

Climatological trends for the municipality of Parnaíba Piauí/Brazil

Maria G. P. Nascimento^{*}, Graziela de A. Lima^{**}, Ivanilza M. de Andrade^{***}, Josiclêda D. Galvêncio^{****}

^{*}Doutoranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal do Piauí (PRODEMA/UFPI), Teresina/PI, Brasil. E-mail: graceliapaiva@gmail.com (autor correspondente)

^{**}Pós-Graduação em Gestão e Educação Ambiental, Universidade Estadual do Piauí, Campo Maior/PI, Brasil. E-mail: grazilima17@hotmail.com

^{***}Docente do PRODEMA/UFPI, Teresina/PI, Brasil. E-mail: ivanilzaandrade@hotmail.com

^{****}Docente do PRODEMA/UFPE, Universidade Federal do Pernambuco, Recife/PE, Brasil. E-mail: josicleda@gmail.com

Received 8 February 2019; accepted 3 April 2019

ABSTRACT

The increase in the average temperature of the planet can cause changes in rainfall regimes, deregulate the water capacity of a region, aggravate health problems in the population and cause economic losses. Analyzing sites that are undergoing a meteorological trend makes it possible to estimate the possible detriments of these changes in socioeconomic activities. Thus, we investigated temporal trends in historical series for precipitation and average temperature between 1962 and 2017 in the city of Parnaíba, Piauí. Rainfall data were compiled from the National Institute of Meteorology and the National Water Agency, obtaining maximum annual rainfall and average temperatures, for the classification of extreme events linked to precipitation was applied the Quantis technique. The averages over the years 1964, 1974 and 1985 were the rainiest of the series, referring to three peaks of flood (high precipitation). The years 1988 and 1991 were categorized as "very rainy". On the other hand, 1998-2017 were the driest years, presenting the highest numbers of drought, during which period the increase of fires occurred in Piauí. It can be concluded that droughts are longer, resulting in water reduction, and as soon as the climatological trends for the city exist, it is suggested that we can consider them as impacts of global climate change.

Keywords: Climatology, climate change, precipitation.

Tendências climatológicas para o município de Parnaíba Piauí/Brazil

RESUMO

O aumento da temperatura média do planeta poderá acarretar mudanças nos regimes das chuvas, alterar a capacidade hídrica de uma região, agravar problemas de saúde na população e causar prejuízos econômicos. Analisar locais que estão sofrendo tendência meteorológica possibilita estimar possíveis detriments destas alterações nas atividades socioeconômicas. Assim, investigou-se as tendências temporais em séries históricas para precipitação e temperatura média entre os anos de 1962 a 2017, para o município de Parnaíba, Piauí. Foram compilados dados de postos pluviométricos do Instituto Nacional de Meteorologia e a Agência Nacional de Águas, obtendo-se máximas anuais de precipitações e temperaturas médias, para classificação dos eventos extremos ligados a precipitação aplicou-se a técnica Quantis. As médias ao longo dos anos de 1964, 1974 e 1985 foram as mais chuvosas das séries, referentes a três picos de inundação (alta precipitação). Os anos de 1988 e 1991, foram categorizados como "muito chuvoso". Por outro lado, 1998-2017 foram os anos mais secos, apresentando os maiores números de estiagens, período esse que ocorreu o aumento de focos de queimadas no Piauí. Pode-se ultimar que as secas estão mais longas, tendo como consequência a redução hídrica, e assim que as tendências climatológicas para o município existem, sugere-se que podemos considerá-las com impactos das mudanças climáticas globais.

Palavras-Chave: climatologia, mudanças climáticas, precipitação.

1. Introdução

Nos últimos anos o meio científico e acadêmico vêm discutindo sobre as alterações climáticas (Blain, 2010; Diehl et al., 2010; Insaf et al., 2012; Ruzs, 2012; IPCC, 2014; Andrade et al., 2014; Nunes, 2016; Wanderley et al., 2018). Isso se deve ao cenário de mudanças climatológicas, que apresentam aumento acima de 2 °C na temperatura

média global do planeta, o que inclui grandes desequilíbrios em ecossistemas, como alterações significativas da Floresta Amazônica afetando toda a biodiversidade, perdas significativas de geleiras nas cordilheiras os Andes e do Himalaia, como apresentado no Primeiro Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC, 2014).

Além disso, em áreas de ecossistemas frágeis e vulneráveis, como o semiárido, mudanças climáticas mais drásticas podem ocorrer, como fluxo de marés altas ou mesmo de tempestades que podem dificultar a drenagem das águas para o mar e causar o prolongamento de cheias ou inundações repletas de água poluída, agravando assim, problemas de saúde da população local (Priori Junior, 2014).

Tais alterações estão sendo provocadas pelo aumento das concentrações de gases do efeito estufa na atmosfera, que são intensificados pelas atividades humanas (Ghini et al., 2008), causado pela soma das ações produzidas pelas concentrações de gases de efeito estufa (GEEs) (Santos, 2006). A concentração de GEEs na atmosfera tem aumentado acentuadamente desde a revolução industrial, o que levou a energização do efeito estufa e vem intensificando o aquecimento global (IPCC, 2014).

Os impactos ligados às tais mudanças estão sendo sentidos ao redor do mundo, possivelmente terão efeitos profundos, e também danos para a população humana (Nobre et al., 2011), com enormes danos econômicos prejudicando a agricultura com perdas parciais ou totais, podendo comprometer o abastecimento de água para a população devido à irregularidade de precipitações, com predominância de chuvas intensas e de curta duração (Silva et al., 2008), assim como causar forte impacto social aos habitantes de uma determinada região.

A velocidade e a magnitude das mudanças poderiam condenar à extinção muitas espécies, acarretando alterações ambientais que podem levar ao agravamento dos desastres. As mudanças climáticas aumentam o impacto provocado por processos socioeconômicos e culturais, como o crescimento populacional, a urbanização, a industrialização, o aumento do consumo de recursos naturais e da demanda sobre os ciclos biogeoquímicos (OPAS, 2014).

Visto a problemática apresentada, as análises espaciais de tendências permitem a observação das variações no comportamento das alterações climáticas e esclarecimento de informações de uma determinada variável em uma região que vem sofrendo transformações significativas ao longo do tempo. Isso ocorre porque estudar as alterações climáticas ocorridas no passado possibilita uma melhor compreensão das variabilidades inferidas no presente, além de subsidiar elementos para averiguação do comportamento do clima futuro (Penereiro e Orlando, 2013).

