



ANÁLISE DA VARIABILIDADE TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO EM RECIFE-PE

ANALYSIS OF TIME VARIABILITY PRECIPITATION IN RECIFE-PE

Eduardo Almeida da Silva¹, Tiago Bentes Mandú², Ingrid Paloma Carneiro de Lima³, Matheus Henrique Bezerra de Melo⁴, Maria Uilhiana Gomes de Andrade⁵

Submetido em: 09/07/2021

e27512

Aprovado em: 30/07/2021

<https://doi.org/10.47820/recima21.v2i7.512>

RESUMO

A cidade de Recife-PE possui singularidades geográficas que interferem na distribuição temporal e espacial da precipitação, que estão associadas com fatores topográficos, deslocamento dos ventos, vegetação, urbanização, entre outros. Dessa forma, essa localidade apresenta um forte potencial para ocorrência de eventos extremos de precipitação, seja ele por alagamentos, inundações ou deslizamentos de terra afetando a qualidade de vida da população. Buscou-se analisar o comportamento dessa variável por meio dos dados mensais de precipitação compreendendo o período de 1961 a 2019, obtidos a partir do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), imagens do satélite GOES-12, do banco de dados do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE) e dados do satélite *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM). Para verificar a ocorrência ou não de tendências nas séries temporais, utilizou-se o teste de Mann-Kendall (MK). Esse teste utiliza a hipótese nula H_0 , quando não há tendência de precipitação e a hipótese alternativa H_1 , quando há tendência na série de dados, para o mês de março negativamente ao nível de 5% ($p < 0,05$), rejeitando-se a hipótese nula. A partir das imagens do satélite TRMM, dos dados do INMET e das imagens de satélite GOES-12, evidenciou-se que o sistema meteorológico Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), com sua atividade convectiva favorável e sua posição climatológica mais ao sul do Equador, contribuiu nos acumulados de precipitação observados em Recife-PE.

PALAVRAS-CHAVE: Extremos pluviométricos. Teste MK. Sistemas Meteorológicos. Imagens de Satélite.

ABSTRACT

The city of Recife-PE has geographic singularities that interfere in the temporal and spatial distribution of precipitation, which is associated with topographical factors, wind displacement, vegetation, urbanization, among others. Thus, this location has a strong potential for the occurrence of extreme precipitation events, whether by flooding, flooding or landslides affecting the population's quality of life. We sought to analyze the behavior of this variable through monthly precipitation data covering the period 1961 to 2019, obtained from the Meteorological Database for Education and Research (BDMEP) of the National Institute of Meteorology (INMET), satellite images GOES-12, from the database of the Center for Weather Forecasting and Climate Studies (CPTEC/INPE) and data from the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) satellite. To verify the occurrence or not of trends in the time series, the Mann-Kendall (MK) test was used. This test uses the null hypothesis H_0 , when there is no precipitation trend, and the alternative hypothesis H_1 , when there is a trend in the data series, for the month of March negatively at the level of 5% ($p < 0.05$), rejecting the null hypothesis. From the TRMM satellite images, INMET data and GOES-12 satellite images, it was evidenced that the Intertropical Convergence Zone (ITCZ) meteorological system,

¹ Mestrando pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Climáticas - PPGCC da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - RN

² Mestrando pelo Programa de Pós-Graduação em Meteorologia - PPGMET do Instituto Nacional de Meteorologia - INPE

³ Mestranda pelo Programa de Pós-Graduação em Meteorologia - PPGMET da Universidade Federal de Campina Grande

⁴ Graduando do curso de Meteorologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte

⁵ Mestranda pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Climáticas - PPGCC da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - RN



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE DA VARIABILIDADE TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO EM RECIFE-PE
Eduardo Almeida da Silva, Tiago Bentes Mandú, Ingrid Paloma Carneiro de Lima,
Matheus Henrique Bezerra de Melo, Maria Uilhiana Gomes de Andrade

with its favorable convective activity and its climatological position further south of the Equator contributed to the accumulated precipitation observed in Recife-PE.

KEYWORDS: *Rainfall extremes. MK Test. Meteorological Systems. Satellite Images.*

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a variabilidade climática tem sido tema de muita discussão e vem atraindo atenção de pesquisadores em todo mundo, em virtude dos diversos impactos ocasionados aos recursos hídricos, agricultura, geração de energia, que causa danos que afetam diretamente a sociedade, e por muitas vezes tais impactos são irreversíveis (KOCH et al., 2018)

O comportamento das chuvas intensas sempre foi alvo de pesquisas em âmbito científico em várias escalas de tempo e espaço, nesse contexto destacam-se os impactos associados às alterações em bacias hidrográficas e em grandes áreas urbanas. Apesar da irregularidade na análise do comportamento da precipitação na Região Nordeste do Brasil (NEB), tal comportamento é revestido de uma grande importância, desde seu enfoque climático até a ordem econômica e social, principalmente em áreas urbanizadas no leste do NEB. De acordo com Marengo (2009), a região do NEB é uma das regiões que é mais suscetível aos impactos dessas variabilidades, devido suas características climáticas, assim como pelas condições socioeconômicas e políticas.

De acordo com Marengo et al. (2010), as mudanças climáticas podem intensificar a incidência de eventos extremos em todo o mundo. No Brasil, esses extremos ocorrem sempre na forma de enchentes e secas prolongadas no interior do NEB. A ocorrência de eventos extremos pode se dar em diferentes formas, como por exemplo, secas prolongadas, inundações e ondas de calor. Ao passar dos séculos, a população mundial vem compreendendo com frequência a incidência desses eventos extremos climáticos, bem como suas localizações de origem e onde eles são mais prováveis de ocorrência (SANTOS et al., 2016).

