

ANÁLISE DA NORMAL CLIMATOLÓGICA (MENSAL E ANUAL) DO MUNICÍPIO DE TERESINA (PIAÚ)

ANALYSIS OF CLIMATOLOGICAL NORMAL (MONTHLY AND ANNUAL) OF TERESINA CITY (PIAÚ)

ANÁLISIS DE NORMAL CLIMATOLÓGICO (MENSUAL Y ANUAL) DE LA CIUDAD DE TERESINA (PIAÚ)

*Geografia*Francílio de Amorim dos Santos¹
francilio.amorim@ifpi.edu.br**RESUMO**

O estudo teve como objetivos: identificar a normal climatológica mensal e anual do município de Teresina, capital do estado do Piauí, considerando os anos de 1987 a 2016, associando a eventos extremos de precipitação; ii) inferir a tendência ao aumento/diminuição das precipitações mensal e anual, por meio do teste de Mann-Kendall e sua associação com eventos extremos de precipitação. Utilizaram-se dados de precipitação pluviométrica (período de 1987 a 2016), empregados nos *softwares* BioEstat e Past. O estudo apontou que Teresina possui normal climatológica anual com média histórica de 1.356,3 mm, sendo os anos de 1992 e 2016 os mais secos e 1989 e 2009 os mais chuvosos da série. O mês de agosto apresentou-se como o mais seco (5,9 mm) e março o mais chuvoso (285,0 mm). Ressalta-se que as médias pluviométricas não apontaram tendência ascendente, exceto o mês de março que apresentou *pvalor* de 4,1%, logo, tendência ascendente.

Palavras-chave: Precipitações. Estatística. Tendência**ABSTRACT**

The study aimed to: identify the monthly and annual climatological normal of the municipality of Teresina, capital of the state of Piauí, considering the years from 1987 to 2016, associating with extreme precipitation events; ii) infer the tendency to increase / decrease of monthly and annual precipitation, using the Mann-Kendall test and its association with extreme precipitation events. Rainfall data (from 1987 to 2016) were used, in the software BioEstat and Past. The study pointed out that Teresina has an annual climatological normal with a historical average of 1356.3 mm, with 1992 and 2016 being the driest and 1989 and 2009 the rainiest in the series. The driest month was August (5.9 mm) and March the wettest (285.0 mm). It is noteworthy that the rainfall averages did not indicate an upward trend, except for the month of March, which presented a value of 4.1%, thus an upward trend.

Keywords: Rainfal. Statistic. Trend.

¹Docente do Instituto Federal do Piauí / Campus Piriapiri, Doutor em Geografia, pela Universidade Estadual do Ceará - UECE.

RESUMEN

El objetivo del estudio fue: identificar la normal climatológica mensual y anual del municipio de Teresina, capital del estado de Piauí, considerando los años de 1987 a 2016, asociados a eventos de precipitación extrema; ii) inferir la tendencia a aumentar / disminuir la precipitación mensual y anual, utilizando la prueba de Mann-Kendall y su asociación con eventos extremos de precipitación. Se utilizaron los datos de lluvia (de 1987 a 2016), utilizados en el software BioEstat and Past. El estudio señaló que Teresina tiene una normal climatológica anual con un promedio histórico de 1.356,3 mm, siendo 1992 y 2016 las más secas y 1989 y 2009 las más lluviosas de la serie. El mes más seco fue agosto (5,9 mm) y marzo el más húmedo (285,0 mm). Cabe destacar que los promedios de lluvia no indicaron una tendencia al alza, excepto en el mes de marzo, que presentó un valor de 4,1%, por lo tanto una tendencia al alza.

Palabras claves: Precipitaciones. Estadísticas. Tendência.

1. INTRODUÇÃO

O Nordeste do Brasil (NEB), particularmente o estado do Piauí, apresenta distribuição espaço-temporal irregular, sendo a característica mais marcante dessa região (SALES, 2002). Em geral, a região em questão apresenta concentração de chuvas em 4 a 5 meses ao longo do ano, havendo no restante do ano baixo volume de precipitações pluviométricas ou mesmo ausência delas. Desse modo, sendo necessário desenvolver adequado e complexo planejamento ambiental, para o uso racional dos recursos naturais em consonância com as potencialidades do meio.

