

DESENVOLVIMENTO DE UM ALGORITMO CAPAZ DE EFETUAR BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO, E ESTUDO DE CASO PARA DOIS CENÁRIOS DO NORDESTE BRASILEIRO

Fernanda Casagrande¹; Douglas Lindemann², Rose Ane Pereira de Freitas³; Fábio Dall Cortivo⁴; Leandro Casagrande⁵ Nélia Kainara Rodrigues Cardoso⁶

¹ Meteorologista, Doutoranda em Ciência do Sistema Terrestre (CST) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) – Avenida dos Astronautas 1758 – Jd Granja– São José dos Campos – SP- Brasil, email: fernanda.casagrande@inpe.br

² Meteorologista, Mestrando em Meteorologia Agrícola, DEA, UFV, Fone (31) 3899-1890, douglasdasilva.lindemann@gmail.com;

³ Meteorologista, Bolsista DTI, Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais (CRS) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) – Avenida Roraima 1000 – Camobi – Sala 2007 – Santa Maria – RS- Brasil, email: rosefreitas78@gmail.com

⁴ Matemático, Doutorando em Computação Aplicada (CAP) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) – Avenida dos Astronautas 1758 – Jd Granja– São José dos Campos – SP- Brasil, email: fabio.cortivo@lac.inpe.br

⁵ Agrônomo, Doutorando em Ciência do Sistema Terrestre (CST) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) – Avenida dos Astronautas 1758 – Jd Granja– São José dos Campos – SP- Brasil, email: leandro.casagrande@inpe.br

⁶ Meteorologista, Doutoranda em Física - Centro de Ciências Exatas e Naturais - Universidade Federal de Santa Maria - Avenida Roraima 1000 – Camobi – Sala 2007 – Santa Maria – RS- Brasil

Apresentado no XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 18 a 21 de Julho de 2011
– SESC Centro de Turismo de Guarapari, Guarapari – ES

ABSTRACT The article aims to make the climatic water balance in two distinct regions of Northeast Brazil. A region located in the coastal zone (Rio Largo - AL), and another located in the arid zone (Arapiraca - AL). The methodology used to calculate the ETP (Evapotranspiration Potential) and the climatic Water Balance have been proposed by Thornthwaite (1948) and Thornthwaite and Matter (1955). The advantage of this method is to use only air temperature as independent variable. In this sense an algorithm using FORTRAN 90 was created so that the calculations were made quickly and practice and for future use of the methodology. The results show that the wet season is concentrated during the months of may, june and july, accounting for more than 50% of total annual rainfall in the two scenarios. It was also possible through empirical formulas to calculate the ETP, and make the water balance climatological obtaining an indication of water availability in the region that can be used for the rational use of water resources.

Palavras-chave: Disponibilidade hídrica, Thornthwaite, Evapotranspiração potencial.

1 – INTRODUÇÃO

O Balanço Hídrico climatológico (BH) é uma excelente ferramenta para estimativa da disponibilidade hídrica em uma região, seu cálculo é de fundamental interesse para diversas áreas como: planejamento de atividades agrícolas, zoneamento agroclimatológico, dimensionamento de sistemas de irrigação e de bacias hidrográficas. O Nordeste Brasileiro (NEB) sofre constantemente com a escassez de água, no entanto em algumas regiões, o problema não é o total anual de precipitação pluviométrica que em média é elevado e sim a sua irregularidade da distribuição da mesma durante o ano. A análise o BH climatológico em regiões distintas do NEB justifica-se devido à necessidade da racionalidade no uso dos recursos hídricos.

Segundo Pereira et al. (2002), o BH climatológico, é a contabilização da água do solo, resultante da aplicação do princípio de conservação de massa em um volume de solo vegetado. A variação do armazenamento de água no volume considerado (Δ ARM), por intervalo de tempo, representa o balanço entre o que entrou e o que saiu de água dentro do volume de controle. Admite-se que esse volume de controle seja representativo de toda a área

em estudo, e no caso do BH climatológico, essa área é aquela representada pelo ponto de medida dos elementos climáticos, principalmente a chuva.