Segundo Lima (2020), a ocorrência de eventos extremos secos podem impactar negativamente a vida de uma população como um todo. Afetando desde a disponibilidade de água para irrigação agrícola, como também o consumo humano, passando pela produção de energia elétrica e aumentando dessa forma a morbidade e a mortalidade sobre as áreas afetadas. Devido às mudanças climáticas, os eventos extremos estão aumentando significadamente em frequência e magnitude (IPCC, 2018).

Um das características da região do NEB é a grande variabilidade climática sazonal e interanual, proporcionando assim a irregularidade da precipitação dessa região. A vista desse pressuposto, Reboita et al. (2012) e Galvêncio et al. (2010) afirmam que alguns fenômenos meteorológicos interferem diretamente na ocorrência de precipitação da região do NEB, são eles: a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), as bandas de nebulosidade associadas às Frentes Frias, os Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL), os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN), as Brisas terrestres e marítimas, entre outros.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE DA VARIABILIDADE TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO EM RECIFE-PE
Eduardo Almeida da Silva, Tiago Bentes Mandú, Ingrid Paloma Carneiro de Lima,
Matheus Henrique Bezerra de Melo, Maria Uilhiana Gomes de Andrade

Porém é válido ressaltar que pesquisas sobre esse tema ainda são insuficientes, portanto surge a necessidade de se desenvolver mais pesquisas com ênfase na influência dos impactos associados às variações no clima, bem como mensurar a vulnerabilidade da população atingida por esses eventos.

Anjos et al. (2020) observaram que a variabilidade espacial da precipitação da cidade de Recife-PE poderá estar associada a fatores de deslocamento dos ventos, topografia, vegetação entre outros.

Diante do exposto, esse trabalho tem como área de estudo a cidade de Recife-PE, que se caracteriza por apresentar escorregamentos de encostas, inundações e alagamentos durante o período chuvoso e têm por objetivo analisar a variabilidade temporal da precipitação para o mês de maio, correlacionando com eventos extremos climáticos e apresentando se há uma ocorrência de tendência nesses extremos de precipitação ou não.

METODOLOGIA

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 de 7m, como é destacado na Figura 1. 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 em 2019 é de 1.645.727 habitantes. A classificação climática de Koppen-Geiger atualizada por Peel et al. (2007) 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 de precipitação do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), em que o período de referência é 1981-2010, a precipitação média anual da cidade de Recife-PE é de 2263,4 mm/ano e a temperatura média anual varia entre 22,3° a 29,0°C.

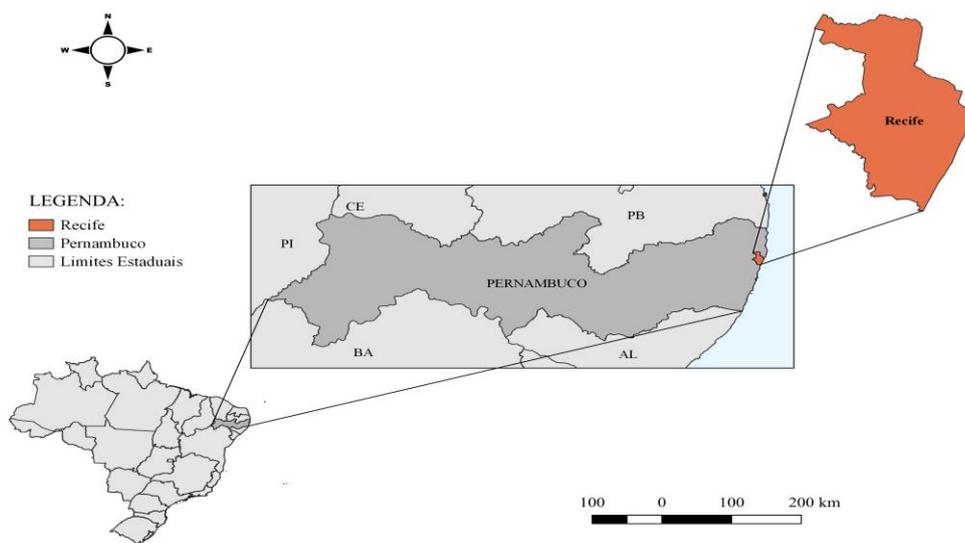


Figura 1 - Localização da cidade de Recife-PE, Brasil.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE DA VARIABILIDADE TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO EM RECIFE-PE
Eduardo Almeida da Silva, Tiago Bentes Mandú, Ingrid Paloma Carneiro de Lima,
Matheus Henrique Bezerra de Melo, Maria Uilhiana Gomes de Andrade

Dados

Foram utilizados dados mensais de precipitação, 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/>), imagens do satélite GOES-12 do banco de dados do CPTEC/INPE (<http://satelite.cptec.inpe.br/>) e dados do satélite *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) (<https://giovanni.gsfc.nasa.gov/>) para a cidade de Recife-PE.

