

**Balanço hídrico e suas variabilidades em período de El Niño e La Niña visando às oscilações erosivas em Amparo de São Francisco – Sergipe – Brasil**

**Water balance and its variability in El Niño and La Niña periods aiming at erosive oscillations in Amparo de São Francisco - Sergipe – Brazil**

**Balance hídrico y su variabilidad en los períodos de El Niño y La Niña con el objetivo de oscilaciones erosivas en Amparo de São Francisco - Sergipe – Brasil**

Recebido: 22/07/2020 | Revisado: 10/08/2020 | Aceito: 20/08/2020 | Publicado: 23/08/2020

**Manoel Viera de França**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4973-9327>

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil

E-mail: [manoelvieira.ufrpe@gmail.com](mailto:manoelvieira.ufrpe@gmail.com)

**Raimundo Mainar de Medeiros**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3455-9876>

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil

E-mail: [mainarmedeiros@gmail.com](mailto:mainarmedeiros@gmail.com)

**Wagner Rodolfo de Araújo**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7203-0338>

Universidade Estácio de Sá, Brasil

E-mail: [wagneraraujops@gmail.com](mailto:wagneraraujops@gmail.com)

**Romildo Morant de Holanda**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7945-3616>

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil

E-mail: [romildomorant@gmail.com](mailto:romildomorant@gmail.com)

**Resumo**

Objetiva-se estimar o balanço hídrico climatológico normal em fase dos fenômenos El Niño(a), visando à ocorrência da variabilidade erosiva para o município de Amparo de São Francisco – SE, disponibilizando informações aos tomadores de decisões governamentais para que possam realizar planejamento que visem conter perdas de solo na região. Utilizou-se dos dados de precipitações médias mensais e anuais e dos valores da temperatura média do ar estimadas pelo *software* Estima\_T para o período de 1963-2019. Para determinar o fator erosividade do solo, utilizou-se a equação proposta por Wischmeier para o mesmo período da

precipitação e dos índices térmicos. As formas erosivas atualmente, tanto pela água como pelo vento, são responsáveis em cerca de 56% e 28%, da degradação dos solos no mundo. Os problemas de erosão, na área de estudo, são resultantes da combinação de um rápido processo de ocupação e técnicas do território, solos frágeis e de um regime climático propício a sua ocorrência de forma intensa. Sendo que estes processos não são somente de formas físicas. Os índices de aridez tem maior contribuição para o processo erosivo foi registrado no período de ocorrência de La Niña (3,63%), seguidamente dos períodos de El Niño (21,78%) e da série pluvial (1963-2019) (35,85%). Os índices hídricos apresentaram as seguintes variabilidades para o período da série (-12,37%), El Niño (10,96%) e La Niña (71,06%). Os índices de umidade oscilaram com 8,76% na série, 24,02% no El Niño e 73,23% na La Niña. Sabe-se que quanto menor o  $I_a$  maior a ocorrência da erosão.

**Palavras-chave:** Episódio ENSO; Excedente hídrico; Deficiências hídricas; Eventos extremos.

### **Abstract**

The objective is to estimate the normal climatological water balance in phase of the El Niño phenomena (a), aiming at the occurrence of erosive variability for the municipality of Amparo de São Francisco - SE, providing information to government decision makers so that they can carry out planning aimed at contain soil losses in the region. We used the data of average monthly and annual precipitation and the values of the average air temperature estimated by the Estima\_T software for the period 1963-2019. To determine the soil erosivity factor, the equation proposed by Wischmeier was used for the same period of precipitation and thermal indices. Erosive forms today, both by water and wind, are responsible for around 56% and 28% of soil degradation in the world. The erosion problems in the study area are the result of the combination of a fast process of occupation and techniques of the territory, fragile soils and a climate regime conducive to its intense occurrence. Since these processes are not just physical forms. The aridity indices have a greater contribution to the erosion process was recorded in the period of occurrence of La Niña (3.63%), followed by the periods of El Niño (21.78%) and the rainfall series (1963-2019) (35 , 85%). The water indexes presented the following variability for the period of the series (-12.37%), El Niño (10.96%) and La Niña (71.06%). The humidity indexes fluctuated with 8.76% in the series, 24.02% in El Niño and 73.23% in La Niña. It is known that the lower the  $I_a$ , the greater the occurrence of erosion.

**Keywords:** Episode ENSO; Water surplus; Water deficiencies; Extreme events.

## Resumen

El objetivo es estimar el balance hídrico climatológico normal en fase del fenómeno de El Niño (a), con el objetivo de la ocurrencia de variabilidad erosiva para el municipio de Amparo de São Francisco - SE, brindando información a los tomadores de decisiones gubernamentales para que puedan realizar la planificación dirigida a contener las pérdidas de suelo en la región. Utilizamos los datos de precipitación media mensual y anual y los valores de la temperatura media del aire estimados por el software Estima\_T para el período 1963-2019. Para determinar el factor de erosividad del suelo, se utilizó la ecuación propuesta por Wischmeier para el mismo período de precipitación e índices térmicos. Las formas erosivas de hoy, tanto por el agua como por el viento, son responsables de alrededor del 56% y el 28% de la degradación del suelo en el mundo. Los problemas de erosión en el área de estudio son el resultado de la combinación de un rápido proceso de ocupación y técnicas del territorio, suelos frágiles y un régimen climático propicio para su intensa ocurrencia. Dado que estos procesos no son solo formas físicas. Los índices de aridez tienen una mayor contribución al proceso de erosión se registró en el período de ocurrencia de La Niña (3.63%), seguido de los períodos de El Niño (21.78%) y la serie de lluvias (1963-2019) (35 , 85%). Los índices hídricos presentaron la siguiente variabilidad para el período de la serie (-12,37%), El Niño (10,96%) y La Niña (71,06%). Los índices de humedad fluctuaron con 8.76% en la serie, 24.02% en El Niño y 73.23% en La Niña. Se sabe que cuanto menor es  $I_a$ , mayor es la ocurrencia de erosión.

**Palabras clave:** Episodio ENSO; Excedente de agua; Deficiencias de agua; Eventos extremos.

## 1. Introdução

As informações do balanço hídrico (BH) de uma determinada área identificam as potencialidades e fragilidades para a produção agrícola, os excedentes hídricos e suas contribuições ao poder erosivo da área em estudos em períodos de eventos climáticos como El Niño e La Niña (Medeiros, 2020).

França, Ferraz, Medeiros, Holanda & Rolim Neto (2018) realizaram o cálculo do balanço hídrico climatológico para os municípios de São Bento do Una e Serra Talhada - PE e averiguaram as influências dos fenômenos El Niño nos anos de 2012 e de 2016 e no período de La Niña para o ano de 2008 e 2011 na distribuição das chuvas por meio da análise do extrato do balanço hídrico. Concluíram que o episódio El Niño influenciou (com aumento ou

reduções) nos índices pluviiais dos municípios estudados. Já no episódio de La Niña, a distribuição desses índices foi irregular, refletindo no balanço hídrico e nos excedentes e deficiências hídricas.

Albuquerque, Silva, Lopes, Moura & Silva, (2018) afirmam que na região do semiárida brasileira registram-se oscilações pluviiais e de armazenamento d'água no solo, sendo que estas variáveis pluviiais podem diferir significativamente de um ano para o outro, desta forma, necessita-se de gestão adaptadas visando obter maior eficiência de uso d'água.

Luz, Medeiros, Santos & Kozmhinsky (2018) mostraram que os eventos climáticos como o El Niño-Oscilação Sul (ENOS) contribuem para que essa variabilidade do ENSO ocorra de maneira mais intensa, influenciando nos fenômenos atmosféricos que por sua vez provocam baixa redução de nuvens e índices pluviiais. Essas reduções pluviiais podem ocasionar episódios de seca moderada a grave.

Santos, Sousa, Martins & Santos (2018); Passos, Zambrzyeci & Pereira (2017) afirmaram que a região semiárida nordestina tem como característica predominante às altas taxas evaporativas e de insolação, com distribuição pluvial espacial e temporal irregulares.

