

## **ESTUDO DO BALANÇO HÍDRICO NO ANO 2005 NO CONTEXTO DA SÉRIE CLIMATOLÓGICA DE 1977-2006, EM BELÉM-PARÁ**

WANDA MARIA DO NASCIMENTO RIBEIRO<sup>1</sup>, MARIA DO CARMO FELIPE DE OLIVEIRA<sup>2</sup>, JOSÉ RICARDO SANTOS DE SOUZA<sup>3</sup>, GALDINO VIANA MOTA<sup>3</sup>, VENIZE ASSUNÇÃO TEIXEIRA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Meteorologistas, mestrandas do PPGCA- Universidade Federal do Pará- UFPA, Av. Augusto Correa, N° 01, Guamá,e-mail: [wandaribeiro10@hotmail.com](mailto:wandaribeiro10@hotmail.com) <sup>2</sup> Prof<sup>ma</sup> Mestre da Faculdade de Meteorologia- UFPA, 3 Prof. Dr. da Faculdade de Meteorologia- UFPA.

Apresentado no XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia  
22 a 25 de Setembro de 2009 – GranDarrell Minas Hotel, Eventos e Convenções – Belo Horizonte  
– MG.

**RESUMO:** Este trabalho teve como objetivo estudar a relação entre os balanços hídricos em Belém - Pará, no período de 1977 a 2006, destacando o impacto da seca da Amazônia em 2005 no ciclo hidrológico de Belém. O objetivo foi identificar possíveis tendências climáticas, visando dar subsídios à população no que diz respeito às tomadas de decisões políticas e públicas. Para a realização deste trabalho foram utilizados dados de temperatura média mensal (TMED) e de precipitação pluviométrica total mensal (PRP) coletados pela rede de estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) - 2° DISME- Belém. Esses dados foram utilizados na elaboração do balanço hídrico climatológico de Belém, em 2005 e para a série climatológica de 1977 a 2006, empregando-se o método de Thornthwaite & Mather (1955), através do programa "BHnorm" elaborado em planilha EXCEL por Rolim et al. (1998). Observou-se no comportamento médio mensal da temperatura do ar e da precipitação pluviométrica, que ocorreu elevação desses elementos meteorológicos no ano de 2005, quando comparados com a série climatológica de 1977 a 2006. Esse trabalho mostrou também que a seca que ocorreu na Amazônia em 2005, não atingiu a cidade de Belém e sim as regiões do Sudoeste e Oeste do Estado do Pará.

**PALAVRAS-CHAVE:** precipitação, seca, Amazônia.

## **STUDY OF WATER BALANCE IN YEAR 2005 IN THE CONTEXT OF SERIES CLIMATOLOGY OF 1977-2006, IN BELÉM-PARÁ**

**ABSTRACT:** This work aimed to study the relationship between the water balance in Belém - Pará, in the period 1977 to 2006, highlighting the impact of the drought of Amazonia in 2005 in the hydrological cycle of Belém. The objective was to identify climate trends, to give subsidies to the population with regard to decision making and public policy. For this work we used data of monthly average temperature (TMEDA) and total monthly rainfall (PRP) collected by the network of meteorological stations of the National Institute of Meteorology (INMET) - 2-Belém Disma. These data were used in the preparation of water balance climatology of Bethlehem in 2005 and the climatological series from 1977 to 2006, using the method of Thornthwaite & Mather (1955), through the "BHnorm" prepared in Excel spreadsheets by Rolim et al. (1998). It was observed in the behavior of the average monthly air temperature and rainfall, which occurred elevation of meteorological elements in 2005, as compared to the climatological series from 1977 to 2006. This work also showed that the drought that occurred in the Amazon in 2005, did not reach the city of Bethlehem, but the Southwest and West regions of the State of Pará.

