



BALANÇO HÍDRICO E CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA PARA UMA DETERMINADA REGIÃO DE CHAPADINHA-MA

Mádilo Lages Vieira Passos¹, Geraldo Cesar Zambrzycki², Reginaldo Sérgio Pereira³

RESUMO

Baixas na produtividade agrícola mundial, são em grande parte, ocasionadas por déficits hídricos. Avaliar a período em que ocorre a época de estiagem, é um importante fator para que o impacto sobre culturas agrícolas seja mitigado, sendo que uma das formas do monitoramento de água no solo é a estimativa do balanço hídrico climático (BHC). A enorme carência de estudos sobre parâmetros climáticos para o município de Chapadinha – MA, dificulta as atividades agrícolas no município. O objetivo deste trabalho é apresentar o balanço hídrico climático e a classificação do clima para o município de Chapadinha - MA. Neste estudo foram utilizados uma série de dados históricos entre os anos de 1976 (início de operações da estação meteorológica no município) a 2015, da precipitação pluviométrica média mensal e temperatura, sendo excluídos dados omitidos. Para o cálculo do balanço hídrico climatológico foi adotado o valor de 100 mm para a capacidade de água disponível (CAD). A classificação climática foi feita por meio dos valores do índice hídrico (Ih), índice de aridez (Ia) e índice de umidade (Iu). A evapotranspiração real atingiu 1078,62 mm e verificou-se um déficit hídrico anual de 723,8 mm, apresentando grande variabilidade, por ser distribuído em sua totalidade ao longo do período que abrange a estação seca na região (junho a dezembro), indicando a necessidade de irrigação nessa época.

Palavras-chave: Deficiência Hídrica, Produtividade, Elementos Meteorológicos.

WATER BALANCE AND CLIMATE CLASSIFICATION FOR A PARTICULAR CHAPADINHA-MA REGION

ABSTRACT

¹ Graduando em Engenharia Agrícola - CCAA, UFMA, CEP 65500-000, Chapadinha – Maranhão, Brasil, madilolages@hotmail.com.

² Professor Centro de Ciências Exatas e Tecnologia – CCET, UFMA, CEP 65800-000, Balsas – Maranhão, Brasil, alvinegro_2@hotmail.com.

³ Professor do Departamento de Engenharia Florestal - PGEFL, UnB, CEP 70910-900, Brasília – Distrito Federal, Brasil, reginaldosp@unb.br.

Low in global agricultural productivity, are largely caused by water deficits. Evaluate the period in which the dry season, is an important factor in the impact on crops is mitigated, and one of the water monitoring in the soil forms is the estimation of the water balance (BHC). The huge lack of studies on climatic parameters for the municipality of Chapadinha - MA hampers agricultural activities in the municipality. The aim of this paper is to present the climatic water balance and classification climate for the municipality of Chapadinha - MA. This study used a number of historical data between the years 1976 (the beginning of the meteorological station operations in the city) to 2015, the average monthly rainfall and temperature, and omitted data deleted. For the calculation of climatic water balance was adopted the value of 100 mm for the available water capacity (CAD). Climate classification was made through the values of the water index (Ih), aridity index (Ia) and moisture content (Iu). The actual evapotranspiration reached 1078.62 mm and there was an annual water deficit of 723.8 mm, showing a great variability, to be distributed in its entirety over the period covering the dry season in the region (June to december), indicating the need for irrigation at that time.

Keywords: Water Stress, Productivity, Meteorological Elements.

INTRODUÇÃO

O clima de uma certa região pode ser entendido como o estudo médio das condições atmosféricas em um período específico, sendo que esse estudo precisa compreender o maior número de dados possíveis (INMET, 2015).

A produtividade agrícola é relacionada as condições climáticas, de tal modo para a obtenção do máximo rendimento de culturas agrícolas, é imprescindível o monitoramento dos elementos meteorológicos em todas as fases do desenvolvimento da lavoura.

A agricultura é a principal atividade produtora responsável pelo desenvolvimento socioeconômico de vários municípios da mesorregião do Alto Muniim maranhense. A microrregião que compreende os municípios de Chapadinha, Brejo, Mata Roma, Anapurus, Buriti, Milagres do Maranhão, São Benedito do Rio Preto, Belágua e Urbano Santos, é responsável por 78% da produção de soja do Leste maranhense (NOGUEIRA et al., 2012).