O BH climatológico descrito por Thornthwaite & Matter (1955), é uma das diversas maneiras de se monitorar o armazenamento de água no solo. Partindo-se do suprimento natural de água ao solo, simbolizado pelas chuvas (P), da demanda atmosférica, simbolizada pela evapotranspiração potencial (ETP), e com uma capacidade de água disponível do solo (CAD), fornecendo estimativas da evapotranspiração real (ER), deficiência (DEF) e excedente (EXC) hídrico, e do armazenamento de água no solo (ARM), em escala diária mensal, ou decendial.

Para que se efetue BH é necessário que se conheça os valores de ETP. A análise da ETP é o processo mais indicado para se estimar as perdas por transpiração da planta e por evaporação do solo. Existem diversos métodos para estimar ETP, segundo Pereira et al. (1997), os métodos podem ser agrupados em cinco categorias: Empírico, Aerodinâmico, Balanço de Energia, Combinados, e Correção entre os Turbilhões. A escolha do método depende da disponibilidade de dados na região de estudo. O Método de Thornthwaite (1948) para estimativa da ETP tem a vantagem de utilizar apenas a temperatura do ar como variável independente.

Conforme Pereira et al. (1997), o método de Thornthwaite é apropriado para estimativa da ETP, se as condições da área de bordadura forem consideradas. No entanto ele não é adequado para condições de oásis, resultando em subestimação, e essa última condição, é a mais freqüente em condições experimentais. A pesquisa teve como objetivo desenvolver e disponibilizar um algoritmo em FORTRAN 90 capaz de efetuar os cálculos da Evapotranspiração Potencial (ETP) e Balanço Hídrico Climatológico mensal (BH), e como estudo de caso, comparamos duas regiões distintas no Nordeste Brasileiro (NEB), uma no município de Rio Largo – AL, localizado na zona costeira do estado de Alagoas, e outra localizada no município de Arapiraca – AL, agreste alagoano.

2 - MATERIAL E MÉTODOS

Foi feito um algoritmo em FORTRAN 90 para o cálculo da ETP, e do BH climatológico, utilizando metodologia proposta por Thornthwaite (1948), e por Thornthwaite e Mather (1955). A metodologia utilizada para efetuar o cálculo da ETP utiliza apenas a temperatura do ar como variável independente, já para o cálculo do BH climatológico é necessário colocar como dados de entrada os valores da ETP e da Precipitação pluviométrica. Logo o algoritmo dividiu-se em 2 cálculos, o primeiro que efetuava cálculos e de ETP e o segundo que efetuava os cálculos para gerar os valores da tabela do BH climatológico, no caso da estação automática fornecer os dados de ETP, é possível efetuar pelo algoritmo apenas os valores da tabela do BH climatológico.

O método de Thornthwaite para o cálculo da ETP está representado pelas Eqs. 1 e 2:

$$1) ETP = 16 [10 (Tn/I)]^a$$

$$2) ETP = -415,85 + 32,24Tn - 0,43Tn^2 \quad Tn \geq 26,5^\circ\text{C}$$

em que:

ETP - evapotranspiração potencial padrão, mm d⁻¹

Tn - temperatura média do mês, °C

I - índice que expressa o nível de calor disponível na região.

Segundo Pereira et al. (1997), o valor de I depende do ritmo anual da temperatura (preferencialmente com valores normais), sendo o efeito térmico de cada mês calculado pela Eq. 3.

$$I = \sum_{n=1}^{12} (0,2 T_n)^{1,514} \quad (3)$$

O expoente "a" é função de I, e também é um índice térmico regional podendo ser calculado pela Eq. 4:

$$a = 6,75 \cdot 10^{-7} I^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} I^2 - 1,7912 \cdot 10^{-2} I + 0,49239$$