Os autores Holanda & Medeiros (2019); Matos, Silva, Borges, Sobrinho & Dantas Neto (2018); Passos, Zambrzyeci & Pereira (2016) mostraram que o balanço hídrico é obtido computando a demanda e a disponibilidade hídrica por meio da precipitação (P), evapotranspiração (ETP), evaporação (EVR), armazenamento d'água (ARM), deficiência hídrica (DEF) e excedente hídrico (EXC). Por meio das informações dos fluxos de entrada (chuva) e saída (evaporação) d'água no solo, o balanço hídrico, demonstram seus períodos de deficiência e excedente hídrico, fornecendo informações valiosas para os agricultores, pesquisadores e tomadores de decisões, entre tantas outras aplicações da área.

Silva, Montenegro & Sousa, (2017) estudaram as oscilações pluviiais sobre a atuação do episódio climático El Niño(a) em relação aos índices pluviométricos no município de São Bento do Una – PE o qual vem enfrentando a crise hídrica nos dias atuais. Os autores constataram interferência antrópica na atual situação de seca da região, maiores estudos em fenômenos de larga escala que são necessários para a identificação dos fatores antrópicos, e dessa forma propor soluções para a seca no município.

Paula, Cardoso, Sousa & Assis (2017) mostraram que a deficiência hídrica do solo deve ser observada cuidadosamente, uma vez que garante a produtividade das culturas em quantidade e qualidade, é imprescindível o uso de sistemas de irrigação em regiões que sofrem com o déficit hídrico, em especial quando este déficit se estende ao longo do ano na maioria dos meses.

Monteiro & Zanella (2014) mostraram que os impactos pluviais são gerados por intensidade de chuvas na maioria das cidades brasileiras ocasionando inundações, enchentes e deslizamentos de terra e ganhando destaque na mídia dado o elevado número de desabrigados, além da proliferação de doenças, perdas socioeconômicas, danos ao meio ambiente, agropecuária, mortes, entre outros fatos.

Medeiros, Sousa & Gomes Filho (2014) avaliaram o BH para a área da bacia hidrográfica do Rio Uruçuí Preto, Piauí. O método utilizado foi o do balanço hídrico simplificado (BHS). Os dados utilizados foram de precipitação e vazão diária do período de 2004 a 2011. Os altos valores de evapotranspiração (ETP) demonstram serem necessários significativos volumes d'água para a manutenção ambiental na bacia estudada. Pelo BH e a ETP média estimada anualmente foi de 1.470,7 mm, o que representa cerca de 62,14% das entradas na bacia, sendo ligeiramente maior que a vazão com 348,8 mm (28,9%). Portanto, mais de um terço dos recursos hídricos disponíveis na bacia são utilizados na transpiração, especialmente da vegetação e evaporação d'água na bacia estudada. Os anos com maiores índices pluviais e descarga líquida, foram os que sofreram influência do fenômeno La Niña.

Longos períodos de estiagem, além de ocasionarem danos à agricultura da região principalmente em áreas que não são irrigadas, afetam também o nível d'águas dos mananciais e reservatórios das usinas hidrelétricas, podendo gerar danos ao abastecimento urbano e à geração de energia elétrica Silva, Pereira, Azevedo, Sousa & Sousa (2011).

Em anos de ocorrência de El Niño, aproximadamente 52% dos valores de precipitação de Mossoró (RN) registraram-se abaixo da média climatológica. Com relação aos anos nos quais ocorreu o fenômeno La Niña, verificou-se pluviosidade acima da média em 46% (Pereira, 2002).

Medeiros, Matos, Silva & Saboya (2015) avaliaram o BH e a erosividade das chuvas em função do cenário de mudanças climáticas para o município de Cabaceiras – PB. Utilizaram-se os dados mensais e anuais de precipitação do período de 1926-2010. A série de temperatura para o mesmo período da pluviometria foi estimada com o auxílio do Software Estima\_T. Seguindo a metodologia proposta pelo IPCC AR4. A Equação Universal de Perdas de Solo foi utilizada para determinar o índice de Erosividade das Chuvas (R). Aplicou-se a análise para o cenário otimista (B<sub>2</sub>) (chuva -10% e 1°C de aumento) e cenário pessimista (A<sub>2</sub>) (chuva -20% e 4°C de aumento) indicando situações críticas das condições do solo que ocasionarão perdas significativas para os recursos hídricos e os cultivos de sequeiro.

Medeiros, Oliveira, Gomes Filho & Costa Neto, (2014) mostraram que os índices erosivos das chuvas na área da bacia hidrográfica do rio Uruçuí Preto - PI são de altíssima

concentração. Utilizaram dados de precipitação mensais referente ao período 1960 a 1990. O índice erosivo total foi de 28.429,1 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> determinado através da equação de Wischmeier & Smith (1958; 1972). Constataram que os maiores índices erosivos registram-se nos meses de novembro a abril coincidindo com período chuvoso. Já a capacidade de campo apresenta valores máximos nos meses de maio a outubro (período de estiagem) coincidindo com os menores valores erosivos.

Medeiros & Sousa (2015) avaliaram o comportamento da temperatura do ar em Teresina, em anos de ocorrência do El Niño. Para a temperatura diária do ar da série 1976-2010. O total acumulado das médias históricas (1976-2010) com os anos de 1979, 1980, 1990, 1991, 1993, 1998, 1999 e o ano de 2010 com a finalidade de verificação da flutuação do parâmetro estudado em anos de El Niño (El Niño e La Niña, 2011). Os anos de 2008 e 2010 foram considerados atípicos com aumentos de temperatura variando entre 0,3 a 5,8°C. Em sua grande maioria os meses de janeiro a junho apresentaram-se com redução na temperatura do ar, quando comparados com a série de 1976-2010.

Medeiros, Brito, Silva, Melo & Costa Neto (2016) analisaram a relação entre o número de dias com chuva e precipitação no município de Bom Jesus - PI, no período de 1960-2014, e suas influências entre os fenômenos El Niño e La Niña. As análises realizadas englobaram todos os meses do ano, gerando informações que se servirá de indicativo para uso adequado d'água para atividades agropecuárias, geração de energia, recursos hídricos, abastecimento d'água urbano/rural e a economia local. Análise do acervo de dados de 1960 a 2014 permitiu concluir que nos anos onde a precipitação foi abaixo da média (984,8 mm), ocorreu melhor distribuição temporal dos índices pluviais, ocorrendo o oposto quando choveu acima da média. Registrou-se aumento na precipitação e no número de dias com chuva no 1º trimestre do ano, enquanto que no 2º e 4º trimestres ocorreram redução tanto da precipitação como no número de dias com chuva. Os números de dias com chuvas extremos que estiveram acima ou abaixo da média, não foram explicitamente associados ao fenômeno ENOS (El Niño - Oscilação Sul).

Medeiros, Borges & Vieira (2013) mostraram que as maiores taxas pluviais em episódios de La Niña são ocasionadas pelas tendências da precipitação acima da média, em comparação com períodos de El Niño que podem registrar redução pluviais entre 60-65%.

Santos, Martins & Santos (2018) afirmam que a partir do estudo do Índice de Oscilação Sul e dos eventos El Niño e La Niña, podem-se realizar previsão para ocorrências de eventos extremos de chuva ou seca, em determinada região, a fim de favorecer ao setor

agrícola, o qual depende das ocorrências de chuvas para uma produção significativa e para o desenvolvimento econômico de uma região.

