

Climate and analysis of the extreme precipitation trends in Recife-PE

Eduardo A. da Silva^{*}, Madson T. Silva^{**}, Maria M. M. S. Melo^{***}, Ingrid P. C. de Lima^{****}, Tiago B. Mandú^{*****},
Bárbara S. Souza^{*****}

^{*}Mestrando em Ciências Climáticas – UFRN, E-mail: eduardometeorologistaufrn@gmail.com

^{**}Professor em Meteorologia da UFCG– PPGMET/UFCG, E-mail: madson.geotech@gmail.com

^{***}Doutoranda em Meteorologia – UFCG, E-mail: mona_melo@hotmail.com

^{****}Mestranda em Meteorologia – UFCG, E-mails: ingridpaloma.cl@gmail.com, tiagobentes1@gmail.com

^{*****}Mestrando em Meteorologia – INPE, E-mail: tiagobentes1@gmail.com

^{*****}Graduanda em Meteorologia – UFCG, E-mail: barbarasouza3397@gmail.com

Received 12 October 2021; accepted 30 December 2021

Abstract

The city of Recife-PE, located in the Northeast Region of Brazil (NRB), is vulnerable to extreme rainfall events, such events cause flood and landslides, generating socioeconomic effects and loss of life. These consequences to these events, the objective of this study is analyze the variability of extreme precipitation events in Recife-PE, through monthly rainfall for the period from 1961 to 2019 (59 years of data), obtained from the Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa do Instituto Nacional de Meteorologia (BDMEP-INMET), images from the GOES-12 satellite, from the Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos CPTEC / INPE database. The Mann-Kendall Test (MK) was used to verify the presence of trends in monthly precipitation. It was concluded that the possibility of an increasing trend or decreasing in the data series was denied, since a stationary series was observed, the rainfall in the month of March shows negative trend at the level of 5% ($p < 0.05$), and therefore, the null hypothesis is rejected. Through GOES-12 satellite images, it can be seen that the Intertropical Convergence Zone (ITCZ) is the main meteorological system that contributed to the occurrence of precipitation events in the city, because was possible to observe ITCZ zonal displacement.

Keywords: Extreme precipitation; MK test; ITCZ.

Climatologia e análise das tendências de precipitação extrema em Recife-PE

Resumo

A cidade de Recife-PE, localizada na Região do Nordeste do Brasil (NEB) apresenta vulnerabilidade a eventos extremos de precipitação pluvial, e tais eventos causam alagamentos, inundações e deslizamentos de terra, gerando transtornos socioeconômicos e perda de vidas. Devido a essas consequências, buscaram-se analisar a variabilidade da precipitação em Recife-PE, através de totais mensais pluviométricos para o período de 1961 a 2019 (59 anos de dados), obtidos do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa do Instituto Nacional de Meteorologia (BDMEP-INMET) e imagens do satélite GOES-12, do banco de dados Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos CPTEC/INPE. Foi utilizado o Teste de Mann-Kendall (MK) para verificar a presença de tendências mensais de precipitação. Concluiu-se que a possibilidade de tendência de aumento ou decréscimo na série de dados foi descartada, visto que foi observada uma série estacionária, os totais pluviométricos no mês de março apresentaram tendência negativa ao nível de 5% ($p < 0,05$) e, portanto se rejeita a hipótese nula. Através das imagens de satélite do GOES-12, percebeu-se que a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é o principal sistema meteorológico que contribuiu para ocorrência de precipitação na cidade, observando seu deslocamento zonal.

Palavras-chave: Extremos Pluviométricos; Teste MK; ZCIT.

1. Introdução

O comportamento das chuvas intensas é constantemente objeto de pesquisa no âmbito científico em várias escalas de tempo e espaço. À vista desse pressuposto, salientam-se os impactos associados às alterações da variabilidade da precipitação em bacias hidrográficas e em grandes áreas urbanas.

A variabilidade do comportamento da precipitação na região é revestida de uma grande importância, desde seu enfoque climático até a ordem econômica e social, principalmente em áreas urbanizadas no leste da região do Nordeste do Brasil (NEB).

Nas últimas décadas, 75% da população mundial residiram em localidades que já foram afetadas por ciclones, enchentes, secas e terremotos

(UNDP, 2004). Devido às mudanças climáticas, os eventos extremos estão aumentando significativamente em frequência e magnitude (IPCC, 2021). No Brasil esses extremos geralmente ocorrem na forma de fortes enchentes e secas prolongadas em algumas áreas do Brasil e principalmente no interior do NEB causando alterações na vida cotidiana da população, podendo influenciar de forma negativa na economia do país, produzindo vítimas fatais, e danos à infraestrutura local (DIAMOND, 1999).

Esses impactos dos extremos climáticos são bastante intensos no NEB, pois há uma grande variabilidade na precipitação dessa região. Associados aos extremos estão os principais sistemas: Zona de Convergência Intertropical (ZCIT),

Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN), Perturbações Ondulatórias nos ventos Alísios (POAS), Linhas de Instabilidade (LI), Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), Brisas marítimas e terrestres (MOLION E BERNARDO, 2002). Outros fatores que influenciam fortemente a variabilidade interanual da precipitação do NEB é a fase em que se encontra o dipolo do Atlântico.

Entretanto essa fase está relacionada com as anomalias positivas da temperatura da superfície do mar (TSM) do Atlântico Norte e as anomalias negativas do Atlântico Sul. Outro fator de influência a precipitação de Recife é o Oceano Pacífico que dependendo da intensidade da anomalia de TSM.

De acordo com estudos de (Moura e Shukla, 1981) essas anomalias estão associadas com as condições de secas do NEB e consequentemente as anomalias positivas a serem observadas quando há presença de condições de precipitação.

A localidade de Recife-PE possui particularidades geográficas que interferem na

distribuição espacial da chuva para essa localidade. Sendo assim, a forte variabilidade espacial da precipitação na cidade está correlacionada com alguns fatores como a topografia, deslocamento dos ventos alísios, vegetação, entre outros (ANJOS et al., 2020). De acordo com (Wanderley et al. 2018) a cidade de Recife apresenta vulnerabilidade e elevada ocorrência de eventos extremos de precipitação, os quais causam alagamentos, inundações e deslizamentos de terra e dessa forma os desastres naturais podem ser potencializados quando ocorrem eventos de precipitação fortes.

Portanto, surge a necessidade do contínuo desenvolvimento de mais pesquisas com ênfase na influência dos impactos associados às variações no clima, bem como mensurar a vulnerabilidade da população atingida por esses eventos. Vale salientar que pesquisas sobre esse tema ainda são insuficientes.