**KEY WORDS:** precipitation, drought, Amazon.

**INTRODUÇÃO:** A cidade de Belém é localizada as margens da Bahia do Guajará, na confluência com o Rio Guamá e a 160 km do Oceano Atlântico pela margem sul da Bahia do Marajó. Essa área urbana em torno da posição de latitude 1° 23' S, e longitude 48° 29' W, apresenta dois aspectos importantes do ponto de vista climático: baixa latitude e proximidade com o litoral. Na região tropical a precipitação é o elemento meteorológico de maior variabilidade. A precipitação pluviométrica anual varia intensamente de um local para outro, de modo que, o fracasso ou sucesso da produção agrícola depende principalmente do ciclo da precipitação pluviométrica. Com isso, o conceito de estação 'chuvosa' (dezembro a junho) e "seca" (julho a novembro) é válido nessa região. Por isso, regionalmente, a estação chuvosa é chamada popularmente de Inverno, e a estação seca de Verão (OLIVEIRA, 2003). Em 2005, constatou-se uma redução importante nos valores de precipitação sobre a Amazônia, atingindo principalmente as regiões oeste e sudoeste desta bacia, onde o nível de vários rios baixou significativamente (CPTEC e INMET, 2005). Por exemplo, os rios Acre, Madeira, Juruá e Solimões apresentaram cotas de nível substancialmente baixas (ANA 2006). Eventos de estiagem nestas regiões são raros, e os registros indicam que o ano de 2005 ocorreu o menor índice de precipitação das últimas décadas (CPTEC e INMET, 2005). O objetivo deste trabalho foi estudar a temperatura do ar e precipitação pluviométrica no ano de 2005 e comparar com a média da precipitação pluviométrica em 30 anos correspondentes ao período de 1977 a 2006, bem como o balanço hídrico proposto por Thornthwaite & Mather (1955), a fim de identificar possíveis tendências climáticas, visando dar subsídios à população e as tomadas de decisões das políticas públicas.

**MATERIAIS E MÉTODOS:** Para realização deste trabalho foram utilizados dados normais de temperatura média mensal (TMED) e de precipitação pluviométrica total mensal (PRP), pertencentes às redes de estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Esses dados foram utilizados na elaboração do balanço hídrico climatológico de Belém, correspondendo ao ano de 2005 e a média da precipitação pluviométrica em 30 anos (1977 a 2006), empregando-se o método de Thornthwaite & Mather (1955), através do programa "BHnorm" elaborado em planilha EXCEL por Rolim et al. (1998). Como capacidade de água disponível (CAD) utilizou-se o valor de 125 mm, a evapotranspiração potencial (ETP) e a evapotranspiração real (ETR), foram estimadas pelo método de Thornthwaite (1948). Como resultado, o balanço hídrico forneceu as estimativas da evapotranspiração real (ETR), da deficiência hídrica (DEF), do excedente hídrico (EXC) e do armazenamento de água no solo (ARM) para cada mês do ano, ou seja, forneceu a disponibilidade hídrica. Na definição do tipo climático, foram adotadas as classificações de Thornthwaite e Köppen. A primeira por ser mais racional???, dada a introdução da ETP e a segunda por ser mais usada. Os dados de temperatura do ar e precipitação pluviométrica foram analisados e manipulados em planilhas EXCEL, objetivando a geração de gráficos e tabelas.

**RESULTADOS E DISCUSSÕES:** De conformidade com as condições gerais do clima, segundo Köppen, a cidade de Belém-PA, encontra-se no grupo de clima tropical chuvoso, Af, onde as temperaturas médias dos meses nunca atingem valores abaixo de 18 °C e a precipitação sempre superior a 60 mm/mes. Segundo Thornthwaite, a cidade de Belém-PA encontra-se no grupo de clima B4 r, A', a', clima úmido com pequena ou nenhuma deficiência de água, megatérmico, e a concentração de verão da evapotranspiração, condicionam um regime térmico sem variação estacional. A Figura 1, mostra o comportamento da temperatura do ar média em 30 anos (1977 a 2006) e a temperatura do ar média mensal do ano de 2005, em Belém - Pa. Observamos um aumento de 3,3 % nas temperaturas de 2005, quando comparadas com a temperatura do ar média em 30 anos (1977-2006). A temperatura do ar média em 2005 foi de 27,2 °C e temperatura do ar média em 30 anos foi de 26,3 °C, com desvio padrão de 0,43°C e coeficiente de variação de 1,6%.