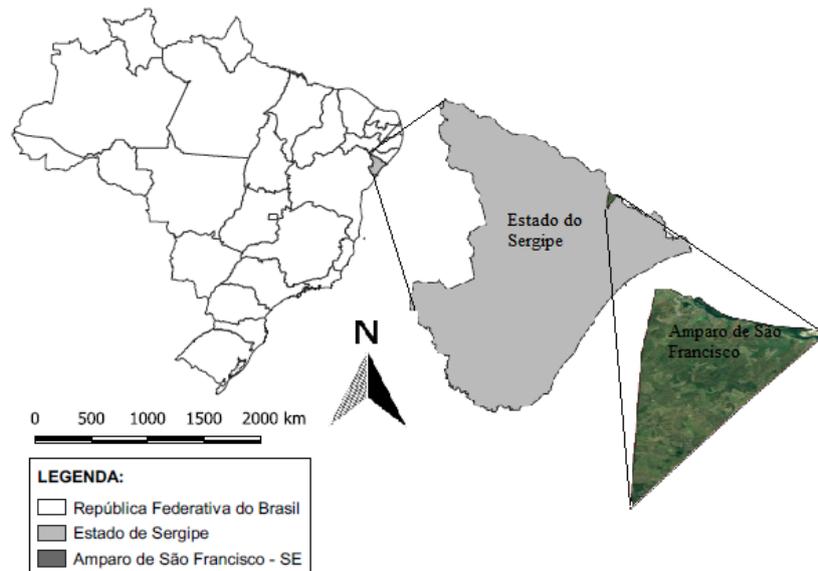
Medeiros (2018) mostrou que existe carência de estudos que manifesta correlação de chuvas com fenômenos climáticos de larga escala, tais como El Niño e La Niña. O autor analisou a influência da variabilidade pluvial e do número de dias com chuvas na cidade de Recife - PE e suas relações com os fenômenos El Niño e La Niña. Segundo ainda o autor constatou-se que no quadrimestre seco, que corresponde aos meses de outubro a janeiro, não ocorreu interferências dos episódios El Niño(a) nos acréscimos e reduções dos dias com ocorrências de chuvas, estando estes ligados diretamente aos fatores locais como brisa, movimentos convectivos e linha de instabilidade. Os fenômenos Niño(a) pouco influenciam os dias com ocorrência de chuvas em Recife, pois nos meses com maiores intensidades desses episódios, as chuvas de tendência evidenciaram ausências de aumento ou redução. Resultados coerentes foram encontrados nos estudos de Medeiros, Brito, Silva, Melo & Costa Neto (2016) para o município de Bom Jesus do Piauí.

Desta forma, a presente pesquisa tem por objetivo realizar o computo do balanço hídrico climatológico normal em fase dos fenômenos El Niño e La Niña visando à ocorrência da variabilidade erosiva para o município de Amparo de São Francisco.

## **2. Metodologia**

O município de Amparo de São Francisco localiza-se na região nordeste do Estado de Sergipe (Figura 1) e limita-se com o município de Telha a Leste e a Sul, Canhoba a Oeste e o Estado de Alagoas a Norte. A área municipal de 39,8 km<sup>2</sup> a sede municipal tem altitude de 51 metros e coordenadas geográficas de 10°08'04" de latitude sul e 36°55'46" de longitude Oeste (Figura 1).

**Figura 1.** Localização de Amparo de São Francisco dentro do estado do Sergipe.



Fonte: França (2020).

Amparo de São Francisco localiza-se em uma região caracterizada por duas estações bem definidas, um período chuvoso oscilando de fevereiro a agosto e um período seco, nos meses de setembro a janeiro. Segundo a classificação climática de Köppen (1928); Köppen & Geigem (1931), a área de estudo tem o clima do tipo “As” (quente e úmido Tropical chuvoso), esta classificação está em conformidade com o estudo dos autores Alvares, Staple, Sentelhas, Gonçalves & Sparovec (2014). Precipitação média anual de 1138,2 mm e temperatura de 25,9°C (Medeiros, 2020).

É interessante ressaltar que a estação chuvosa é marcada por frequentes e intensas precipitações em curto intervalo de tempo, favorecendo o surgimento de erosões, visto que pela frequência de chuva em um breve período, a água não consegue infiltrar no solo e acaba realizando o carreamento das partículas sólidas.

A área de estudo encontra-se na bacia hidrográfica do rio São Francisco, onde todo o escoamento d'água desta região tende a ir ao encontro do rio principal e desta forma acaba modelando o terreno da área em estudo. As águas decorrentes dos índices pluviométricos durante o processo do escoamento superficial, procuram caminhos naturais para o seu escoamento, e escoam de pontos elevados para o percurso principal do rio São Francisco.

Utilizaram-se dados de precipitações médias mensais e anuais adquiridos do banco de dados da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE, 1990) e da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do estado do Sergipe (EMATER-SE, 2020) para o período de 1963 a 2019.

Utilizaram-se dos valores da temperatura média do ar estimadas pelo software Estima\_T (Cavalcanti & Silva, 1994; Cavalcanti, Siva & Sousa 2006, para o mesmo período pluvial. 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 & Silva (2006) dada por:

$$T = C_0 + C_1\lambda + C_2\varnothing + C_3h + C_4\lambda^2 + C_5\varnothing^2 + C_6h^2 + C_7\lambda\varnothing + C_8\lambda h + C_9\varnothing h \quad (1)$$

Em que:

$C_0, C_1, \dots, C_9$  são as constantes;

$\lambda, \lambda^2, \lambda \varnothing, \lambda h$  longitude;

$\varnothing, \varnothing^2, \lambda \varnothing$  latitude;

$h, h^2, \lambda h, \varnothing h$  altura.

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

$$T_{ij} = T_i + AAT_{ij} \quad i = 1, 2, 3, \dots, 12 \quad j = 1950, 1951, 1952, \dots, 2019 \quad (2)$$

Em que:

$i = 1, 2, 3, \dots, 12$

O balanço hídrico climatológico (BHC) utilizado calcula a disponibilidade de água no solo para estabelecer os valores numéricos dos índices de aridez. Contabiliza a precipitação perante a 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); Thornthwaite & Mather (1955) e efetivado a sua estrutura de cálculo por planilhas eletrônicas segundo Medeiros, (2016).

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

$$EI_{30} = 67,355 \left( \frac{r^2}{p} \right) e^{0,85} \quad (3)$$

sendo:

$EI_{30}$  a média mensal do índice de erosividade das chuvas ( $MJ \cdot mm \cdot ha^{-1} \cdot h^{-1}$ );

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. O cálculo desse fator é o somatório dos valores mensais da erosividade, conforme a equação:

$$R = \sum_1^{12} EI_{30} \quad (4)$$

O Índice Oceânico Niño (ION) é utilizado para identificação de possíveis anomalias na temperatura da superfície do mar superfície oceânica por meio de média móvel de três meses, conforme a Tabela 1. Quando o ION for maior que 0,5°C por no mínimo cinco meses consecutivos, o período é caracterizado como El Niño e quando o índice for menor que -0,5°C por no mínimo cinco meses consecutivos, o período é caracterizado como La Niña. Os anos que não ocorreram à atuação destes fenômenos foram considerados como neutros.

**Tabela 1.** Classificação da intensidade do Índice Oceânico Niño (a).

Evento	Índice oceânico-ION	Intensidade
El Niño	0,5 a 0,9	Fraca
	1,0 a 1,4	Moderada
	≥1,5	Forte
La Niña	-0,5 a -0,9	Fraca
	-1,0 a -1,4	Moderada
	≤ -1,5	Forte

Fonte: Golden Gate Weather Services (2014).

A classificação climática foi realizada de acordo com a variabilidade pluviométrica descrita na Tabela 2 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 pluviiais de cada município do Nordeste Brasileiro (NEB).

**Tabela 2.** Critérios de classificação utilizados para classificar os municípios Juazeirinho e Soledade conforme classes do desvio percentual mensal e anual.

Critério de classificação	
Desvio Percentual	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 Chuvoso

Fonte: CPTEC/INPE/núcleos de meteorologia (2010).

### 3. Resultados e Discussão

Os diagnósticos pluviais são importantes visto que, permite detectar suas tendências e/ou alterações no clima, nas escalas locais, regionais, estaduais, nacionais e continentais (Holanda, Medeiros & Silva, 2016). Os autores afirmaram ainda que o excesso ou a falta de chuva pode ser favorável ou prejudicial ao desenvolvimento da socioeconômica, todavia o diagnóstico pluvial é de extrema importância ao longo de um período histórico. Com este intuito elaborou-se a Tabela 3 para uma melhor visualização das variabilidades climáticas da área de estudo. Com chuvas irregulares e de magnitudes variáveis no tempo, as classificações climáticas registradas tiveram sete anos chuvosos; três anos extremamente chuvosos; três anos muitos secos; dois anos muitos chuvosos; vinte e oito anos neutros e treze anos secos. Resultados similares foram abordados por Holanda, Medeiros & Silva (2016); Marengo, Rustuce, Penalba & Renom (2010).

