2004	Seco
1976	Normal	2005	Muito seco
1977	Normal	2006	Normal
1978	Seco	2007	Muito seco
1979	Chuvoso	2008	Seco
1980	Normal	2009	Normal
1981	Chuvoso	2010	Normal
1982	Normal	2011	Seco
1983	Normal	2012	Muito seco
1984	Seco	2013	Muito seco
1985	Extremamente chuvoso	2014	Muito seco
1986	Seco	2015	Muito seco
1987	Normal	2016	Muito seco
1988	Normal	2017	Muito seco

Fonte: Medeiros (2021).

As variabilidades e suas oscilações da temperatura média do ar anual e sua média histórica para a área municipal de Santa Filomena - PI no período de 1960-2017 estão demonstradas na Figura 4. Entre os anos de 1960 e 1979 a temperatura média fluiu abaixo da média histórica excetos os anos de 1969 e 1973. No período de 1983 a 2017 registrou-se aumento na temperatura média de 0,5°C excetos para os anos 1986, 1989, 1999 e 2013. Estas oscilações estão interligadas aos sistemas regionais e locais e diretamente interligadas com as atividades antrópicas.

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

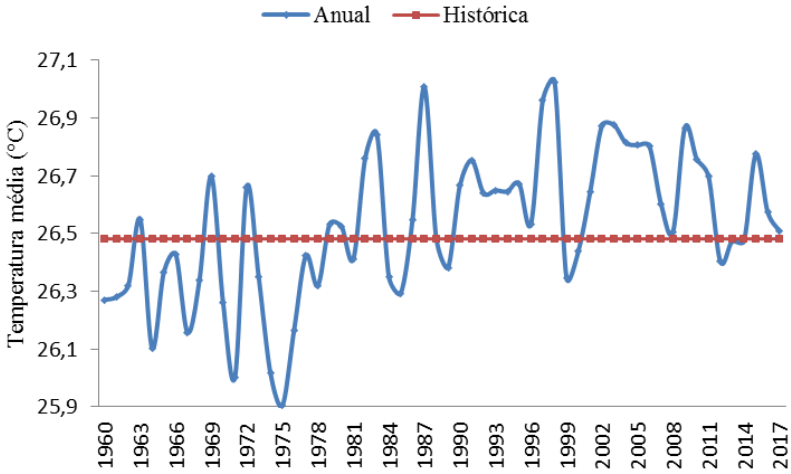

Figura 4. Distribuição da temperatura média do ar anual e sua média histórica para a área municipal de Santa Filomena-PI no período de 1960-2017. - Fonte: Medeiros (2021).

Diversos pesquisadores vêm demonstrando que na primeira década do século XXI, tem-se relatado fortes indicadores de tendências climáticas, tanto em escala global como regional. As pesquisas dos autores Frich et al. (2002) e de Alexander et al. (2006), em escala global, indicaram aumento da frequência de noites quentes, redução da amplitude de temperaturas extremas, e, também, do número de dias com geadas severas. Na América do Sul os estudos de eventos extremos, através da análise das tendências de índices de temperatura, segundo Vincent et al. (2005), indicaram aumento da temperatura mínima e de noites quentes, redução de noites frias e da amplitude térmica. Estudo destes pesquisadores vem a corroborar com o estudo em desenvolvimento para a área de Santa Filomena-PI onde já se destaca aumento da temperatura mínima e de noites quentes, e da amplitude térmica.

ÍNDICES DE ARIDEZ E CLASSIFICAÇÕES CLIMÁTICAS E NÍVEL DE SUSCEPTIBILIDADE

As caracterizações mundialmente aceitas de definições climáticas das regiões é feita pelo Índice de Aridez (IA), que foi criado baseado em metodologia desenvolvida por Thornthwaite (1948). Este índice mede a relação entre evapotranspiração potencial, tal como definida por este autor, e o total precipitado de chuvas numa determinada localização num período definido de tempo, de acordo com Lemos (2014). Observem a definição de semiárido no texto constitucional de 1988:

"O conceito de semiárido é decorrente de uma norma da Constituição Brasileira de 1998 que no seu Artigo 159 institui o Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste (FNE). A norma constitucional determina a aplicação no semiárido de 50% dos recursos destinados ao Fundo. A Lei 7.827 de 27 de setembro de 1989 regulamenta a Constituição Federal, define como semiárido a região inserida na área de atuação da SUDENE, com precipitação pluviométrica média anual igual ou inferior a 800 milímetros", de acordo com a afirmação de Silva (2008).

No Brasil as áreas mais susceptíveis à desertificação são os Estados que se localizam na região Nordeste, caracterizada pelo baixo índice pluviométrico e as altas temperaturas do clima semiárido. De acordo com Santana (2007), no Brasil já se encontram quatro áreas que se destacam como núcleos de

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

desertificação, ou seja, áreas mais intensas atingidas pelo processo, são elas Gilbués (PI), Irauçuba (CE), Seridó (PB) e Cabrobó (PE). Em todos esses núcleos pode ser destacada como principal fator desencadeador da problemática a ação antrópica – desmatamento, pecuária, extrativismo - responsáveis pela retirada da vegetação nativa (Caatinga) deixando o solo desnudo exposto à erosão acelerada.

Segundo Lemos (2014), esta definição de semiárido leva em consideração apenas o montante de chuvas ocorridas durante o ano. Nenhuma referência é feita acerca da distribuição espacial e temporal que, também são problemas relevantes associados à distribuição pluviométrica no Nordeste.