Alguns estudos com o objetivo de mostrar possíveis tendências temporais aplicaram satisfatoriamente o método de Mann-Kendall em variáveis ambientais, entre eles: nível de água (Zhang et al., 2009), temperatura média (Vincent et al., 2005; Karmeshu, 2012; Medeiros et al., 2018), precipitação (Groppo et al., 2008; Amazon et al., 2012; Karmeshu, 2012; Wanderley et al., 2018). Já Farias et al. (2012) e Duarte et al. (2015) classificaram eventos extremos de precipitação no Estado de Pernambuco, Brasil, a partir da técnica dos Quantis no intuito de relacioná-los aos desastres decorrentes.

A identificação nos locais que estão sofrendo tendência meteorológica possibilita estimar os possíveis detrimientos destas alterações nas atividades socioeconômicas, auxiliando os tomadores de decisão a respeito dos riscos possíveis. Diante do exposto, o trabalho analisou a climatologia relacionando com as tendências temporais significativas em séries históricas entre os anos de 1962 a 2017, para precipitação e temperatura média numa região litorânea do Piauí, Brasil.

2. Material e métodos

Área de estudo

O município de Parnaíba (02° 58' 12.1" S e 41° 47' 38.2" W) (Figura 1) compreende uma área irregular de 431 km² e encontra-se inserido na microrregião litoral piauiense, mesorregião Baixo Parnaíba, limitando-se ao norte: município de Ilha Grande e o oceano Atlântico; ao sul: Buriti dos Lopes e Bom Princípio; a leste: Luís Correia e a oeste: Estado do Maranhão (Aguiar e Gomes, 2004).

Geograficamente, Parnaíba apresenta formações com depósitos de areias do Quaternário e Formação Barreiras (Santos-Filho, 2010). O clima de acordo com a classificação de Köpper é Megatérmico; com verão chuvoso e inverno quente; temperatura anual média de 27,5 °C (Santos-Filho, 2010; Santos-Filho et al., 2013). Os níveis anuais de precipitação situam-se entre 1.000 e 1.600 mm.ano⁻¹ (Lima et al., 2017). A vegetação é formada por florestas de Tabuleiros (planície costeira florestas em depósitos terciários), restingas em região de solo Neossolo Quartzarênico (Santos-Filho et al., 2013), além de ser formada por espécies herbáceas que recobrem as dunas (pleistocênicas); arbustos (fruticeto) próximos ao mangue; campos herbáceos abertos e fechados inundáveis a não inundáveis (Santos-Filho, 2010).

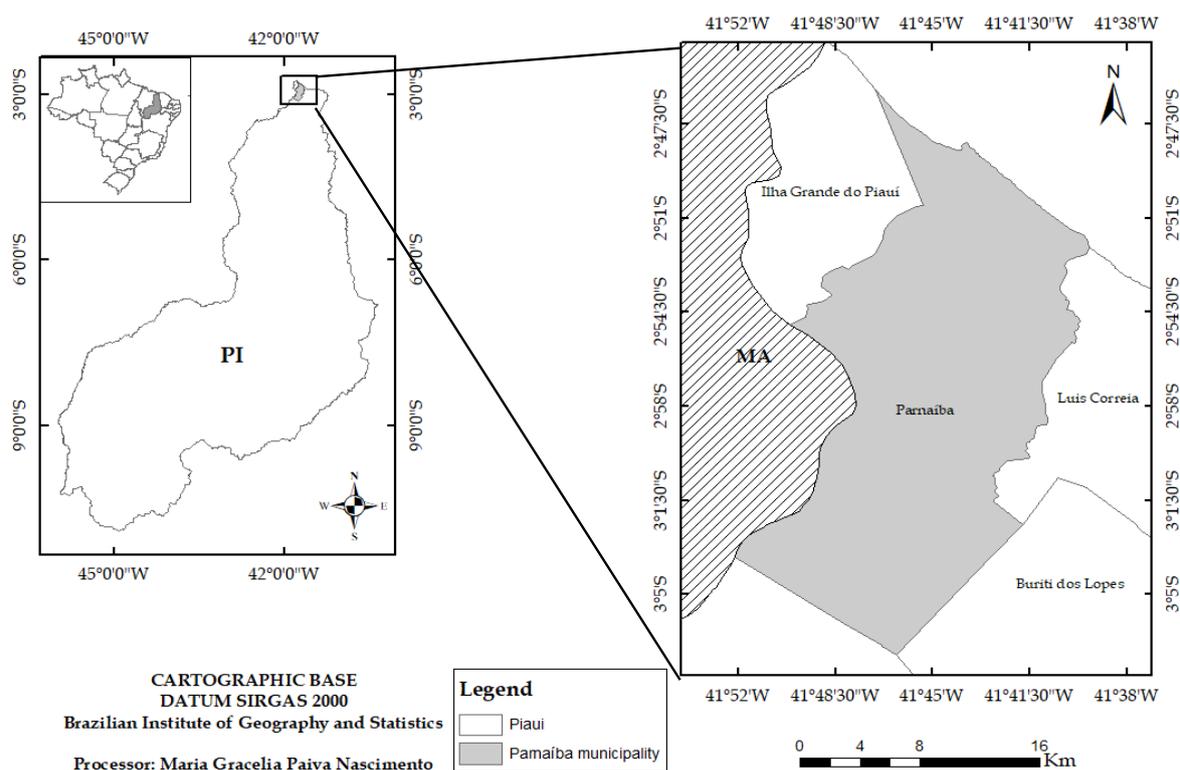


Figura 1 - Localização do município de Parnaíba, Piauí, Brasil.

Coleta e análise dos dados

Foram selecionados dados históricos de precipitação pluviométrica e temperatura de quatro Estações meteorológicas (82287; 241001; 241002; 341000), distribuídos pelo município de Parnaíba - Piauí, referentes ao período de 1962 a 2017. Esses dados foram obtidos nos postos pluviométricos, no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2018) e a Agência Nacional de Águas (ANA, 2018).

Os dados pluviométricos utilizados contemplam 55 anos, de acordo com *World Meteorological Organization* – WMO, o clima de uma região pode ser caracterizado por um período mínimo de 30 anos, pois quanto maior o período, maior será a credibilidade da distinção climática da região. Estas apresentam séries históricas longas suficientes para serem classificadas quanto à variabilidade climática, e são distribuídas uniformemente para o município de estudo (WMO, 2019).