Avaliar o comportamento agroclimático de uma certa localidade é a principal etapa do planejamento científico agrícola. A estimativa do balanço hídrico climático e a classificação do clima são ferramentas agroclimáticas indispensáveis na determinação da aptidão de áreas para culturas agrícolas e no planejamento de sistemas de irrigação.

A precipitação pluviométrica é o principal meio da entrada de água no sistema agrícola,

sendo fundamental para o entendimento da dinâmica hídrica do meio e pode ser utilizada como um indicador de épocas mais adequadas para a semeadura (BARRETO et al., 2014). A instabilidade no regime pluviométrico, principalmente a má distribuição espacial e temporal, e elevadas taxas de evapotranspiração, são fatores limitantes a atividade agrícola no Nordeste brasileiro (LE MOS; BOTELHO, 2010).

O balanço hídrico é uma das várias formas de monitoramento do armazenamento de água no solo, a partir do qual são determinadas as épocas de deficiência e excedente hídrico, a reposição e a retirada da água do solo e também a classificação climática, assim pode-se identificar períodos cruciais, dentro de um determinado espaço de tempo (JESUS, 2015). MATOS et al. (2014) afirmaram que elaborar o balanço hídrico climático para uma região é de suma importância para o planejamento das formas de manejo do solo e água.

De acordo com Silva et al. (2014) existem diversos sistemas de classificação climática, dentre os quais destaca-se o Sistema de Classificação Climática (SCC) de Thornthwaite (1948), que utiliza índices definidos com base no balanço hídrico climático (BHC). Segundo Rolim et al. (2007), o SCC de Thornthwaite, é o mais adequado no âmbito agrícola, porque considera a planta como um meio físico pelo qual é possível conduzir água do solo para atmosfera.

BALANÇO HÍDRICO E CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA PARA UMA DETERMINADA REGIÃO DE CHAPADINHA-MA

Classificar o clima de determinada região é definir os limites geográficos dos diferentes tipos de clima e é suficiente para avaliação do crescimento de plantas e animais, porém, não auxilia na previsão do tempo (CUNHA; MARTINS, 2009).

Diversos trabalhos já foram desenvolvidos utilizando o método de classificação agroclimática e estimativa do BHC de Thornthwaite e Mather (1955). Os autores Medeiros et al. (2013), utilizaram a metodologia, para estimar o balanço hídrico e classificar climaticamente a área produtora de banana do município de Barbalha, CE, e mostraram que a região tem aptidão para o cultivo, por ter uma boa disponibilidade hídrica no solo durante o ano.

O objetivo da pesquisa foi calcular o balanço hídrico climatológico e classificar climaticamente o município de Chapadinha- MA, pelo método de Thornthwaite e Mather (1995).

MATERIAL E MÉTODOS

O balanço hídrico climatológico foi realizado para o município de Chapadinha / MA, situado na microrregião do Alto Munim, a partir dos dados da Estação climatológica convencional do INMET, cujas coordenadas $3^{\circ}44'30''$ S e $43^{\circ}21'37''$ O, e altitude de 105 metros (Figura 1).

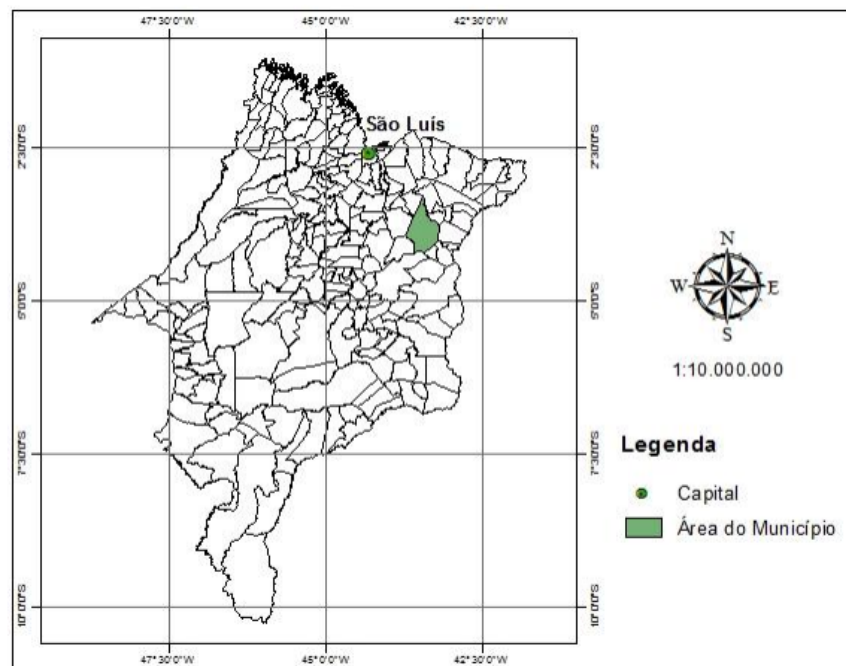


Figura 1: Mapa de localização do município de Chapadinha.