Desta forma, a maneira como está definida na Constituição de 1988, o preceito técnico torna-se sujeito a controvérsias, o que define as áreas sob aquele complexo e frágil ecossistema com base em critérios de balanço hídrico entre a água que cai e aquela que é eliminada pela evaporação e pela transpiração, sobretudo dos vegetais, tal como definido pelo IA de Thornthwaite (1948).

O primeiro critério estabelecido pela Portaria Interministerial N°1, de 09 de março de 2005, e que foi publicada no Diário Oficial da União no dia 11/03/2005, estabelece pluviosidade abaixo de 800 milímetros. Este critério é absolutamente desnecessário, caso não se estabeleça a *distribuição temporal das chuvas*. Caso esses 800 milímetros se distribuíssem de uma forma mais *homogênea* ao longo do ano, até poderia haver a possibilidade da área, sob essas condições não ser caracterizada como semiárida. Por outro lado, uma média acima de 800 milímetros anuais pode caracterizar um clima semiárido, *dependendo da forma como se distribui*. O índice de aridez, que é o segundo critério a ser obedecido, por ser calculado levando-se em consideração o índice pluviométrico, recai no mesmo questionamento.

Esta mesma preocupação foi colocada pelo Grupo de Trabalho Interministerial para a Redelimitação do Semiárido Nordestino e do Polígono das Secas definido pela *Portaria Interministerial nº 6, de 29 de março de 2004 e publicado no Diário Oficial da União - Edição Número 61 de 30/03/2004,* em seu anexo 2 quando discorre sobre a delimitação do semiárido e subúmido seco, de acordo com a Convenção de Combate à Desertificação (CCD). Conclui-se que**:**

1. Apesar da CCD estabelecer o critério do Índice de Aridez para delimitar a área de abrangência do PAN, entendemos que este não deve ser o utilizado na proposta de delimitação do Semiárido, uma vez que de acordo com este índice, há uma redução significativa da atual área do Semiárido do FNE, o que poderia vir a gerar problemas políticos, pois muitos dos atuais municípios inseridos no semiárido, deixariam de ser, caso fosse considerado este critério. Além disso, os dados de evapotranspiração potencial são pouco representativos em função da série história e do número de estações existentes.

2. Considerando a grande diversidade de ambientes no Semiárido, entendemos que a sua delimitação não deve ficar restrita ao critério definido pela Lei Federal 7.827 de 1989, qual seja, isoieta média anual de 800 mm, o que se tem revelado insuficiente e de aplicação inadequada.

3. Considerando a existência de trabalhos recentes, produzidos pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e pela Fundação Cearense de Meteorologia (FUNCEME), que além do critério da pluviosidade, também consideram as condições geoecológicas, sugerimos a sua utilização para o redimensionamento do semiárido. Trata-se de um critério dotado de rigor científico por considerar o jogo de relações mútuas entre os componentes naturais, configurando um quadro mais fidedigno do ambiente semiárido nordestino. Com base nas condições fitoecológicas, admite-se ser a vegetação a

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

melhor expressão do clima bem como outros fatores geoambientais representados pelo relevo, solos, litologia e hidrologia (FUNCEME, 2004).

Esta conclusão já foi acatada na XXII Reunião do Conselho Deliberativo da SUDENE (Condel) realizada na sede do Banco do Nordeste (BNB), em Fortaleza - CE, 23/11/2017, incorporando vinte e um (21) municípios do estado do Piauí, inclusive cinco (05) destes, pertencentes ao Núcleo de Desertificação de Gilbués (Corrente, Riacho Frio, São Gonçalo do Gurguéia, Cristalândia do Piauí e Sebastião Barros). Neste caso, foram levados em consideração a presença do bioma caatinga e o Regime de Aridez, bem como o aumento da vulnerabilidade e da pobreza, situação agravada pela falta de alimentos, escassez hídrica, degradação dos recursos naturais, características das áreas susceptíveis à desertificação.

Estes critérios também são elencados aqui, pois os municípios de Gilbués, Monte Alegre do Piauí, Santa Filomena, Uruçuí e Barreiras do Piauí que fazem parte da área central do núcleo, sendo uma extensa área de transição do cerrado para a caatinga.

O Regime de Aridez é o outro parâmetro que vem sendo analisado pela Organização Mundial de Meteorologia (OMM), o qual tenta capturar as condições interanuais, ao invés de focar apenas em valores anuais de precipitação e evapotranspiração, o que pode mascarar as condições de escassez em uma região ou local. Se uma região e/ou local tiver de 7 a 8 meses de precipitação inferior à metade da evapotranspiração, esta é uma região semiárida. Seguindo esse raciocínio e de acordo com os dados pluviométricos da região de Santa Filomena.

O índice de aridez (Ia) está diretamente ligado ao quociente da precipitação e à evapotranspiração. O Ia é dependente do volume de água da chuva e da respectiva perda gerada pela evaporação, transpiração ou evapotranspiração potencial. O Ia vem sendo utilizado para delimitar as áreas susceptíveis à desertificação mundialmente. O referido índice varia de 0,05 a 0,65, correspondendo respectivamente às susceptibilidades muito alta e moderada (Schenkel et al., 2001).

