



# XIX CBMET

CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA

JOÃO PESSOA PB | 07 A 11 DE NOVEMBRO DE 2016

METEOROLOGIA: TEMPO, ÁGUA E ENERGIA



## CLIMATOLOGIA URBANA E EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS, ATRAVÉS DAS PRECIPITAÇÕES, PARA A CIDADE DE BELÉM-PARÁ.

M. C. F. Oliveira<sup>(1)</sup>, J. P. R. Costa<sup>(1)</sup>, J. A. Souza Júnior<sup>(2)</sup>, J. D. Souza Filho<sup>(1)</sup> (1) Universidade Federal do Pará, Belém-PA, Brazil ([oliveiramaca@gmail.com](mailto:oliveiramaca@gmail.com)), (2) Doutorando – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais SP-Brasil.

### 1. INTRODUÇÃO

A cidade de Belém – PA localiza-se as margens da Baía do Guajará e Rio Guamá, no estuário do Rio Pará, com localização geográfica de 1° 28' S; 48° 29' W e altitude média de 5 metros. Como característica climática marcante, Belém apresenta elevado índice pluviométrico durante todo o ano, causado por processos atmosféricos de grande escala, meso escala e micro escala. Como evento de grande escala destaca-se a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), o evento responsável pela chuva que cai na região nos meses mais chuvosos, e os eventos climáticos extremos como El Niño e La Niña; como evento de meso escala destaca-se as Linhas de Instabilidade, responsável pela chuva nos meses mais secos (Cohen, 1989), e de micro escala, os efeitos locais, como aquecimento da superfície, que provocam a formação de nuvens na região. Considerando a importância da precipitação pluviométrica que exerce influência direta sobre as condições ambientais, agindo diretamente sobre o balanço de água no solo e indiretamente, através de outros elementos como temperatura e umidade do ar e do solo e radiação solar, existe grande esforço no sentido de previsões de sua ocorrência e da sua variação espacial, que são de interesse prático em estudos específicos, como conforto humano e estudos gerais do clima.

Este trabalho teve como objetivo, estudar o clima urbano de Belém-Pa, usando como elemento meteorológico a precipitação pluviométrica e fazer a comparação entre as Normais Climatológicas de 1956-1985 e 1986-2015, (segundo a Organização Meteorológica Mundial, uma Normal Climatológica representa as condições médias dos últimos 30 anos) (Krusche & Saraiva, 2001), buscando quantificar possíveis alterações climáticas nos valores das precipitações e foram realizados cálculos estatísticos (desvio-padrão e coeficiente de variação), para saber a variação em torno da média, ou seja, da maior ou menor variabilidade dos resultados obtidos, bem como, a influência dos eventos climáticos extremos de El Niño e La Niña (em períodos de El Niño a tendência é de redução das chuvas na região, enquanto que, com a atuação da La Niña, a tendência é de aumento nos valores da precipitação na região) (Souza Júnior, 2008), contribuindo para que se minimizem os efeitos negativos dos eventos extremos, como secas, inundações e etc., bem como, dar subsídios a população e as políticas públicas, com vista a melhoria nas condições ambientais, sociais e econômicas.

### 2. METODOLOGIA

Para este trabalho foram utilizados dados das precipitações, obtidos no Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, das Normais Climatológicas de 1956-1985 e 1986-2015, onde foram comparados entre si, para observar aumento ou redução de chuvas na região de Belém-Pa. Foram calculadas as médias das Normais e as medidas de dispersões, como desvio-padrão e coeficiente de variação, para quantificar a variabilidade que os resultados têm de se concentrarem ou não em torno da média climatológica (quanto maior a dispersão, menor a concentração e vice-versa), foi calculado também, a tendência para todo o período (60 anos), através da regressão linear simples, onde o elemento é a variável dependente (Y) e o ano dentro do período é a variável independente (X) e o coeficiente de determinação ( $r^2$ ). Relacionou-se também, através das anomalias positivas e negativas, sempre que possível, os dados calculados aos eventos climáticos extremos de El Niño e La Niña nos períodos estudados, que tiveram alguma influência na precipitação. Com base, nos resultados calculados, como totais médios mensais, sazonais e anuais, foram produzidos as figuras e quadros, no software Excel, a fim de verificar possíveis tendências, alterações ou modificações, sempre em comparação entre as Normais Climatológicas, definindo assim a variabilidade do elemento meteorológico, precipitação pluviométrica na região em estudo.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Regime pluviométrico médio mensal