Métodos

Análise 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 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 de precipitação), 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

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

Para série de dados maiores que 10 observações, ou seja, $n \geq 10$, a distribuição S é dita normal com média e esperança $E(S)$ 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 número de termos e t é o número de termos iguais.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE DA VARIABILIDADE TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO EM RECIFE-PE
Eduardo Almeida da Silva, Tiago Bentes Mandú, Ingrid Paloma Carneiro de Lima,
Matheus Henrique Bezerra de Melo, Maria Uilhiana Gomes de Andrade

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, $Z \leq Z_{\alpha/2} = \alpha/2$ 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.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise da Precipitação Mensal

Observa-se a partir da Figura 2 a estação chuvosa da cidade de Recife-PE compreendo o período de 1961-2019. Destaca-se que na soma em termos médios da precipitação dessa localidade houve um registro de aproximadamente 1340 mm/mês, o que corresponde a 59% de toda precipitação esperada para o ano.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE DA VARIABILIDADE TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO EM RECIFE-PE
Eduardo Almeida da Silva, Tiago Bentes Mandú, Ingrid Paloma Carneiro de Lima,
Matheus Henrique Bezerra de Melo, Maria Uilhiana Gomes de Andrade

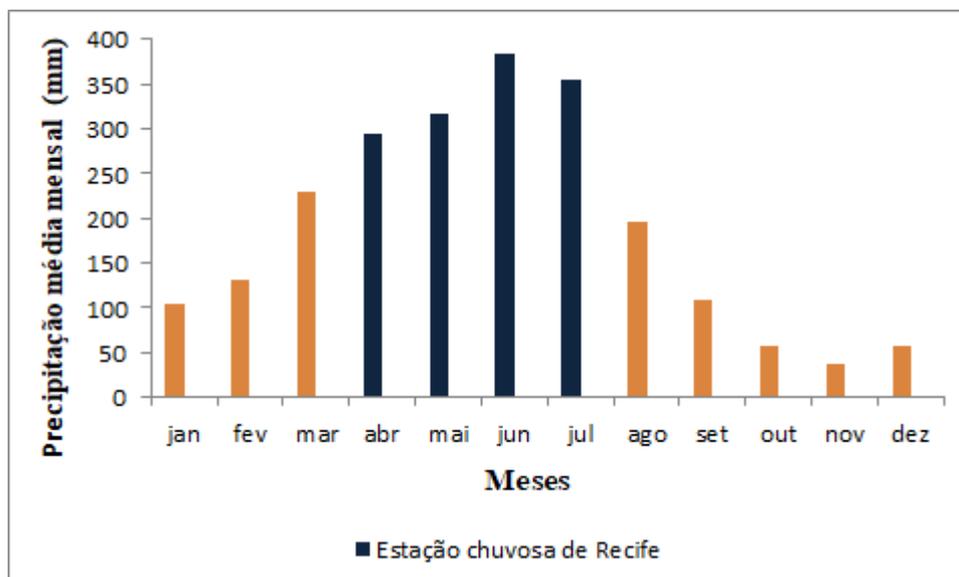


Figura 2. Precipitação média mensal para a cidade de Recife-PE (1961-2019)

Fonte: elaborada pelo autor

Análise da Precipitação Mensal

Com base no teste de Mann-Kendall (MK), observou-se que a série de dados mensais não é estacionária. A partir da aplicação do teste MK (Figura 3) é possível observar que apenas o mês de março, da série temporal dos totais pluviométricos, foi detectada tendência negativa e estatisticamente significativa, ou seja, $p < 0,05$, portanto rejeitando-se dessa forma a hipótese nula, logo há evidências de tendência na série mensal. Outra observação que vale ressaltar é que há seis meses com tendência negativa, porém não significativa e cinco meses com tendência positiva, também não significativa, ou seja, $p \geq 0,05$. De acordo com Hastenrath (2000), o deslocamento da ZCIT poderá ser um fator para explicar as tendências positivas de precipitação pluvial sobre o NEB e dessa forma contribuir na ocorrência de precipitação pluvial sobre a área de estudo.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE DA VARIABILIDADE TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO EM RECIFE-PE
Eduardo Almeida da Silva, Tiago Bentes Mandú, Ingrid Paloma Carneiro de Lima,
Matheus Henrique Bezerra de Melo, Maria Uilhiana Gomes de Andrade

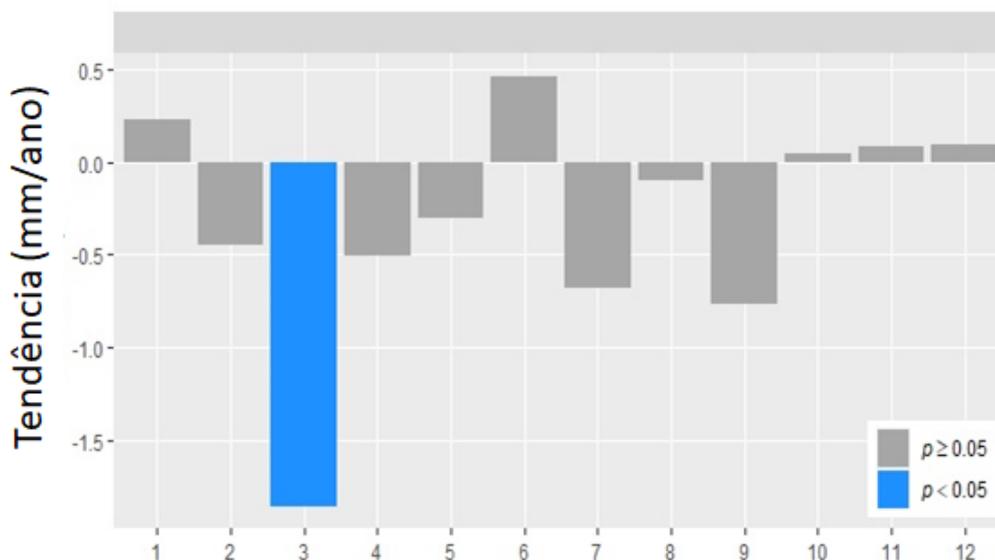


Figura 3. Análise da tendência de precipitação mensal para localidade do Recife-PE (1961-2019).
Fonte: Elaborada pelo autor