Estudo desenvolvido por Medeiros et al. (2014) na área da bacia hidrográfica do rio Uruçuí Preto-PI, corrobora com o estudo da região de Santa Filomena. Ainda o autor (2015) avaliou o balanço hídrico e a erosividade das chuvas em função do cenário de mudanças climáticas para o município de Cabaceiras – PB os quais indicam situações críticas das condições do solo que ocasionarão perdas significativas na erosivibilidade e para os recursos hídricos e cultivos de sequeiro.

Redução no valor do índice de aridez significa elevação da tendência na desertificação. Este termo foi definido pela Organização das Nações Unidas (ONU), desde a década de 1980, como sendo "a degradação da terra nas regiões áridas, semiáridas e subúmidas e secas, resultante de vários fatores, entre eles as variações climáticas e as atividades humanas". Essa situação conduz a redução e destruição do potencial biótico das terras em conformidade com Beserra (2011).

Na tabela 5 tem-se o período dos anos (1960-2017), os índices de aridez, as classificações climáticas e o nível de susceptibilidade para a área municipal de Santa Filomena. Com o IA calculado pôde-se classificar o nível de susceptibilidade à desertificação, adaptado da classificação (Tabela 5) proposta por Matallo Júnior et al. (2003).

Em conformidade a proposta de Matallo Júnior et al. (2003), que se utilizaram dos valores do IA e de acordo com a tabela 17, observa-se que em Santa Filomena – Piauí registraram-se três níveis de

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

susceptibilidade (NS) e três tipos de classificação climática (CC). Destacam-se as oscilações interanuais dos índices de aridez com três níveis de susceptibilidade dos tipos alto, moderado e superior a moderado e três tipos de classificação climática do tipo semiárido, Subúmido seco e subúmido.

Tabela 5 Representatividade anual, Índices de aridez, Nível de Susceptibilidade e Classificação climática para a área do município de Santa Filomena-PI.

Ano	ÍA	NS	CC	Ano	ÍA	NS	CC
1960	0,387	Alto	Semiárido	1990	0,687	Superior a Moderado	Subúmido
1962	0,375	Alto	Semiárido	1992	0,450	Alto	Semiárido
1963	0,451	Alto	Semiárido	1993	0,349	Alto	Semiárido
1964	0,584	Moderado	Subúmido	1994	0,372	Alto	Semiárido
1965	0,482	Alto	Semiárido	1995	0,358	Alto	Semiárido
1966	0,403	Alto	Semiárido	1996	0,382	Alto	Semiárido
1967	0,374	Alto	Semiárido	1997	0,445	Alto	Semiárido
1968	0,513	Moderado	Subúmido seco	1998	0,484	Alto	Semiárido
1969	0,346	Alto	Semiárido	1999	0,505	Moderado	Subúmido seco
1970	0,406	Alto	Semiárido	2000	0,463	Alto	Semiárido
1971	0,359	Alto	Semiárido	2001	0,464	Alto	Semiárido
1972	0,441	Alto	Semiárido	2002	0,507	Moderado	Subúmido seco
1973	0,249	Alto	Semiárido	2003	0,660	Superior a Moderado	Semiárido
1974	0,249	Alto	Semiárido	2004	0,440	Alto	Semiárido
1975	0,223	Alto	Semiárido	2005	0,623	Superior a Moderado	Subúmido
1976	0,393	Alto	Semiárido	2006	0,412	Alto	Semiárido
1977	0,392	Alto	Semiárido	2007	0,734	Superior a Moderado	Subúmido
1978	0,409	Alto	Semiárido	2008	0,620	Alto	Subúmido
1979	0,354	Alto	Semiárido	2009	0,344	Alto	Semiárido
1980	0,394	Alto	Semiárido	2010	0,430	Alto	Semiárido
1981	0,353	Alto	Semiárido	2011	0,473	Alto	Semiárido
1982	0,405	Alto	Semiárido	2012	0,630	Moderado	Subúmido
1983	0,488	Alto	Semiárido	2013	0,617	Moderado	Subúmido
1984	0,541	Moderado	Subúmido seco	2014	0,623	Moderado	Subúmido
1985	0,253	Alto	Semiárido	2015	0,590	Moderado	Semiárido
1986	0,561	Moderado	Subúmido seco	2016	0,513	Moderado	Semiárido
1987	0,426	Alto	Semiárido	2017	0,446	Alto	Semiárido
1988	0,434	Alto	Semiárido				

Legenda: IA = Índices aridez; NS = Nível de Susceptibilidade; CC = Classificação Climática. - Fonte: Medeiros (2021).

A realização do cálculo, da média móvel de cinco e dez anos para a precipitação anual e temperaturas média do ar visando mais informe sobre suas variabilidades. A média móvel suaviza a variabilidade dos dados, indicando sazonalidades e tendências, quando existentes.

Observa-se na Figura 6 a ocorrência do clima Subúmido, Subúmido seco, semiárido na área estudada, com nível de suscetibilidade alta, moderada e superior, moderado foram os registrados para o período 1960-2017. O clima semiárido predominou na maioria dos municípios da área estudada com nível de suscetibilidade oscilando entre alto a moderado.