O regime pluviométrico médio mensal na cidade de Belém-Pa, durante os períodos das Normais Climatológicas de 1956-1985 e 1986-2015 (Figura 01), mostra que existe um período mais chuvoso de dezembro a maio, ocorrendo maior concentração da precipitação com 73% em ambas as Normais climatológicas, nos totais médios anuais de precipitação, e um período menos chuvoso, abrangendo os demais meses do ano, com menor concentração, contribuindo com 27%, do total médio anual de precipitação, das respectivas Normais Climatológicas. Podemos afirmar que em Belém-PA, as fortes chuvas que ocorrem na região, no período mais chuvoso, são influenciadas pela massa equatorial continental, que condiciona movimentos convectivos dos alísios de nordeste e sudeste, Zona de Convergência Intertropical – ZCIT e no período menos chuvoso a precipitação observada na região é devido, aos efeitos locais, como aquecimento da superfície, que por sua vez provoca a formação de nuvens na região, fazendo de Belém-PA, cidade tradicionalmente reconhecida como sujeita as chuvas abundantes.

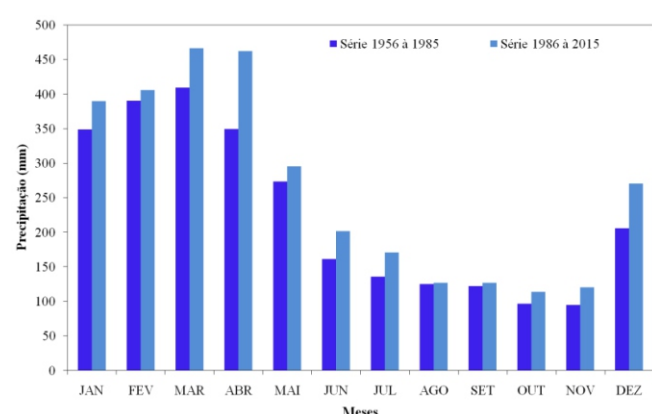


Figura 01- Regime Pluviométrico Médio Mensal das Normais Climatológicas, 1956-1985 e 1986-2015, para Belém-Pa

A Figura 02 mostra os valores extremos totais mensais, para as Normais Climatológicas, 1956 a 1985 e 1986 a 2015 e os valores máximos e mínimos de precipitação no período foram de 776 mm em fevereiro de 1980 e o valor mínimo mensal foi de 17 mm, em outubro e novembro de 1976 e 1983, para a Normal de 1956-1985; o valor máximo de 743 mm em março de 2012 e valor mínimo de 8 mm em outubro de 1997, para a Normal de 1986-2015. Os eventos fortes de El Niño de 1976, 1983 e 1997 influenciaram na redução da precipitação, como observado nos meses e nos anos menos chuvosos, das Normais Climatológicas e os eventos fortes de La Niña influenciaram em alguns dos períodos estudados, no aumento da precipitação, pois as maiores chuvas ocorreram em fevereiro de 1980 e em março de 2012, sendo esses anos influenciados pelo referido evento, porém não podem ser desprezados outros fatores de escala global, como a ZCIT e as linhas de instabilidades, e os efeitos locais e a expansão urbana desordenada.

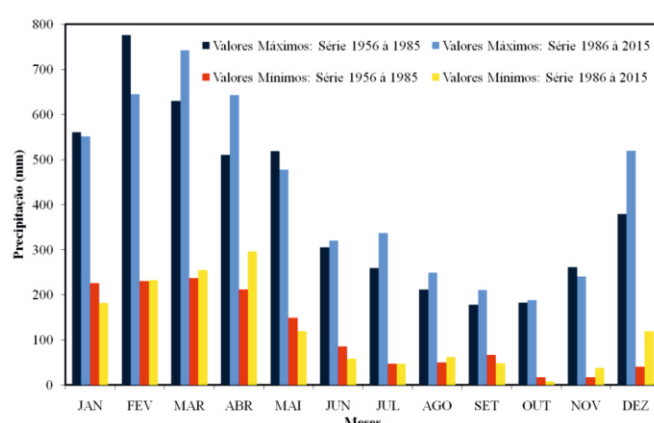


Figura 02- Regime Pluviométrico Total Mensal (Valores Extremos) das Normais Climatológicas, 1956-1985 e 1986-2015, para Belém-Pa