Para o desenho meteorológico utilizou-se a variável “precipitação pluviométrica”, onde parâmetros foram utilizados como: os índices mensais calculados em um mês, levou em consideração não existirem mais de três dias faltosos; os valores anuais foram calculados se em um ano que não houvesse mais de 15 dias faltando; não utilizou-se dados com valor anual quando algum mês estivesse faltando; para os indicadores de temporada

pode-se continuar no ano seguinte e esta foi contada no ano em que a temporada/série termina.

Os dados foram organizados em planilhas e tabulados no programa *Microsoft Office Excel 2016*, posteriormente foram confeccionados gráficos e tabelas, realizadas análises do comportamento de variabilidade quanto a precipitação, temperatura média e ocorrência de tendência por utilização dos parâmetros plúvio climáticos.

Para categorizar as estações chuvosas aplicou-se a técnica dos Quantis (Pinkayan, 1966; Xavier, 2002), sobre o recorte (1988-2017) da série pluviométrica para classificar os eventos extremos diários de precipitação e consideradas probabilidades contínuas relacionadas “variáveis chuvas”. Em seguida foi realizado o somatório das precipitações dos meses componentes da estação chuvosa de cada ano e estimados os Quantis Q15, Q35, Q50, Q65 e Q85. Os Quantis foram obtidos a partir de cinco passos distintos, ordenadas a seguir: a) disponibilização dos dados y_j (precipitação) sendo N o número de observações; b) classificação crescente dos dados: $y_1 < y_2 < \dots < y_j < \dots < y_N$; c) enumeração da ordem j em cada elemento da série; d) determinação da ordem quantílica p_j (percentil) correspondente a cada elemento da série por mediação da equação:

$$p_j = [j/(N+1)] * 100$$

e) calcula-se o Quantil Q (p) para uma “ordem quantílica” p qualquer, onde tem-se $p_j = j/(N+1)$ e $p_{j+1} = (j+1)/(N+1)$, sendo $Q(p) = y_j + \{[p - p_j] / [p_{j+1} - p_j]\} * [y_{j+1} - y_j]$

3. Resultados e discussão

Os períodos chuvosos para o município de Parnaíba concentram-se em cinco meses (janeiro a maio) enquanto o período seco corresponde a sete meses (junho a dezembro) (Gráfico 1). Essa distribuição de chuva está relacionada a sazonalidade dos sistemas atmosféricos e oceânicos que atuam principalmente por conta das baixas latitudes, por se tratar de um município litorâneo, apresentando um clima quente e úmido (Lima et al., 2017), onde há

estabilidades atmosféricas no período de inverno (seco), primavera e verão (chuvoso), e outono no período sazonal, corroborando com dados de Monteiro et al. (2012) para o estado do Rio Grande do Norte. Somados a isto, a Zona de Convergência Intertropical - ZCIT é um dos principais sistemas responsáveis por precipitação pluviométrica nas baixas latitudes no território brasileiro (Diniz et al., 2014), comum em regiões localizadas em baixas altitudes, influenciada pela ZCIT, mecanismo dinâmico responsável pelas chuvas do semiárido entre fevereiro e maio, e os mínimos de precipitação atmosférica acontecem entre junho a setembro, quando a ZCIT migra para o hemisfério norte e se posiciona climatologicamente entre 4° a 5° N (Marengo et al., 2011).

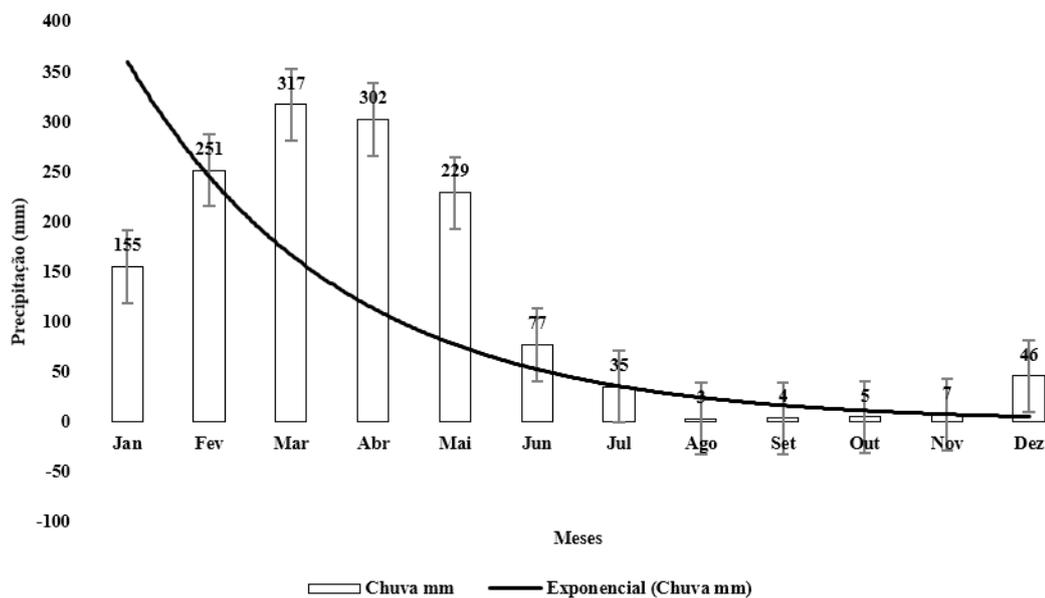


Gráfico 1 - Médias de precipitação (mm) ao longo dos meses de janeiro a dezembro, durante o período de 1962-2017 para o município de Parnaíba, Piauí.

Pode-se inferir que a queda (exponencial) da precipitação (Gráfico 1) mostra uma série histórica longa, em que os períodos secos e chuvosos se mantêm constantes e bem definidos, o que poderia denotar um decréscimo da precipitação em anos mais recentes, visto a mudanças nas correntes marítimas. Lacerda et al. (2015) relatam que cerca de 90% das chuvas da região ocorrem durante os meses de janeiro a maio e no decorrer dos anos essas precipitações vêm diminuindo devido aos efeitos climáticos, tais como o “El Niño” e “La Niña”. Além disso, tem-se o aumento de temperatura, na média de

34 °C no período correspondente ao inverno (seco) e primavera (Gráfico 2). Desta forma, os meses de agosto a novembro são os mais secos para a região, portanto são os que apresentam aumento de temperatura.

