Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>

Climatologia da Amazônia Oriental: Uso de prognósticos climáticos como ferramenta de prevenção de ameaças naturais

Josiane Sarmiento dos Santos¹, Edson José Paulino da Rocha², José Augusto de Souza Junior³, Jaqueline Sarmiento dos Santos⁴, Flávio Augusto Altieri dos Santos⁵

¹Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Federal do Pará, (josi_sarmiento@yahoo.com.br).

²Prof. Dr. da Universidade Federal do Pará. ³Pós Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da UFPA. ⁴Mestra em Gestão de Recursos Naturais e Desenvolvimento Local na Amazônia. ⁵Analista em Ciência e Tecnologia do Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia – CENSIPAM.

Artigo recebido em 02/08/2018 e aceite em 15/02/2019

RESUMO

O prognóstico climático é uma ferramenta importante para monitorar chuvas extremas. Então, o objetivo da pesquisa constituiu em avaliar se as chuvas acima da média de 20 anos (1997-2016) estavam descritas nos prognósticos climáticos do mesmo período na cidade de Belém, Pará, Brasil. Foram utilizadas as precipitações da estação do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) de 1896 a 2016, dados de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) do oceano Pacífico, para conhecer se houve impacto nos totais de chuva ocasionados pela La Niña, as normais climatológicas de 1961-1990 e 1981-2010, determinou-se para a cidade o índice de anomalia de chuva (IAC), e informações do prognóstico climático do site do INMET. Os totais anuais sofreram influência da La Niña, o que implicou para na ocorrência de maiores volumes pluviométricos, principalmente nas décadas de 1987-2016. O IAC apresentou maior umidade em 30 anos coincidindo com o aumento PRP do mesmo período. Mais da metade das informações contidas no prognóstico climático estavam precisas. Então, com o prognóstico as autoridades governamentais competentes e os habitantes da cidade têm informações com antecedência sobre o clima de uma região, podendo utiliza-las para redução dos transtornos provocados pelas ameaças naturais à população local. Foi visto que, a cidade dispõe de intervenções urbanísticas em três bacias hidrográficas, tais quais, buscam sanar os problemas causados pelos alagamentos, porém enquanto as obras não finalizam outras providências podem ser tomadas, como o uso do prognóstico climático, para que os impactos das chuvas excessivas sejam minimizados.

Palavras-Chaves: Clima. La Niña. Belém-PA.

Climatology of the Eastern Amazon: Use of climatic prognosis as a tool to prevent natural threats

ABSTRACT

The climate forecast is an important tool to monitor extreme rainfall. Thus, the objective of the research was to evaluate if the rainfall of the average of 20 years (1997-2016) were described in the climatic prognoses of the same period in the city of Belém, Pará, Brazil. It was used rainfall data from station of the National Institute of Meteorology (INMET), from 1896 to 2016, as well as data of Sea Surface Temperature (SST) of the Pacific Ocean, it was also used climatic standards of 1961-1990 and 1981-2010, the rainfall anomaly index (IAC) was determined for the city, and climatic prognosis of INMET. The annual totals are influenced by La Niña, which implied for the occurrence of higher rainfall amounts, especially in the decades of 1987-2016. IAC presented higher humidity in 30 years coinciding with the PRP increase of the same period. More than half the information contained in the climate forecast was accurate. Then, with the prognosis, the competent government authorities and the inhabitants of the city have information on the climate of a region in advance, and can use them to reduce the disturbances caused by the natural threats to the local population. It was seen that the city has urban interventions in tree hydrographic basins that seek to remedy the problems caused by floods, but while the works do not finish, it is necessary to take other measures, such as the use of climatic prognosis, so that the impacts of excessive rains are minimized.

Keywords: Climate. La Niña. Belém-PA.

Introdução

As ameaças naturais, tais quais: inundações, enxurradas, secas, trombas d'água e tornados não podem ser evitadas, mas seus impactos podem ser minimizados, desde que haja informações a respeito de como elas ocorrem. O conhecimento sobre o clima de uma região é uma das maneiras utilizadas para que os transtornos provocados pelas ameaças possam ser reduzidos, isto porque, a climatologia é importante em várias atividades humanas, seja para o planejamento urbano das cidades, para a agricultura e pecuária, assim como para a sobrevivência dos seres vivos.

Em relação ao planejamento urbano das cidades, conhecer as variáveis climáticas como a precipitação se faz necessário para que os impactos das ameaças sejam amenizados, isto porque ela é usada, por exemplo, para as equações de chuvas intensas (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM, 2014) assim como, no dimensionamento de obras hidráulicas, tais quais: galerias de águas pluviais, bueiros, sistemas de drenagem urbana e rodoviária (Penner e Lima, 2016; Souza et al., 2012).

A cidade de Belém-PA, metrópole da Amazônia Oriental, é área de estudo, tem regime pluviométrico determinado por sistemas meteorológicos como: Zona de Convergência Intertropical- ZCIT, sendo esse o principal gerador de chuvas do primeiro semestre (De Souza et al., 2017; Ferreira et al., 2015; Lopes et al., 2013; Oliveira et al., 2016; Santos et al., 2014; Santos et al., 2016) assim como as Linhas de Instabilidade (LI), circulações de brisa e aglomerados convectivos (Alcântara et al., 2014; Cohen et al., 2014; De Souza et al., 2017; Matos e Cohen, 2016; Oliveira et al. 2016). Além disso, a cidade possui forte atividade convectiva (Santos et al., 2014), e com a existência de forte dinâmica a convecção úmida profunda se desenvolve, podendo ocorrer precipitação.

O regime das chuvas poder ser alterado, ou seja, poderão ocorrer períodos mais ou menos chuvosos com intensidades acima do padrão esperado para a região, devido às fases quentes ou frias da temperatura da superfície do mar (TSM) do Oceano Pacífico, associados ao El Niño/Oscilação Sul- ENOS (Santos et al., 2014; Souza et al., 2016).