É possível avaliar o regime médio mensal da precipitação entre os anos de 1961 a 2019 através da Figura 4. A partir desta figura, é possível notar a presença de outliers (eventos anômalos de precipitação) mais concentrados entre a década de 2009 a 2019, período que coincide com o mês de análise para esse trabalho que é o mês de maio.

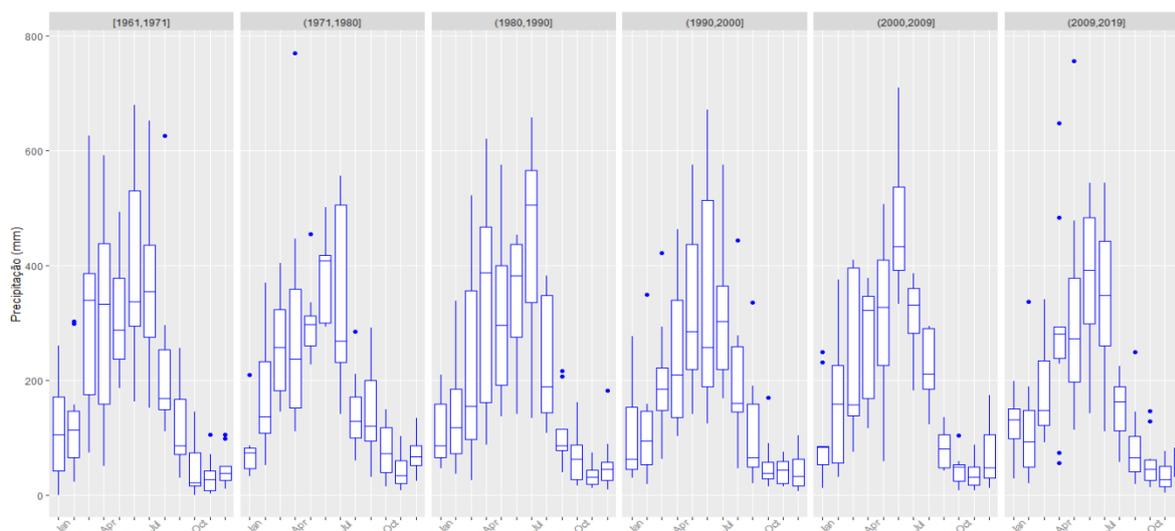


Figura 4. Regime da precipitação mensal dividido por décadas, dados para os anos de 1961 a 2019 para Recife-PE.

Destacando a década de 2009 a 2019, observa-se que nesse período houve os maiores valores intensos de precipitação, concentrando o maior registro no mês de maio de 2011, como é destacado na Tabela 1 (Tons mais escuros em azul significam valores intensos de precipitação e em vermelho pouca



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR

ISSN 2675-6218

ANÁLISE DA VARIABILIDADE TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO EM RECIFE-PE
Eduardo Almeida da Silva, Tiago Bentes Mandú, Ingrid Paloma Carneiro de Lima,
Matheus Henrique Bezerra de Melo, Maria Uilhiana Gomes de Andrade

precipitação média mensal para essa localidade). Nesse mês foi registrado o maior valor de eventos intensos de precipitação dos últimos 20 anos. Detectou-se, por meio das análises da presente pesquisa e expostas na Figura 4 e na Tabela 1, os maiores acumulados de precipitação, estes poderão estar 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

Fonte: Elaborada pelo autor

A partir dos dados, observou-se que informações condizentes com os estudos de Reboita et al. (2012) e Galvêncio et al. (2010), onde os mesmos afirmam que alguns fenômenos meteorológicos interferem diretamente na ocorrência de precipitação da região do NEB, sendo o mais importante para região do NEB é a ZCIT. Entre as estações de verão e outono, a sua posição climatológica mais ao sul do equador a ZCIT contribui para estação chuvosa da localidade em análise, associado ao fortalecimento ou enfraquecimento dos ventos alísios de nordeste e sudeste, favorecendo assim a determinação da estação chuvosa do NEB (MELO et al., 2009), contribuindo dessa forma para o estabelecimento da estação chuvosa da região. Portanto, justifica-se as chuvas acentuadas devido a posição média da ZCIT ser observada mais ao sul de sua climatologia, favorecendo a precipitação do NE, o setor leste do NEB e conseqüentemente sobre a cidade de Recife-PE.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE DA VARIABILIDADE TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO EM RECIFE-PE
Eduardo Almeida da Silva, Tiago Bentes Mandú, Ingrid Paloma Carneiro de Lima,
Matheus Henrique Bezerra de Melo, Maria Uilhiana Gomes de Andrade

A partir da Figura 5, é possível observar a estimativa de precipitação, pelo satélite TRMM, para o mês de maio de 2011 em Recife-PE. Portanto, ao associar essa estimativa com os dados do INMET para esse mês em análise, percebe-se uma boa projeção do satélite quanto à ocorrência de precipitação mensal para área de estudo com valores pluviométricos variando entre 460-620 mm/mês.