#### 3.2 Regime pluviométrico total anual

Os totais anuais de precipitação pluviométrica para as Normais Climatológicas para Belém do Pará (Figura 03) mostram uma variabilidade inter-anual, caracterizado por um movimento cíclico ao longo do período, com uma tendência de aumento nos totais anuais de precipitação. O total médio anual foi de 2714 mm e de 3150 mm para as Normais Climatológicas, respectivamente. O ano de 1985 foi o mais chuvoso com total anual de 3464 mm e o ano de 2013 com 3776 mm, respectivamente, e os mesmos estavam sob o efeito do evento forte da La Niña, enquanto que, os anos menos chuvosos foram 1958 com 2186 mm e o ano de 1995 com 2585 mm, respectivamente, e estavam sob efeito de evento forte do El Niño. Conclui-se que, a precipitação associada ao fenômeno El Niño, apresenta uma diminuição na incidência de chuvas, provocando secas severas, enquanto que, em anos sob a influência da La Niña, registram-se um excesso de chuvas com transbordamento dos rios, na cidade de Belém-Pa. Na Figura 03, observa-se ainda que, a média da Normal 1986-2015 apresenta aumento da precipitação pluviométrica anual, ou seja, uma elevação no total anual da precipitação, de aproximadamente 16%, em relação a Normal Climatológica de 1956 a 1985, bem como, tendência de aumento na precipitação para toda a série de dados (60 anos) de 16 mm, com flutuações em torno da média, através da regressão linear simples, com coeficiente de determinação,  $r^2 = 0,84$ . Com base nos cálculos estatísticos, de desvio-padrão (DP) e coeficiente de variação (CV), observa-se que, ocorreu uma significativa variabilidade, com DP de 387 mm e 355 mm, aproximadamente de 14% e 11% de variabilidade em relação ao CV, respectivamente, ou seja, pode-se inferir que existe maior variabilidade nas Normais de 1956-1985 do que na Normal de 1986-2015.

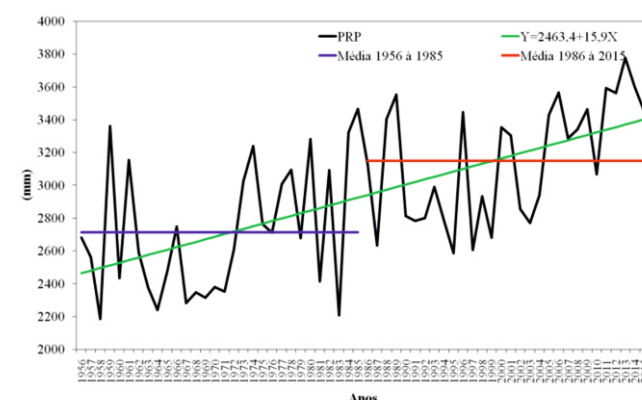
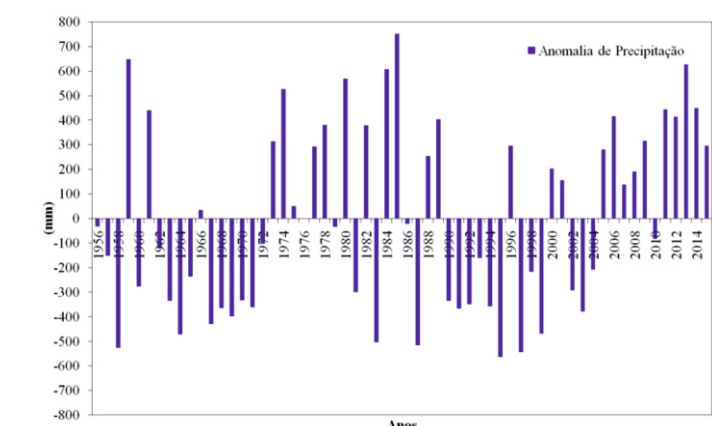


Figura 03 – Totais médios anuais de precipitação pluviométrica para as Normais Climatológicas, 1956-1985 e 1986-2015, para Belém-Pa.

Na Figura 04, observam-se as anomalias positivas e negativas em torno das médias climatológicas da precipitação, com maiores valores positivos nos anos de 1959 (+648 mm), 1985 (+751 mm) e 2013 (+626 mm), estando relacionados em alguns desses anos, com a ocorrência de eventos fortes da La Niña, ou seja, valores muito acima da média climatológica nos totais anuais, logo, maiores volumes de chuvas, enquanto que, nos anos 1958 (-527 mm), 1983 (-505 mm), 1995 (-564 mm) e 1997 (-545 mm), valores negativos, muito abaixo das médias das Normais Climatológicas, estando relacionados em alguns desses anos aos eventos fortes do El Niño, logo, tem-se escassez de chuvas, na região.