O NEB situa-se em área de influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), mais importante sistema atmosférico produtor de chuvas no setor Norte, que atinge os estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco, conforme afirma Zanella (2014). Outro importante elemento que influencia a abundância ou ausência de chuvas no NEB diz respeito às anomalias positivas e negativas da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) nas bacias dos Oceanos Atlântico e Pacífico, que interfere na determinação da intensidade e posição da ZCIT. Alia-se a TSM à incidência de fenômenos *El niño* e *La niña* que associados à ocorrência do dipolo do Atlântico movimentam a convecção para Leste ou para Oeste, gerando extremos de chuvas.

Outro importante sistema atuante são os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCANs), que tem origem sobre o oceano Atlântico, entre os meses de novembro e março, e deslocam-se de leste para oeste em média entre 4 a 6° de longitude por dia até penetrar no continente (GAN, 1982). Ressalta-as que os VCANs ocorrem com maior

frequência no mês de janeiro, cuja atuação é curto ou pode persistir por dias consecutivos ou semanas (VAREJÃO-SILVA, 2006).

Ao longo dos anos, a sociedade humana tem buscado desenvolver-se dependendo cada vez menos das variações climáticas. No entanto, essas variações têm influência significativa atividades humanas, principalmente, no que diz respeito aos desastres naturais, notadamente aqueles de natureza hidroclimatológica. Nessa perspectiva, a Organização Meteorológica Mundial (OMM, 2011) sugere que seja considerado um período de 30 anos para determinação da normal climatológica. A OMM ressalta que a normal climatológica foca-se na identificação do valor médio de uma variável climática em um período de tempo delimitado.

Desse modo, foi realizada triagem dos postos pluviométricos, junto ao *site* da Agência Nacional de Águas (ANA), com recorte temporal para o período de 1987 a 2016. Logo, foi possível adquirir informações sobre as precipitações de 2 postos localizados no interior do município de Teresina. A realização da presente pesquisa foi relevante diante da lacuna existente em termos de informações climáticas atuais, particularmente acerca da variável pluviométrica, cujo conhecimento é essencial ao desenvolvimento das atividades humanas e estimar riscos a desastres naturais.

Frente o exposto e baseando-se na importância da estatística aplicada a estudos ambientais, a pesquisa teve como objetivos: i) identificar a normal climatológica mensal e anual do município de Teresina, capital do estado do Piauí, considerando os anos de 1987 a 2016, associando a eventos extremos de precipitação; ii) inferir a tendência ao aumento/diminuição das precipitações mensal e anual, por meio do teste de Mann-Kendall e sua associação com eventos extremos de precipitação.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO

A área em estudo foi o município de Teresina, capital do estado do Piauí, cuja sede municipal situa-se às Coordenadas Geográficas de 05°05'21"S e 42°48'07"W. O referido município situa-se entre os Rios Parnaíba e Poti, limitando-se com os seguintes municípios: ao Norte com União e José de Freitas; a Leste com Altos, Pau D'Arco do Piauí; ao Sul com Currealinhos, Demerval Lobão, Lagoa do Piauí e Monsenhor Gil; e a Oeste é limitado por Nazária e os municípios maranhenses de Caxias e Timon (Figura 1).