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

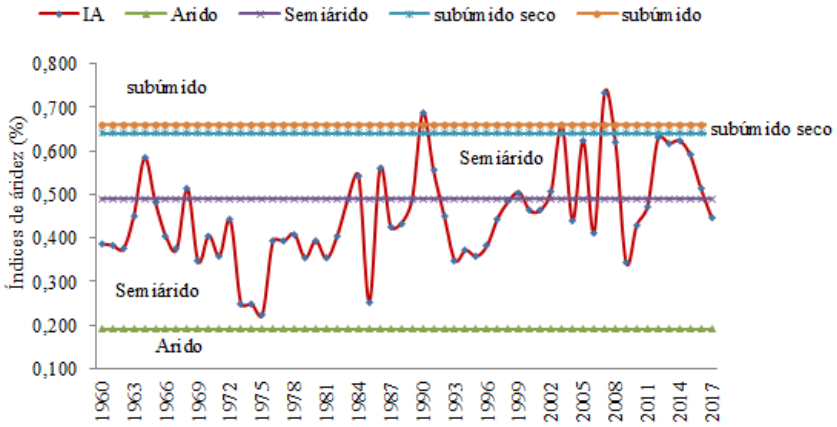

Figura 5. Variabilidade anual dos tipos de clima ocorridos no período de 1960-2017 na área do município de Santa Filomena – PI. Fonte: Medeiros (2018).

FATOR EROSIVIDADE

Os impactos causados pela erosão hídrica são o empobrecimento do solo devido à 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 et al., 2012; PIRES et al., 2013). De acordo com Pires et al. (2013) a erosão do solo é analisada como um processo de origem natural com a finalidade de formação da paisagem e renovação do solo.

A necessidade de obter uma metodologia capaz de avaliar os fatores que causam a erosão hídrica e de estimar perdas anuais de solo resultou no desenvolvimento da Equação Universal de Perdas de Solo estimada por Wischmeier et al. (1978). Esta equação é considerada um instrumento na previsão das perdas de solo, exigindo um número de informações relativamente pequeno quando comparado aos modelos mais complexos e é bastante conhecida e estudada no Nordeste do Brasil (NEB). No entanto, para sua utilização, é necessário o levantamento de vários fatores dentre eles a Erosividade das Chuvas (R), que permite a avaliação do potencial erosivo das precipitações de determinado local.

As ações antropogênicas contribuem diretamente para o avanço da erosão, com a retirada da cobertura vegetal o solo perde sua consistência, pois a água, que antes era absorvida pelas raízes dos vegetais, passa a infiltrar no solo, podendo causar instabilidade do solo e erosão. O processo erosivo e sua intensidade dependem principalmente das condições climáticas da região, fatores relacionados à topografia, cobertura do solo e às propriedades do mesmo segundo afirmação de Gonçalves, (2002). A erosividade da chuva é função da quantidade, intensidade e duração da mesma segundo comentários de Lemos et al. (1992).

O fator *R* (erosividade das chuvas) permite a avaliação do potencial erosivo das precipitações de determinado local, sendo possível conhecer a capacidade e o potencial da chuva em causar erosão no solo, para que assim se faça um manejo adequado e ocupação correta do mesmo (BARBOSA, et. al. 2010; MENEZES et al., 2010).

Os processos de erosão superficial de partículas de solo são ocasionados pelas ações do vento e da água, causando ou provocando erosões eólicas ou hídricas. A erosão hídrica é a mais importante e preocupante devido à predominância do clima tropical (BERTONI et al., 2012).

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

No Nordeste brasileiro a maioria das atividades está baseada na exploração dos recursos naturais, e em especial, no extrativismo da cobertura vegetal, no superpastejo de áreas nativas e na exploração agrícola por meio de práticas de manejo do solo muitas vezes inadequadas (SAMPAIO et al., 1997).

Tabela 6 os resultados foram realizados através do desenvolvimento da Equação Universal de Perdas de Solo estimada por (WISCHMEIER 1971; SMITH, 1958; SMITH, 1978), para a área do município de Santa Filomena-PI no período 1960-2017.

Tabela 6. Representatividade mensal e anual da erosivibilidade para a área do município de Santa Filomena-PI no período 1960-2017.