**Tabela 3.** Anos, precipitação anual, classificação climática da precipitação anual (mm) para o município de Amparo de São Francisco – SE entre 1963 – 2019.

Ano	Prec anual	CC	Ano	Prec anual	CC	Ano	Prec anual	CC
1963	1574,3	C	1982	1559,8	C	2001	1020,2	N
1964	2558,4	EC	1983	1377,8	N	2002	1005,2	N

1965	1565,3	C	1984	895,6	N	2003	814,6	S
1966	3032,8	EC	1985	840,4	S	2004	1187,4	N
1967	1050,7	N	1986	874,0	N	2005	881,2	N
1968	934,3	N	1987	751,5	S	2006	1073,6	N
1969	1116,6	N	1988	752,5	S	2007	1120,2	N
1970	627,1	MS	1989	1261,9	N	2008	847,4	S
1971	1578,9	C	1990	1571,7	C	2009	1220,9	N
1972	2182,7	EC	1991	1236,3	N	2010	991,9	N
1973	1828,3	MC	1992	1129,0	N	2011	1099,4	N
1974	1539,9	C	1993	635,4	S	2012	633,0	S
1975	1352,3	N	1994	1008,4	N	2013	961,5	N
1976	1061,5	N	1995	767,6	S	2014	930,7	N
1977	1663,5	MC	1996	1069,0	N	2015	663,2	S
1978	1159,4	N	1997	923,6	N	2016	595,4	MS
1979	797,3	S	1998	731,8	S	2017	1192,8	N
1980	728,9	S	1999	921,5	N	2018	498,8	MS
1981	1464,0	C	2000	1341,1	N	2019	675,2	S

Legenda: Prec anual = precipitação anual; CC = Classificação climática; C = Chuvoso; EC = Extremamente chuvoso; N = Normal; MS = Muito Seco; S = Seco.  
 Fonte: Medeiros, (2020).

A Tabela 4 nos fornece o ano, Distribuição anual das categorias climáticas, e a ocorrências do fenômeno ENOS no Oceano Pacífico.

**Tabela 4.** Distribuição anual das categorias climáticas, e a ocorrências do fenômeno ENOS no Oceano Pacífico.

Ano	<i>El Niño</i>	<i>La Niña</i>	Ano	<i>El Niño</i>	<i>La Niña</i>	Ano	<i>El Niño</i>	<i>La Niña</i>
1964	fraco		1985		forte	2006	fraco	
1965	forte		1986	moderado		2007		forte
1966	forte		1987	moderado		2008		forte
1967		fraca	1988	moderado	forte	2009		forte
1968	moderado		1989		forte	2010		
1969	fraco		1990	forte		2011		forte
1970	moderado		1991	forte		2012		forte
1971		moderado	1992	forte		2013		
1972		moderado	1993	forte		2014		
1973	forte		1994	moderado		2015		
1974		forte	1995		fraca	2016		
1975		forte	1996		fraca	2017		
1976		forte	1997	forte		2018		
1977	fraco		1998		fraca	2019		
1978	fraco		1999		fraca			
1979	fraco		2000		fraca			
1980			2001		fraca			
1981			2002	fraco				
1982	forte		2003	fraco				
1983	forte		2004	forte				

Fonte: Medeiros (2020).

Na Tabela 5 tem a representação do resultado do balanço hídrico normal para o município de Amparo de São Francisco – SE. As oscilações térmicas mensais fluem entre 23,1°C no mês de julho a 28,0°C em março. Precipitação anual de 1174,7 mm e suas oscilações mensais fluindo entre 27,3 mm em novembro a 191,3 mm em maio. A evapotranspiração oscila entre 81,7 mm no mês de julho a 161,8 mm em janeiro, A ETP anual foi de 1551,2 mm, os meses de janeiro, fevereiro, março, outubro, novembro e dezembro foram os meses de maiores evapotranspiração, superiores a precipitação e o mês de agosto foi o mês de menor índice evapotranspirado. Os índices evaporativos oscilaram entre 48,5 mm em novembro a 148,1 mm em abril com EVR anual de 994,6 mm. Evaporaram 84,7% do

índice pluviométrico os meses de maiores poderes evaporativos registrou-se entre setembro e fevereiro e os de menores poderes evaporativos foram abril a julho. Na representação do balanço hídrico normalizado (BHN) registrou-se deficiência hídrica de 556,6 mm e excedente hídrico de 135,8 mm nos meses de junho a agosto. Estudos como o de Medeiros & Holanda, (2020) vem a corroborar com os resultados discutidos neste artigo.

**Tabela 5.** Representação do balanço hídrico normal para o município de Amparo de São Francisco – SE.

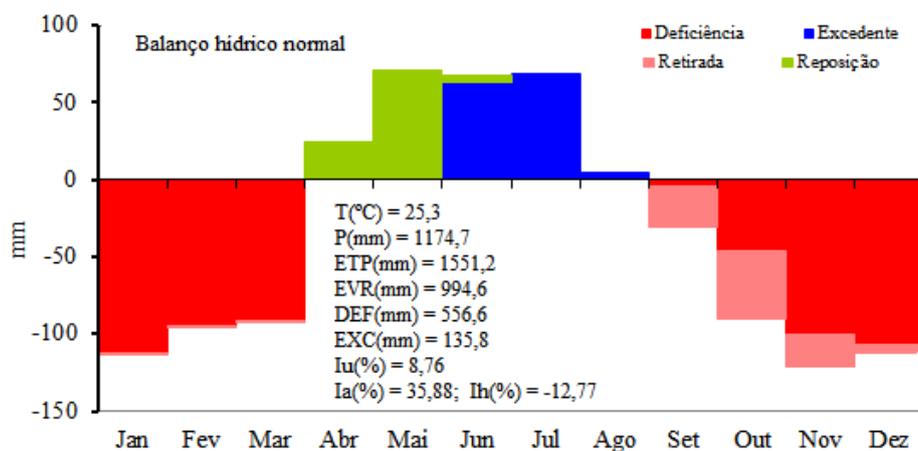
Meses	T (°C)	P (mm)	ETP (mm)	%ETP/P	EVR (mm)	%EVR/P	DEF (mm)	EXC (mm)
Jan	27,5	47,8	161,8	238,5	49,8	4,2	112,0	0,0
Fev	27,8	59,0	154,9	162,5	59,6	1,0	95,3	0,0
Mar	28,0	80,4	172,4	114,4	80,6	0,2	91,8	0,0
Abr	27,3	172,6	148,1	-14,2	148,1	-14,2	0,0	0,0
Mai	25,6	191,3	120,0	-37,3	120,0	-37,3	0,0	0,0
Jun	24,3	162,1	94,8	-41,5	94,8	-41,5	0,0	63,3
Jul	23,1	150,0	81,7	-45,5	81,7	-45,5	0,0	68,3
Ago	23,2	88,5	84,3	-4,7	84,3	-4,7	0,0	4,2
Set	24,2	65,5	95,9	46,4	91,7	40,0	4,2	0,0
Out	26,0	40,8	130,6	220,1	84,6	107,4	46,1	0,0
Nov	27,0	27,3	149,0	445,8	48,5	77,7	100,5	0,0
Dez	27,1	44,9	157,6	251,0	50,9	13,4	106,7	0,0
Anual	25,3	1174,7	1551,2	32,1	994,6	-15,3	556,6	135,8

Legenda: T (°C) = Temperatura média do ar (°C); P = Precipitação (mm); ETP = Evapotranspiração (mm); %ETP/P = percentual da evapotranspiração sobre a precipitação; EVR = Evaporação (mm); %EVR/P = percentual da evaporação sobre a precipitação; DEF = Deficiência hídrica (mm) e EXC = Excedente hídrico (mm).

Fonte: Medeiros, (2020).

Na Figura 2 têm-se o gráfico do balanço hídrico normal para o município de Amparo de São Francisco – SE entre 1963 a 2019. Suas oscilações anuais estão representadas no gráfico. As deficiências hídricas foram registradas entre os meses de setembro a março; retirada d'água entre setembro e dezembro; reposição de água no solo nos meses de abril a junho e excedente hídricos entre junho e agosto. Os índices: aridez; umidade e hídrico foram de 8,76%; 35,88% e -12,77% respectivamente. Os estudos de Franca, Medeiros & Araújo (2020); Vilar & Medeiros (2020) apresentaram similaridades nos resultados em discussões.