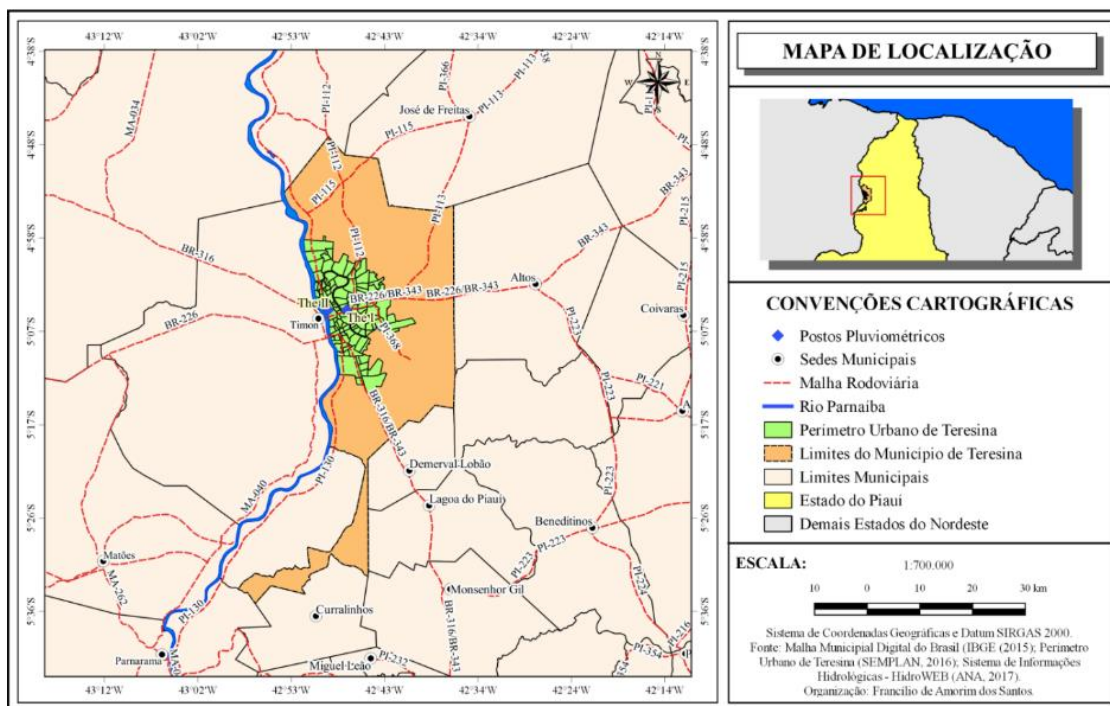


Figura 1 - Mapa de localização do município de Teresina (Piauí), situado no meio-norte do Nordeste do Brasil. Fonte: IBGE (2015); SEMPLAN (2016); ANA (2017).

Em 2016, o município de Teresina, conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017), possuía uma população de 847.430 habitantes, que se distribuía por uma área de 1.391,9 km², resultando em uma densidade demográfica de 584,94 hab./km². O referido município, em 2016, possuía 122 bairros em seu perímetro urbano (SEMPPLAN, 2017), ao passo que seu setor mais populoso era o bairro Itararé, que apresentava uma população de 32.443 habitantes, conforme apontou as informações do Censo de 2010 (IBGE, 2017).

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Inicialmente, foi realizada triagem dos postos pluviométricos que tivessem dados disponíveis, considerando-se a série histórica de 1987 a 2016, junto ao *site* da Agência Nacional de Águas (ANA, 2017). Desse modo, foi possível utilizar apenas 2 (dois) postos (Figura 1), posto que dos municípios adjacentes apresentassem falhas. Os referidos dados foram empregados na fórmula descrita exposta na Equação 1, conforme sugerem as orientações do Instituto Brasileiro de Meteorologia (INMET, 2009).

$$n(X_i) = \sum_j \frac{X_{ij}}{m_i}$$

[1]

Onde:

$n(X_i)$ será uma Normal-Padrão; X_{ij} são os valores de precipitação total; m_i é o número de anos (ou meses).

Para aplicação do teste estatístico não paramétrico de Mann-Kendall foi utilizado o *software* livre *Past*. Por sua vez, o *software* BioEstat, versão 5.0, foi empregado para identificação da Regressão linear (R) entre os 2 postos pluviométricos utilizados nesse estudo e manuseio dos dados de precipitação pluviométrica. A última etapa consistiu na organização das informações em planilhas eletrônicas e produção de gráficos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As informações pluviométricas adquiridas junto à ANA permitiram, a priori, elaborar a Figura 2. Essa possibilita visualizar o Coeficiente de Regressão Linear (R) dos dados de precipitação pluviométrica, referente aos 2 (dois) postos situados no interior do município de Teresina, apresentaram ótima correlação, visto que o valor de R foi superior a 0,9.