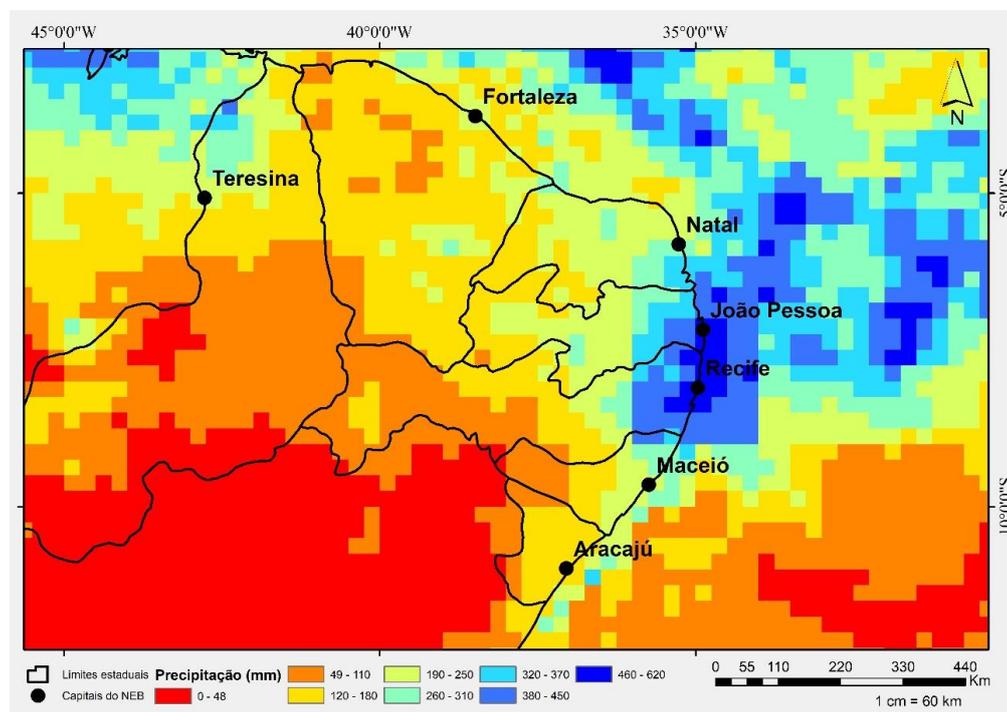
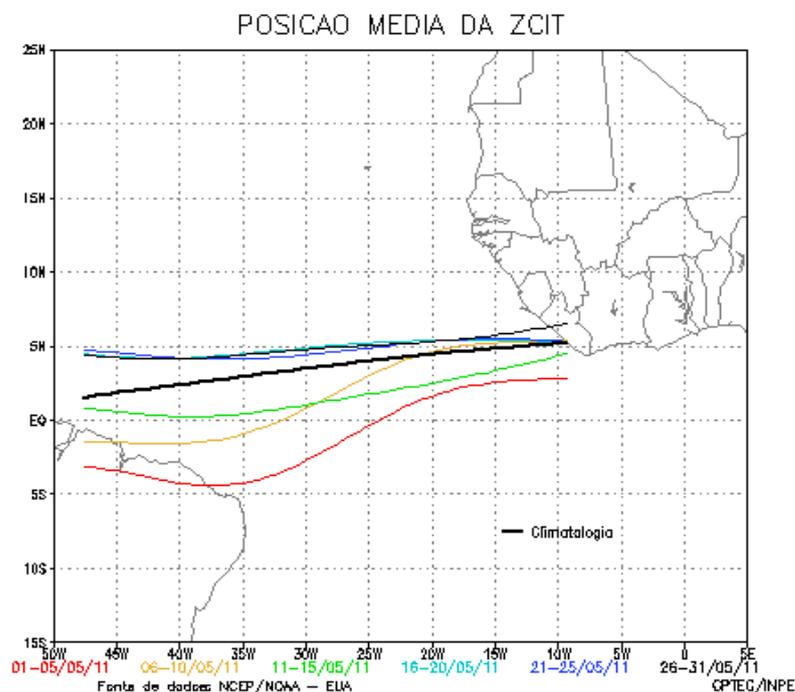


Figura 5. Distribuição espacial dos acumulados de precipitação pluvial (mm) no mês de maio de 2011 para a localidade de Recife-PE a partir de estimativas por satélite (TRMM).

No mês de maio de 2011, observou-se, também, que este foi um mês com registros de precipitações acentuadas para o setor leste do NEB. A atuação favorável e a proximidade da ZCIT mais ao sul da sua climatologia proporcionaram altos registros de precipitação no NEB e, conseqüentemente, sobre a cidade de Recife (Figura 6).