Diante do exposto, o presente estudo tem por objetivo analisar a variabilidade da precipitação pluvial nas últimas décadas em Recife – PE detectando os padrões temporais da precipitação em escala anual, identificando os padrões de tendência nos acumulados mensais e anuais da precipitação e evidenciando a periodicidade dos maiores acumulados sazonais.

2. Material e métodos

Área de estudo

A cidade de Recife, capital do estado de Pernambuco, é situada na região do NEB de coordenadas geográficas (Latitude: 8° 3' 15", Longitude 34° 52' 53" W e Altitude 7 m), como é destacado na Figura 1.

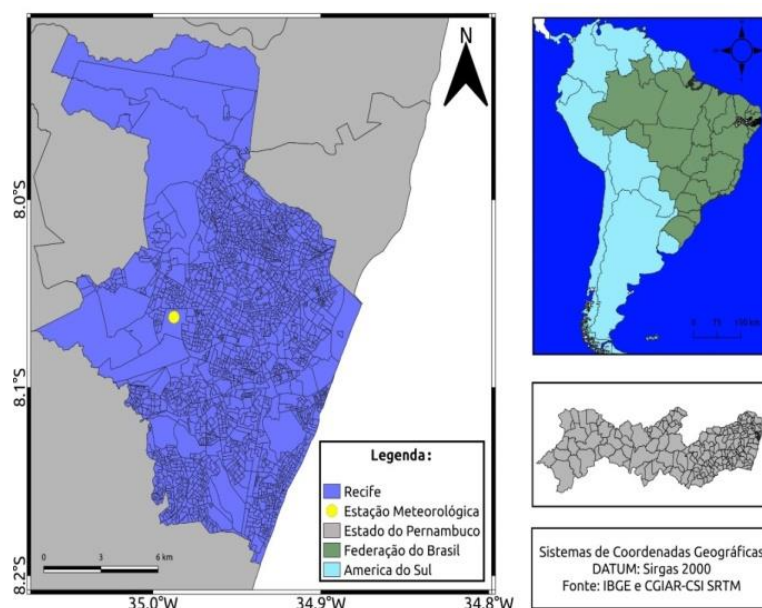


Figura 1 - Localização da cidade de Recife-PE, Brasil.

De acordo com os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019) a extensão territorial de Recife é de 218,843 Km² e a população estimada até 2019 é de 1.645.727 habitantes. A classificação climática de Koppen-Geiger considera o clima da cidade como Aw, típico de Savana Tropical (clima frio com inverno seco). O relevo é composto por planície aluvial, com ilhas, penínsulas e manguezais sendo umas das principais características geográficas da cidade. De acordo com a normal climatológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), para o período de referência de 1981 a 2010, a precipitação média anual da cidade de Recife é de 2263,4 mm.ano⁻¹ e a temperatura média anual varia entre 22,3° a 29,0°C.

Dados

Foram utilizados dados mensais de precipitação pluvial, compreendendo o período de 1961 a 2019, oriundos do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa do Instituto Nacional de Meteorologia (BDMEP-INMET) (<https://bdmep.inmet.gov.br/>) e imagens de satélite GOES-12 do banco de dados CPTEC/INPE (<http://satelite.cptec.inpe.br/>) para a cidade de Recife-PE.

Análises de tendência em séries temporais

Foi aplicado o teste de Mann-Kendall (Mann, 1945; Kendall, 1975) que visa avaliar a presença de tendência pluviométrica nas séries históricas e em seguida analisar sua significância; o qual é recomendado pela Organização Meteorológica Mundial (OMM). Dada uma série temporal de observações $X_1, X_2, \dots, X_n$, Mann (1945) sugeriu como hipótese nula (H_0) quando os dados apresentarem características de variáveis aleatórias independentes e uniformemente distribuídas (onde não apresenta tendência), enquanto na hipótese alternativa (H_1) os dados apresentam tendência nas séries. Diante da influência da H_0 o teste é calculado de acordo com as seguintes Equações (1-3):

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sign}(x_j - x_i) \quad (1)$$

Em que:

n é o comprimento da série

$i = 1, 2, \dots, n - 1$

$j = 2, 3, \dots, n$

e

$$\text{sign}(x_j - x_k) = \begin{cases} +1, & x_j > x_i \\ 0, & x_j = x_i \\ -1, & x_j < x_i \end{cases} \quad (2)$$

Para série de dados maiores que 10 anos, ou seja, $n \geq 10$ a distribuição S é dita normal com média e esperança $E(S_i)$ iguais à zero (KENDALL, 1948). Logo a variância é calculada de acordo com a Equação 3.

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^m (t_i(t_i-1)(2t_i+5))}{18} \quad (3)$$

Em que: n é o número de termos e t é o número de termos iguais. Com S normalmente distribuída, com média igual a zero e com a variância dada pela equação (3), pode-se analisar se a tendência é dita positiva ou negativa, ou diferente de zero. Entretanto se S é diferente de zero, H_0 tende a ser rejeitada, mostrando que a série tem um alto potencial para existência de tendência. Logo, a hipótese alternativa H_1 é aceita demonstrando tendência na série de dados. De acordo com Mann (1945) e Kendall (1975) pode-se assumir uma distribuição normal para valores de n pequenos, desde que o valor da estatística padronizada Z seja dado pela Equação 4:

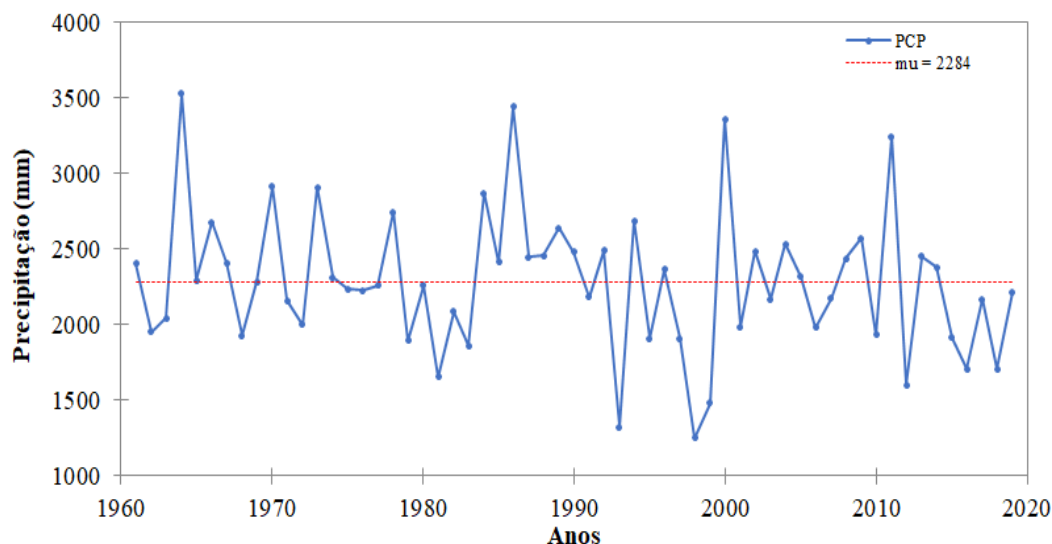
$$Z_t = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}, & \text{se } S > 0 \\ 0, & \text{se } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}, & \text{se } S < 0 \end{cases} \quad (4)$$