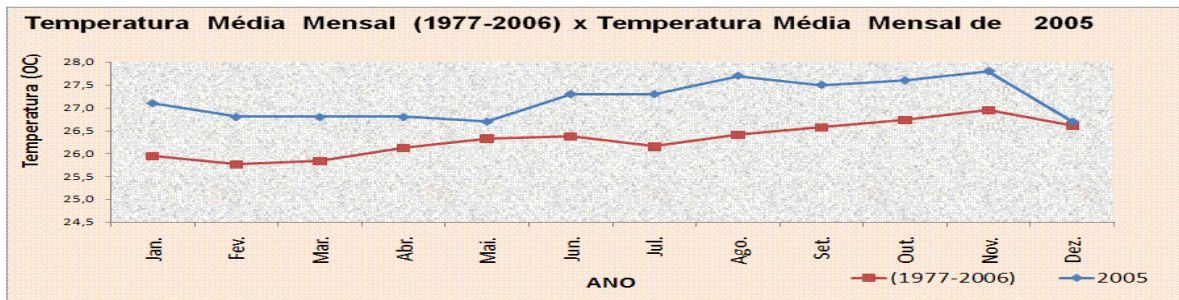


Figura 1. Representação gráfica temperatura média do ar no ano de 2005 e a temperatura média mensal em 30 anos (1977-2006).

A Figura 2, mostra o comportamento temperatura do ar média anual em 30 anos (1977-2006). Nela observa-se que a máxima ocorreu no ano de 1988 e foi de 27,34 °C e a mínima foi de 25,58 °C em 1985, podendo ser justificado pelos fortes eventos de **El Niño** e **La Niña**, respectivamente. Observa-se ainda que apartir de 1994 as temperaturas médias estiveram acima da média em 30 anos(1977-2006) que foi de 26,3° C. Esse aumento pode ser devido ao crescimento urbano desordenado da cidade de Belém, mostrando que o ano de 2005 não influenciou na temperatura media do ar em em Belém-PA

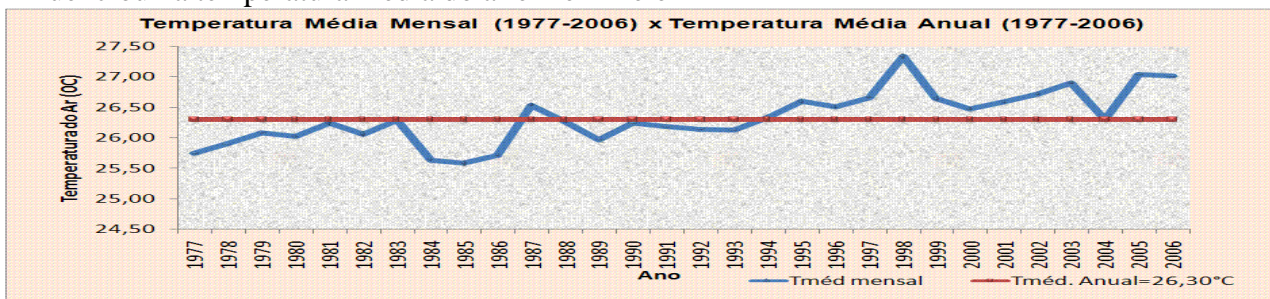


Figura 2. Representação gráfica da :temperatura do ar média anual de 1977-2006 ( linha azul), versus média da temperatura do ar em 30 anos (1977-2006)  $T=26,3^{\circ}\text{C}$  (linha vermelha), em Belém-PA.