**Figura 2.** Gráfico do balanço hídrico normal para o município de Amparo de São Francisco – SE entre 1963 a 2019.



Fonte: Medeiros, (2020).

A Tabela 6 – Representação o computo do balanço hídrico em período de El Niño para o município de Amparo de São Francisco – SE para os seguintes elementos temperatura (T°C), precipitação (P(mm)), evapotranspiração ETP(mm); percentual da evapotranspiração em relação a precipitação (se precipitação foi maior que evapotranspiração (+) ou se evapotranspiração foi menor que a precipitação (-)); Evaporação EVR(mm); percentual da evaporação em relação a precipitação (se precipitação foi maior que evaporação (+) ou se evaporação foi menor que a precipitação (-)); deficiência hídrica DEF(mm) e excedente hídrico EXC(mm). Temperatura média anual de 23,1°C as flutuações da temperatura fluíram entre 20,7°C em julho a 24,8°C em fevereiro. Precipitação anual de 1175,9 mm e suas oscilações de 26,8 mm em novembro a 197,5 mm maio. A evapotranspiração flui entre 67,8 mm julho a 118,5 mm em março com total anual de 1150,1. Evapotranspirou -2,2% do valor pluvial anual. A evaporação oscila entre 58,5 no mês de dezembro a 104,3 mm em abril, com deficiência hídrica fluindo de 0,2 mm setembro a 57,4 mm em dezembro e com total

anual de 250,4 mm os excedentes hídricos fluem entre 16,5 mm a 90,6 mm com total anual de 276,3 mm.

**Tabela 6.** Representação do computo do balanço hídrico em período de El Niño para o município de Amparo de São Francisco – SE.

Meses	T (°C)	P (mm)	ETP (mm)	%ETP/P	EVR (mm)	%EVR/P	DEF (mm)	EXC (mm)
Jan	24,6	57,2	116,0	102,8	62,9	10,0	53,1	0,0
Fev	24,8	66,3	110,0	65,9	68,8	93,8	41,2	0,0
Mar	24,7	79,9	118,5	48,3	81,3	7,9	37,1	0,0
Abr	24,1	181,5	104,3	-42,5	104,3	49,5	0,0	0,0
Mai	22,9	197,5	92,1	-53,4	92,1	-2,9	0,0	85,9
Jun	21,7	165,3	74,7	-54,8	74,7	48,1	0,0	90,6
Jul	20,7	151,1	67,8	-55,1	67,8	-3,2	0,0	83,3
Ago	20,8	86,2	69,8	-19,0	69,8	84,2	0,0	16,5
Set	21,6	70,1	76,4	9,0	76,2	24,5	0,2	0,0
Out	23,1	48,3	97,1	101,0	84,6	150,6	12,6	0,0
Nov	24,0	26,8	107,5	301,1	58,7	68,4	48,8	0,0
Dez	24,3	45,5	115,9	154,7	58,5	60,2	57,4	0,0
Anual	23,1	1175,9	1150,1	-2,2	899,6	16,3	250,4	276,3

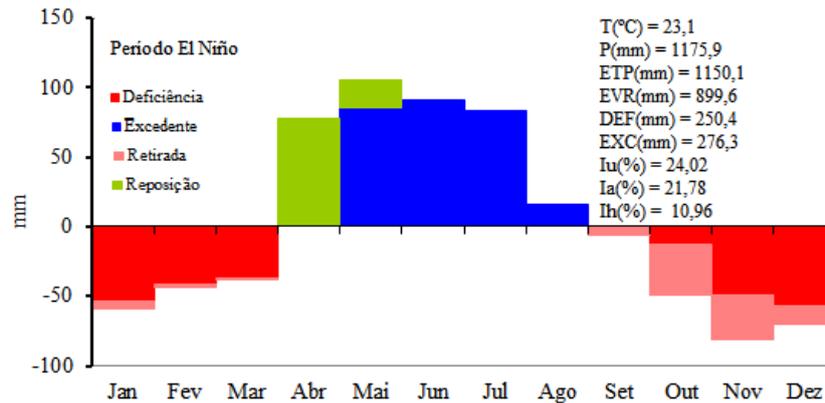
Legenda: T (°C) = Temperatura média do ar (°C); P = Precipitação (mm); ETP = Evapotranspiração (mm); %ETP/P = percentual da evapotranspiração sobre a precipitação; EVR = Evaporação (mm); %EVR/P = percentual da evaporação sobre a precipitação; DEF = Deficiência hídrica (mm) e EXC = Excedente hídrico (mm).

Fonte: Medeiros, (2020).

Na Figura 3 têm-se as variabilidades gráficas do balanço hídrico para os episódios de El Niño no município de Amparo de São Francisco – SE. As deficiências hídricas oscilaram

entre outubro a março; a retirada de água no solo ocorreu entre os meses de setembro a janeiro; a reposição d'água registrou-se nos meses de abril e maio e os excedentes hídricos entre maio e agosto. Os índices de umidade, aridez e déficit hídricos foram de 24,02%; 21,78% e 10,96%.

**Figura 3.** Gráfico do balanço hídrico para os episódios de El Niño no município de Amparo de São Francisco – SE.



Fonte: Medeiros, (2020).

Com Temperatura média anual de 25,8°C e suas oscilações mensais fluindo entre 23,0 °C julho a 27,9°C em março. Precipitação anual de 2592,5 mm e suas flutuações mensais oscilando entre 81,0 mm novembro a 472,0 mm em maio. Evapotranspirou -41% do valor pluvial e evaporou -56,8% da precipitação registraram-se deficiência hídrica de 55,4 mm e excedente hídrico de 1119,4 mm. Pode ser observada na Tabela 7 – Representação do balanço hídrico em Período de La Niña para o município de Amparo de São Francisco – SE.

**Tabela 7.** Representação do balanço hídrico em Período de La Niña para o município de Amparo de São Francisco – SE.

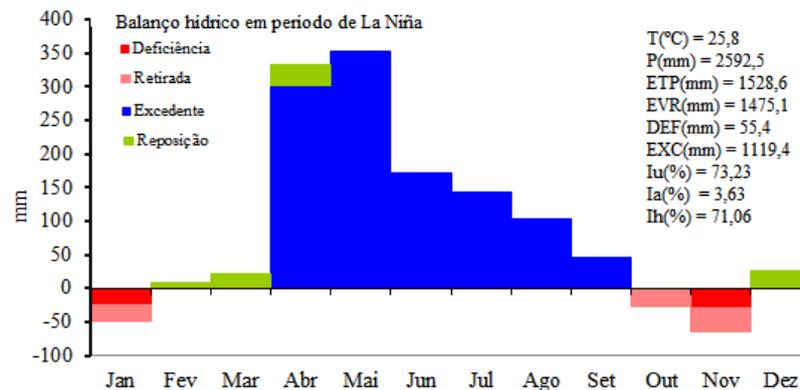
Meses	T (°C)	P (mm)	ETP (mm)	%ETP/P	EVR (mm)	%EVR/P	DEF (mm)	EXC (mm)
Jan	27,4	109,2	158,5	45,1	134,7	23,4	23,8	0,0
Fev	27,7	160,1	152,3	-4,9	152,3	-4,9	0,0	0,0
Mar	27,9	192,3	169,8	-11,7	169,8	-11,7	0,0	0,0
Abr	27,1	477,9	145,9	-69,5	145,9	-69,5	0,0	302,3
Mai	25,5	472,0	118,6	-74,9	118,6	-74,9	0,0	353,4
Jun	24,2	265,8	94,0	-64,6	94,0	-64,6	0,0	171,8
Jul	23,0	224,4	81,4	-63,7	81,4	-63,7	0,0	143,0
Ago	23,2	186,9	83,9	-55,1	83,9	-55,1	0,0	103,0
Set	24,1	140,8	95,0	-32,5	95,0	-32,5	0,0	45,8
Out	25,8	102,5	128,7	25,6	125,6	22,5	3,2	0,0
Nov	26,9	81,0	146,4	80,7	117,9	45,6	28,5	0,0
Dez	26,9	179,6	154,0	-14,3	154,0	-14,3	0,0	0,0
Anual	25,8	2592,5	1528,6	-41,0	1473,1	-56,8	55,4	1119,4

Legenda: T (°C) = Temperatura média do ar (°C); P = Precipitação (mm); ETP = Evapotranspiração (mm); %ETP/P = percentual da evapotranspiração sobre a precipitação; EVR = Evaporação (mm); %EVR/P = percentual da evaporação sobre a precipitação; DEF = Deficiência hídrica (mm) e EXC = Excedente hídrico (mm).