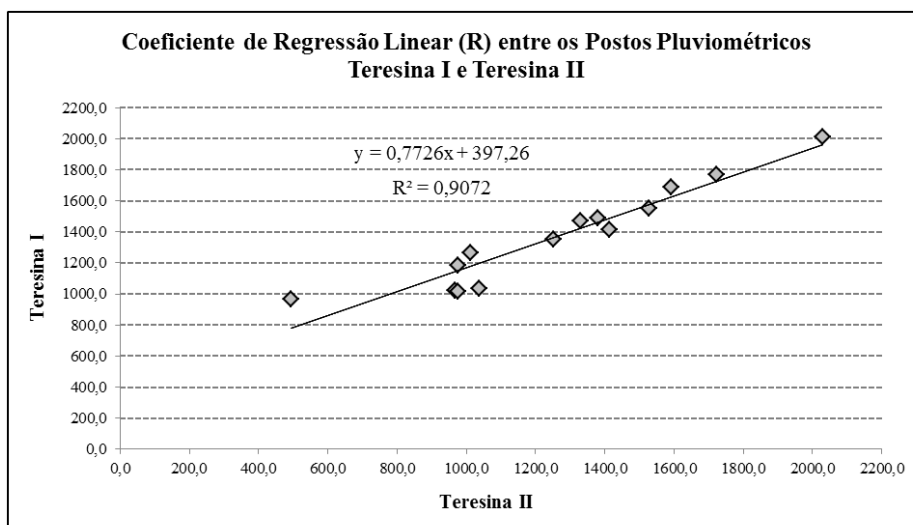


Figura 2 - Coeficiente de Regressão Linear (R) entre os dados de precipitação pluviométrica dos dois postos pluviométricos situado no interior do município de Teresina. Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Os dados dispostos na Figura 3 permitem apontar que os menores valores das normais climatológicas da série analisada concentram-se nos meses de junho a dezembro, ao passo que o mês de agosto é aquele com a menor normal climatológica mensal, com 5,9 mm. Por outro lado, os maiores valores para a normal climatológica situam-se entre janeiro a maio, sendo o mês de março aquele com maior valor, com 285,0 mm. Embora o estudo não tenha buscado analisar a normal climatológica sazonal, devido irregular

distribuição espaço-temporal, é possível distinguir 2 (duas) estações bem demarcadas em Teresina, quais sejam: uma chuvosa que se concentra de janeiro a maio e possui 1.090,6 mm médio; outra com reduzido total pluviométrico ou ausência dele, situado entre junho a dezembro, totalizando 222,0 mm.

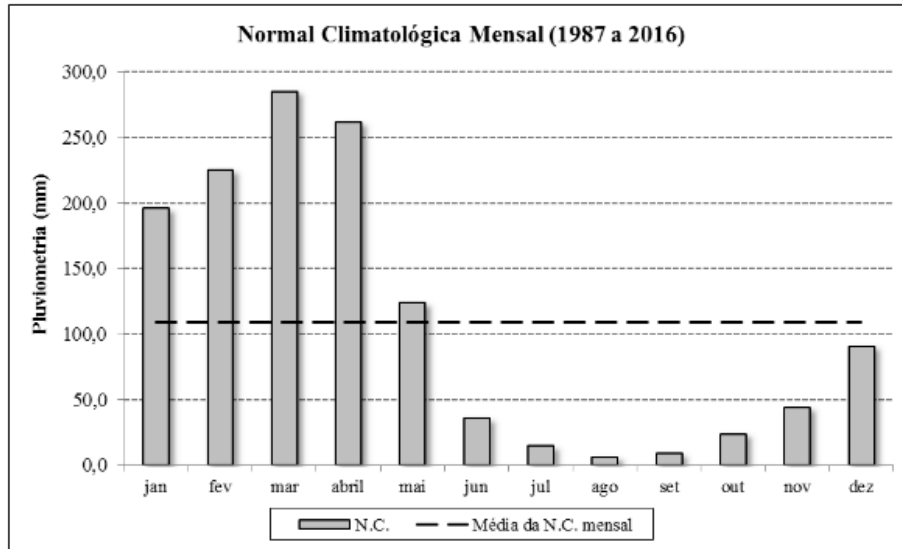


Figura 3. Normal Climatológica Mensal (mm) do município de Teresina, período de 1987 a 2016 Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Desse modo, observa-se que o período mais suscetível à ocorrência de inundações no município pesquisado situa-se no primeiro semestre do ano, particularmente entre os meses de janeiro a maio. Fato justificado, principalmente, devido à atuação da ZCIT e dos VCANs, primeiro responsável pela grande quantidade de chuvas ocasionadas nesse período e o segundo pela intensificação da atuação da ZCIT, promovendo grande volume de precipitações concentradas em curto período de tempo. Por outro lado, no segundo semestre do ano o município de Teresina fica sujeito à ocorrência de secas/estiagens, posto que a ZCIT, principalmente, sistema provedor de chuvas na área desloque-se para o hemisfério norte.