É importante destacar que valores positivos de $Z_{(t)}$ indicam que a série tem inclinação positiva, ou seja, tendência crescente, e para os valores negativos indicam que há tendência decrescente na série. Para as estatísticas com $Z_{(t)} = 0$, a série não apresentará tendência. Por se tratar de um teste bilateral a hipótese nula H_0 deve ser aceita se, $Z \leq Z_{\frac{\alpha}{2}} = \frac{\alpha}{2}$ onde α é o nível de significância adotado e $Z_{\alpha/2}$ é a variável normal reduzida da função de distribuição normal padrão. A tendência é dita com significância estatística ao nível de 5% para os quais o valor-p < 0,05. E para o nível 1% o valor-p < 0,01.

4. Resultados e discussão

Análise da precipitação anual

A variabilidade da precipitação anual para cidade de Recife-PE entre o período de 1961-2019 é destacada na Figura 2. Verifica-se que o menor registro pluviométrico foi em 1998 com valor de 1249,7 mm.ano⁻¹, o que corresponde a 54,46% do total esperado para todo o ano. Já o maior registro foi em 1964 com valor de 3522 mm.ano⁻¹, correspondendo um aumento significativo de 154,2% nos índices pluviométricos.



*PCP = Precipitação; *Mu= Média anual da precipitação de Recife - PE

Figura 2 - Variabilidade da precipitação anual para localidade de Recife-PE (1961-2019).

Ao analisar a variabilidade da precipitação anual para a localidade de Recife-PE entre 1961-2019, foi descartada a possibilidade de tendência de aumento ou decréscimo da série de dados. É importante destacar que não há quebra na série anual, pois os períodos analisados se correspondem, tanto valores acima, como abaixo da média, mostrando assim uma série estacionária.

Análise da precipitação mensal

Com base na fundamentação do teste de Mann-Kendall (Figura 3) é possível observar que foi detectado apenas no mês de março tendência negativa e estatisticamente significativa, ou seja, $p < 0,05$,

rejeitando assim a hipótese nula. Outra observação, que é válida de ressalva, é que existem seis meses com tendência negativa, porém sem significância estatística, e cinco meses com tendência positiva, também ausente de significância, ou seja, $p \geq 0,05$.

Quando aplicado o teste de Mann-Kendall ao nível de significância de 5%, observou-se que há tendência negativa, porém sem significância estatística para os meses de fevereiro, abril, maio, julho, agosto e setembro. Essa mesma análise foi observada, porém com tendência positiva, entretanto sem significância para os meses de janeiro, junho, outubro, novembro e dezembro.

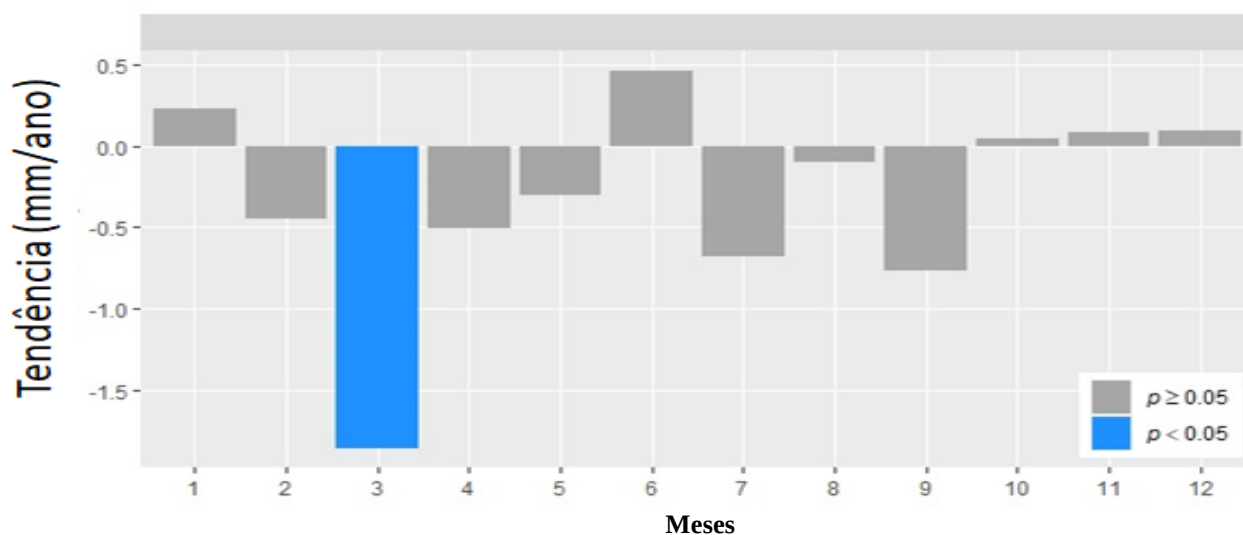


Figura 3- Análise da tendência de precipitação mensal para localidade do Recife-PE (1961-2019).

De acordo com os resultados observou-se que a localidade de Recife-PE apresenta chuvas superiores a 2000 mm.ano^{-1} , com distribuição de precipitação concentradas entre as estações do outono

e inverno. É possível observar a partir da Figura 4 que 59,4% de toda precipitação esperada para o ano concentra-se entre os meses de abril a julho. Entre todos os meses do ano destaca-se o mês de junho

com média mensal de precipitação de 384,6 mm (o equivalente a 16,9% do total esperado para o ano todo).

Ainda é possível avaliar a variabilidade média mensal da precipitação entre os anos de 1961 a 2019 por meio da Figura 5. Por esta, foi verificado a

maior frequência de outliers (eventos anômalos de precipitação) nos meses de fevereiro, março, agosto e dezembro no período de 1980 a 2000 e nos meses de abril, maio e dezembro de 2000 a 2019. Observou-se que os eventos intensos estão ocorrendo com mais frequência, principalmente na última década.