Quanto aos volumes diários de precipitação registrados entre 1962 a 2017, verifica-se que os anos de 1964, 1974 e 1985 foram os mais chuvosos da série, referindo-se à inundação (alta precipitação), sendo que a soma desses três valores foi equivalente a mais de 1000 mm.ano⁻¹ ao longo da série (Gráfico 2).

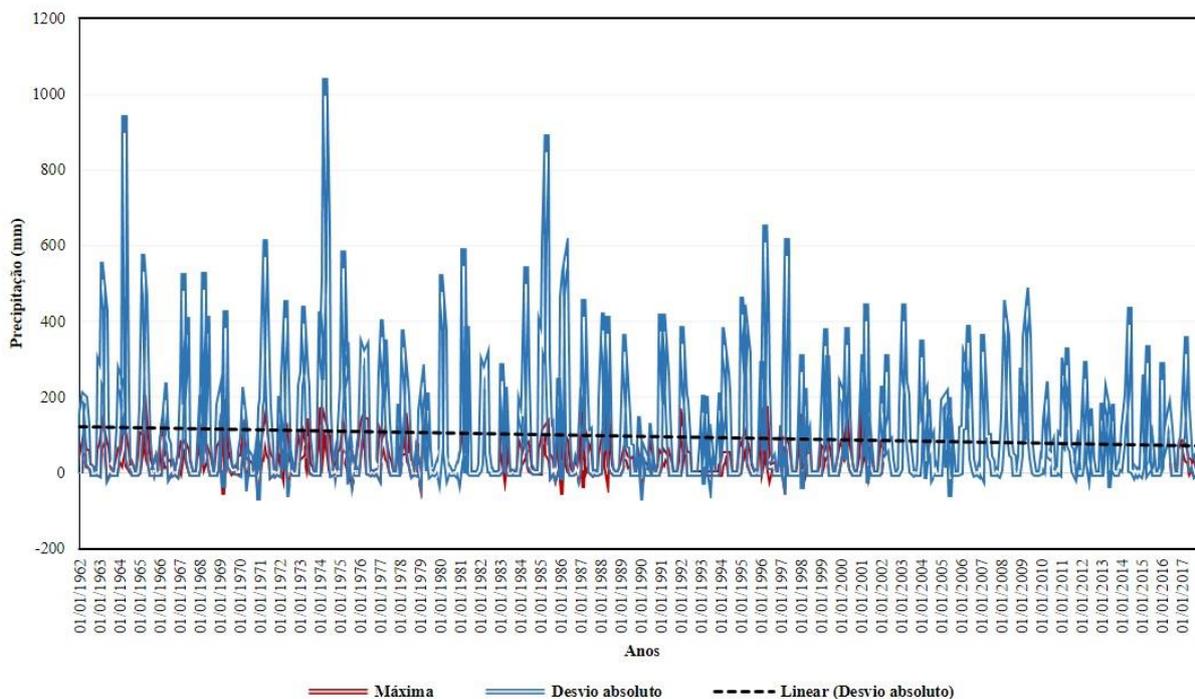


Gráfico 2 - Precipitação registrados, pelo INMET, entre 1962 a 2017 para o município de Parnaíba, PI.

Acredita-se que a diferença nos níveis de chuva registrado para Parnaíba nas décadas anteriores a 1985 esteja relacionado com a expansão urbana ocorrente na região na década de 80, impactando diretamente a flora e fauna (PBMC, 2014), minimizando com isto a infiltração, e desta forma contribuindo para o aumento da temperatura e maior evaporação. Nesse sentido, Moura (2016) relata que no Nordeste, existe uma grande interação do clima com a configuração e o uso do espaço, causando uma desorganização na dinâmica climática e contribuindo para a formação de ambientes climáticos diferenciados, gerando em cada cidade ou bairro o seu próprio “microclima”. Seguindo a mesma linha de raciocínio, Moura (2016) ainda comenta que a expansão urbana desordenada pode ser considerada também como uma das causas do agravamento desta situação, como o aumento dos desastres naturais (estiagens, erosão, inundações, etc.). Eventos como esse também foram notados por Antunes (2014) em que mostrou que a inundação ocorrida durante o período de 1979 a 1985, com auge em 1981, foi responsável por perdas de lavouras e famílias empregadas, e por Chaves et al. (2017), em que relataram inundações ocorridas na década de 1980, sendo que em 1985 várias cidades do Piauí a precipitação atingiu 2.600 mm.ano⁻¹, acarretando enormes prejuízos, sentidos inclusive na cidade de Parnaíba.

Verificando as somas totais das precipitações ao longo dos anos, observa-se que em meados de 1974 houve acúmulo no montante de precipitação (mm), contrapondo a tendência para a região, em que

anos posteriores foram bem mais amenos (Gráfico 3).

Período de secas prolongadas no Nordeste após grandes enchentes e algumas evidências de mudanças locais no desempenho da precipitação pluviométrica ao longo do tempo, possibilita inferir que em anos recentes as secas estão sendo mais expressivas, embora tenha sido constatada uma diminuição da tendência em eventos de chuvas atuais na série (Gráfico 3).

Os resultados obtidos se assemelham aos de Monteiro et al. (2012), os autores estudaram uma série histórica no período de 1980 a 2009 na região do baixo curso do rio Apodi-Mossoró no ano de 1985 registraram valor anual extremo de chuvas na série histórica (2.242,1 mm), e diversos impactos negativos na população na ocasião do período chuvoso (137,4 mm) no ano de 1983, em que resultou em seca catastrófica para a região, prejudicando a população de Mossoró e cidades próximas daquela região, principalmente as atividades agropecuárias, além da falta de água para abastecer as atividades produtivas.

Quando se trata dos maiores valores de precipitação referentes aos dias, tem-se 01 abril de 1974 (977,5 mm.ano⁻¹), 01 abril de 1964 (879,7 mm.ano⁻¹) e 01 abril de 1985 (826,6 mm.ano⁻¹) com os valores mais expressivos para o município (Tabela 1). Tais resultados podem estar ligados à eventos de maior vulnerabilidade, ocasionando problemas com drenagem, como alagamentos e empenhos de obras hidráulicas, principalmente nas áreas urbanas (Silva et al., 2017).