A



B

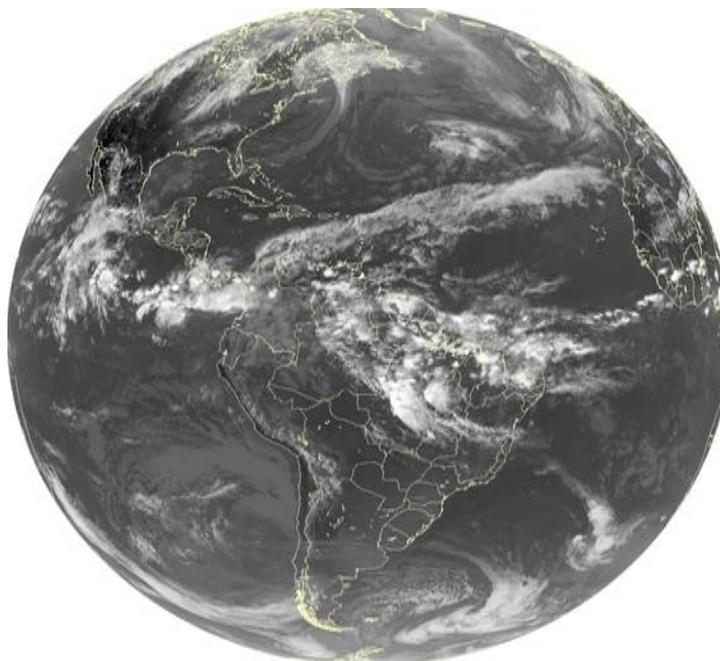


Figura 6. Posição média da ZCIT para o mês de maio de 2011 (A). Fonte: Climanálise (2011). Imagens de satélite GOES-12, no canal infravermelho, ilustrando a banda de nebulosidade da ZCIT para o dia 05/05/2011 (B). **Fonte:** Banco de dados de imagens de satélite do DSA/CPTEC/INPE.

É válido ressaltar que dentre os 30 dias do mês de maio de 2011, 9 destes dias apresentaram chuvas superiores a 30 mm/diários conforme nota-se na Figura 7. O maior valor registrado de precipitação, por meio das estações do INMET, ocorreu entre os dias 04 e 05/05/2011 ao registrar 61,8 e



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE DA VARIABILIDADE TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO EM RECIFE-PE
Eduardo Almeida da Silva, Tiago Bentes Mandú, Ingrid Paloma Carneiro de Lima,
Matheus Henrique Bezerra de Melo, Maria Uilhiana Gomes de Andrade

135,8 mm/diário, respectivamente. Uma análise conjunta entre a Figura 6 e 7 proporciona observar que a posição mais ao sul da ZCIT influenciou no acumulado expressivo de chuvas sobre a cidade de Recife-PE, entre os dias 04 e 05 de maio de 2011.

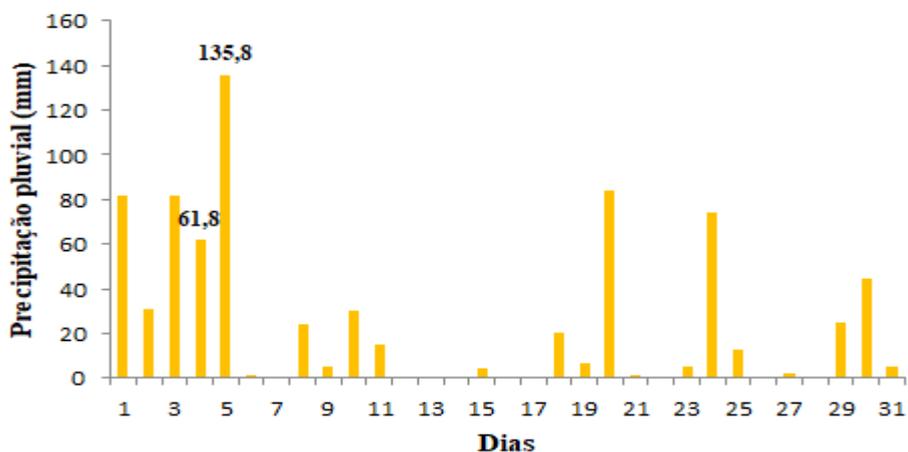


Figura 7. Acumulado diário de precipitação em maio de 2011, para localidade de Recife-PE. *Fonte: Elaborado pelo autor*