Fonte: Medeiros, (2020).

Na Figura 4 observam-se o gráfico do balanço hídrico para os episódios de La Niña no município de Amparo de São Francisco – SE. O excedente hídrico registrou-se nos meses de abril a setembro; reposição d'água no solo ocorreu entre fevereiro a abril e dezembro; retirada d'água no solo nos meses de outubro, novembro e janeiro. Os índices de: umidade, aridez e hídrico registraram os seguintes valores 73,23%; 3,63% e 71,06%, respectivamente.

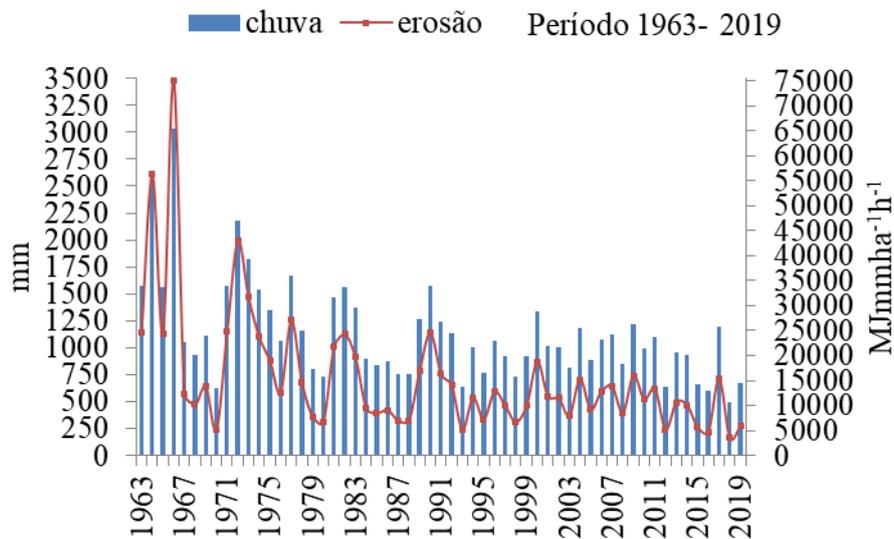
**Figura 4.** Gráfico do balanço hídrico para os episódios de La Niña no município de Amparo de São Francisco – SE.



Fonte: Medeiros, (2020).

Na Figura 5 - Distribuição anual da chuva e erosão entre o período de 1963-2019 no município de Amparo de São Francisco – SE. Os maiores índices pluviométricos foram registrados nos anos de 1963; 1964; 1965; 1966; 1971; 1972; 1973; 1974; 1975; 1977; de 1981 a 1983; 1990; 2000 com cota pluviométrica superior a 1250 mm. Os menores índices pluviométricos registraram-se nos anos de 1970; 1993; 2012; 2015; 2016; 2018 e 2019. As variabilidades erosivas acima dos índices pluviométricos foram os anos 1964; 1966, os menores índices erosivos predominaram em quase total a série do período estudado, destaca-se o período de 1992 a 2019 com índices erosivos inferiores a  $1600 \text{ Mjmmha}^{-1}\text{h}^{-1}$ . Similaridades com este estudo foram encontradas por França, Medeiros & Araújo. (2020) e por França, Medeiros & Araújo, (2020). Os índices pluviométricos de altas intensidades foram ocasionados por temporais de curto intervalo de tempo e de alta magnitude pluviométrica. (Marcuzzo, Oliveira, Filho & Faria, (2012); Marengo, Rusticucci, Penalba, & Renom, (2010)).

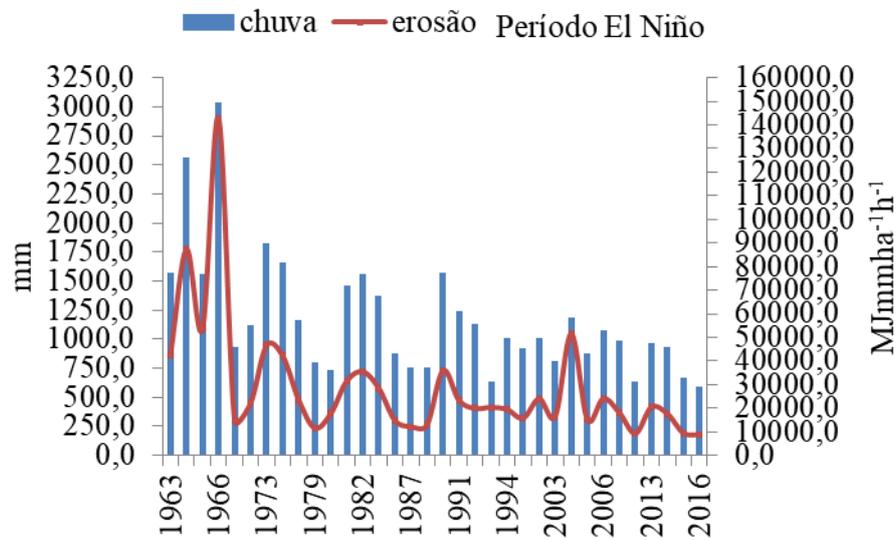
**Figura 5.** Distribuição anual da chuva e erosão entre o período de 1963-2019 no município de Amparo de São Francisco – SE.



Fonte: Medeiros, (2020).

Na Figura 6 observam-se a distribuição anual da chuva e erosão em períodos de atuação do fenômeno de larga escala El Niño no município de Amparo de São Francisco – SE. Com índices erosivos abaixo dos  $750,0 \text{ MJmmha}^{-1}\text{h}^{-1}$  ocorreram nos anos de 1968; 1978; 1979 1980 a 2003 e de 2005 a 2015. Os Maiores índices erosivos ocorreram nos anos de 1963 a 1967; de 1973 a 1977 e 2004. Estudos como o de Medeiros (2019) mostram similaridades com os resultados discutidos. Com índices pluviiais abaixo dos 750 mm registraram-se os anos de 1980; 1987; 1988; 1993; 2012; 2015 e 2016. Estudo como os dos autores (França, Ferraz, Medeiros, Holanda & Rolim Neto (2018); Holanda, Medeiros & Silva (2016); Luz, Medeiros, Santos & Kozmmhisk, (2018)) vem a corroborar com os resultados discutidos neste artigo.

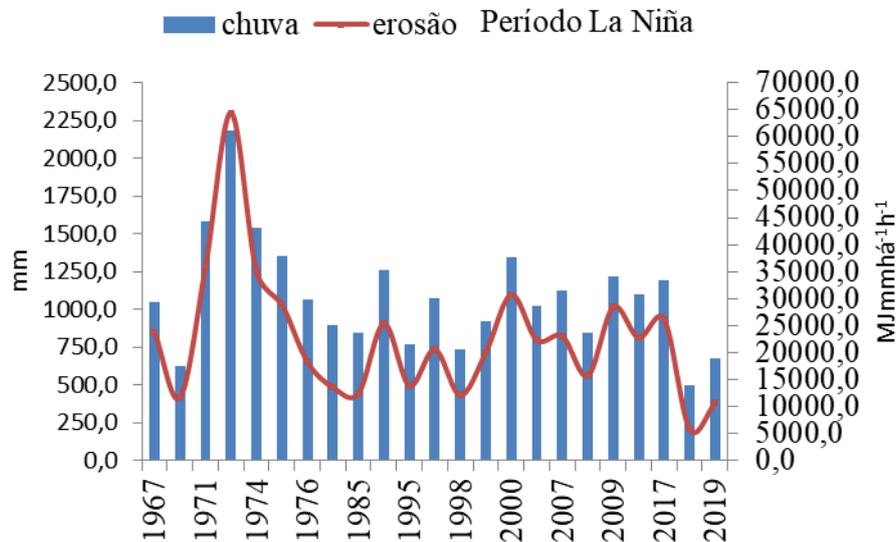
**Figura 6.** Distribuição anual da chuva e erosão em períodos de atuação do fenômeno de larga escala El Niño no município de Amparo de São Francisco – SE.