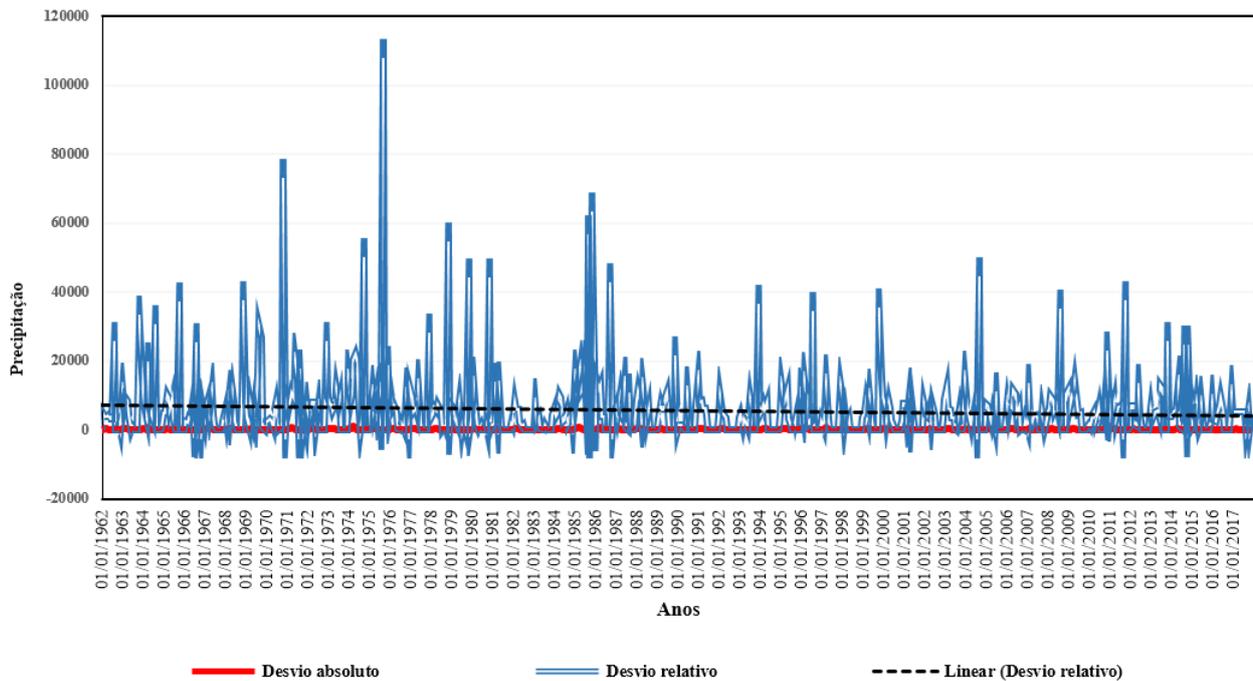


Gráfico 3- Somas totais das precipitações ao longo dos anos para o município de Parnaíba, PI.

Tabela 1 - Dados das maiores médias diárias totais de eventos de precipitação para a série climatológica de 1962-2017 para o município de Parnaíba, Piauí, Brasil.

Precipitação (mm)	Data
977,5	01/04/1974
879,7	01/04/1964
826,6	01/04/1985
658,7	01/05/1974
605,5	01/03/1985
589	01/03/1996
554	01/04/1997
553,6	01/04/1986
550,8	01/04/1971
535	01/03/1986
528,3	01/03/1981
521,4	01/03/1975
520,1	01/03/1974
511,9	01/03/1965
491,4	01/03/1963

Wanderley et al. (2018) observaram maiores volumes diários de precipitação registrados entre 1961 e 2016 em Recife, em 11 de agosto de 1970 (335,8 mm) e no dia 24 de maio de 1986 (235 mm), no entanto, esses dados foram diferentes ao realizado nesse estudo, pois o período das chuvas para o município de Parnaíba diminuem em virtude

do início do período seco para o Piauí. Verificou-se que em dados históricos mais recentes (1988-2017) para o município de Parnaíba, há períodos classificados como “muito chuvoso”, nos anos de 1988 e 1991, com a média anual de 1410,8 mm.ano⁻¹ e 1433,5 mm.ano⁻¹, respectivamente (Tabela 2).

Tabela 2 - Valores classificatórios da série (1988-2017) para p município de Parnaíba, Piauí, de acordo com os valores estabelecidos para cada classe Quantis.

Ano	Média anual	Valores estabelecidos para Quantis	Classes Quantis	Classificação
2010	637,9	653,65	Q (0,15)	Muito seco
1993	661,9	653,65	Q (0,15)	Muito seco
2016	878,9	882,31	Q (0,35)	Seco
2002	882,8	882,31	Q (0,35)	Seco
2004	994,4	997,28	Q (0,50)	Normal
1997	1000	997,28	Q (0,50)	Normal
2000	1054,9	1055,22	Q (0,65)	Chuvoso
1994	1057	1055,22	Q (0,65)	Chuvoso
1988	1410,8	1419,3	Q (0,85)	Muito chuvoso
1991	1433,5	1419,3b	Q (0,85)	Muito chuvoso

No estudo de Monteiro et al. (2012) com dados correspondente à série histórica no período de 1980 a 2009 da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte – EMPARN, na região do baixo curso do rio Apodi-Mossoró, utilizando a técnica dos Quantis, por meio da metodologia proposta por Pinkayan (1966) e Xavier (2002; 2007), o valor aproximado anual de chuvas foi de 642,8 mm, sendo que os intervalos estabelecidos para cada classe extrema indicaram valores abaixo de 299,2 mm, considerados como “muito seco” e acima de 1.059,6 mm como “muito chuvoso”, no ano de 1985 corresponde ao valor anual extremo de chuvas na série histórica (2.242,1 mm), tendo um desvio positivo em relação ao Quantil estabelecido para a classe muito chuvoso (1059,6 mm) de 1.187 mm. Por outro lado, o ano de 1983 apresentou 137,4 mm, referente a uma seca desastrosa.

Wanderley et al. (2018) analisando a precipitação diária no período de 1961 a 2016 para a cidade de Recife, registraram média pluviométrica anual de 2.292,9 mm, com desvio padrão de 482,5 mm. A climatologia dos eventos extremos de precipitação diária para Recife demonstrou que as maiores frequências absolutas dos Quantis de chuva forte, concentradas entre os meses de março a julho, e os meses de junho e julho, registradas a maior ocorrência desses eventos, com 269 e 250 mm, respectivamente. Já os meses de outubro a dezembro apresentaram menor registro de chuvas diárias, muito fortes ($25 < X < 50$ mm) ou extremamente fortes ($X > 50$ mm).