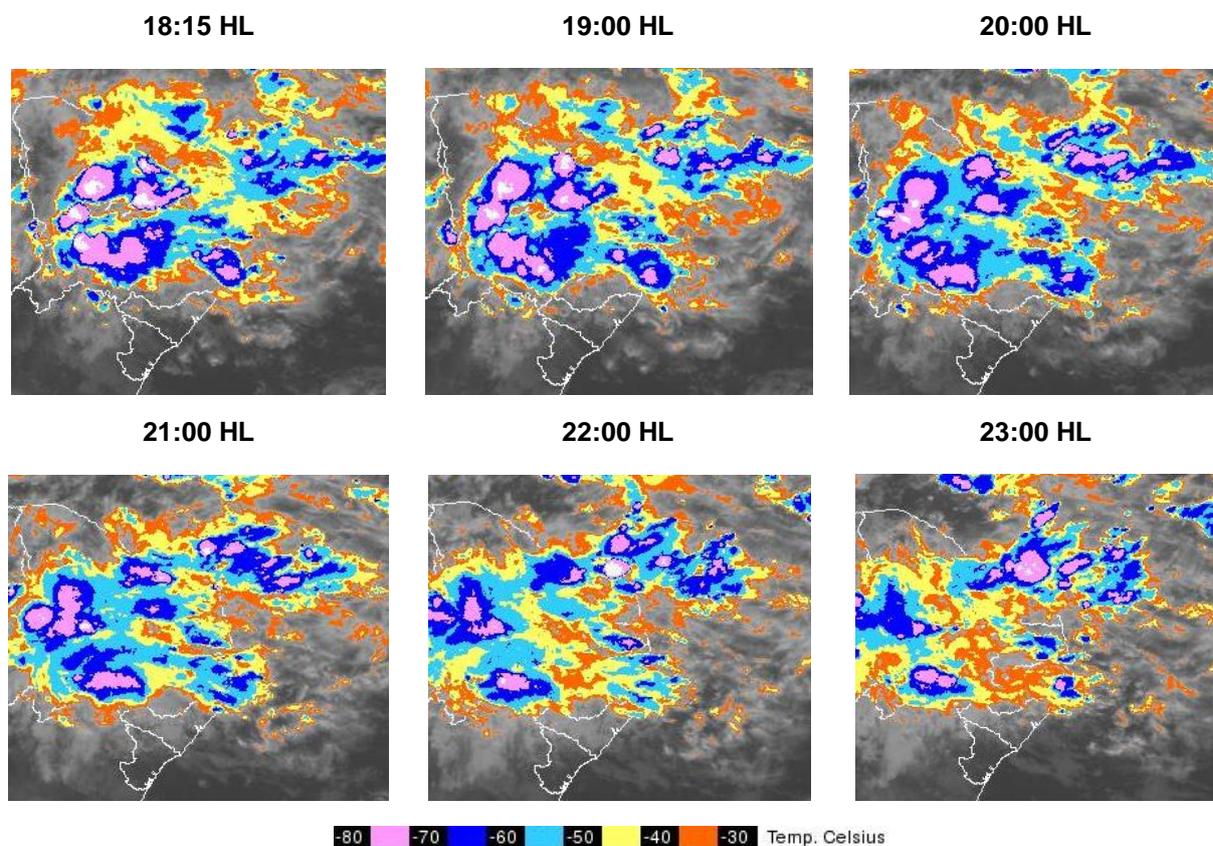


Figura 8. Imagens de satélite do GOES-12, para do 04/05/2011, das 18:15 às 23:00 HL. *Fonte: Banco de dados de imagens do satélite DSA/CPTEC/INPE.*



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE DA VARIABILIDADE TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO EM RECIFE-PE
Eduardo Almeida da Silva, Tiago Bentes Mandú, Ingrid Paloma Carneiro de Lima,
Matheus Henrique Bezerra de Melo, Maria Uilhiana Gomes de Andrade

Portanto, de acordo com as imagens de satélite do GOES-12, do canal infravermelho, realçadas a partir da temperatura do topo das nuvens destacado na Figura 8 entre o horário das 18:15 às 23:00 hora local (HL) do dia 04/05, observa-se que a temperatura do topo das nuvens esteve com valores próximos a -60°C , o que pode indicar intensa atividade convectiva na área de estudo. E de acordo com Ribeiro e Nunes (2011), tais temperaturas são muito baixas e indicam a formação de nuvens de desenvolvimento vertical (nuvens de chuva). Tais nuvens contribuíram para o aumento de precipitação neste dia em Recife-PE.

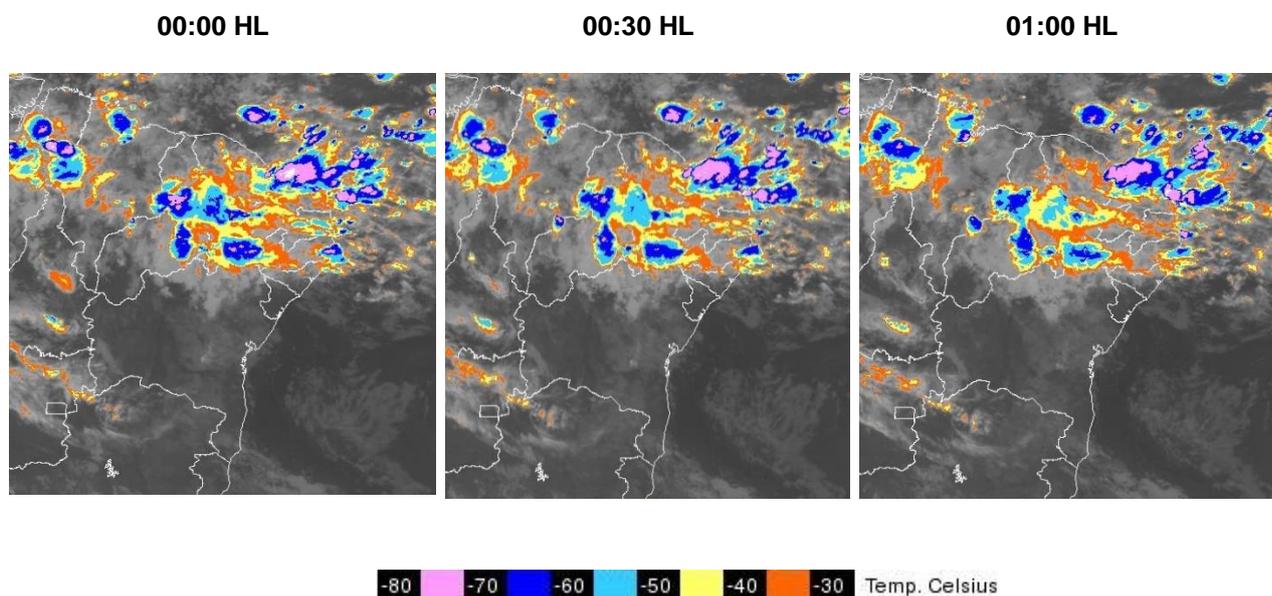


Figura 9. Imagens de satélite do GOES-12, para o do 05/05/2011, das 00:00 às 01:00 HL. **Fonte:** Banco de dados de imagens do satélite DSA/CPTEC/INPE.