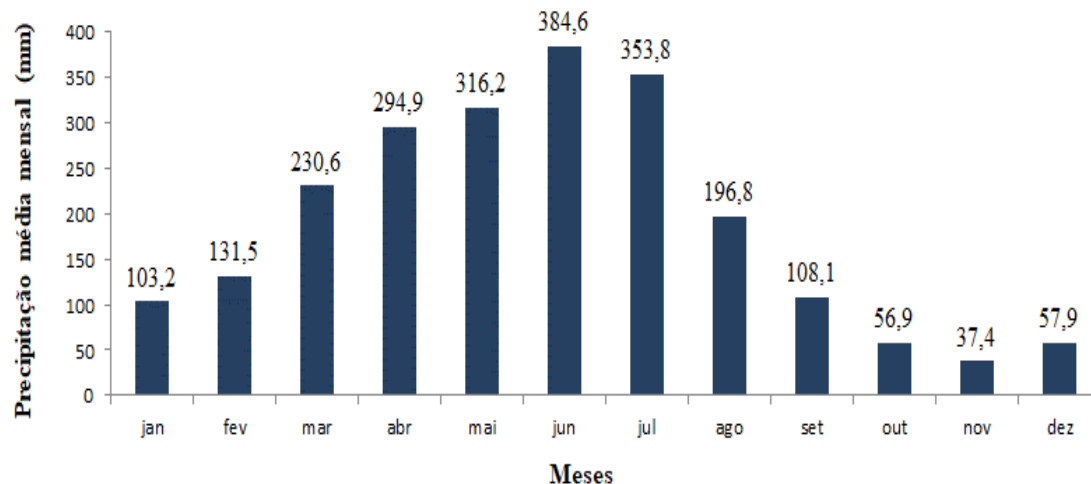


Figura 4- Precipitação média mensal para cidade de Recife-PE (1961-2019).

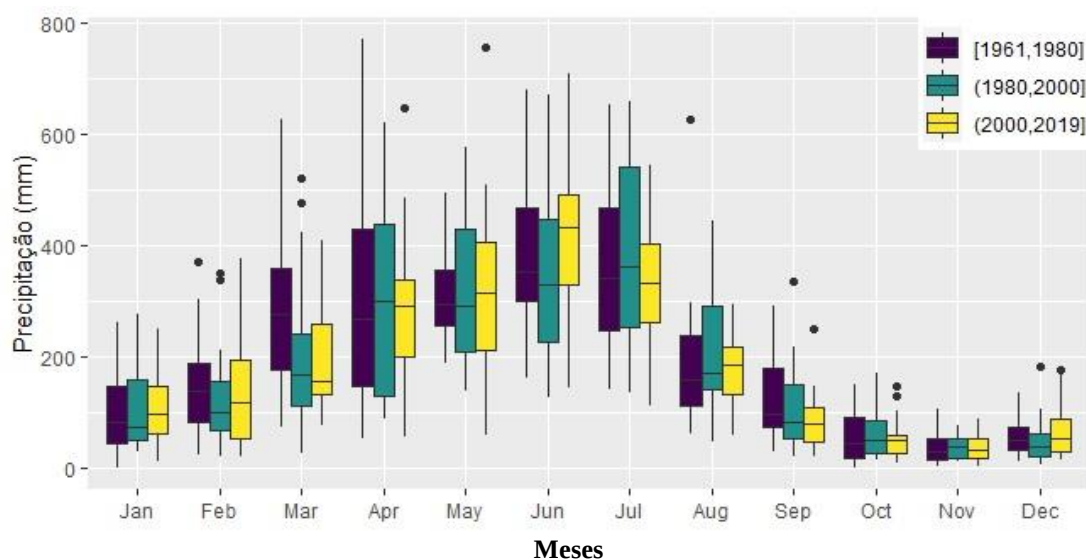


Figura 5- Variabilidade da precipitação mensal para a três períodos distintos de dados compreendidos entre os anos de 1961 a 2019 na localidade de Recife-PE.

Observa-se que a variabilidade da precipitação pluvial no Recife-PE é mais intensa nos meses de fevereiro, março e junho e que a distribuição de precipitação é mais acentuada entre os meses de março a julho e as maiores amplitudes, normalmente, ocorrem entre os meses de março a junho. Essa análise permite verificar que no período de 2000 a 2019 houve os maiores volumes de precipitação, concentrando-se entre os meses de abril e maio de 2011, em destaque na Tabela 1. Adiante,

dar-se-á um detalhamento no evento ocorrido no mês de abril e maio de 2011.

O mês de abril de 2011 foi registrado como um dos meses com maiores valores de eventos intensos de precipitação dos últimos 20 anos. Detecta-se por meio das análises do presente estudo e expostas na Figura 5 e na Tabela 1 os maiores acumulados de precipitação, estes estão associados com a atuação favorável de sistemas meteorológicos sobre a área de estudo.

Tabela 1- Distribuição temporal da precipitação pluvial mensal para Recife-PE entre os anos de 2000 a 2019.

Anos	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2000	276	87	174	435	265	562	575	443	336	58	45	99
2001	58	56	133	327	59	432	355	211	106	103	32	109
2002	231	199	409	140	304	583	282	124	42	49	87	33
2003	53	158	397	116	225	474	282	194	136	52	26	51
2004	249	226	168	378	327	537	359	138	81	33	18	13
2005	14	80	75	168	507	709	182	290	45	59	8	174
2006	12	32	158	322	338	432	222	185	79	8	84	106
2007	83	226	138	347	208	390	331	223	127	25	40	30
2008	85	32	395	314	415	391	374	294	47	53	16	18
2009	85	376	142	351	410	333	386	290	83	16	49	47
2010	193	45	92	273	114	543	259	191	74	37	23	84
2011	139	336	129	647	755	303	544	201	35	34	75	41
2012	198	189	138	55	190	296	261	163	19	54	9	25
2013	95	47	98	229	316	491	416	225	146	129	76	177
2014	108	148	252	268	315	322	278	162	248	146	56	71
2015	65	56	341	74	178	460	446	116	35	16	30	91
2016	124	70	268	292	478	148	110	57	57	14	17	68
2017	28	21	156	289	399	489	490	112	84	63	14	30
2018	153	146	120	484	231	143	135	98	58	23	37	74
2019	141	116	159	290	216	463	432	183	110	59	3	22

De acordo com os dados mensais de precipitação para a localidade, destaca-se o mês de abril como um dos meses com chuvas acentuadas para o setor leste do NEB. A partir de estudos de (Reboita et al., 2012) o sistema atmosférico produtor de precipitação mais importante para região do NEB é a ZCIT. Entre as estações de verão e outono sua posição atinge as latitudes mais ao sul do equador, contribuindo dessa forma para o estabelecimento da estação chuvosa da região. Portanto, justificam-se as chuvas acentuadas devido à posição média da ZCIT ser observada mais ao sul de sua climatologia, favorecendo a precipitação do setor leste do NEB e consequentemente sobre a cidade de Recife-PE. Partindo da análise dos dados diários de precipitação na estação meteorológica de superfície, localizada em Recife, para o mês de abril de 2011, observou-se que

houve registros de chuva em, praticamente, todos os dias do mês e que em 6 dias do referido mês os valores foram superiores à 40 mm/diários (Figura 6). É possível destacar que entre os dias 18 e 19 de abril de 2011 foram registrados acumulados que ultrapassam 180 mm.