Um grande problema enfrentado nas áreas urbanas, como a cidade de estudo, são as consequências das chuvas intensas, no caso, os

eventos extremos de precipitação, os quais provocam transtornos, como: alagamentos de vias e consequentemente mais engarrafamentos, queda de árvores pelas descargas elétricas atmosféricas. Esses fatos são noticiados frequentemente pelos meios de comunicação, principalmente no período chuvoso (Campos, et al., 2015). Nunes (2016) descreveu no seu trabalho que os eventos severos que desencadeiam desastres recebem em geral atenção dos meios de comunicação, “mas a intensidade e a forma de suas divulgações se atrelam, em grande extensão, aos locais de seus registros”.

Além dos transtornos ocasionados pelos alagamentos, há também preocupações com relação às inundações, haja vista que as cidades na região Amazônica cresceram com a dinâmica de ocupação nas margens dos rios (Agência Belém, 2018; Lui e Molina, 2016; Pontes et al., 2017) contribuindo assim, para que os moradores locais sejam frequentemente atingidos por inundações.

Os meios de comunicação noticiam, sobretudo, no período chuvoso da cidade, muitas queixas da população local acerca de todos os inconvenientes causados pelas chuvas (Campos et al., 2015), no entanto, as autoridades governamentais competentes, quando são chamadas a prestar esclarecimentos sobre medidas para minimizar os impactos das precipitações extremas, acabam atribuindo a responsabilidade maior, às constantes chuvas extremas, aliadas às marés nas áreas mais baixas da cidade (Agência Belém, 2018).

A cidade dispõe de grandes intervenções urbanísticas (Agência Belém, 2017) que não foram finalizadas, nas três bacias hidrográficas que são do Tucunduba, Estrada Nova e Una o que poderá, segundo o portal da prefeitura local, sanar os constantes alagamentos.

Na Bacia Hidrográfica do Tucunduba, que iniciou as obras no ano de 1999 (bairros envolvidos: Guamá, Terra Firme, Universitário, Canudos e Marco), é constituída pelos Igarapés do Tucunduba, Lago Verde, Caraparu, 2 de Junho, Mundurucus, Gentil Bittencourt, Nina Ribeiro, Santa Cruz, Cipriano Santos, Vileta, União, Leal Martins e Angustura.

Na Bacia Hidrográfica da Estrada Nova, que vem recebendo intervenções urbanísticas desde 2006, através das obras do Portal da Amazônia (bairros envolvidos: Batista Campos, Jurunas, Cremação, Condor e Guamá, e

parcialmente pelos bairros de Nazaré, São Braz e Cidade Velha), as obras, segundo o portal de notícia oficial da prefeitura, sanarão os alagamentos da cidade.

Outrora, cerca de 60% da cidade é influenciada pela Bacia do Una (Belém, 2018) que compõe os bairros: Marco, Nazaré São Brás e Umarizal (influência parcial), Barreiro, Benguí, Cabanagem, Castanheira, Fátima, Mangueirão, Maracangalha, Marambaia, Miramar, Parque Verde, Pedreira, Sacramento, Souza, Telégrafo, Una e Val-de-Cans. Dos anos de 1993 a 2004, a bacia sofreu uma intervenção Urbanística para que os constantes alagamentos fossem reduzidos. Porém, os moradores estão com uma Ação Civil Pública Ambiental expedida pelo Ministério Público do estado do Pará do ano de 2008 (MPA, 2018), devido à falta de manutenção na drenagem dos 17 canais que envolvem a Bacia, com isso, segundo o MPA (2018), os moradores estão sofrendo com os constantes alagamentos e inundações, principalmente no período chuvoso.

Ainda sobre constantes problemas enfrentados pelos moradores da bacia do Una na estação chuvosa, o MPA (2018), recomendou (Recomendação 002/2018) que a prefeitura de Belém, providencie a limpeza dos canais e a manutenção dos sistemas de macrodrenagem. Estipulando, inclusive, um prazo para que as ações sejam iniciadas na Bacia do Una.

Outro agravante na cidade é o não cumprimento da “faixa de domínio genérica de trinta metros de largura, em cada lado dos cursos d’água” que não deveria ser ocupada, segundo as descrições do Plano Diretor Municipal (Belém, 2018), que é do ano de 2008. Porém, a cidade, na atualidade, é densamente populosa,

com 1.315,26 hab./km², segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE-2018), o que facilita a impermeabilização do solo e os problemas de inundação são recorrentes.

Contudo, as chuvas fortes na região Norte do Brasil, o qual a cidade de Belém-PA está inclusa, são previstas, nos prognósticos e previsões disponíveis de acesso livre, nos portais: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2018) e Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC, 2018) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), que serve para tomada de decisões no setor público e para o planejamento das atividades situadas no âmbito social e econômico.

Neste contexto, a pesquisa objetiva analisar a climatologia da cidade de Belém-PA, juntamente com os prognósticos climáticos para a região Norte, e mostrar a probabilidade de precisão para auxiliar os órgãos competentes na busca de soluções em curto prazo para os problemas de alagamentos e inundações na cidade.

Material e métodos

Caracterização da área de estudo

A cidade de Belém do Pará está localizada na região equatorial (1° 27' S e 48° 28' W), no leste da região Amazônica, no nordeste paraense, é a capital do estado, e metrópole da Amazônia Oriental. Situa-se às margens do rio Guamá e Baía do Guajará. O dado do último censo demográfico, do ano de 2010, do IBGE mostrou que a população era de 1.393.399 pessoas, com estimativa do ano de 2018 de 1.485.732 pessoas (IBGE, 2018).

Figura 1. Mapa de localização da cidade de Belém-PA. As linhas: laranja representa a divisão dos Bairros, a azul os rios secundários, e a cor cinza os rios primários. Fonte: Adaptado de SEGEP (2018)

Dados

Empregados na análise os dados de precipitação (PRP) da estação meteorológica de superfície do INMET (2018a, e 2018c) da cidade, dos anos de 1896-2016, assim como os disponíveis no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa – BPMET, as Normais Climatológicas de 1961-1990 e 1981-2010, e os Prognósticos Climáticos para a região Norte que são uma parceria das instituições, estando disponíveis no portal do INMET (2018b) desde o ano de 1997, as análises são feitas por trimestre, e descritas por região do Brasil.