Os dados meteorológicos utilizados para o município de Rio Largo – AL, foram obtidos pela Estação Meteorológica da Área Experimental do Campus Delza Gitaí, pertencente ao Centro de Ciências Agrárias - CECA, da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), no município de Rio Largo, AL (Latitude: 9°29'45", Longitude: 35°49'54", Altitude: 165m), com dados de 1973 a 2001. Os dados meteorológicos utilizados para o município de Arapiraca – AL, foram obtidos pela Secretaria do Estado de Agricultura, Abastecimento e Pesca de Alagoas (SEAP), Estação Experimental de Arapiraca (Latitude: 09°44'06", Longitude: 36°46'48", Altitude: 248m), com dados de 1971 a 2006. O algoritmo acima citado é disponibilizado por email (fernanda.casagrande@inpe.br)

3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados mostram que existe uma grande variação entre a média anual de precipitação pluviométrica para os dois municípios, conforme as Figs. 1 e 2, onde foi observado uma média anual de precipitação pluviométrica de 1815 mm para o município de Rio Largo - AL, e 709 mm para o município de Arapiraca – AL. Nos dois municípios as chuvas são concentradas nos meses de maio, junho e julho, correspondendo a cerca de 50% do total anual. Esses resultados concordam com os resultados propostos por Lameiras (1985), que afirma em seu trabalho que o grande problema da região do NEB, quanto à precipitação pluviométrica, não é o total anual, que em media é elevado, mas sim, a irregularidade da distribuição da mesma durante o ano. Segundo Molion & Bernardo (2002), as chuvas da região da zona costeira de Alagoas são beneficiadas pelas brisas terrestres e marítimas, explicando em parte essa grande variação entre os valores encontrados no agreste e na zona costeira do estado.

Quanto aos valores de ETP, conforme a Fig. 2, no município de Arapiraca – AL os menores valores foram observados nos meses mais chuvosos (maio, junho e julho), na ordem de 95,3mm, 83,8 mm, 78,6 mm, respectivamente, e o valor máximo foi de 159,3 mm observado no mês de março, com total médio anual na ordem de 1480,7 mm. No município de Rio Largo – AL, o total anual de ETP apresentou valor próximo ao observado no município de Arapiraca – AL, apresentando um valor máximo de 151 mm, no mês de janeiro, e um valor mínimo de 88 mm no mês de julho.

A análise do BH climatológico mostrou que o período úmido ($P - ETP > 0$) na região de Rio Largo – AL, conforme a Fig. 1, concentrou-se nos meses de abril a setembro, onde pode ser identificado um armazenamento máximo de água no solo ($CAD = 100\text{mm}$), nos meses de abril a agosto. O período de déficit hídrico (Fig.3) no município são os meses de outubro a março, possuindo um máximo de déficit na ordem de 94 mm (mês de dezembro). O período de excesso hídrico observado foi de abril a setembro, com um máximo observado em

julho na ordem de 242 mm. Os valores de ER oscilaram entre 55 mm no mês de dezembro a um valor máximo de 137 mm no mês de março (Fig. 2).

A análise do BH climatológico para o município de Arapiraca – AL, mostrou que o período úmido concentrou-se nos meses de maio, junho e julho possuindo armazenamento máximo de água no solo (CAD= 100mm), nos meses de junho e julho (Fig 1). Os valores da ER encontrados oscilaram entre 0,2 mm no mês de fevereiro e 95 mm no mês de maio (Fig.2). Os meses de junho e julho foram os únicos que apresentaram excedente hídrico, na ordem de 37,8 e 45,1 mm. O maior valor de déficit hídrico encontrado foi no mês de dezembro, na ordem de 152,1 mm (Fig.3).

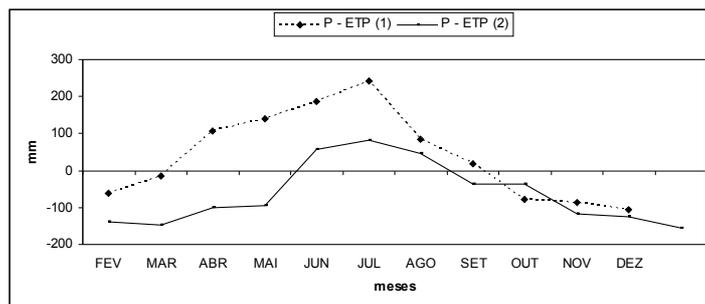


Figura 1 - Representação do período úmido (valores positivos) e seco (valores negativos) para os municípios, (1): para o município de Rio Largo – AL, e (2): para o município de Arapiraca – AL.