De acordo com as imagens do satélite GOES-12 (Figura 7A e Figura 7B) e da posição média da ZCIT (Figura 7C), foi possível observar uma banda de nebulosidade associada à ZCIT sobre o NEB, entre o equador geográfico e 5°S. Tal configuração pode ser uma justificativa para a ocorrência dos acumulados de precipitação registrados pela estação do INMET no dia 18/04/2011, o que se associa diretamente ao deslocamento da ZCIT mais ao sul da sua posição climatológica.

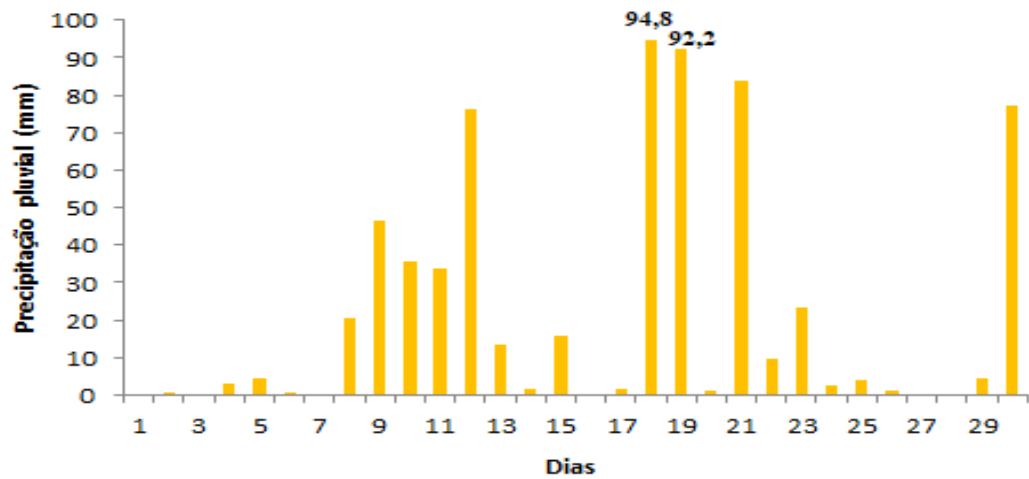


Figura 6- Acumulado diário de precipitação pluvial em abril de 2011, para localidade de Recife-PE.

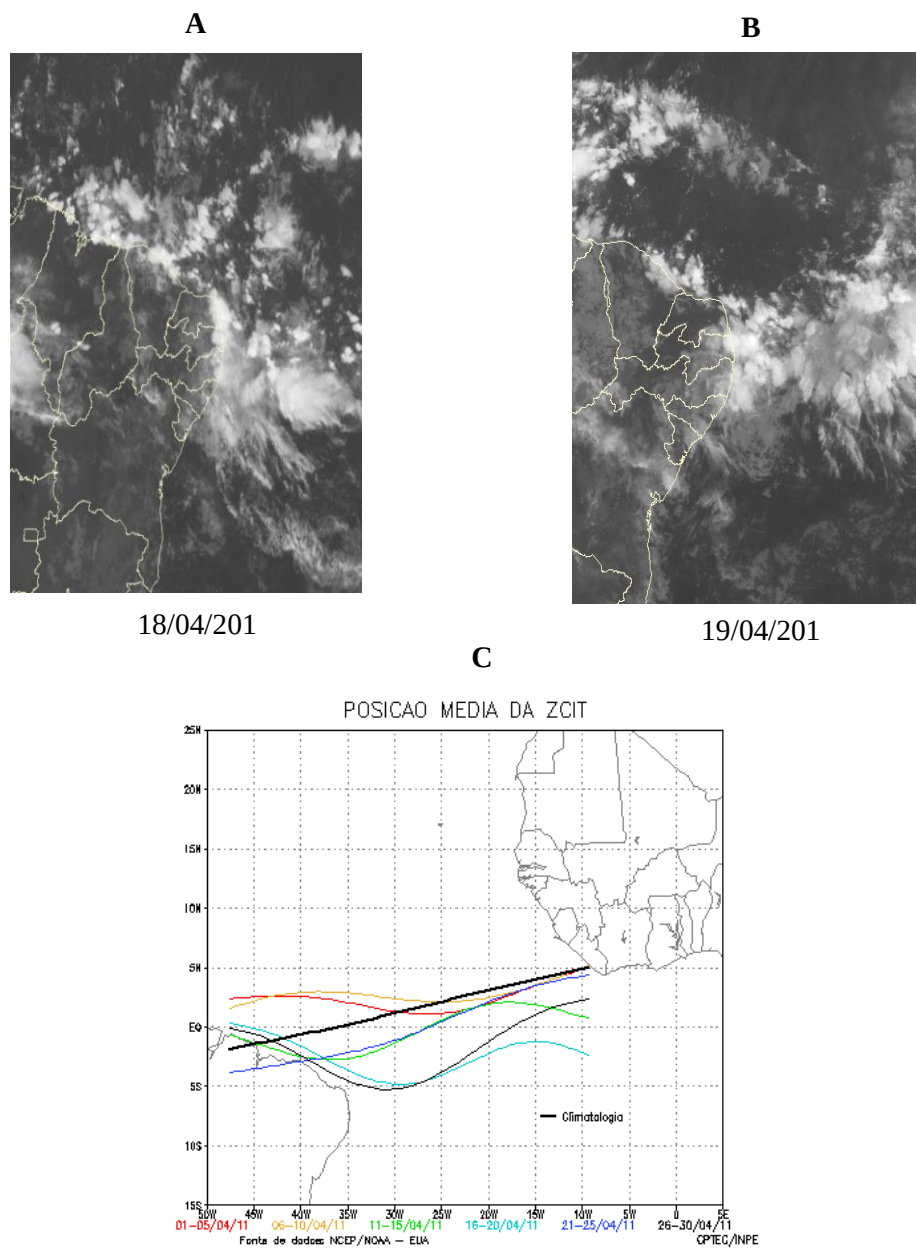


Figura 7- Imagens do satélite GOES-12, no canal infravermelho, ilustrando a banda de nebulosidade da ZCIT para o dia 18 e 19 de abril de 2011 (A e B). Fonte: Banco de dados de imagens do satélite DSA/CPTEC/INPE. Posição média da ZCIT para o mês de abril de 2011 (C). Fonte: Climanálise (2011).