Adotou-se as informações do portal Climate Prediction Center, National Oceanic and Atmospheric Administration (CPC-NOAA, 2018) para verificar as fases do ENOS utilizado Índice Oceânico Niño (ION) na região de Niño 3.4 (5°N-5°S, 120° -170°W), de 1961 a 2016, assim como a TSM mensal de 1987 a 2016, utilizou-se as seguintes características: intensidade fraca (TSM de 0,5°C a 0,9°C), moderada (1,0°C a 1,4°C) e forte ($\geq 1,5^\circ\text{C}$), e neutralidade para $\leq 0,49^\circ\text{C}$ para determinar ocorrência de El Niño e La Niña.

Metodologia adotada

Aplicada na pesquisa a média aritmética para analisar a variação da PRP do período estudado, ou seja, conhecer o comportamento das chuvas dessa série, fazer a média anual, mensal e sazonal, dividido-a em duas etapas: a) de 1961 a 1986 (26 anos) e b) de 1997 a 2016 para o prognóstico climático, e 1987 a 2016 (30 anos), sendo que nos últimos 30 anos, coincidem com o início de três grandes intervenções urbanísticas nas bacias da Estrada Nova, do Una e Tucunduba que estão presentes na cidade, mas que ainda não findaram.

A distribuição de frequência foi utilizada na série de ION de 1961 a 2016, e a ocorrência de El Niño e La Niña, assim como para a série de TSM mensal do oceano pacífico do período de 1987 a 2016, utilizando para fazer distribuição de TSM no período chuvoso e menos chuvoso.

Foi utilizado o *Rainfall Anomaly Index* – RAI denominado de Índice de Anomalia de Chuva (IAC), descrito por Martorano et al. (2017); Moraes (2014); Rooy (1965) e Tavares et al. (2015). Este índice caracteriza as secas e excesso

de umidade, analisando a precipitação observada, a precipitação média e as precipitações extremas, conhecendo a anomalia de chuva em relação à condição normal de chuva. As anomalias positivas e negativas foram calculadas segundo as equações 1 e 2, respectivamente.

$$IAC = 3 \left[\frac{(p - \bar{M})}{(\bar{x} - \bar{M})} \right]$$

para anomalias positivas (1)

$$IAC = -3 \left[\frac{(p - \bar{M})}{(\bar{y} - \bar{M})} \right]$$

para anomalias negativas (2)

Onde: p = precipitação anual (mm); $\bar{M}$ = precipitação média anual da série histórica (mm); $\bar{x}$ = médias das dez maiores precipitações anuais da série histórica (mm); e $\bar{y}$ = média das dez menores precipitações anuais da série histórica (mm).

O IAC apresenta tabela de classificação com os valores que podem representar o aumento

Os Prognósticos climáticos foram analisados juntamente com os dados de PRP de 1997 a 2016 apenas do período chuvoso. Neles são contidas informações por trimestre e comparadas com a Normal climatológica. Se na frequência das previsões do prognóstico estavam informações das chuvas acima/abaixo da normal da região Norte, estado do Pará, ou Belém e coincidiam com as médias da cidade, então foi considerada se havia precisão do prognóstico na cidade através de porcentagem.

A divulgação por meio dos Boletins da previsão climática sazonal (três meses) é elaborada pelo INMET, Centro de previsão de

ou redução umidade do ar, conforme a descrição da Tabela 1 de Martorano et al., 2017.

Tabela 1. Valores e Classificação do IAC

IAC	Classificação
≥ 4	Extremamente úmido
3,00 a 3,99	Umidade Alta
2,00 a 2,99	Umidade Moderada
0,5 a 1,99	Umidade Baixa
-0,49 a 0,49	Normal
-1,99 a -0,5	Seca Suave
-2,00 a -2,99	Seca moderada
-3,00 a -3,99	Seca alta
$\leq -4,00$	Extremamente Seco

tempo e estudos climáticos - CPTEC e Fundação Cearense de meteorologia e recursos hídricos - FUNCEME. Sendo que, as informações contidas no portal afirmam: “O uso das informações contidas nesse boletim é de completa responsabilidade do usuário”.

Hennemuth (2015) escreveram no seu trabalho sobre a importância do uso de métodos estatísticos bem explicados, para que as comunicações científicas acerca de climatologia ou mudanças climáticas sejam mais fáceis de serem compreendidas por todos os usuários, haja vista que, muitos não têm acesso às revistas científicas de maneira livre.

Resultados

Ao analisar os dados de 121 anos (1896-2016) e de 30 anos (1987-2016), descrito na Figura 2, é perceptível a identificação de estações, chuvosa, de dezembro a maio, e menos chuvosa, de junho a novembro, sendo que a estação chuvosa representa cerca de 70% das PRP da série (Santos et al., 2014, Pontes et al., 2017).

A característica que define os dois períodos é a presença de sistemas meteorológicos, no primeiro semestre, período chuvoso, a atuação mais frequente é da ZCIT (Lopes et al., 2013; Santos et al., 2014; Ferreira et al., 2015; Oliveira et al., 2016, Santos et al., 2016; De Souza et al., 2017), enquanto que no segundo semestre há uma redução das chuvas, porém, há atuação de outros sistemas, como as Linhas de Instabilidade,

contribuindo assim para que as chuvas não cessem na região (Alcântara et al., 2014; Cohen et al., 2014; De Souza et al., 2017; Matos e Cohen, 2016; Oliveira et al., 2016).

O aspecto mais marcante da análise foi à notória diferença entre as médias das PRP de 121 anos de 30 anos, isto porque houve um aumento das chuvas, sendo que no período chuvoso os registros foram acima de 23% em dezembro que

correspondeu aproximadamente a 63 mm/mês e em abril acima de 73 mm/mês (16%), já no período menos chuvoso, o mês novembro foi o que apresentou maior acréscimo no volume em média, de 32 mm/mês a mais que correspondeu a 24%. Autores como Oliveira et al. (2016) e Santos et al. (2014) sugerem que o acréscimo de chuvas é devido à maior frequência da La Niña na última década (1987-2016).