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	anual
1960	930,2	1131,0	918,8	601,8	56,5	1,7	0,1	0,0	4,9	110,7	311,0	675,1	18443,8
1961	913,7	1107,7	901,8	592,9	57,4	1,9	0,1	0,0	5,2	110,9	307,0	665,5	18187,3
1962	1242,5	1939,1	1209,2	1031,2	130,6	7,0	0,3	0,0	3,5	161,1	209,7	2008,4	30044,7
1963	345,2	1496,9	1027,1	927,2	35,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	785,0	1067,6	19991,0
1964	1913,1	1633,9	27,1	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	31,9	176,0	364,8	10571,0
1965	281,5	2343,6	1044,9	612,8	14,2	0,0	0,0	0,0	0,0	41,5	150,1	322,8	15313,7
1966	890,9	3565,8	1393,9	4252,3	18,5	0,0	0,0	0,0	0,0	161,0	303,9	375,6	35037,7
1967	624,6	1948,9	703,2	844,2	39,3	0,0	0,0	0,0	33,1	101,0	460,0	1022,5	21913,4
1968	1039,0	1541,0	1265,8	1276,6	12,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	93,5	443,1	18469,5
1969	1509,2	3290,2	3017,6	1035,7	127,9	0,0	0,0	0,0	0,0	278,4	690,9	3888,0	50302,1
1970	2651,8	356,2	162,6	412,8	250,2	79,7	25,7	0,0	0,0	0,0	38,3	239,3	13485,3
1971	2849,3	2694,8	1596,6	1598,2	200,6	0,0	0,0	0,0	0,0	146,3	275,4	748,3	36514,2
1972	1040,3	1876,7	1025,8	1838,0	46,6	0,0	0,0	0,0	0,0	7,8	543,8	824,9	25571,3
1973	1355,3	1833,9	2045,9	1203,3	116,1	0,0	0,0	3,9	116,7	1376,8	932,2	1445,8	44095,1
1974	2052,9	4662,9	4554,2	1738,8	1211,1	72,1	0,0	0,0	0,0	1012,7	1153,9	1657,1	74215,8
1975	3369,2	3529,6	2308,5	1696,5	934,8	145,1	0,0	0,0	0,0	510,8	2159,9	805,8	64060,5
1976	667,7	1103,8	807,5	530,4	60,2	0,7	0,1	0,0	1,2	113,1	360,5	669,7	16831,1
1977	957,8	1170,6	926,9	621,3	58,0	1,8	0,1	0,0	4,9	113,1	320,4	693,3	18925,2
1978	348,4	336,3	334,1	278,1	97,8	10,7	1,1	0,2	19,0	117,2	163,2	324,2	9029,9
1979	1206,9	1844,3	1176,1	981,0	121,7	6,4	0,3	0,0	3,7	155,5	424,5	857,7	26541,7
1980	933,8	1107,0	899,1	593,8	57,8	2,0	0,1	0,0	4,9	109,9	304,6	650,6	18169,8
1981	1193,3	1805,7	1162,2	960,8	118,2	6,1	0,3	0,0	3,7	153,2	418,4	847,3	26113,8
1982	920,9	1124,8	908,6	602,0	58,8	2,0	0,1	0,0	5,1	112,0	307,0	665,5	18354,5
1983	582,3	635,4	1338,4	267,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	34,8	130,7	390,9	11269,4
1984	348,6	235,3	2139,4	523,7	25,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,3	237,1	9884,3
1985	3341,4	1375,3	2023,2	1589,5	30,5	21,1	0,3	0,0	180,8	559,0	647,3	5833,9	58748,1
1986	477,2	674,7	655,5	654,4	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	605,9	9517,6
1987	598,0	592,8	2991,0	559,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	199,9	387,4	558,0	19728,1
1988	919,0	551,4	1061,6	398,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	325,7	152,5	183,7	12851,2
1989	539,2	719,6	1361,2	358,8	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	38,9	178,3	318,4	11908,5
1990	117,5	1169,1	300,7	226,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4091,7
1991	521,2	688,6	356,6	24,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	205,6	482,0	7210,3
1992	3487,1	561,6	219,4	96,5	6,5	0,0	0,0	0,0	14,9	92,8	1412,6	640,8	20071,5
1993	107,9	1095,1	344,4	228,2	16,1	0,0	0,0	0,0	217,6	195,6	421,0	1601,3	15833,9
1994	334,0	1276,6	1026,5	648,9	1,0	0,3	0,0	0,0	0,0	389,6	599,1	516,2	18064,7
1995	221,1	361,8	367,8	423,3	197,2	0,0	0,0	0,0	0,0	157,4	1153,2	1054,9	15221,7
1996	536,2	405,2	579,7	646,2	143,9	0,0	0,0	0,0	0,0	91,6	486,8	484,4	13647,2

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

1997	1797,2	235,3	2170,6	276,1	5,7	0,0	0,0	0,0	0,0	128,2	365,6	551,4	18081,8
1998	297,5	287,7	363,9	8,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	217,6	503,9	571,9	7918,5
1999	701,5	523,7	631,0	203,9	12,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	125,4	857,0	10266,8
2000	1511,5	1038,3	317,5	715,6	60,2	0,0	0,0	0,0	1,7	22,9	133,8	389,6	14556,8
2001	688,6	759,9	315,9	197,6	146,9	0,0	0,0	0,0	3,9	52,2	160,4	198,6	9726,0
2002	3763,6	1078,3	533,7	143,9	0,0	0,0	0,0	0,0	43,0	7,3	145,4	814,7	19030,9
2003	982,8	361,3	1237,3	163,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	0,0	0,0	6642,8
2004	351,3	335,5	336,6	282,1	99,7	11,1	1,1	0,2	19,7	122,5	169,6	336,3	9204,8
2005	1264,4	94,0	338,1	77,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,7	122,6	60,2	5433,3
2006	933,8	1107,0	899,1	593,8	57,8	2,0	0,1	0,0	4,9	109,9	304,6	650,6	18169,8
2007	453,4	2297,5	0,0	0,0	7,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	86,8	0,0	4923,5
2008	207,3	1866,6	154,3	295,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	189,0	6607,4
2009	344,4	257,2	101,3	1925,9	662,6	0,0	0,0	0,0	19,2	579,7	113,2	884,7	18311,9
2010	133,8	266,6	458,1	890,9	18,5	0,0	0,0	0,0	4,7	104,6	311,6	650,8	10625,7
2011	304,8	318,3	294,7	250,3	85,7	9,4	1,0	0,1	16,4	101,8	145,0	293,6	8075,7
2012	192,2	212,5	229,9	266,6	32,8	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	60,2	119,9	4148,8
2013	212,5	192,2	270,8	205,3	15,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	131,6	195,9	4462,3
2014	196,6	280,0	170,0	195,9	15,7	0,0	0,0	0,0	0,0	7,8	98,5	193,9	4348,4
2015	181,8	593,1	115,7	247,3	28,5	0,2	0,0	0,0	1,0	33,7	77,6	169,0	5351,5
2016	254,1	960,9	219,9	272,5	26,4	2,9	0,3	0,0	5,1	31,3	44,6	238,9	7326,4
2017	260,5	431,1	179,3	682,1	164,3	0,0	0,0	0,0	0,0	118,6	70,4	361,3	8889,6

Fonte: Medeiros (2021).