### 4. CONCLUSÕES

Analisando os resultados obtidos no estudo do clima urbano de Belém-Pa, através das Normais Climatológicas de 1956-1985 e 1986-2015, concluímos que: Os regimes pluviométricos médios mensais apresentam dois períodos distintos, um período mais chuvoso, de dezembro a maio e um período menos chuvoso de junho a novembro. O mês mais chuvoso foi março com 409 mm e 466 mm para as respectivas, Normais estudadas e o mês menos chuvoso foi outubro com 97 mm e 114 mm, respectivamente. Observou-se um aumento/redução dos dias de chuvas quando comparamos os dados calculados pelas Normais, bem como, a influência dos eventos climáticos extremos de El Niño (anomalia negativa) e da La Niña (anomalia positiva).

Na comparação entre os valores de precipitação pluviométrica entre as Normais Climatológicas é possível verificar aumento nos totais anuais de chuvas, onde o total médio da precipitação aumentou 16% na Normal de 1986-2015, quando comparado com a Normal de 1956-1985, e aumento de 16 mm através da regressão linear simples, com coeficiente de determinação,  $r^2 = 0,84$ . Com base nos desvio-padrão e coeficiente de variação, observou-se significativa variabilidade, alcançando valores de 14% e 11% de variabilidade em relação ao coeficiente de variação, respectivamente. Estes aumentos de elevação nos valores das precipitações devem estar sendo causados por fatores de grande escala, como ITCZ e eventos extremos de El Niño e La Niña que ocorreram nos períodos estudados, ou seja, em anos de El Niño, ocorre diminuição nos totais de chuvas, trazendo como conseqüências, secas severas e em contrapartida em anos de La Niña, ocorrem elevações nos totais pluviométricos, gerando grandes enchentes; por fatores de meso escala como as Linhas de Instabilidade formadas no nordeste do estado, e que entram pela região e por fatores de micro escala, como os efeitos locais e crescimento urbano desordenado, provocando aquecimento da superfície, e a formação de nuvens na região. Nesse sentido, o planejamento urbano adequado para a cidade de Belém-Pa, contribuiria para o melhor gerenciamento urbano, pois uma cidade que cresce de forma desordenada traz geralmente grandes transtornos no bem estar da população e, finalmente, que estudos sobre clima urbano das grandes cidades, permitam desenvolver um planejamento mais adequado e deveria a se ater a uma melhor ordenação do uso e ocupação do solo e a implantação de áreas verdes na região.

### 5. REFERÊNCIAS

- Cohen, J. C. P. Um estudo observacional de linhas de instabilidade na Amazônia. 1989. 153f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP.
- Fisch, G.; Marengo, J.; Nobre, C.A. Clima da Amazônia, Climanálise Especial. MCT/INPE/CPTEC, Cachoeira Paulista-SP, PP. 24-41, 1996.
- Lombardo, M. A. A ilha de calor nas metrópolis. O exemplo de São Paulo. SP. Ed. Hucitc, 1985.
- Krusche, N. & Saraiva, J. M. B. Normais climáticas provisórias de 1991 a 2000 para Rio Grande. Rio Grande, Ed. FURG, 2001.
- Oliveira, M. C. F.; Souza, P. F. S. Estudos das possíveis variações e mudanças climáticas em Belém - PA. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 10, Piracicaba - SP, 1999.
- Oliveira, M. C. F.; Mota, M. A. S.; Souza, P. F. S. Alterações dos elementos meteorológicos associados a ocorrência do fenômeno El Niño em Belém - PA. In: Simpósio Brasileiro de Climatologia e Geografia, Salvador-BA, 1998.
- Souza, J. A. J. Estudo da Temperatura nos Períodos Chuvosos e Menos Chuvosos no Aeroporto de Belém, em anos de El Niño e em anos de La Niña. TCC (Graduação em Meteorologia), Instituto de Geociências, FAMET, UFPA, 47 p. 2008.
- Varejão, M. A. S. Meteorologia e Climatologia. 2ª Ed. Ministério da Agricultura. Recife-PE. 2001.
- Vianello, R. L. ET. AL. Meteorologia Básica e Aplicações. 2ª Ed. Viçosa-MG:UFV, Imprensa Universitária. 1991.