Figura 2. Climatologia da PRP de 1896-2016- 121 anos (barra cinza), Climatologia da PRP de (1987-2016) 30 anos (barra azul), diferença entre a climatologia de 30 e 121 anos (barra amarela) e diferença em % entre a climatologia de 30 e 121 anos em vermelho na cidade de Belém-PA

Avaliando a PRP anual acumulada (Figura 3) de 26 anos (1961-1986) percebe-se que as chuvas adotadas na Normal Climatológica de 1961-1990 estão acima da PRP registrada de 26 anos, em aproximadamente 112 mm/ano a mais. Os anos de 1961, 1974, 1980, 1984 e 1985 apresentaram chuvas acima de 10% em relação a Normal Climatológica de 1961-1990, conforme pode ser observado na Figura 4, na qual se podem

observar as diferenças em mm/ano e em porcentagem (%) da PRP de 26 anos com a Normal Climatológica de 1961-1990.

Dentre os anos que houve aumento de PRP em 26 anos, 3 anos registraram La Niña (1974, 1975 e 1985) como mostra a Figura 5, onde se tem a ocorrência de El Niño, La Niña e fase neutra, por ano. Porém, nesses 26 anos a PRP

anual apresentou valores abaixo da média em mais da metade da série: 1962 a 1972, 1976, 1979, 1981 e 1983. Apesar da série de ION de 1961-1986 apresentar maior frequência de neutralidade (Figura 6), o que poderia representar valores de PRP na média, na maioria dos anos a PRP obteve registros abaixo da média. Ou seja, nem sempre é possível determinar que em anos de El Niño/ La Niña haverá redução/aumento de PRP. Alguns anos que houve uma redução da PRP em relação à média (1963, 1965, 1969, 1972, 1977 e 1982) coincidiram com anos de El Niño (Figura 5).

A Figura 7 representa o Índice de Anomalia de Chuva (IAC) que foi feito dos anos de 1961 a 1986, nele é possível perceber fatos semelhantes em relação à redução da PRP em média e com a Normal Climatológica de 1961-1990. Foram classificados como extremamente úmidos os anos de 1961, 1984 que foi ano de La Niña (Figura 5) e 1985, umidade alta os anos de

1974 (La Niña) e 1980, umidade moderada os anos de 1977 e 1982 e umidade leve os anos de 1973 (La Niña), 1975 e 1986. Já para a classificação extremamente seco apenas os anos de 1964 e 1967, seca alta os anos de 1969 (El Niño) e 1983, seca moderada os anos de 1963 (El Niño), 1965 (El Niño), 1968 e 1981 e seca suave os anos de 1962, 1970, 1971 e 1979. Então, na cidade de Belém-PA, a PRP anual apresentou aumento no volume a partir da década de 1970. Martorano et al. (2017), realizaram um estudo sobre a cidade de Belém-PA, no período de 1971 a 2014, utilizando o IAC os autores fizeram uma análise com ênfase no início da estação seca, a fim de fornecer apoio ao planejamento de atividades agrícola durante anos de anomalias climáticas na região, os autores observaram que anos de registros de El Niño forte, problemas devido à falta de água para as culturas agrícolas são intensificados na região.

Figura 3. PRP acumulada 1961-1986 (barra cinza), Normal Climatológica de 1961-1990 (linha verde) e Média da PRP de 1961-1986 (linha vermelha) na cidade de Belém-PA

Figura 4. Diferenças em mm/ano da PRP 1961-1986 e Normal climatológica 1961-1990 (barra azul); e em % da PRP 1961-1986 e Normal climatológica 1961-1990 (vermelha) na cidade de Belém-PA

Figura 5. Ocorrência de El Niño e La Niña dos anos de 1961-1986. A barra vermelha representa anos de El Niño, a barra azul anos de La Niña e a barra verde os anos neutros. Conforme as descrições do CPC/NOAA (2018). Os episódios quentes (vermelho) e frio (azul) com base em um limiar de $\pm 0,5$ °C são considerados ENOS no oceano Pacífico

Figura 6. Frequência do ION trimestral oceano Pacífico de 1961 a 1986 a linha azul representa La Niña, a linha verde anos neutros e a vermelha o de El Niño

Figura 7. Índice de Anomalia de Chuva (IAC) anual de 1961 a 1986 na cidade de Belém-PA

Na análise da PRP acumulada anual de 30 anos (1987-2016), Normal Climatológica de 1981-2010 com climatologia de 30 anos (1987-2016) descrito na Figura 8, nos anos de 2005 a 2016 apresentaram um aumento de mais de 10% das chuvas em relação às Normais Climatológicas e Climatologia (Figura 9), apenas no ano de 2010, a PRP ficou abaixo da Climatologia, com uma média de 64 mm a menos de chuva neste ano. Oliveira et al. (2016) fez uma análise da cidade de

Belém-PA, através das Normais Climatológicas de 1941 a 1970, 1971 a 2000 e da normal provisória de 2001 a 2015, constatou um aumento de 29% de chuvas na Normal Provisória, os autores associaram as diferenças entre as Normais pela presença de El Niño ou La Niña.

Verificado a ocorrência de El Niño e La Niña em 30 anos (Figura 10), é possível observar a inexistência de um padrão determinante que nos

anos em El Niño /La Niña com redução/aumento de PRP sempre ocorra, isso ficou evidente no de 2015 o qual registrou um El Niño forte, porém a PRP esteve acima da climatologia e da normal climatológica. Moraes e Filho (2018) avaliaram as chuvas da tarde de Belém-PA dos anos de 2003 a 2015 juntamente com os fenômenos El Niño e La Niña verificaram uma grande neutralidade na série do ION, em alguns anos, onde as PRP anuais estão acima das médias.