Ressalta-se que a adoção de técnicas de manejo adequadas para as pastagens, a erradicação dos solos expostos e o rearranjo dos locais de produção da agricultura temporária atenuariam muito os impactos ambientais negativos diretos e indiretos.

Na Tabela 7 Têm-se os valores médios anuais da precipitação pluvial e da erosividade para o município de Santa Filomena - PI no período de 1960-2017. Destaca-se que no período chuvoso os valores erosivos são mais intensos que os valores do período seco, salientam-se ainda que os eventos extremos de ocorrências de chuvas moderadas a forte, em curtos intervalos de tempo, corroboram para a elevação dos índices de erosão pluvial.

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

Tabela 7. Valores médios anuais da precipitação pluvial e da erosividade para o município de Santa Filomena - PI no período de 1960-2017.

Anos	Precipitação (mm)	Erosividade (MJ.mm ha^{-1}ano^{-1})	Anos	Precipitação (mm)	Erosividade (MJ.mm ha^{-1}ano^{-1})
1960	1450,5	18443,8	1989	1121,4	11908,5
1961	1438,6	18187,3	1990	598,2	4091,7
1962	1932,8	30044,7	1991	834,8	7210,3
1963	1520,9	19991,0	1992	1524,5	20071,5
1964	1045,5	10571,0	1993	1326,0	15833,9
1965	1300,2	15313,7	1994	1432,9	18064,7
1966	2115,7	35037,7	1995	1295,6	15221,7
1967	1605,3	21913,4	1996	1215,0	13647,2
1968	1451,7	18469,5	1997	1433,7	18081,8
1969	2617,2	50302,1	1998	882,1	7918,5
1970	1206,5	13485,3	1999	1027,7	10266,8
1971	2167,7	36514,2	2000	1262,0	14556,8
1972	1757,9	25571,3	2001	995,5	9726,0
1973	2422,1	44095,1	2002	1477,5	19030,9
1974	3290,0	74215,8	2003	795,5	6642,8
1975	3017,2	64060,5	2004	963,8	9204,8
1976	1374,5	16831,1	2005	706,8	5433,3
1977	1472,7	18925,2	2006	1437,8	18169,8
1978	952,9	9029,9	2007	667,0	4923,5
1979	1796,8	26541,7	2008	793,0	6607,4
1980	1437,8	18169,8	2009	1444,4	18311,9
1981	1779,7	26113,8	2010	1048,7	10625,7
1982	1446,4	18354,5	2011	892,4	8075,7
1983	1085,6	11269,4	2012	603,1	4148,8
1984	1005,0	9884,3	2013	629,5	4462,3
1985	2867,4	58748,1	2014	620,0	4348,4
1986	982,9	9517,6	2015	700,5	5351,5
1987	1509,1	19728,1	2016	842,7	7326,4
1988	1172,8	12851,2	2017	944,2	8889,6
			Total	78739,7	1060333,5

Fonte: Medeiros (2018).

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 et al. (2012).

Ross (1994; 2012) demostrou 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. Estudos como os dos autores acima referenciados colaboram com o atual.

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

ESTIMATIVA DAS PERDAS ANUAIS DE SOLO ATRAVÉS DA EQUAÇÃO UNIVERSAL

De acordo com os autores Rai et al. (2016) e Coelho et al. (2014) a degradação de terras é um dos graves problemas ambientais locais, regionais e globais, onde, todos os ecossistemas florestais apresentam consideráveis alterações de suas áreas originais, decorrentes principalmente de ações antrópicas.

A necessidade de se obter uma metodologia capaz de avaliar os fatores que causam a erosão hídrica e de estimar perdas anuais de solo resultou no desenvolvimento da Equação Universal de Perdas de Solo estimada por Wischmeier (1971) e Smith (1958,1978). Esta equação é considerada um bom instrumento na previsão das perdas de solo, exigindo um número de informações relativamente pequeno quando comparado aos modelos mais complexos e sendo bastante conhecida e estudada no Brasil. No entanto, para sua utilização, é necessário o levantamento de vários fatores, dentre eles a Erosividade das Chuvas (R), que permite a avaliação do potencial erosivo das precipitações de determinado local.

O fator R (erosividade das chuvas) permite a avaliação do potencial erosivo das precipitações de determinado local, sendo possível conhecer a capacidade e o potencial da chuva em causar erosão no solo, para que assim se faça um manejo adequado e ocupação correta do mesmo conforme comentários dos autores Barbosa et al. (2000) e Menezes et al. (2011). O cálculo desse fator é o somatório dos valores mensais da erosividade, conforme a equação:

$$R = \sum_{1}^{12} EI_{30}$$

As flutuações da precipitação verso erosivibilidade anuais do período de 1960-2017 na área do município de Santa Filomena – PI estão demonstrados na Figura 6, destaca-se o período de 1998 a 2017 que os índices erosivos foram inferiores as incidências pluviais, isto decorreu porque no referido período a quadra chuvosa foram abaixo das normais históricas suavizando o acareamento do solo. As irregularidades erosivas entre os anos de 1960 a 1997 foram intensas quando comparado ao período já referenciado.