Em relação à normal climatológica média anual dos dois postos, pode-se observar que a média anual de chuvas em Teresina é de 1.356,3 mm (Figura 4). Por sua vez, os anos de 1992 e 2016 destacam-se como aqueles que apresentaram os menores volumes de precipitação, pois ambos os anos tiveram interferência do efeito *El niño* de intensidade forte (NOAA, 2017). Ao passo que 1989 e 2009 figuram como os anos de maior média de precipitação, tal fato resulta da atuação conjunta do fenômeno *La niña* moderada e dipolo negativo, em ambos os anos (NOAA, 2017).

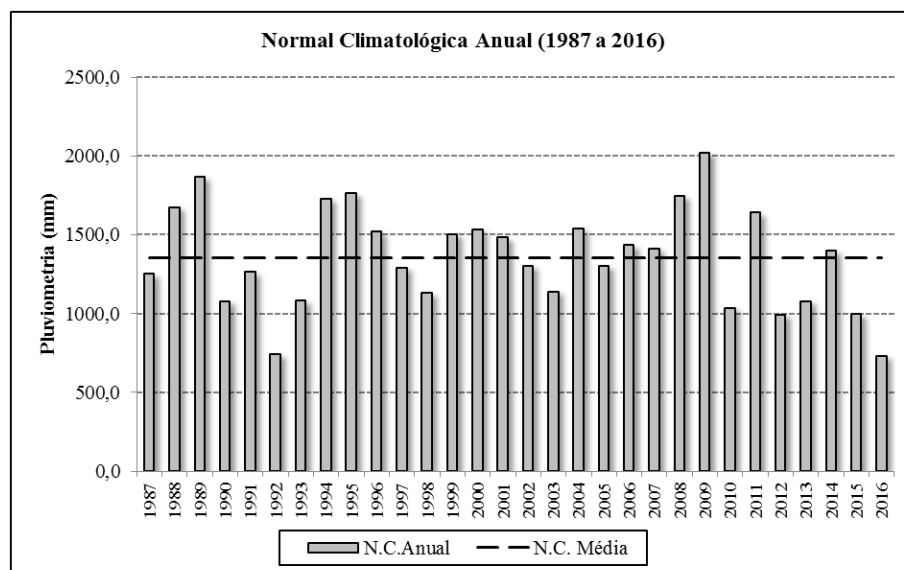


Figura 4 - Normal Climatológica Anual (mm) do município de Teresina, período de 1987 a 2016. Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Diante do exposto, evidencia-se que o município de Teresina está sujeito às oscilações climáticas interanuais típicas da região semiárida do NEB, onde apresentam anos com anomalias pluviométricas positivas (50% ano anos analisados na série histórica) e, por consequência, aumento na probabilidade de ocorrência de inundações. Ao passo que os demais 50% dos anos considerados para análise indicaram anomalias pluviométricas negativas, que resultaram em secas ou estiagens.

De acordo com o exposto na Tabela 1 as séries das médias de precipitação não apresentam tendência ascendente, exceto o mês de março que apresentou *pvalor* de 4,1% e, portanto, tendência ascendente. Em termos gerais, a série não apresentou tendência positiva, posto que tenha apresentado valor de 0,086471 (8,6%).

Os dados apresentados, demandam atenção especial, pois embora a série geral não tenha indicado tendência significativa, o mês de março apresentou, particularmente, tendência ascendente, ou seja, aumento do volume de chuvas em cenários futuros. Tal fato poderá trazer diversos transtornos à população teresinense, pois é considerado o mês com maior volume pluviométrico da quadra chuvosa. Desse modo, ter-se-á aumento da probabilidade no que diz respeito à frequência e intensidade das inundações.

Tabela 1 - Teste de Mann-Kendall aplicado às séries mensal e anual de médias precipitações pluviométricas do município de Teresina, período de 1987 a 2016.

Meses	<i>n</i>	Teste de Mann-Kendall (<i>p</i> valor)
Jan	30	1.0000
Fev	30	0.81656
Mar	30	0.041964*
Abr	30	0.83048
Mai	30	1.0000
Jun	30	0.18676
Jul	30	0.53228
Ago	30	0.32391
Set	30	0.92839
Out	30	0.3626
Nov	30	0.22506
Dez	30	0.72123
Anual	360	0.086471

p*valor $\leq 0,05$ (ou 5%) é considerado significativo. **Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

5. CONCLUSÕES

Por meio dessa pesquisa foi possível identificar que a normal climatológica anual do município de Teresina, estado do Piauí, foi de 1.356,3 mm, para o período de 1987 a 2016. Devendo-se ressaltar que os anos mais secos (1992 e 2016) e mais chuvosos (1989 e 2009) apresentaram influências da dinâmica interanual do fenômeno *El niño* Oscilação Sul (ENOS) associado às fases positivas e negativas do dipolo do Atlântico.