Na Figura 3, observa-se o total médio mensal da precipitação pluviométrica em 30 anos (1977-2006) e precipitação pluviométrica mensal do ano de 2005. Verifica-se que, nos meses de janeiro, fevereiro ,março, agosto e novembro de 2005, ocorreu uma redução na precipitação de 274,1 mm e nos meses de abril, maio, junho, julho, setembro, outubro e dezembro , um aumento de 742,5 mm, ambos com relação à normal local. No total anual, esse aumento foi de 468,4mm , ou seja, um aumento de 15,28 % da precipitação no ano de 2005 quando comparado com a média dos 30 anos em estudo.O total anual da precipitação em 2005 foi de 3529 mm e a precipitação média em 30 anos foi de 3061 mm.

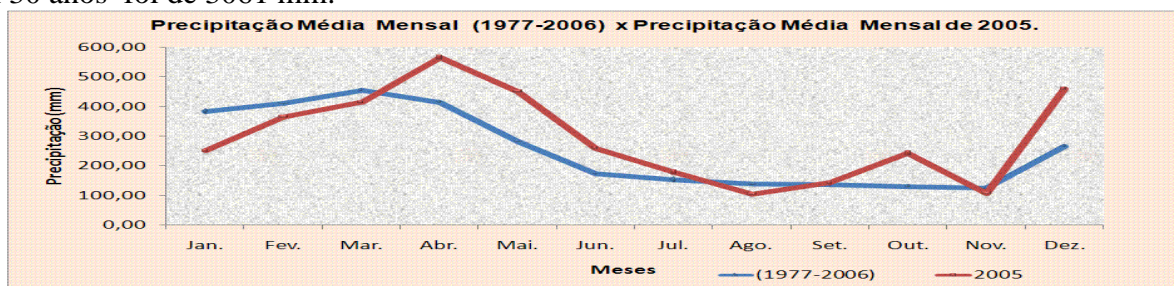


Figura 3. Representação gráfica da precipitação pluviométrica no ano de 2005 e a média mensal da precipitação pluviométrica em 30 anos (1977-2006) em Belém-PA.

A Figura 4 , mostra o comportamento anual da precipitação e observa-se que os valores máximos ocorreram nos anos de 1988 e 1989 ,com 3723,6 mm e 3786,9 mm , respectivamente; e o mínimo ocorreu no ano de 1983 com 2308,7 mm. Também observamos dois máximos secundários em

2005 e 2006 com 3529 mm e 3664 mm, respectivamente, mostrando também que a seca que ocorreu em 2005, não atingiu a cidade de Belém e sim as regiões do Baixo-Amazonas, conforme as pesquisas tem mostrado. A precipitação média anual em 30 anos (1977-2006) é de 3061,1 mm.

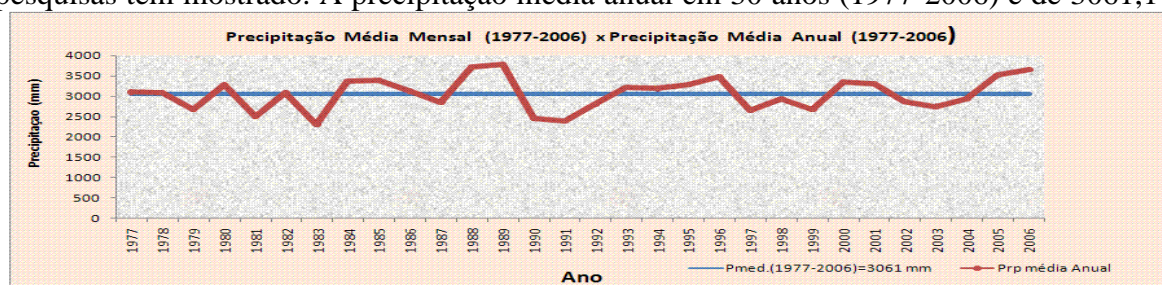


Figura 4. Representação gráfica da precipitação pluviométrica média anual de 1977-2006 (linha vermelha), versus precipitação média em 30 anos (1977-2006) =3061,10 mm (linha azul).