Na Figura 8 destaca-se as imagens de satélite do GOES-12 para o dia 18/04/2011, do canal infravermelho realçando (Figura 8A), de acordo com a temperatura do topo das nuvens, entre o horário das 06:00 às 08:00 hora local (HL), é possível notar que a temperatura do topo das nuvens esteve entre -60°C e -40°C . Temperaturas baixas, indicando dessa forma o desenvolvimento de nuvens de chuvas, justificando o

alto índice pluviométrico para esse dia nos acumulados do mês de abril de 2011. O deslocamento da ZCIT ao longo do equador geográfico favoreceu a ocorrência de precipitação em Recife-PE no dia 18/04/2011, esta análise também se observa por meio das imagens de satélite para o globo terrestre (Figura 8-B).

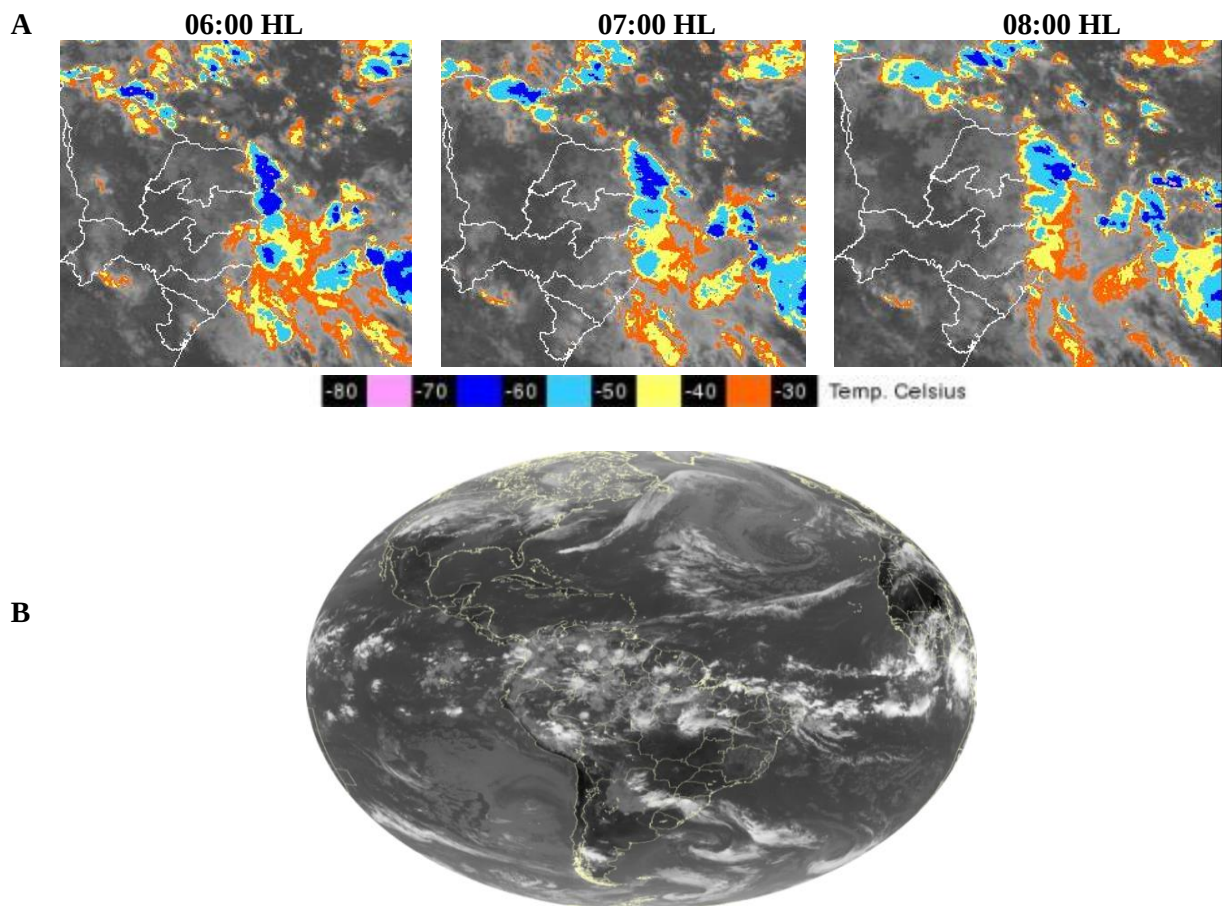


Figura 8- Imagens do satélite GOES-12, no canal infravermelho, ilustrando a banda de nebulosidade da ZCIT para o dia 18/04/2011 (A) das 06:00 às 08:00 HL. Imagem de satélite GOES-12 ilustrando a posição da ZCIT ao longo do equador geográfico (B). Fonte: DSA/CPTEC/INPE.

A mesma análise foi observada para o dia 19/04/2011 a partir das imagens de satélite do GOES-12, realçadas de acordo com a temperatura do topo das nuvens, entre o horário das 03:00 às 05:00 HL, como evidenciado na Figura 9. Observa-se nas imagens de satélite que os aglomerados de nuvens cobriram praticamente todo litoral pernambucano, tais nuvens com temperaturas variando entre -60°C a -40°C e, que através dos movimentos ascendentes (valores negativos) associados a processos convectivos formaram nuvens de chuva.

De acordo com estudos de Fialho e Molion (2019) ao menos entre os dias 17 a 21 de abril de 2011 foi observado o descolamento de 3 sistemas

convectivos conhecidos como Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL) oriundos do setor leste do globo terrestre, que causaram altos índices pluviométricos sobre a localidade de Recife-PE.

Observando uma mesma análise para o mês de maio de 2011, percebe-se que houveram registros de precipitação acentuadas no setor leste da região NEB. A partir da Figura 10 é possível destacar que com a proximidade da ZCIT com sua posição mais ao sul de sua climatologia, portanto há evidências que esse deslocamento proporcionou um aumento significativo nos índices de precipitação sobre a cidade de Recife-PE.