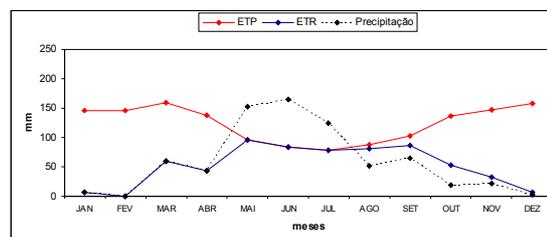
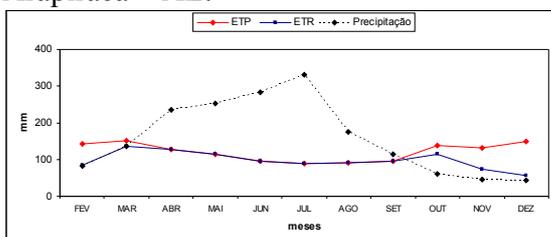


Figura 2 - (esq.) Representação gráfica do BH climatológico, para o município de Rio Largo – AL, (dir.) para o município de Arapiraca – AL.

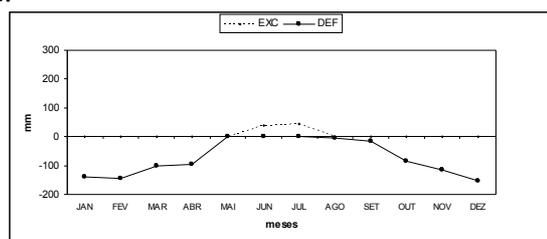
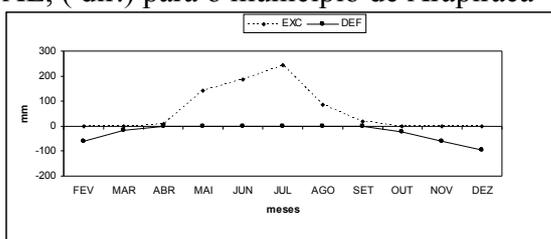


Figura 3 - Extrato do BH climatológico. (esq.) município de Rio Largo – AL, (dir.) município de Arapiraca – AL.

4 – CONCLUSÕES

Existe uma grande variação no total pluviométrico anual nos dois municípios. O período úmido concentra-se nos meses de maio, junho e julho, sendo responsável por mais de 50 % do total pluviométrico anual nos dois cenários. Também foi possível através fórmulas empíricas calcular o valor do ETP, e efetuar o BH climatológico obtendo-se um indicativo da disponibilidade hídrica na região podendo esse ser utilizado para o uso racional dos recursos hídricos. O algoritmo viabiliza o cálculo rápido e prático do BH climatológico em outras regiões.

5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LAMEIRAS, A.T. de M. Análise do sistema de coleta de informações climáticas do Planalsucar. Simpósio de avaliação da agroindústria da cana-de-açúcar no estado de Alagoas, 2, Rio Largo – AL, 1985.

MOLION, L. B. & BERNARDO, S. O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste Brasileiro. Revista Brasileira de Meteorologia, v.17, n.1,1- 10,2002

PEREIRA, A.R. et al Evapo(transpi)ração. FEALQ. 1997. 183p.

PEREIRA, A. R. et al. Agrometeorologia: Fundamentos e Aplicações práticas. Guaíba: Agropecuária, 2002.

THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. Geogr. Review. 38:55-94, 1948.

THORNTHWAITE, C. W. & MATHER, J. R. The water balance. Publications in Climatology. New Jersey, Drexel Inst. of Technology, 104 p. 1955.