Na Figura 9, observa-se que entre os horários das 00:00 às 01:00 HL, a temperatura do topo das nuvens se manteve entre -70°C a -50°C contribuindo dessa forma para os altos registros de precipitação na referida data em análise, visto que temperaturas entre essa faixa indicam formação de nuvens de chuvas. Logo, justificam-se os registros de precipitação no dia 05/05/2011 e as intensas atividades convectivas sobre a cidade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observou-se, através das análises, que os altos registros de precipitação estão associados com a atuação favorável dos sistemas meteorológicos.

Destacou-se que para década de 2009 a 2019 houve os maiores registros de eventos extremos de precipitação para cidade de Recife-PE no período analisado. Após essa análise, foi diagnosticada o mês de maio como sendo o período com maiores registros anômalos de precipitação para essa determinada época.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE DA VARIABILIDADE TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO EM RECIFE-PE
Eduardo Almeida da Silva, Tiago Bentes Mandú, Ingrid Paloma Carneiro de Lima,
Matheus Henrique Bezerra de Melo, Maria Uilhiana Gomes de Andrade

Com aplicação do teste MK, observou-se tendência negativa e estatisticamente significativa para o conjunto de dados em análise.

Através dos dados do Satélite TRMM, com os dados do INMET e imagens do GOES-12, foi possível perceber que o sistema atmosférico ZCIT é o fenômeno que mais contribui para o aumento médio mensal de precipitação em Recife-PE. Observou-se também que ao longo dos anos, os eventos extremos vêm se intensificando cada vez mais, porém o padrão de precipitação para essa localidade não apresenta uma mudança tão significativa, entretanto há evidências que um dos fatores do aumento de eventos extremos se dá devido a instensificação favorável dos sistemas meteorológicos.

Portanto, espera-se que o resultado apresentado nesse trabalho, bem como pesquisas posteriores relacionadas com eventos extremos possam colaborar com a compreensão sobre a variabilidade da precipitação em Recife-PE.

REFERÊNCIAS

ANJOS, R. S.; NÓBREGA, R. S.; ARAÚJO, F. E.; ROCHA FILHO, G. B. R. Análise espacial da precipitação e possíveis fatores que contribuem para sua espacialização em Recife-PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 13, n. 02, p. 18-34, 2020.

GALVÍNCIO, J. D.; DANTAS, L. G.; FERNANDES. Sistemas que favorecem ocorrência de chuva em região semiárida do nordeste do Brasil: estudo de caso em São José do Sabugí-PB. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 27, p. 202-217, 2010.

HASTENRATH, S.; Interannual and Longer-Term Variability of Upper Air Circulation in the Northeast Brazil-Tropical Atlantic Sector, **Journal of Geophysical Research**, v. 105, n. D6, p. 7327-7335, 2000.

KOCH, H.; SILVA, A. L. C.; AZEVEDO, J. R.G.; SOUZA, W. M.; KÖPPEL, J.; SOUZA JUNIOR, C. B.; BARROS, A. M. L.; HATTERMANN, F. F.; 2018. Integrated hydro- and wind power generation: a game changer towards environmental flow in the Sub-middle and Lower São Francisco River Basin? **Regional Environmental Change**, DOI: <https://doi.org/10.1007/s10113-018-1301-2>.

LIMA, M. P.; CARPENEDO, C. B. Eventos extremos secos em Uberlândia-MG e circulação atmosférica associada. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 27, p. 158-180, 2020.

MARENGO J. A. **Impactos de extremos relacionados com o tempo e o clima - Impactos sociais e econômicos**. INPE - Centro de Ciências do Sistema Terrestre, 2009. (Boletim do Grupo de Pesquisa em Mudanças Climáticas, 8).

MARENGO, J. A.; SCHAEFFER, R.; ZEE, D.; PINTO, H. S. **Mudanças climáticas e eventos extremos no Brasil**. Disponível em: http://www.fbds.org.br/cop15/FBDS_MudancasClimaticas.pdf. Acesso em: out 2010.

MELO, A. B. C.; CAVALCANTI, I. F. A.; SOUZA, P. P. Zona de convergência intertropical do Atlântico. *In*: CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J.; DIAS, M. A. F. S. **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. Cap. 2, p. 25-41. ISBN 978-85-86238-92

PEEL, Murray C.; FINLAYSON, Brian L.; MCMAHON, Thomas A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and earth system sciences**, v. 11, n. 5, p. 1633-1644, 2007.

REBOITA, M. S.; KRUSCHE, Nisia; AMBRIZZI, T.; DA ROCHA, R. P. Entendendo o Tempo e o Clima na América do Sul. **Terra e Didática** (Impresso), v. 8, p. 34-50, 2012.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

ANÁLISE DA VARIABILIDADE TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO EM RECIFE-PE
Eduardo Almeida da Silva, Tiago Bentes Mandú, Ingrid Paloma Carneiro de Lima,
Matheus Henrique Bezerra de Melo, Maria Uilhiana Gomes de Andrade

SANTOS, C. A. C. dos; MELO, M. M. M. S.; BRITO, J. I. B. de. Tendências de Índices de Extremos Climáticos para o Estado do Amazonas e suas Relações com a TSM dos Oceanos Tropicais. **Revista Brasileira de Meteorologia** (Impresso), v. 31, p. 1-10, 2016.