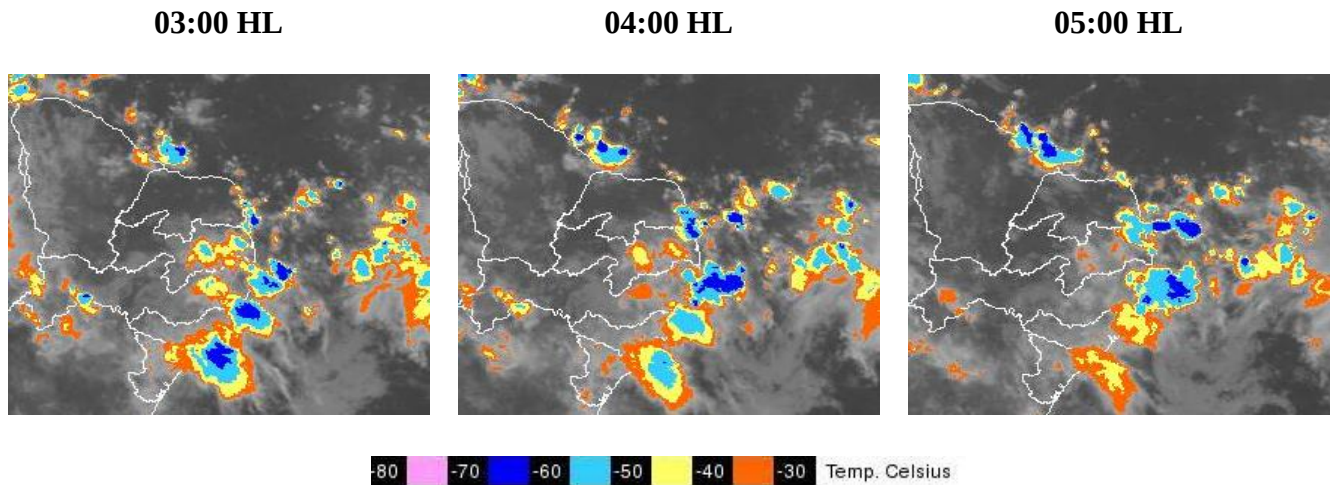
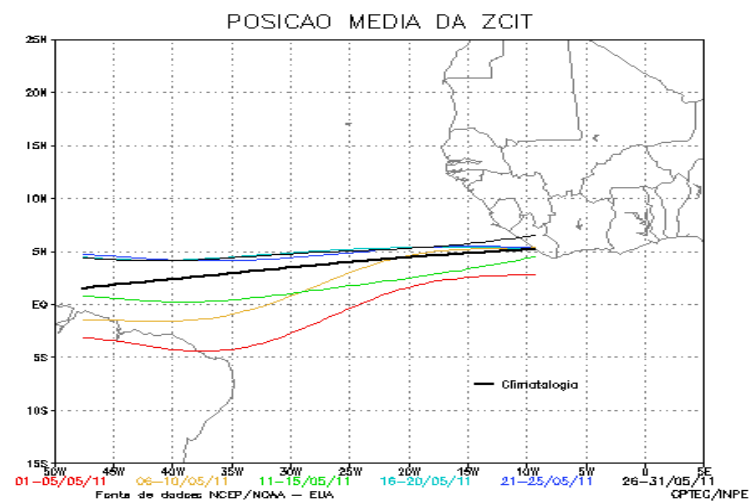


Figura 9- Imagens de satélite do GOES-12, para do 19/04/2011, das 03:00 às 05:00 HL.

A



B

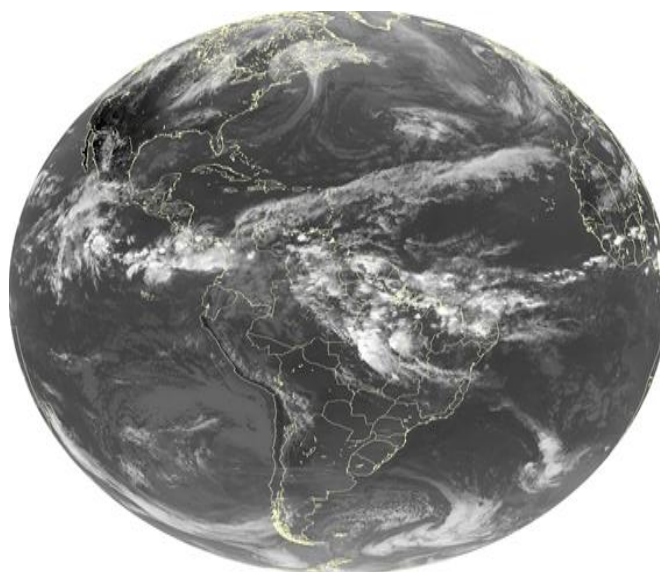


Figura 10- Posição média da ZCIT para o mês de maio de 2011 (A). Fonte: Climanálise (2011). (B) Imagens de satélite GOES-12, no canal infravermelho, ilustrando a banda de nebulosidade da ZCIT para o dia 05/05/2011. Fonte: Banco de dados de imagens de satélite do DSA/CPTEC/INPE.

De acordo com a Figura 11 é possível analisar que com a posição da ZCIT mais ao sul, a mesma, influenciou nos acumulados precipitantes da

cidade de Recife, entre os dias 04 e 05 de maio de 2011.