Através do balanço hídrico, segundo Thornthwaite e Mather(1955) , Figuras 5 e 6, observa-se que a cidade de Belém-PA, apresentou excedente de água bastante elevada, tanto no ano de 2005, quanto na precipitação média em 30 anos (1977-2006); com médias de 148,21 mm e 122,75 mm, respectivamente. A distribuição do déficit é insignificante, sendo em média de - 2,29 mm em 2005 e - 0,35mm em 30 anos (1977-2006), observando-se assim que, sempre quando acontece uma elevada precipitação anual indica que, uma localidade seja permanentemente úmida e portanto livre dos efeitos prejudiciais da estiagem.

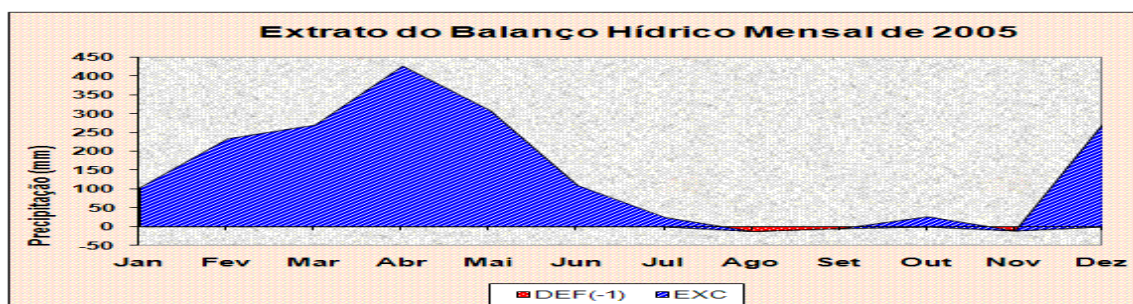


Figura 5. Representação gráfica do balanço hídrico do ano de 2005 em Belém-PA.

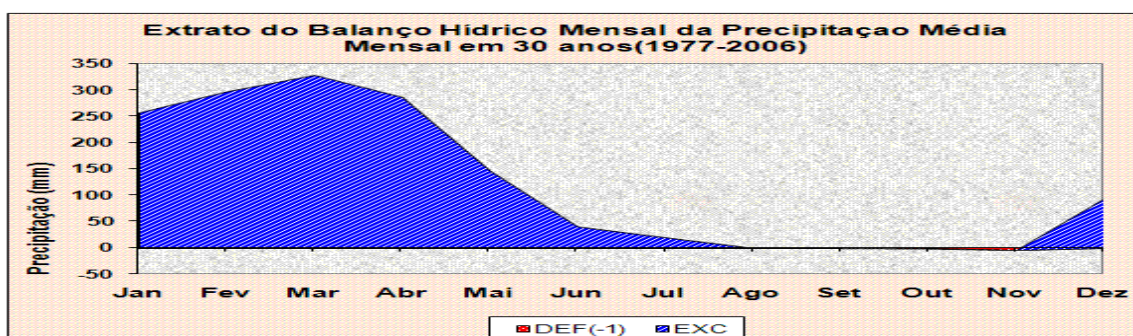


Figura 6. Representação gráfica do balanço hídrico da média mensal da precipitação pluviométrica em 30 anos ( 1977-2006) em Belém-PA.

A Figura 7 mostra a relação entre o Balanço Hídrico de 2005 e o balanço hídrico da precipitação média em 30 anos (1977-2006) em Belém-PA, onde pode-se observar claramente a relação entre o excedente, deficiência, retirada e reposição hídrica ao longo do ano. Nota-se também, nos meses de abril, maio, junho, julho, outubro e dezembro que o excedente hídrico em 2005 foi maior que a média em 30 anos ( 1977-2006).