A análise da normal climatológica mensal possibilitou distinguir que o período com menores totais de precipitação situa-se entre os meses de junho a dezembro, tendo agosto como o de menor normal climatológica mensal, com 5,9 mm. Enquanto isso, o período chuvoso localiza-se entre os meses de janeiro a maio, sendo o mês de março o de maior nível de precipitação, com 285,0 mm. Ressalta-se que os dados das médias de precipitação não indicaram tendência positiva, com exceção do mês de março que apresentou *p*valor de 4,1%.

Deve-se destacar que o estudo apresenta dados que devem subsidiar o planejamento ambiental e/ou ponto de partida para estudos posteriores, que devem aprofundar o conhecimento da dinâmica pluviométrica no município de Teresina, particularmente para estudos ligados a eventos extremos de precipitação, a exemplo das secas e inundações. Enfatiza-se que as informações desse estudo devem, ainda, ser integradas a outros dados para refinamento do conhecimento da dinâmica dos sistemas naturais do referido município.

6. REFERÊNCIAS

- ANA - Agência Nacional de Águas. Hidro Web - Sistema de Informações Hidrológicas. **Séries históricas – ano de 1927 a 2016**. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em: 14 mar. 2017.
- DINIZ, A.F.; SANTOS, R.L.; SANTOS, S.M. Avaliação dos riscos de seca para o município de Feira de Santana-BA associado à influência do *El niño* no semi-árido do nordeste brasileiro. +**Geografia's**, Feira de Santana, n.1, p.18-24, maio/nov. 2008.
- GAN, M.A. **Um estudo observacional sobre as baixas frias da alta troposfera nas latitudes subtropicais do Atlântico Sul e leste do Brasil**. 78f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, São José dos Campos, SP. 1982.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010 - Características Gerais da População: Resultados da Amostra**. IBGE, 2010. Disponível em: <<http://loja.ibge.gov.br/censo-demografico-2010-caracteristicas-da-populac-o-e-dos-domicilios-resultados-do-universo.html>>. Acesso em: 24 mar. 2017.
- _____. **Cidades**: Teresina. 2017. Disponível em: <www.cidades.ibge.gov.br>. Acesso em: 22 mar. 2017.
- _____. **Malha municipal digital do Brasil: situação em 2015**. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. Disponível em: <ftp://geofp.ibge.gov.br/malhas_digitais/>. Acesso em: 20 mar. 2017.
- INMET - INSTITUTO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA. **Normais climatológicas do Brasil 1961-1990**. Metodologia. 2009.
- MOLION, L.C.B.; BERNARDO, S.O. Dinâmica das Chuvas no Nordeste Brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, XI, Rio de Janeiro - RJ, **Anais...** Rio de Janeiro: 2000, p.1.334-1.342.
- NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration. Climate Prediction Center. **Historical El Nino / La Nina episodes (1989-2016)**. Disponível em: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml>. Acesso em: 27 mar. 2017.
- OMM - Organización Meteorológica Mundial. **Guía de prácticas climatológicas**. OMM-Nº 100. Ginebra - Suíza. Edición de 2011.
- SALES, M.C.L. Evolução dos estudos de desertificação no Nordeste brasileiro. **Revista GEOUSP**, Espaço e Tempo, São Paulo, Nº 11, p.115-126, 2002.
- SEMPPLAN - Secretaria Municipal de Planejamento e Coordenação de Teresina. **Mapas de Teresina**. Disponível em: <<http://semplan.teresina.pi.gov.br/mapas-interativos/>>. Acesso em: 24 mar. 2017.
- VAREJÃO-SILVA, M.A. **Meteorologia e Climatologia**. Versão Digital 2. Recife, Pernambuco. Março de 2006.
- ZANELLA, M.E. Considerações sobre o clima e os recursos hídricos do semiárido nordestino. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, n.36, Volume Especial, p.126-142, 2014.