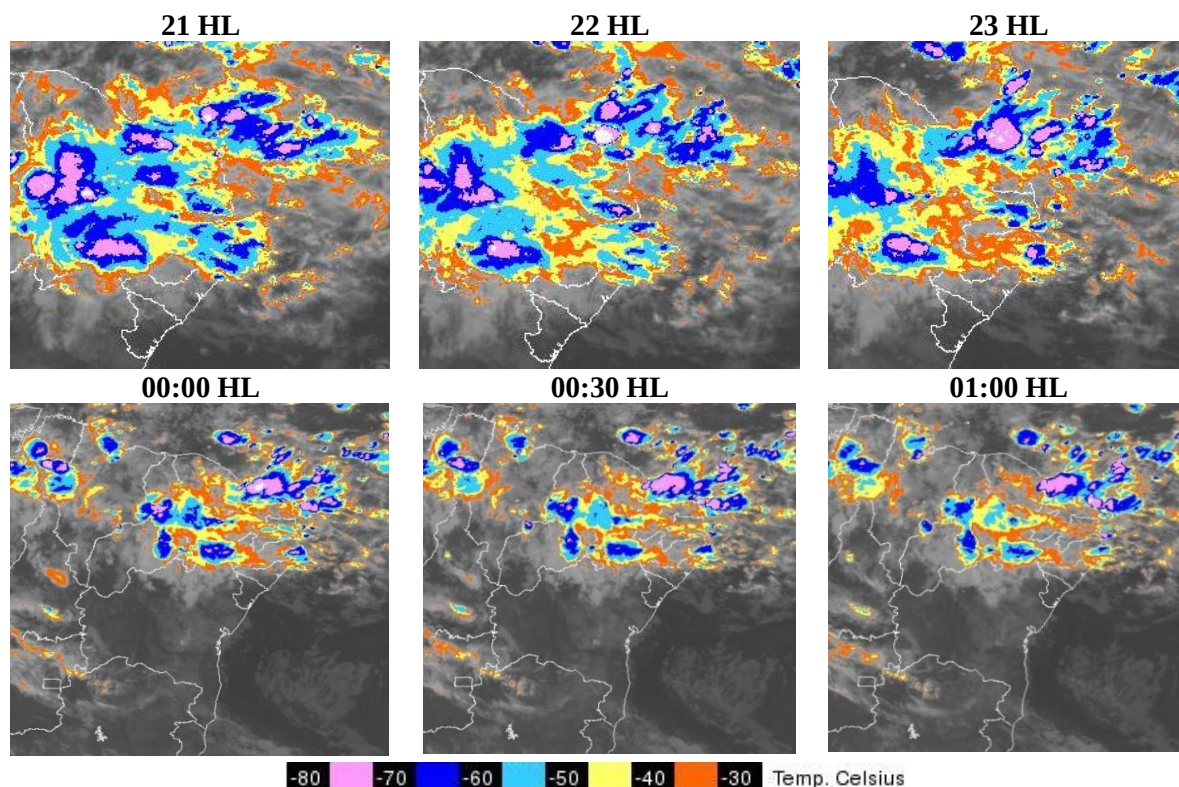


Figura 11. Imagens de satélite do GOES-12, para os dias 04 e 05/05/2011, das 21:00 às 01:00 HL. Fonte: Banco de dados de imagens do satélite DSA/CPTEC/INPE.

A análise da temperatura do topo de nuvens através das imagens de satélite do GOES-12, do canal infravermelho, entre os horários das 21:00 às 01:00 hora local (HL) para o dia 04 e 05 de maio de 2011. Observou-se que as temperaturas dos topos de nuvens variaram entre -70°C a -50°C o que evidencia segundo estudos de Ribeiro e Nunes (2011) que temperaturas de topo de nuvens com valores próximos a -60°C indicam formação de nuvens de chuva. Portanto tal resultado corrobora para os altos índices pluviométricos para região em estudo.

5. Conclusões

Os sistemas meteorológicos atuantes sobre essa região caracterizam os altos índices pluviométricos analisados. A média de precipitação pluvial indicou uma distribuição de chuva com maiores concentrações entre os meses de abril a julho. Observou-se que entre os anos de 2000 a 2019 houve os maiores números de eventos anômalos climáticos para Recife-PE. Após as análises dos dados, detectou-se que os meses de abril e maio de 2011 foram os meses com maiores registros de eventos extremos de precipitação.

A partir da análise da série temporal anual foi descartada a possibilidade de aumento ou decréscimo de precipitação na série de dados, visto que, os períodos analisados se correspondem, tanto para valores acima como abaixo da média, demonstrando que na série de dados não há quebra estrutural.

Destaca-se que a posição mais ao sul da ZCIT favoreceu a convecção de nuvens na região, formado por grandes aglomerados de precipitação.

Espera-se que os resultados deste trabalho possam colaborar com a compreensão sobre a variabilidade da precipitação na cidade de Recife-PE e com a ocorrência de eventos anômalos de precipitação, fomentando os poderes de decisão a desenvolverem políticas públicas que visem mitigar os potenciais danos à população.

Referências

- Anjos, R.S., Nóbrega, R.S., Araújo, F.E., Rocha Fialho, G.B.R., 2020. Análise espacial da precipitação e possíveis fatores que contribuem para sua espacialização em Recife-PE. *Revista Brasileira de Geografia Física* 13, 18-34.

- CLIMANÁLISE, 2011. Climanálise boletim. Disponível: <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/index0411.shtml>. Acesso: 14 out 2020.
- Diamond, J., 1999. Guns, Germs and Steel: The fate of Human Societies. W. W. Norton & Company, New York, London.
- Fialho, W.M.B., Molion, L.C.B., 2019. Eventos de chuva extremos: Recife (PE) em abril de 2011. *Revista Ambientale* 3, 56-64.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2019. Disponível: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pe/recife.html>. Acesso: 14 out 2020.
- Kendall, M.G., 1948. Rank Correlation Methods. 1. ed. Charles Griffin, London.
- Kendall, M.G., 1975. Rank Correlation Methods. Charles Griffin, London.
- Kousky, E., Gan, M.A., 1981. Upper tropospheric cyclonic vortices in the tropical South Atlantic. *Tellus* 33, 538-551.
- Mann, H.B., 1945. Nonparametric tests against trend. *Econometrica* 13, 245-259.
- Melo, A.B.C., Cavalcanti, I.F.A., Souza, P.P., 2009. Zona de Convergência Intertropical do Atlântico, in Cavalcanti, I.F.A., Ferreira, N.J., Silva, M.G.A.J., Dias, M.A.F.S. (org.). *Tempo e Clima no Brasil*. Oficina de Textos, São Paulo, pp. 25-41.
- Molion, L.C.B., Bernardo, S., 2002. Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste brasileiro. *Revista Brasileira de Meteorologia* 17, 1-10.
- Moura, A.D., Shukla, J., 1981. On the dynamics of droughts in northeast Brazil: observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. *Journal Atmospheric Sciences* 38, 2653-2675.
- Ribeiro, B.Z., Nunes, A.B., 2011. Uso de sensoriamento remoto para análise de uma linha de instabilidade: estudo de caso para o Rio Grande do Sul. *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Curitiba.
- Reboita, M.S., Krusche, N., Ambrizzi, T., Rocha, R.P., 2012. Entendendo o Tempo e o Clima na América do Sul. *Terra e Didática* 8, 34-50.
- Wanderley, L.S.A., Nobrega, R.S., Moreira, A.B., Anjos, R.S., Almeida, C.A.P., 2018. As chuvas na cidade do Recife: uma climatologia de extremos. *Revista Brasileira de Climatologia* 22, 149-164.