**CONCLUSÕES:** Analisando os resultados, conclui-se que: No comportamento médio mensal da temperatura do ar e precipitação pluviométrica, observamos uma elevação tanto na temperatura do

ar quanto na precipitação no ano de 2005, quando comparado com a média da precipitação pluviométrica em 30 anos.No comportamento médio anual, observamos que no ano de 1988 ocorreram a maior máxima de temperatura e foi de 27,34° C e a mínima foi de 25,58° C em 1985, podendo ser justificado pelos fortes eventos de **El Niño** e **La Niña**, respectivamente. Observa-se ainda que apartir de 1994 as temperaturas médias estão acima da Normal Climatologica que foi de 26,3° C. Esse aumento pode ser devido ao crescimento urbano desordenado da cidade de Belém. Esse trabalho mostrou que a seca em outras partes da Amazônia no ano de 2005, não influenciou na temperatura media do ar em em Belém-PA.No comportamento médio anual da precipitação pluviométrica, observou-se que os valores máximos ocorreram nos anos de 1988 e 1989 , com 3723,6 mm e 3786,9 mm , respectivamente; e o minimo ocorreu no ano de 1983 com 2308,7 mm. Também pode-se destacar dois máximos secundários em 2005 e 2006 com 3529 mm e 3664 mm, respectivamente, mostrando também que a seca que ocorreu em 2005, nao atingiu a cidade de Belém e sim as regiões do Baixo Amazonas, conforme outras pesquisas tem mostrado.A disponibilidade hidrica tambem evidenciou boas condições de água no solo, com um excedente hidrico considerável. O tipo climatico definido para Belém-PA, segundo Köppen um clima úmido, com índices pluviométricos elevados e segundo Thornthwaite, o tipo de clima úmido com pequena ou nenhuma deficiência hidrica. Devido à forte influencia local da ZCIT, essa característica se manteve, apesar das deficiencias hídricas observadas em outras ares da Amazônia no ano de 2005.

**AGRADECIMENTOS:** ao INMET, pelos .dados meteorológicos ,pois sem os mesmos não seria possível a realização desse trabalho.

#### **REFERÊNCIAS:**

- CAMARGO, A.P. Balanço hídrico no Estado de São Paulo. Campinas: IAC, 1971. 28p. (Boletim Técnico, 116).
- CARDOSO, M.F.; Oliveira .G.S. de; Nobre.C. A.;Comparação entre a ocorrência de fogo durante a Seca de 2005 e o El Niño em 1998 na Amazônia. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 4425-4429.
- DEUS.M.R.M.de; Influência do Fenômeno EL Niño na temperatura do ar e precipitação pluviométrica ocorrida nos anos de 1987e 1997 na cidade de Belém-PA. 1999. 0 f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Meteorologia) - Universidade Federal do Pará. Orientador: Maria do Carmo Felipe de Oliveira
- OLIVEIRA ,L.L. et all. Estudo do Comportamento da Precipitação Pluviométrica nos diversos períodos do dia em Belém-PA- I Simpósio de Recursos Hídricos da Amazônia,2003 , Manaus-Am, Núcleo de Hidrometeorologia-SECTAM.
- OLIVEIRA, M. C. F. ; OLIVEIRA, M. C. F. . Possiveis Alterações Climáticas em Belém-PA Devido a ocupação Urbana Desordenada. In: III Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, 1998, Salvador, 1998.
- PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; SEDIYAMA, G.C. Evapotranspiração. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183p.
- ROLIM,G.S.,SENTELHAS,P.C.,BARBIERI, V.Planilhas no ambiente EXCEL<sup>TM</sup> para os cálculos de balanços hídricos:normal,seqüencial,de cultura e de produtividade real e potencial.Revista Brasileira de Agrometeorologia,Santa Maria,v. 6,n.1,p133-137,1998.
- SENTELHAS,P.C. et all . BHBrasil - Balanços Hídricos Climatológicos De 500 Localidades Brasileiras <http://ce.esalq.usp.br/nurma.html>
- SOUZA,P.F.S & OLIVEIRA,M.C.F.Estudo das possíveis variações e Mudanças climáticas em Belém-PA. Anais do X Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, p.410-412,1997.
- THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water balance. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1955. 104p. (Publications in Climatology, vol. VIII,n.1).