Fonte: Medeiros, (2020).

Na Figura 7 observam-se as flutuações das distribuições anuais da precipitação e erosão em períodos de atuação do fenômeno de larga escala La Niña no município de Amparo de São Francisco – SE. Os anos de maiores índices pluviométricos e erosivos foram 1971; 1972 e 1973. As menores flutuações registraram-se nos anos de 1969; 1985; 2018 e 2019. Estudos que apresentaram similaridades nos dados analisados foram os dos autores Marengo, Rusticucci, Penalba, & Renom, (2010); Holanda, Medeiros & Silva (2016), Villar & Medeiros (2019).

**Figura 7.** Distribuição anual da chuva e erosão em períodos de atuação do fenômeno de larga escala La Niña no município de Amparo de São Francisco – SE.

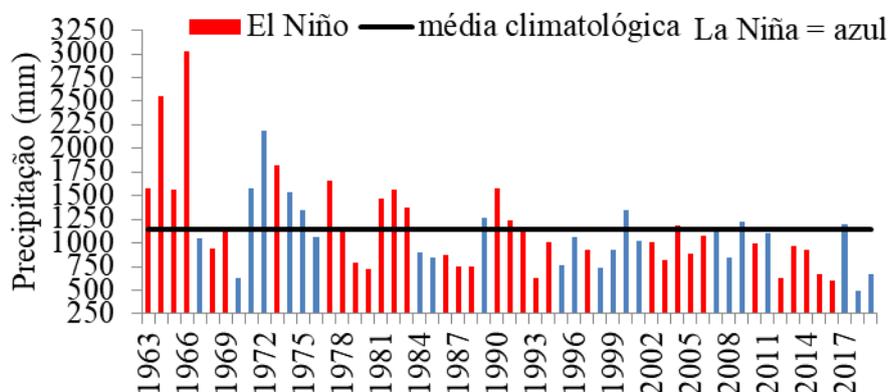


Fonte: Medeiros, (2020).

Na Figura 8 têm-se a distribuição anual da chuva na série de 1963-2019 e em períodos de atuação do fenômeno de larga escala El Niño (vermelho) La Niña (azul) e sua média climatológica no município de Amparo de São Francisco – SE.

Destacam-se irregularidades nos índices pluviométricos tanto para o episódio de El Niño como o da La Niña, os índices pluviométricos superiores a média histórica registrou-se nos anos El Niño de 1963 a 1966; 1973; 1977; 1981 a 1983; 1990 e 1991; Para os anos de La Niña têm-se os anos de 1971 e 1972; 1974 e 1975; 1989; 2000; 2009 e 2017. Portanto os episódios de El Niño apresentam índices pluviométricos com maiores magnitudes e intensidades.

**Figura 8.** Distribuição anual da chuva na série de 1963-2019 e em períodos de atuação do fenômeno de larga escala El Niño (vermelho) La Niña (azul) no município de Amparo de São Francisco – SE.



Fonte: Medeiros, (2020).

Os resultados obtidos estão de acordo com vários estudos climáticos realizados para o semiárido brasileiro, (Matos, Borges, Medeiros & Dantas Neto (2017); Passos, Zambrzyeci & Pereira (2017); Francisco, Medeiros, Matos & Saboya (2017); Santos & Aquino (2016); Santos, Souza, Martins & Santos (2018); Passos, Sousa & Mendes (2018); Mendes (2015); Costa, Becker & Brito (2013); Medeiros, Borges e Vieira (2012) corroboram com os resultados discutidos neste artigo.

#### 4. Considerações Finais

O balanço hídrico nos mostram altas variabilidades das temperaturas as quais contribuíram de forma positiva para as elevadas taxas de evapotranspiração. Nos balanços hídricos para períodos de El Niño e La Niña observa-se uma melhor distribuição espaço temporal na fase da La Niña, ao passo que no período de El Niño as concentrações pluviais são rápidas com alta magnitude e de curto intervalo de tempo

Os elementos meteorológicos temperatura e precipitação mostram que para os cenários futuros, ocorrerão mudanças térmicas e pluviais bruscas. Ocasionalmente tempos mais seco e quente.

Os problemas de erosão, na área de estudo, são resultantes da combinação de um rápido processo de ocupação dos solos e de um regime climático propício a sua ocorrência de forma intensa. Sendo que estes processos não são somente de formas físicas, sendo ocasionado pelo homem e natureza.

Os índices pluviiais irregulares podem ocasionar períodos de chuva acima da média histórica, com índice pluviial mais agrupado no tempo. A atuação dos episódios El Niño e La Niña não está relacionada a aumentos e/ou redução dos índices pluviiais e sim aos eventos extremos ocasionados por chuvas de alta magnitude e em curto intervalo de tempo.

Os índices erosivos de maiores intensidades estão interligados aos fenômenos de larga e micro escalas registradas na área de estudo, seguidamente de solo do tipo neossolo flúvico de textura arenosa, ocasionando maiores desmontes do solo, pela pronunciada declividade existente nos taludes da margem do Rio São Francisco.

Os índices de aridez (Ia) de maior contribuição para o processo erosivo foi registrado no período de ocorrência de La Niña (3,63%), seguidamente dos períodos de El Niño (21,78%) e da série pluviial (1963-2019) (35,85%). Os índices hídricos (Ih) apresentaram as seguintes variabilidades para o período da série (-12,37%), episódio El Niño (10,96%) e episódio La Niña (71,06%). Os índices de umidade (Iu) oscilaram com 8,76% na série, 24,02% no El Niño e 73,23% na La Niña. Sabe-se que quanto menor o Ia, maior a ocorrência da erosão.

Em episódios El Niño, os índices pluviiais são mais intensos e superam as médias históricas devido a ocorrência de suas magnitudes registrarem chuvas forte em curtos intervalos de tempo.

## **Referências**

Albuquerque, F. S., Silva, E. F. F., Lopes, P. M. O., Moura, G. B. A., & Silva, A. O. (2018). Condições hídricas e crescimento vegetal de culturas agrícolas importantes para comunidades indígenas do semiárido brasileiro. *Revista Ceres* [online] 65. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737X201865020001>.

Alvares, C., Stape, J., Sentelha, P., Gonçalves, J., & Sparovek, G. (2014). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift* 22, 711–728.

Costa, M. N. M., Becker, C. T., & Brito, J. I. B. (2013). Análise das séries temporais de precipitação do Semiárido Paraibano em um período de 100 Anos - 1911 A 2010. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 6(4), 680-696.

Cavalcanti, E. P., Silva, V. P. R., & Sousa, F. A. S. (2006). Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a região Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 10 (1), 140-147.

Cavalcanti, E. P., & Silva, E. D. V. (1994). Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 8, 1994. Belo Horizonte, Anais. Belo Horizonte: SBMET, 1,154-157.

CPTEC/INPE/ Núcleos estaduais de Meteorologia. (2010). P.35.

EMATER-SE. (2020). Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do estado do Sergipe.

França, M. V., Ferraz, J. X. V., Medeiros, R. M., Holanda, R. M., & Rolim Neto, F. C. (2018). El Niño e La Niña e suas contribuições na disponibilidade hídrica dos municípios de São Bento do Una e Serra Talhada – PE, Brasil. *Revista Brasileira de Agrotecnologia (Brasil)* ISSN: 2317-3114. 8(1),15 – 21.

Franca, M. V., Medeiros, R. M., & Araújo, W. R. (2020). Erosividade na bacia hidrográfica do rio Ipojuca, PE – Brasil. *Research, Society And Development*.9, 63 – 90.

Franca, M. V., Medeiros, R. M., & Araújo, W. R. (2020a). Isolinha erosiva máxima pelo método da krigagem na bacia hidrográfica do rio Paraíba, Brasil. *Research, Society and Development*. 9, 472974218 - 2020.