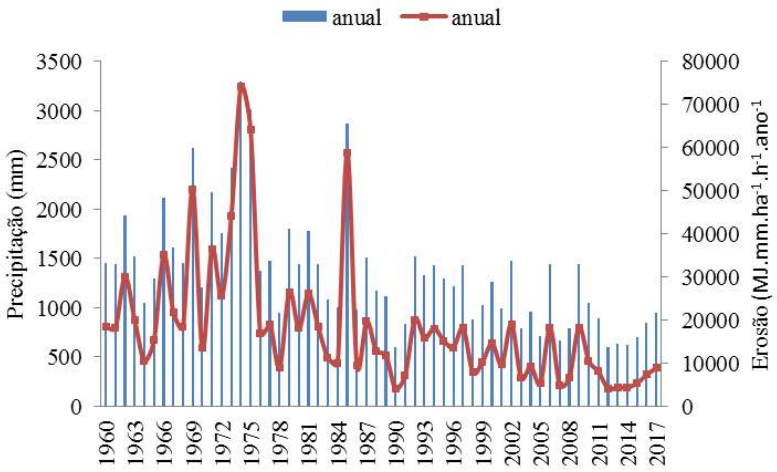

Figura 6. Variabilidades anuais da precipitação verso erosivibilidade anuais do período de 1960-2017 na área do município de Santa Filomena – PI. - Fonte: Medeiros (2021).

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

Na Figura 8 tem-se a variabilidade anual da erosividade no período de 1960-2017 na área do município de Santa Filomena – PI. No período 1988 a 2017 a erosividade fluiu abaixo do normal oscilando de 1000 a 10000 MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.ano^{-1} sendo, portanto, considerado um período atípico devido as irregularidades pluviais registradas. No período de 1960 a 1986 observa-se irregularidade de alta significância na erosão da área estudada.

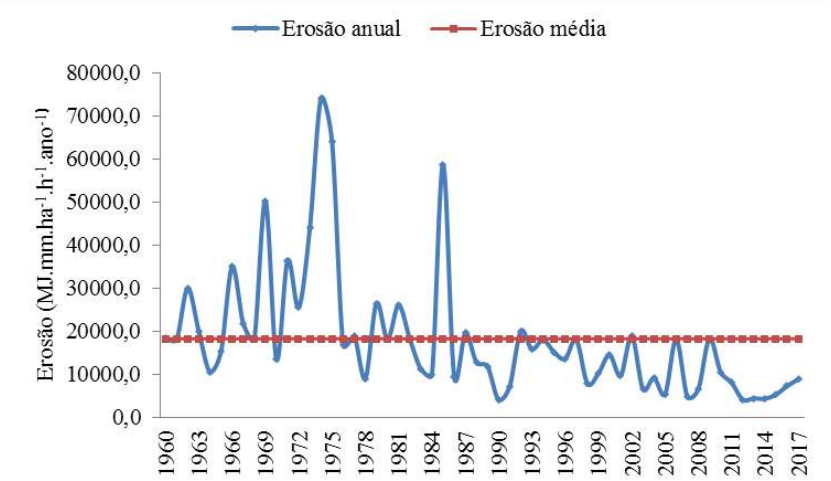

Figura 7. Variabilidade anual da erosividade no período de 1960-2017 na área do município de Santa Filomena – PI. - Fonte: Medeiros (2021).

CONCLUSÕES

Em decadas passadas os desmatamentos desproporcionais em grandes áreas, falta de cobertura de solo fora da época de plantio, as altas taxas de queimadas e focos de incêndios, vieram a contribui para os inicios das arides e inicios das ocorrências das deserficações.

O desenvolvimento da monocultura e as técnicas de plantio imprópria contibuiram para os aumentos dos índices erosiveis e tendência para mudanças de clima semiárido com altíssimos risco de susceptibilidade**.**

Áreas identificadas com vulnerabilidade à desertificação, em razão do índice de aridez menor, podem não estar localizadas na área degradada, e áreas que apresentam um maior índice de aridez e não são advertidas como processos de vulnerabilidade podem encontrar-se degradadas a ponto de serem consideradas áreas desertificadas. Esta variabilidade poderá ocorrer devido ao uso inadequado do solo e do ambiente. O período de 1960 a 2017 foi estudado visando determinar com maior segurança os dados dos níveis de suscetibilidade e classificações climáticas com maior precisão para determinar a existência ou não de áreas com desertificação. Nesse sentido, quanto maior a precipitação, maior será o índice de aridez, e diante a desertificação, menor será a susceptibilidade.

O índice de aridez calculado no balanço hídrico mostra ampla oscilação espacial interanual e intermunicipal, entretanto os índices de aridez estão acima dos valores estabelecidos para a desertificação.

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

A temperatura influencia na evapotranspiração, ou seja, na perda de água para a atmosfera, pois quanto maior a temperatura, maior será a evapotranspiração e, consequentemente, menor o índice de aridez e, portanto, maior a susceptibilidade à desertificação

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 estudo é o uso, ocupação do solo e práticas conservacionistas, pois as classes de agricultura e solo exposto que predominam na área de estudo são utilizadas sem muitas técnicas.