Na frequência total da série de ION (Figura 11), notam-se mais temperaturas negativas, ou seja, nos últimos 30 anos, a La Niña estava mais presente, o que contribuiu para a maior ocorrência de chuvas acima da média, principalmente na última década (2005-2016), onde nos anos de 2000, 2007 e 2008 foram anos de PRP acima da média e La Niña.

O IAC apresentou série de PRP anual de 1987-2016 em grande parte com classificação de umidade (Figura 12) tanto que, o ano extremamente úmido foi de 2013, umidade alta nos anos de 1988 (La Niña), 2006, 2011 (La Niña)

e 2014, umidade moderada os anos de 1996, 2005, 2009, 2012 e 2015 e umidade baixa os anos de 1995, 2000, 2001, 2007 (La Niña), 2008 (La Niña) e 2016. Os anos extremamente secos foram os anos de 1990 (El Niño) e 1991 (El Niño), seca alta os anos de 1987 (El Niño), 1997 (El Niño) e 1999, seca moderada os anos de 1989, 1992, 2002 (El Niño) e 2003, seca suave os anos de 1998, 2004 e 2010.

O IAC de 1961 a 1986 apresentou mais anos com características de seca (12) do que anos úmidos (11), sendo que o IAC de 1987 a 2016 evidenciou 16 anos com classificação de Umidade e 12 anos com propriedade de seca.

Então, os anos de 1961-1986 houve menor PRP que a climatologia de 30 anos (1987-2016). Este fato seria explicado pelo tamanho das amostras, isto porque a série de 1961 a 1986 tem 26 anos, enquanto 1987 a 2016 têm 30 anos, porém a maior ocorrência da La Niña favoreceu também a pluviosidade maior na última década na cidade.

Figura 8. PRP acumulada 1987-2016 (barra cinza), Normal Climatológica de 1981-2010 (linha vermelha) e climatologia da PRP de 1981-2016 (linha azul) na cidade de Belém-PA

Figura 9. Diferenças em mm/ano da PRP 1987-2016 e Normal climatológica 1981-2010 (barra azul); e em % da PRP 1987-2016 e Normal climatológica 1981-2010 (verde) na cidade de Belém-PA

Figura 10. Ocorrência de El Niño e La Niña dos anos de 1987-2016. A barra vermelha representa anos de El Niño, a barra azul anos de La Niña e a barra cinza os anos neutros. Conforme as descrições do CPC/NOAA (2018). Os episódios quentes (vermelho) e frio (azul) com base em um limiar de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ são considerados ENOS no oceano Pacífico

Figura 11. Frequência do ION trimestral oceano Pacífico de 1987 a 2016, a linha azul representa La Niña, a linha verde anos neutros e a vermelha o de El Niño

Figura 12. Índice de Anomalia de Chuva (IAC) anual de 1987 a 2016 na cidade de Belém-PA

Analisando as séries mensais de chuvas (Figura 13) nota-se que o período chuvoso estava mais intenso, isto porque dos meses de janeiro a maio a climatologia mensal registrou PRP acima da média total. Ou seja, pelos dados das médias mensais de chuva na cidade de Belém, já é possível ter um alerta sobre as precipitações que podem exceder as normais climatológicas. Sendo

que, na climatologia de 1987 a 2016, todos os meses do período chuvoso, estão acima da média do período e das normais climatológicas.

Também foi realizada uma média entre os períodos distintos. Na média do período chuvoso, os meses de fevereiro e março estiveram acima da média do período chuvoso que é de 363 mm/mês

enquanto que a climatologia são as chuvas de aproximadamente 250 mm/mês. Então nesses meses, as autoridades competentes podem se deparar grandes volumes de chuva, e devem se organizar para redução dos alagamentos e inundações pois as chuvas são excessivas.

Nas Figuras 14 e 15, descreve a distribuição de frequência da TSM do pacífico do período de 1987 a 2016, organizadas por períodos menos chuvoso e chuvoso, é possível notar que no período chuvoso (Figura 15) existe a maior ocorrência de TSM fria, enquanto que no período menos chuvoso (Figura 14), uma maior frequência das TSM mais quente, ou seja, analisando por

períodos distintos a distribuição de frequência das TSM do pacífico registrou a influência do El Niño e da La Niña.

Então, a administração pública municipal poderá intensificar algum mecanismo que favoreça o escoamento superficial das água pluviais e reduza os alagamentos, como: limpeza dos canais de drenagem e coleta de resíduos sólidos mais regulares nesse período, isto porque, nos períodos chuvosos e menos chuvoso, as PRP podem sofrer alterações em relação a sua variabilidade, podendo aumentar (La Niña) ou reduzir (El Niño) o volume pluviométrico sazonal.

Figura 13. Climatologia mensal da PRP na cidade de Belém-PA. As barras cinza, rosas, azul escura, laranjada, e verde representam a climatologia mensal 1961-2016, climatologia mensal 1987-2016, média mensal de 1961-1986, normal climatológica de 1961-1990 e normal climatológica de 1981-2010, respectivamente. As linhas: vermelha, azul e amarela mostram a média total (1961-2016), média do período chuvoso (1961-2016) e média do período menos chuvoso (1961-2016), nessa ordem.

Figura 14. Temperatura da superfície do mar (TSM) do oceano Pacífico do período menos chuvoso (junho a novembro) dos anos de 1987 a 2016

Figura 15. Temperatura da superfície do mar (TSM) oceano Pacífico do período chuvoso (dezembro a maio) dos anos de 1987 a 2016

No Prognóstico climático é possível ficar em alerta sobre possíveis aumentos ou diminuições das chuvas em todas as regiões do Brasil, assim como, saber a influência principalmente, das anomalias de TSM do pacífico. O Prognóstico está descrito na Tabela 2, que mostrou informações dos anos de 1997 a 2016, sendo as análises do prognóstico são baseadas na normal climatológica de 1961 a 1990.

O clima representa a média dos 20 anos (1997-2016) analisados por trimestre, a precisão descreve a exatidão dos dados, ou seja, se as informações contidas no prognóstico climático

estavam em acordo com a média de 20 anos de precipitação da cidade de Belém Pará.