Francisco, P. R. M., Medeiros, R. M., Matos, R. M., & Saboya, L. M. F. (2017). Evapotranspiração de referência mensal e anual pelo método de Thornthwaite para o estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Climatologia [online]* 20. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v20i0.41569>.

Holanda, R. M., Medeiros, R. M., & Silva, V. P. R. (2016). Recife-PE, Brasil e suas flutuabilidades da precipitação decadal. *Natureza, Sociobiodiversidade e Sustentabilidade*, 26 a 29 de outubro, 2016. Universidade Nacional, Sede Chorotega Nicoya, Costa Rica. 230-245.

Holanda, R. M., & Medeiros, R. M. (2019). Classificação climática pelo método de Köppen e Thornthwaite em Bom Jesus do Piauí, Brasil. *Revista Pantaneira*, 16, 57 - 68.

Köppen, W. (1931). *Grundriss der Klimakunde: Outline of climate science*. Berlin: Walter de Gruyter, 388.

Köppen, W., & Geiger, R. (1928). *Klimate der Erde*. Gotha: Verlagcondicionadas. Justus Perthes. 1928.

Luz, M., & Santos, K. (2018). Eventos climáticos e oscilação pluviométrica no município de Serra Talhada, Pernambuco, Brasil. *Congresso Internacional de diversidade do semiárido. Diversidade: Aprender o semiárido, no semiárido e com o semiárido*. 1. 25,36.

Marcuzzo, F. F. N., Oliveira, N. L., Filho, R. F. P., & Faria, T. G. (2012). Chuvas na região Centro-Oeste e no Estado do Tocantins: análise histórica e tendência futura. *Boletim de Geografia*, 30, 19–30.

Marengo, J. A., Rusticucci, M., Penalba, O., & Renom, M. (2010). An intercomparison of observed and simulated extreme rainfall and temperature events during the last half of the twentieth century: part 2: historical trends. *Climatic Change*, 98(3-4), 509-529. 2010.

Matos, R. M., Silva, P. F., Borges, V. E., Sobrinho, T. G., Dantas Neto, J., & Saboya, L. M. F. (2018). Potencial agroclimático para a cultura da mangueira no município de Barbalha - CE. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada [online]* 12. Recuperado de [10.7127/RBAI.V12N100732](http://10.7127/RBAI.V12N100732). Acesso: 2020.

Medeiros, R. M., & Holanda, R. M. (2020). Balanço hídrico sequencial para Lagoa Seca – Paraíba – Brasil. *Research, Society and Development*. 9,1 – 26.

Medeiros, R. M. (2019). Isolinhas erosivas do Estado do Piauí. *Revista Mirante (Online)*. 12, 232 – 252.

Medeiros, R. M. (2018). Mudanças do ENSO com relação à precipitação e dias com chuva em Recife - PE, Brasil. *Revista Mirante (ONLINE)*. 11, 222 - 2140.

Medeiros, R. M., Brito, J. I. B., Silva, V. M. A., Melo, V. S., & Costa Neto, F. A. (2016). El Niño/La Niña e sua influência no número de dias com chuva em Bom Jesus – Piauí, Brasil. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 11(2), 16-23.

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, Centro Científico Conhecer - Goiânia*, 11(21), 2015.

Medeiros, R. M., & Sousa, F. A. S. (2015). Análise da temperatura do ar no município de Teresina, Piauí, em anos de ocorrência de “El Niño” Apresentado no XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 18 a 21 de Julho de 2011 – SESC Centro de Turismo de Guarapari, Guarapari - ES.

Medeiros, R. M., Oliveira, R. C. S., Gomes Filho, M. F., & Costa Neto, F. A. (2014). Erosividade da chuva na área da bacia hidrográfica do rio Uruçuí Preto- PI, Brasil visando o desenvolvimento de manejos do solo. 9º Congresso de Educação Agrícola Superior Areia-PB - 27 A 30 de outubro de 2014 Nº ISSN / 0101-756X.

Medeiros, R. M., Sousa, F. A. Z., & Gomes Filho, M. F. (2014). Análise temporal do balanço hídrico na bacia do rio Uruçuí Preto – Piauí. *Anais do VI Workshop de mudanças climáticas e Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco e o III Workshop Internacional sobre mudanças climáticas e Biodiversidade – VIWMCRHPE/IIIWIMB – 214 - 227.*

Medeiros, R. M., Borges, C. K., & Vieira, L. J. (2012). Análise climatológica da precipitação no município de Bananeiras - PB, no período de 1930-2011 como contribuição a Agroindústria. *Seminário Nacional da Agroindústria; Jornada Nacional da Agroindústria, Bananeiras. Paraíba.*

Mendes, S. M. (2015). Impacto das mudanças climáticas na disponibilidade hídrica do bioma Caatinga (123 p.). *Dissertação de Mestrado. Recife: UFPE.*

Monteiro, J. B., & Zanella, M. E. (2014). Eventos pluviométricos extremos e impactos associados em Fortaleza - CE: uma análise a partir da técnica de quantis, in: Silva, Cafes.; Steinke, ET, (Orgs.). UFGD, Dourados.165 - 186.

Paula, J. A. A., Cardoso, E. A., Sousa, R. P., & Assis, J. P. (2017). Análise agrônômica e econômica do cultivo de melão (*cucumis melo*, l.) Conduzido na região semiárida do nordeste brasileiro. Enciclopédia Biosfera. [online] 14. Recuperado de [http://dx.doi.org/10.18677/EnciBio\\_2017B4](http://dx.doi.org/10.18677/EnciBio_2017B4).

Pereira, A. R. (2002). Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478.

Passos, M. L. V., Zambrzycki, G. C., & Pereira, R. S. (2016). Balanço hídrico e classificação climática para uma determinada região de Chapadinha - MA. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada [online] 10. Recuperado de [10.7127/rbai.v10n400402](http://dx.doi.org/10.7127/rbai.v10n400402).

Passos, M. L. V., Zambrzycki, G. C., & Pereira, R. S. (2017). Balanço hídrico climatológico e classificação climática para o município de Balsas - MA. Scientia Agraria [online] 18. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.5380/rsa.v18i1.48584>.

Passos, M. L. V., Souza, J. B. C., & Mendes, T. J. (2018). Balanço hídrico e classificação climática para o município de Turiaçu-MA. Revista Agropecuária Científica no Semiárido [online] 14. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.30969/acsa.v14i2.983>.

Santos, R. A., Martins, D. L., & Santos, R. L. (2018). Balanço hídrico e classificação climática de Köppen e Thornthwaite no município de Feira de Santana (BA). Geo UERJ [online] 33. Recuperado de [10.12957/geouerj.2018.34159](http://dx.doi.org/10.12957/geouerj.2018.34159).

Santos, F. A., & Aquino, C. M. S. (2016). Balanço hídrico climatológico dos municípios de castelo do Piauí e Juazeiro do Piauí, nordeste, Brasil. Revista Eletrônica Geoaraguaia, 6, 30 - 56.

Silva, R. O. B., Montenegro, S. M. G. L., & Souza, W. M. (2017). Tendências de mudanças climáticas na precipitação pluviométrica nas bacias hidrográficas do estado de Pernambuco. *Eng. Sanitária e Ambiental*, 22(3), 579- 589, 2017.

Silva, V. P. R., Pereira, E. R. R., Azevedo, P. V., Sousa, F. A. S., & Sousa, I. F. (2011). Análise da pluviometria e dias chuvosos na região Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, 15(2), 131-138.

SUDENE. Normais Climatológicas da Área da SUDENE. (1990) Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. Convênio com o Serviço de Meteorologia, Recife.

Thornthwaite, C. W. (1948). An Approach Toward a Rational Classification of Climate. *Geogr. Rev*, 38, 55-94.

Thornthwaite, C. W., & Mather, J. R. (1955). *The Water Balance*. Publications In Climatology. New Jersey: Drexel Institute Of Technology, 104p.

Vilar, H. N., & Medeiros, R. M. (2019). Índice de aridez na Zona da Mata no Estado de Pernambuco - Brasil. *Journal of Environmental Analysis and Progress*. 4, 14 - 20.

#### **Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito**

Manoel Viera de França - 25%

Raimundo Mainar de Medeiros – 25%

Wagner Rodolfo de Araújo – 25%

Romildo Morant de Holanda – 25%