Sobre as secas, tem-se os dados de 2010, onde as médias foram de 637,9 mm.ano-1. Lima et al. (2017), com dados históricos climáticos ligado a seca no período de 2010-2016, ocorrente em Parnaíba, os autores classificaram esses anos como

períodos mais severa de seca dos últimos 100 anos, para a região. Medeiros et al. (2016) analisando o comportamento das condições climatológicas em Bom Jesus - PI, salientam que o cenário futuro é pessimista, sugerindo uma redução de até 20% na precipitação e até 4 °C na temperatura média do ar.

Conforme a Organização Pan-Americana da Saúde - OPAS (2014), os impactos causados por desastres naturais na população nordestina, no período de 20 anos, registraram que a estiagem e a seca foram as que mais afetaram as pessoas, sendo responsáveis por 7% do total de óbitos no país e 0,33% da morbidade.

Resultados semelhantes são encontrados em diversos estudos, indicam que na última década ocorreram os anos mais quentes já registrados e também aumento na ocorrência de eventos extremos. Conforme o Instituto Goddard de Estudos Espaciais - GISS, os dados de temperaturas médias mais elevadas ocorreram após o ano 2000, 2005 e 2010 (Gráfico 4). À medida que a temperatura do ar da Terra aumenta, mudam os padrões pluviiais e eventos climáticos extremos (como secas, inundações e incêndios florestais) se tornam mais frequentes (PBMC, 2014).

Visto aos resultados referentes ao período mais seco, pode-se inferir que o aumento de focos de queimadas que ocorreram no estado do Piauí pode estar relacionado aos períodos que apresentaram maiores números de estiagem. Tal constatação pode ser observada nas séries históricas do total de focos ativos detectados pelo satélite de referência entre os anos de 1998-2017 (Gráfico 4) nos dados do Monitoramento dos Focos Ativos nos estados do Brasil: Piauí do CPTEC, em que ocorreram avanços dos focos de queimadas a partir do ano de 2002, aumentando consideravelmente no ano de 2010. Este período corresponde os anos mais

secos, salientando-se ainda que os números de incêndios crescem a partir dos meses de junho a dezembro, meses

esses que compreendem ao período de estiagem.

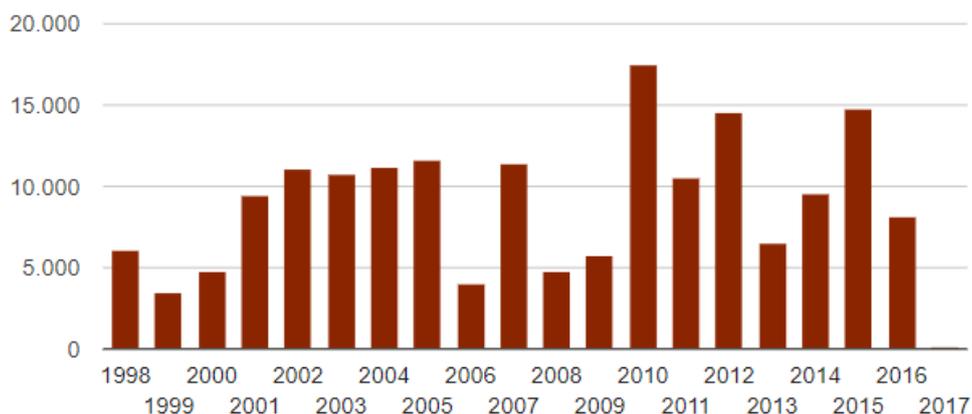


Gráfico 4 - Série histórica do total de focos ativos detectados pelo satélite de referência dos dados do Monitoramento dos Focos Ativos nos estados do Brasil: Piauí do CPTEC entre os anos de 1998-2017.

Andrade (2016) salientou que de acordo com dados do monitoramento por satélite do Programa de Queimadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – Inpe, o Piauí ocupa a terceira posição entre os estados com mais registros de focos de incêndios, perdendo apenas para os estados do Maranhão e Pará.

Silva et al. (2017) ressaltam que períodos longos de estiagens podem provocar vários eventos de queimadas, causando uma série de impactos, entre eles: risco à vida humana, poluição do ar com implicações negativas à saúde, prejuízos em áreas agricultáveis, danos à biodiversidade, alterações em ecossistemas terrestre e lacustres, perda de bens materiais, na agricultura industrializada e na família. Além disso, as queimadas e efeitos de inversões térmicas que concentram a poluição, as alterações de temperatura, umidade e regime de chuvas influenciam a qualidade do ar, principalmente nas áreas urbanas, agravando as doenças respiratórias e alterando as condições de exposição aos poluentes atmosféricos (PBMC, 2014).

Estudos evidenciam que os desastres, afetam principalmente as populações e países mais pobres, devido as condições latentes de vulnerabilidade socioambiental que se encontram relacionadas às desigualdades sociais, econômicas e ambientais. Essas desigualdades se materializam, nas populações expostas a estes eventos, nas consequências mais graves na saúde, nas condições de vida, na baixa capacidade de governança para estratégias de redução do risco e construção da resiliência (OPAS, 2014).

Uma estimativa de vulnerabilidade das populações brasileiras apontou o Nordeste como a região mais sensível a mudanças climáticas devido aos baixos índices de desenvolvimento social e econômico (Confalonieri, 2005), devido a esses

fatores ficam evidentes que as populações mais pobres serão as mais atingidas pelas alterações de clima. Daí a necessidade de apoio de trabalhos que busquem fortalecer pesquisas científicas com forte aderência nas questões relativas a recursos naturais à socioeconômica (PBMC, 2014).

Moura (2016) pontua que as ações voltadas à sustentabilidade, podem ajudar com melhorias necessárias (âmbitos social, ambiental e econômico) nas cidades afetadas para a estabilização do clima. A ausência de aplicação do desenvolvimento sustentável podem ser consideradas como um dos principais motivos da maximização relativa às causas e efeitos das mudanças climáticas na região. Assim, ações com vertente ambiental desempenharia papel de destaque no processo, subsidiando a formação de indivíduos conscientes da importância de novos hábitos de consumo, embora ela não constituísse a solução de todos os problemas, passaria a ter novo significado, com impactos importantes para a construção da sustentabilidade econômica de uma sociedade justa, capaz de ser efetivamente solidária em relação à geração presente e às futuras (PBMC, 2014).