A acurácia do Prognóstico Climático foi de 69%, principalmente nos períodos em que as chuvas estavam previstas para acima da Normal. As incertezas mais decorrentes do prognóstico estão sobre anos de influência do El Niño, como no caso de 2015, isto porque, as previsões eram de redução das chuvas, porém as chuvas estavam acima da média.

Contudo, as previsões diagnosticaram com mais precisão as chuvas acima da média no

estado do Pará, então os governantes locais podem com antecedência tomar medidas para que os alagamentos sejam minimizados, haja vista que o prognóstico é trimestral, ou seja, as autoridades competentes dispõem com 3 meses de antecedência análises de como estará o clima de uma região, então mesmo que as chuvas estejam maiores que as médias e as normais, as autoridades governamentais municipais podem recorrer ao uso das informações do prognóstico climático, para que não ocorra nenhum desastre na cidade, ou minimizar possíveis consequências das ameaças naturais, no caso as chuvas intensas.

Com os avanços dos meios de comunicação, acesso à internet, popularização de computadores, e, também, devido à política de órgãos governamentais em disponibilizar dados ambientais para os mais diversos usos, ficou cada vez mais simples e acessível, verificar os resultados de avanços científicos (Limberger,

2016), nisso podem ser incluso os prognóstico climáticos, normais climatológicas, boletins climáticos que são de acesso livre.

Schäffer et al. (2013) detalhou que o uso dos meios de comunicação para assuntos científicos ganha mais destaques quando os assuntos são relacionados a mudanças climáticas ou aquecimento global, como o caso das reuniões anuais sobre as mudanças do clima (International Climate Summit).

Porém, como alertou Nunes e Zamparoni (2014), é necessário cuidado com a transmissão de informações, por exemplo, os prognósticos climáticos tem seu grau de incerteza que no próprio site é descrito, contudo, os órgãos governamentais envolvidos nas análises, costumam deixar as informações mais claras possíveis, para que quem acesse os dados, não seja induzido ao erro.

Tabela 2. Frequência de informações do Prognóstico Climático 1997 a 2016 da cidade de Belém-PA

ANO	Frequência do Prognóstico Climático trimestral (1997-2016) período chuvoso para a região Norte do Brasil versus a PRP média de 20 anos (1997-2016) na cidade de Belém-PA										
	J/F/M	PRP1	F/M/A	PRP2	M/A/Ma	PRP3	A/Ma/J	PRP4	D/J/F	PRP5	Precisã o %
1997	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1998	x	x	x	x	x	x	x	x	ACN	ACN	100%
1999	x	x	x	x	x	x	ACN	ACN	ACN	N	50%
2000	x	x	x	x	x	x	x	x	ACN	ACN	100%
2001	ACN	N	ACN	N	ACN	ACN	ACN	ACN	ACN	ACN	60%
2002	ABN	ABN	ABN	ABN	ACN	ACN	ACN	N	ABN	N	60%
2003	ABN	ABN	ABN	N	N	N	ABN	ABN	N	N	80%
2004	ACN	ACN	ACN	ACN	ACN	N	ACN	ABN	N	N	80%
2005	ACN	ABN	ACN	ACN	ACN	ACN	AC N	ACN	N	N	80%
2006	ACN	N	ACN	ACN	ACN	ACN	ACN	ACN	N	ACN	60%
2007	ACN	N	ACN	N	ACN	ACN	ACN	ACN	ACN	ACN	60%
2008	ACN	N	ACN	N	ACN	ACN	ACN	ACN	N	N	60%
2009	ACN	ACN	ACN	ACN	ACN	ACN	ACN	ACN	ABN	N	80%

2010	ABN	ABN	N	N	N	N	ABN	ACN	N	N	80%
2011	N	N	ACN	ACN	ACN	ACN	ACN	ACN	ACN	ABN	80%
2012	ACN	ACN	ACN	ACN	ACN	ACN	ACN	ACN	ABN	ACN	80%
2013	ACN	ACN	ACN	ACN	ACN	ACN	ACN	ACN	ACN	ACN	100%
2014	ACN	ACN	ACN	ACN	ACN	ACN	ACN	ACN	N	ACN	80%
2015	N	ACN	N	ACN	ABN	ACN	N	ACN	ABN	ACN	0
2016	ABN	ACN	ABN	ACN	N	ACN	N	ACN	ACN	ACN	20%
Média											69%

Legenda: PRP1= trimestre de PRP (janeiro, fevereiro e março); PRP2= trimestre de PRP (fevereiro, março e abril); PRP3= trimestre de PRP (março, abril e maio); PRP 4 =trimestre (abril, maio e junho); PRP 5= trimestre (dezembro, janeiro e fevereiro) ACN= Precipitação (PRP) acima da Normal; N=PRP normal; ABN= PRP abaixo da Normal

recurso que caracteriza as chuvas da cidades, além das Normais climatológica da cidade que estão no portal do INMET.

Conclusão

A pesquisa avaliou a climatologia da cidade de Belém -PA e verificou que houve um aumento das chuvas mensais e anuais, tanto quando analisados dados de climatologia de 121 anos, como dos mais atuais de 30 anos. As normais climatológicas de 1961-1990 apresentaram médias menores que as normais de 1981-2010, o fato que merece destaque é a maior frequência do fenômeno La Niña na distribuição anual e sazonal, o qual contribui para o aumento significativo das chuvas, principalmente nas últimas décadas.

Averiguando a variação mensal foi constatado que o período chuvoso está mais intenso, assim sendo, ao verificar no prognóstico climático, que é trimestral, foi percebido que as informações de chuvas mensais, acima e abaixo da média, são descritas em todos os boletins, o que poderia facilitar alguma medida emergencial das autoridades competentes no que diz respeito aos alagamentos na cidade, que são uma reclamação continua da população.