O município tende a atingir valores de aridez na faixa de desertificação e sua tendência e ter clima semiárido.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p. 711–728. 2014.

ALVES, E. D. L. Frequência e probabilidade de chuvas no município de Ipora - GO. **Caminhos Geogr**., v. 12, n. 37, p. 65–72, 2011.

BARBOSA, G. S.; IOST, C.; SCHIESSL, M. A.; MACIEL, G. F. Estimativa da erosividade da chuva (R) na Bacia Hidrográfica do rio Manoel Alves Grande localizado no cerrado Tocantinense. *In.:* **Congresso Brasileiro de Meteorologia,** Belém, 2010.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 2. ed. São Paulo: Ícone, 2012. 355p

CAVALCANTI, E. P.; SILVA, E. D. V. Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais. *In.:* **Anais... Congresso Brasileiro de Meteorologia**, 8, 1994. Belo Horizonte, Belo Horizonte: SBMET, v. 1, p. 154-157, 1994.

CAVALCANTI, E. P.; SILVA, V. P. R.; SOUSA, F. A. S. Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 1, p. 140-147, 2006.

FAO. Foad and agriculture organization of the United Nations. **La erosion del suelo por el água**: Algumas medidas para em las tierras de cultivo. Roma: Organization de Las Nacioes Unidas, 1967. p. 207.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Working Group II Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Disponível: GS. Jauregul, E. Heat Island Development in Mexico City**. Atmospheric Environment**, v. 31, n. 22, p.3821–3831, nov. 1997.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2007: Working Group I: The Physical Science Basis (Summary for Policymakers). Cambridge. 2007.

KÖPPEN, W. **Grundriss der Klimakunde**: Outline of climate science. Berlin: Walter de Gruyter., 1931. p. 388.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. Klimate der Erde. **Gotha**: Verlag Justus Perthes. Wall-map 150 x 200cm. 1928.

RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

MARENGO, J. A. Climatology of the low-level Jet East of the Andes as Derived from NCEPNCAR Reanalyses: Characteristics and Temporal Variability. **Journal of Climate**, v. 17, n. 12, p. 2261-2280, 2004.

MEDEIROS, R. M. **Elaboração de programa computacional em planilhas eletrônicas do Balanço hídrico**. [*S. l: S. n.*], 2016a

MEDEIROS, R. M. **Estudo Agrometeorológico do Estado do Piauí**. [*S. l: S. n.*], 2016b. p.130.

MEDEIROS, R. M.; MATOS, R. M.; SILVA, P. F.; SABOYA, L. M. F. Cálculo do balanço hídrico e da erosividade para o município de Cabaceiras-PB. Ver. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 11, n. 21, p. 2015.

MEDEIROS, R. M.; GOMES FILHO, M. F.; COSTA NETO, F. A. Erosividade da chuva na área da bacia hidrográfica do rio Uruçuí Preto- PI, Brasil visando o desenvolvimento de manejos do solo. *In.:* **9° congresso de educação agrícola superior Areia-PB**, 27 a 30 de outubro de 2014. ISSN - 0101-756X.

MENEZES, M. D.; LEITE, F. P. Avaliação e espacialização da erosividade da chuva no Vale do Rio Doce, região centro-leste de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p.1029-1039, 2011.

PIRES, F. R.; SOUZA, C. M. **Práticas mecânicas de conservação do solo e da água**. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2013.

SILVA, J. C.; HELDWEIN, A. B.; MARTINS, F. B.; TRENTIN, G.; GRIMM, E. L. Análise de distribuição de chuva para Santa Maria, RS. **Rev Bras Eng Agrícola e Ambient**., v. 11, n. 55, p. 67–72, 2007.

SILVA, D. D.; PEREIRA, S. B.; PRUSKI, F. F.; GOMES FILHO, R. R.; LANA, A. M. Q.; BAENA, L. G. N. Equações de intensidade-duração-frequência da precipitação pluvial para o Estado de Tocantins. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 11, n. 1-4, p. 7-14, 2003.

SOUSA, I. F. Evapotranspiração de referência nos perímetros irrigados do Estado de Sergipe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 6, p. 633-644, 2010.

SOUZA, W. M.; AZEVEDO, P. V. A. Índices de Detecção de Mudanças Climáticas Derivados da Precipitação Pluviométrica e das Temperaturas em Recife-PE. **Rev Bras Geogr Física**, v. 6, p. 1275–91, 2011.

TAVARES, V. C.; RAMOS, N. Z. A desertificação em São João do Cariri (PB): uma análise das vulnerabilidades. **Revista Brasileira de Geografia Física,** v. 09, n. 05, p. 1384-1399, 2016.

THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographic Review,** v. 38, p. 55-94, 1948.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance - publications in climatology**. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 1955. 104p.

UNEP. **United Nations Envionment Programme**. New York: Unep, 1978. Disponível em: http://www.unep.org/sgb/prev_docs/78_05_G C6_report_k7803325.pdf. Acesso: 28 set. 2013.

WISCHMEIER, W. H.; JOHNSON, C. B.; CROSS, B.V. A soil erodibility nomograph for farmaland and construction sites. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, n. 26, p. 189-193, 1971.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses:** a guide to conservation planning. Washington: USDA, 1978. 58p.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Rainfall energy and its relationship to soil loss. **Transactions of the American Geophysical Union**, Washington, v. 39, n. 2, p. 285-291, 1958.