4. Conclusões

Do presente estudo, verificou que as avaliações das tendências ligadas a climatologia para Parnaíba possibilitaram a constatação de algumas tendências climáticas locais e até mesmo para o Estado, tais como período mais seco, maiores números de estiagem entre os anos de 1998-2017, levando ao aumento de focos de queimadas para estado do Piauí. Observou-se ainda a aceleração e diminuição hídrica, visto o declínio da precipitação em anos mais

recentes (2010) quando comparados a dados antigos (1964), levando a concluir que eventos climáticos e até mesmo ação antrópica estejam contribuindo para este cenário em escala local. Neste sentido, pode-se inferir que as secas estão mais longas, e assim que as tendências climatológicas para o município de Parnaíba existem, tendo como consequência a redução hídrica, devido ao período com anos secos estarem cada vez mais longos, sugere-se que podemos considerá-las com impactos das mudanças climáticas globais.

Referências

- Aguiar, R.B., Gomes, J.R.C (org.), 2004. Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea, Estado do Piauí: diagnóstico do município de Parnaíba. CPRM - Serviço Geológico do Brasil, Fortaleza.
- Amazon, M.R.M., Borges, C.K., Vieira, L.J.S., 2012. Precipitation climatological analysis in the municipality of Bananeiras - PB, in the period 1930-2011 as contribution to Agroindustry. Green Paper on Agroecology and Sustainable Development 2, 10.
- ANA. Agência Nacional de Águas, 2018. Disponível: <http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/monitoramento>. Acesso: 21 dez. 2018.
- Andrade, A.J.P., Silva, N.M., Souza, C.R., 2014. As percepções sobre as variações e mudanças climáticas e as estratégias de adaptação dos agricultores familiares do Seridó potiguar. Desenvolvimento e Meio Ambiente 31, 77-96.
- Andrade, P., 2016. Alto número de queimadas no Piauí leva governo a decretar emergência. Disponível: <http://g1.globo.com/pi/piaui/noticia/2016/10/alto-numero-de-queimadas-no-piaui-leva-governo-decretar-emergencia.html>. Acesso: 14 jul. 2018.
- Antunes, L., 2014. Os 10 maiores períodos de seca do Brasil. Disponível: www.super.abril.com.br/blog/superlidas/-10-maiores-peri. Acesso: 15 nov. 2018.
- Blain, G.C., 2010. Séries anuais de temperatura máxima média do ar no estado de São Paulo: Variações e tendências climáticas. Revista Brasileira de Meteorologia 25, 114- 124.
- Chaves, S.V.V., Tavares, A.C, Andrade, C.S.P., 2017. Vulnerabilidade às inundações em Teresina, Piauí e ações mitigadoras do Poder público. Sociedade e Território 29, 175-197.
- Confalonieri, U.E.C., 2005. Mudanças climáticas e saúde humana, in: Poppe, M.K, La Rovere, E.L. (coord.), Mudança do Clima. Brasília, pp 166-171. (Cadernos NAE, 3).
- Diehl, F.P., Spinola, J.L., Azevedo, N.T., 2010. Mudanças climáticas globais e os impactos físicos e biológicos na zona costeira: Uma proposta de classificação, in: Dantas, M.B., Séguin, E., Ahmed, F. (org.), O Direito Ambiental na Atualidade. Lumen Juris Ltda., Rio de Janeiro, pp.127-134.
- Diniz, M.T.M., Medeiros, S.C.M., Cunha, C.J., 2014. Sistemas atmosféricos atuantes e diversidade pluviométrica em Sergipe. Boletim Goiano de Geografia 34, 17-34.
- Duarte, C.C., Nóbrega, R.S., Coutinho, R.Q., 2015. Análise climatológica e dos eventos extremos de chuva no município de Ipojuca, Pernambuco. Revista de Geografia (UFPE) 32, 158-176.
- Farias, R.F.L., Alves, K.M.A.S., Nóbrega, R.S., 2012. Climatologia da ocorrência de eventos extremos de precipitação na mesorregião do Sertão Pernambucano. Revista Geonordeste 1, 930-941.
- Ghini, R., Hamada, E., BettioL, W., 2008. Climate change and plant diseases. Scientia Agricola 65, 98-107.
- Grosso, J.D., Moraes, J.M. de, Beduschi, C.E., Genovez, A.M., Martinelli, L.A., 2008. Trend analysis of water quality in some rivers with different degrees of development within the São Paulo State, Brazil. Rivers Research and Applications 1, 1-2.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia, 2018. Banco de Dados para Pesquisa e Ensino – BDMEP. Disponível: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmp>. Acesso: 20 ago. 2018.
- Insaf, T.Z., Lin, S., Sheridan, S.C., 2012. Climate trends in indices for temperature and precipitation across New York State, 1948-2008. Air Quality, Atmosphere, and Health 6 247-257.
- IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Pachauri, R.K., Meyer, L.A. (eds.). IPCC, Switzerland.
- Karmeshu, N., 2012. Trend Detection in Annual Temperature & Precipitation using the Mann Kendall Test - A Case Study to Assess Climate Change on Select States in the Northeastern United States. Master's thesis. University of Pennsylvania. Filadélfia, Penn.
- Lacerda, F.F., Nobre, P., Sobral, M.C. Lopes, G.M.B., 2015. Alterações climáticas globais: uma realidade em Pernambuco, in: Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica, Recife.
- Lima, M.G.de, Salviano, A.A.C., Santana, F.F., Feitosa, S.M.R., 2017. Secas de 2010 a 2016 no Piauí: impactos e respostas do Estado em