O prognóstico climático registra o clima por trimestre com antecedência, nele a precisão na cidade foi de 69%, ou seja, mais da metade de informações foram caracterizadas nele, então o governo municipal poderia utilizar mais este

O IAC apresentou classificação de seca nos anos de 1961-1986, enquanto que na climatologia de 30 anos (1987-2016) as características de umidade estavam mais presentes. Como já evidenciado que houve maior frequência da La Niña. Com isso, anos de TSM mais fria serviriam de alerta para auxiliar na prevenção das ameaças naturais decorrentes das chuvas na cidade.

Belém -PA tem 3 bacias hidrográficas com intervenções urbanísticas, bacia do Una, da estrada Nova e Tucunduba, porém enquanto as obras não finalizam, é possível utilizar os prognósticos climáticos, disponíveis gratuitamente desde 1997, como uma ferramenta de auxílio emergencial. Assim como seguir as recomendações do MPE, que são: aumentar a limpeza das vias e coleta seletiva, a fim de minimizar os impactos causados pelas chuvas extremas.

Agradecimentos

Os autores agradecem a FAPESPA pela concessão de bolsa de doutorado

Referências

AGÊNCIA BELÉM. Prefeitura Municipal de Belém. 2018. Prefeitura de Belém amplia

- investimentos para combater e prevenir alagamentos. Disponível em: <<http://agenciabelem.com.br/Noticia/162130/prefeitura-de-belem-amplia-investimentos-para-combater-e-prevenir-alagamentos>>. Acesso em setembro de 2018.
- AGÊNCIA BELÉM. Prefeitura Municipal de Belém. De 2017. Governador do Estado e Prefeito de Belém inspecionam obras de saneamento em Belém. Disponível em: <<http://agenciabelem.com.br/Noticia/155034/governador-do-estado-e-prefeito-de-belem-inspecionam-obras-de-saneamento-em-belem>> . Acesso em setembro de 2018.
- Alcântara, C. R.; Souza, E. P.; Silva Dias, M. A. F.; Biazeto, B. 2014. Influência dos jatos de médios e baixos níveis nos processos de nuvem: Estudo numérico de uma linha de instabilidade Amazônica. *Revista Brasileira de Meteorologia* 29, 29-46.
- BELÉM, 2018. Prefeitura Municipal. Secretaria Municipal de Assuntos Jurídicos. Decretos e Leis Municipais. Lei ordinária n.º 8.655, de 13 de janeiro de 2008. Dispõe sobre o Plano Diretor do Município de Belém e dá outras providências. Disponível em: <http://ww3.belem.pa.gov.br/www/wp-content/uploads/Lei_N8655-08_Plano-Diretor.pdf>. Acesso em setembro de 2018.
- BELÉM. Mapa de bacias hidrográficas. 2018. Disponível em: <http://www.belem.pa.gov.br/codem_mapas/Mapa%20-%20Bacias%20Hidrograficas%20de%20Belem.pdf> . Acesso em setembro de 2018.
- Campos, T. L. O. B.; Mota, M. A. S.; Santos, S. R. Q. 2015. Eventos extremos de precipitação em Belém-PA: uma revisão de notícias históricas de jornais. *Rev. Ambient. Água* 10, 182-194. <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1433>.
- Cohen, J. C. P.; Fitzjarrald, D. R.; Oliveira, F. A. F.; Saraiva, I.; Barbosa, I. R. S.; Gandu, A. W., 2014. Radar -observed spatial and temporal rainfall variability near the Tapajos-Amazon confluence. *Revista Brasileira de Meteorologia*. 29, 23-30.
- CPC/NOAA. Climate Prediction Center, National Oceanic and Atmospheric Administration. 2018. Cold & Warm Episodes by Season. Climate Prediction Center Internet Team. Disponível em: <www.cpc.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml>. Acesso em setembro de 2018.
- CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Mineral. 2018. Atlas Pluviométrico do Brasil; Equações Intensidade-Duração-Frequência (Desagregação de Precipitações Diárias). Município: Caratinga. Estação Pluviométrica: Santo Antônio do Manhuaçu, Código 01941011/ Andressa Macedo Silva de Azambuja e Eber José de Andrade Pinto – Belém: Serviço Geológico do Brasil - CPRM, 2014. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/17529/idf_caratinga_mg_susct.pdf?sequence=1>. Acesso em setembro de 2018.
- CPTEC. Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. 2018. Previsão Climática. Disponível em: <http://www.ipmet.unesp.br/4estacoes/4estacoes/PREVISAO_CLIMATICA.html> Acesso em setembro de 2018.
- De Souza, E.; Ferreira, D.; Guimarães, J.; Franco, V.; Azevedo, F.; Moraes, B.; De Souza, P. 2017. Padrões climatológicos e tendências da precipitação nos regimes chuvoso e seco da Amazônia oriental. *Revista Brasileira de Climatologia*, 21. doi:<http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v21i0.41232>.
- Ferreira, D. B. S.; De Souza, E. B.; De Moraes, B. C.; Filho, L. G. M. 2015. Spatial and Temporal Variability of Rainfall in Eastern Amazon during the Rainy Season. *The Scientific Word Journal*, Volume 2015. Article ID 209783, 9 pages.
- Hennemuth, B.; Bender, S.; Bülow, K.; Dreier, N.; Hoffmann, P.; Keup-Thiel, E.; and Mudersbach, C. 2015 Collecting Statistical Methods for the Analysis of Climate Data as Service for Adaptation Projects. *American Journal of Climate Change*, 4, 8-21. <http://dx.doi.org/10.4236/ajcc.2015.41002>.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2018. Caracterização do Território. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/belem/p-anorama>>. Acesso em setembro de 2018.
- INMET. Instituto Nacional De Meteorologia. 2018a. Prognóstico Climático do CPTEC/INMET/FUNCME. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/prognosticoClimaticoTrimestral>>. Acesso em setembro de 2018.
- INMET. Instituto Nacional De Meteorologia. 2018b. Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r>>

- =bdmep/bdmep>Acesso em setembro de 2018.
- INMET. Instituto Nacional De Meteorologia. 2018c. Normais Climatológicas. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas>>. Acesso em setembro de 2018.
- Limberger, L. 2016. Estudos de teleconexões atmosféricas e possibilidades de avanços na climatologia geográfica: conceitos, fontes de dados e técnicas Revista Brasileira de Climatologia, 19. doi:<http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v19i0.48870>.
- Lopes, M. N. G.; Souza, E. B.; Ferreira, D. B. S. 2013. Climatologia regional da precipitação no estado do Pará. Rev. Bras. de Climatologia 12, 84-102.
- Lui, G. H.; Molina, S. M. G. 2016. Ocupação humana e transformação das paisagens na Amazônia brasileira. Amazônica - Revista de Antropologia, [S.l.], v. 1, n. 1. ISSN 2176-0675. Disponível em: <<https://periodicos.ufpa.br/index.php/amazonica/article/view/156/229>>. Acesso em setembro 2018. doi:<http://dx.doi.org/10.18542/amazonica.v1i1.156>.
- Matos, A.P.; Cohen, J. C. P. 2016. Circulação de brisa e a banda de precipitação na margem leste da baía de Marajó. Ciência e Natura, V. 38, Ed. Especial-IX Workshop Brasileiro de Micro meteorologia 21-27.
- Moraes, D.; Filho, M. 2018. Contribuição das chuvas do período da tarde em Belém do Pará para os totais mensais e possíveis relações com a média climatológica. Revista Brasileira de Climatologia, 23. doi:<http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v23i0.58364>.
- Moraes, M. 2014. Análise da variabilidade pluvial na unidade de gerenciamento de recursos hídricos do Paraíba do Sul (UGHRI-2). Revista Brasileira de Climatologia, 14(1). doi:<http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v14i1.36536>.
- MPE. Ministério Público do Estado do Pará-2018a. Para evitar alagamentos na cidade, promotor pede limpeza urbana. Disponível em: <<http://www.mppa.mp.br/index.php?action=Menu.interna&id=8815&class=N>> . Acesso em setembro de 2018.
- MPE. Ministério Público do Estado do Pará. 2018b. Recomendação 002/2018. Disponível em: <http://www.mppa.mp.br/upload/002_2018%20-%20Recomendacao%20-%20Servicos%20emergenciais%20Bacia%20do%20UNA%20PMB.pdf>Acesso em setembro de 2018.
- Nunes, L. H.; Zamparoni, C. A. G. P. 2014. A mídia em foco: exemplos de desinformação climática. Multidimensão e Territórios de Risco 1, 77-80.
- Nunes, L. 2016. Riscos do clima ou riscos da comunicação? A cobertura jornalística do Furacão Sandy (2012) em um periódico nacional. Revista Brasileira de Climatologia, 19. doi:<http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v19i0.48873>.
- Oliveira, G. B; Alcântara, C. R.; Souza, E. P. 2016. Caracterização de perfil de vento no ambiente de formação das linhas de instabilidade amazônicas. Ciência e Natura, Santa Maria v.38 n.1, Jan.- Abr. p. 393 – 403, DOI:10.5902/2179-460X18337.
- Oliveira, M. C. F.; Souza Júnior, J. A.; Cruz, P. P. N.; Souza Filho, J.D. 2016.Climatologia urbana da cidade de Belém-Pará, através das precipitações e temperaturas do ar, das normais climatológicas de 1941 a 1970, 1971 a 2000 e da normal provisória de 2001 a 2015 Revista Brasileira de Geografia Física 09, 803-819.
- Penner, G. C.; Lima, M. P. 2016. Comparação entre métodos de determinação da equação de chuvas intensas para a cidade de Ribeirão Preto. São Paulo, UNESP, Geociências 35, 542-559.
- Rooy, M. P. van. 1965. A rainfall anomaly index independent of time and space. Notas, Pretoria 14, 43-48,
- Santos, J. S.; Mota, M. A. S.; Rocha, E. J. P. 2014. Classificação climatológica da energia potencial disponível para a convecção na cidade de Belém-PA. Revista brasileira de meteorologia 29, 60-72. <http://dx.doi.org/10.1590/0102-778620130040>.
- Santos, M. R. S.; Vitorino, M. I.; Braga, C.C.; Souto, J. I. O.; Moura, M. N.; Júnior, P. P. F. 2016. Padrões de precipitação mensal na mesorregião metropolitana de Belém: uso do CMORPH e componentes principais. Revista Brasileira de Geografia Física 9, 2301-2311.

- Schäffer, M.S.; Ivanova, A.; Schmidt, A. 2013. What drives media attention for climate change? Explaining issue attention in Australian, German and Indian print media from 1996 to 2010. *International Communication Gazette* 76, 152–176.
- Silva Santos, M.; Vitorino, M.; Pimentel, M.; de Oliveira Souto, J. 2017. Análise da distribuição espaço-temporal da chuva, na mesorregião metropolitana de Belém-Pará: contribuições da técnica de sensoriamento remoto Caminhos de Geografia. Uberlândia 18, 49–58.
- Sodré, G. R. C.; Vitorino, M. I. ; Cohen, J. C. P.; Moraes, B. C., 2015. Estudo observacional da convecção de mesoescala em diferentes superfícies no estado do Pará. *Revista Brasileira de Geografia Física* 8, 45-55.
- Souza, P.; De Souza, E.; Queiroz, J.; Silva Junior, J. 2017. Impactos dos anos climáticos extremos no rendimento da lavoura temporária de mandioca na região rural da metrópole de Belém - Pará. *Revista Brasileira de Climatologia*, 21. doi:<http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v21i0.51459>.
- Souza, R. O. R. de M.; Scaramussa, P. H. M.; Amaral, M. A. C. M.; Pereira Neto, J. A.; Pantoja, A. V.; Sadeck, L. W. R. 2012. Equações de chuvas intensas para o estado do Pará. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 16, 999-1005. <https://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662012000900011>.
- Tavares, T. R.; Fiorio, P. R.; Martello, M.; Strabeli, T. F.; Barros, P. P. S. 2015. Observação do Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) de diferentes tipos de vegetação nativa no período de estiagem de 2011 e 2014, em Piracicaba-SP. *Revista Hipótese* 1, 77-91.