- articulação com os programas nacionais. *Parcerias Estratégicas* 22,155-180.
- Marengo, J.A., Tomasella, J., Nobre, C.A., 2011. Mudanças climáticas e recursos hídricos, in: Bicudo, C.E.deM., Tundisi, J.G., Scheuenstuhl, M.C.B. (eds.). *Águas do Brasil: análises estratégicas*. ABC, Rio de Janeiro.
- Medeiros, R.M., Holanda, R.M., Vilar, H.N., 2018. Climate Change in Tacaimbó-PE, Brazil. *Journal of Hyperspectral Remote Sensing* 8, 60-66.
- Medeiros, R.M., Silva, V.M.A., Melo, V.S., Menezes, H.E.A., 2016. Diagnosis and trend rainfall in Bom Jesus - Piauí, Brazil. *Revista verde* 11, 115-121.
- Monteiro, J., Rocha, A., Zanella, M., 2012. Técnica dos Quantis para caracterização de anos secos e chuvosos (1980-2009): baixo curso do Apodi-Mossoró/RN. *Revista do Departamento de Geografia* 23, 232-249.
- Moura, D.M.S., 2016. Panorama geral sobre a expansão urbana e a influência nas mudanças climáticas: do âmbito mundial ao nordeste brasileiro, in: Araújo A.R., Belchior G.P.N., Viegas, T.E.S. *Os impactos das mudanças climáticas no Nordeste brasileiro*. Fundação Sintaf, Fortaleza, Instituto o Direito por um Planeta Verde, São Paulo, pp. 35-56.
- Nobre, C.A., Young, A.F., Saldiva, P.H.N., Orsini, J.A.M., Nobre, A.D., Ogura, A.T., Thomaz, O., Párraga, G.O.O., Silva, G.C.M.da, Valverde, M., Silveira, A.C., Rodrigues, G.deO., 2011. Vulnerability of Brazilian Megacities to Climate Change: the São Paulo Metropolitan Region (RMSP). *Climate Change in Brazil: economic, social and regulatory aspects*. IPEA 1, Brasília, pp. 197- 219.
- Nunes, C.R.P., 2016. As mudanças climáticas a partir da implantação de empresas de capital estrangeiro no Nordeste: Estado regulador?, in: Araújo, A.R., Belchior, G.P.N., Viegas, T.E.S. (orgs). *Os impactos das mudanças climáticas no Nordeste brasileiro*. Fundação Sintaf, Fortaleza, Instituto O Direito por um Planeta Verde, São Paulo.
- OPAS. Organização Pan-Americana da Saúde, 2014. Ministério da Saúde. *Desastres Naturais e Saúde no Brasil*. OPAS, Ministério da Saúde, Brasília, DF. (Série Desenvolvimento Sustentável e Saúde, 2).
- PBMC. Primeiro Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas, 2014. Sumário Executivo do GT2. PBMC, Rio de Janeiro, Brasil.
- Penereiro, J.C., Orlando, D.V., 2013. Análise de tendências em séries temporais anuais de dados climáticos e hidrológicos na bacia do rio Parnaíba entre os Estados do Maranhão e Piauí/Brasil. *Revista Geográfica Acadêmica* 7, 5-21.
- Pinkayan, S., 1966. Conditional probabilities of occurrence of Wet and Dry Years Over a Large Continental Area. State University, Boulder-Co, Colorado. (Hydrology Papers, 12).
- Priori, J.R.L., 2014. Mudanças Climáticas e possíveis impactos nas cidades costeiras do Nordeste brasileiro. Disponível: http://research.fit.edu/sealevelriselibrary/documents/doc_mgr/479/Priori%20Jr.%202013.%20Possiveis%20impactos%20no%20nordeste%20brasileiro%20%28portug%29.pdf. Acesso: 22 out. 2018.
- Rusz, O., 2012. Temperature and precipitation changes in Târgu-Mures (Romania) from period 1951-2010. *Aerul și Apa: Componente ale Mediului* 2012, 397-404.
- Santos, C.A.C., 2006. Estimativa e tendências de índices de detecção de mudanças climáticas com base na precipitação diária no Rio Grande do Norte e na Paraíba. *Dissertação (Mestrado)*. Campina Grande, UFCG.
- Santos-Filho, F.S., 2010. Restingas: e quando o vizinho não é a Floresta Atlântica? *Sapiência* 1, 40-40.
- Santos-Filho, F.S., Almeida Junior, E.B., Zickel, C.S., 2013. Do edaphic aspects alter vegetation structures in the Brazilian restinga? *Acta Botanica Brasilica* 27, 613-623.
- Silva, M.C.L. da, Mendonça, A.M., Bonatti, J.P., 2008. Determinação das previsões de temperaturas mínimas e máximas a partir do histórico das previsões de tempo por conjunto do CPTEC. *Revista Brasileira de Meteorologia* 23, 431-449.
- Silva, M.N.da, Tereza, A., Bezerra, D.daS., Pereira, L., Eloi, C.M.deA., Santos, A.L.S.dos, 2017. A seca no Maranhão no período de 2010 a 2016 e seus impactos. *Parcerias estratégicas* 22, 119-138.
- Vincent, L.A., Petersonb, T.C., Barrosc, V.R., Marinod, M.B., Rusticuccic, M., Carrascoe, G., Ramirezf, E., Alvesg, T., Ambrizzih, L.M., Berlatoi, Grimmj, A.M., Marengog, J.A., Molionk, L., Moncunilll, D.F., Rebellom, E., Anunciação, Y.M.T., Quintanan, J., Santoso, J.L., Baezp, J., Coronelq, G., Garciar, J., Trebejos, I., Bidegaint, M., Haylocku, M.R., Karolyv., D., 2005. Observed Trends in Indices of Daily Temperature Extremes in South America 1960–2000. *Journal of Climate* 18, 5011-5023.
- Wanderley, L.S.deA., Nóbrega, R.S., Moreira, A.B., Anjos, R.S.dos, Almeida, C.A.P.de, 2018. As chuvas na cidade de Recife: uma climatologia de extremos. *Revista Brasileira de Climatologia* 14, 149-164.

- WMO. World Metereological Organization, 2019. Disponível: https://www.wmo.int/pages/index_en.html. Acesso: 10 fev. 2019.
- Xavier, T.deM. B.S., Xavier, A.F.S., Alves, J.M.B., 2007. Quantis e eventos extremos: aplicações em ciências da terra e ambientais. RDS, Fortaleza.
- Xavier, T.deM.B.S., 2002. A técnica dos quantis e suas aplicações em meteorologia, climatologia e hidrologia, com ênfase para as regiões brasileiras. Thesaurus, Brasília.
- Zhang, W., Yan, Y., Zheng, J., Li, L., Dong, X., Cai, H., 2009. Temporal and spatial variability of annual extreme water level in the Pearl River Delta region, China. *Global and Planetary Change* 69, 35-47.