O município de Chapadinha possui uma área de 3247 km², uma população de aproximadamente 77684 habitantes e uma densidade demográfica de 22,56 habitantes km⁻² (IBGE, 2015). Limita-se ao Norte com os municípios de Urbano Santos e São Benedito do Rio Preto, ao Sul com Codó e Timbiras, a Leste com Mata Roma, Buriti, Coelho Neto, Afonso Cunha e Aldeias Altas e a Oeste com Nina Rodrigues e Vargem Grande (GOOGLE MAPS, 2015).

O clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo tropical quente e úmido (Aw), com temperatura média anual superior a 27 °C e precipitação pluvial média anual de 1835 mm, com períodos de chuva entre os meses de janeiro e junho e de seca de julho a dezembro; a umidade relativa do ar anual fica entre 73 e 79 %. As altitudes variam bastante, possui relevo ondulado a suave ondulado (MARANHÃO, 2002). A vegetação predominante da região de estudo é do tipo Cerrado, com uma composição florística diversificada e

passando por formas como o campo cerrado, cerrado ralo, cerrado típico e cerrado denso (IBGE, 2012).

Para a execução do cálculo do balanço hídrico climatológico (BHC), foi adotado o valor de 100 mm para a capacidade de água disponível no solo (CAD) e utilizados valores médios mensais de temperatura e precipitação pluviométrica desde 1976 a 2015 fornecidos pela estação meteorológica convencional 82382 do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A evapotranspiração potencial (ETP) foi estimada pelo método proposto por de Thornthwaite e Mather (1955).

Por meio dos valores de precipitação pluviométrica e evapotranspiração potencial, foi possível estimar a evapotranspiração real (ETR), o armazenamento de água no solo (ARM), a deficiência hídrica (DEF) e o excedente hídrico (EXC).

A partir dos dados diários históricos do balanço hídrico entre os anos de 1976 (início de operações da estação meteorológica no município) até 2015, a classificação climática de acordo com Thornthwaite (1948), foi feita por meio dos valores do índice hídrico (Ih), que depende do EXC e da ETP total anual, do índice de aridez (Ia), obtido a partir da relação entre a DEF e ETP total, do índice de umidade (Iu), calculado em função do Ih e do Ia e da ETP total anual e de verão.

O índice hídrico foi obtido por meio da equação 1:

$$Ih = \frac{EXC}{ETP} 100 \quad (1)$$

Em que:

EXC = excedente hídrico, em mm;

ETP = evapotranspiração total, em mm.

O índice de aridez foi calculado conforme equação 2:

$$Ia = \frac{DEF}{ETP} 100 \quad (2)$$

Em que:

DEF = deficiência hídrica, em mm;

ETP = evapotranspiração total, em mm.

O índice de umidade foi obtido através equação 3:

$$Iu = Ih - 0,6Ia \quad (3)$$

Em que:

Ih = índice hídrico;

Ia = índice de aridez.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A posição geográfica, associada a fatores climáticos, geológicos, pedológicos, fitoecológicos, geomorfológicos e hídricos, condicionou uma grande complexidade ambiental no município de Chapadinha /MA, onde se sucedem no eixo espacial Leste-Oeste um complexo, as formações da Caatinga na região Leste, uma variedade de ambientes de transição ecológica na Oeste com as formações amazônicas.

Os resultados obtidos no balanço hídrico climático são exibidos na Tabela 1 e Figuras de números 2 a 5, onde verifica-se a variabilidade anual e valores médios de temperatura (T), precipitação pluviométrica (P), evapotranspiração potencial (ETP), armazenamento de água no solo (ARM), evapotranspiração real (ETR), excedente hídrico (EXC) e deficiência hídrica (DEF).

Tabela 1: Balanço hídrico climatológico pelo método de Thornthwaite e Mather (1955) para o período de 1976 a 2015. Chapadinha - MA.

Mês	T (°C)	P (mm)	ETP (mm)	P- ETP (mm)	NEG.AC (mm)	ARM (mm)	ALT (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
Jan	27,7	209,3	154,7	54,7	-60,3	54,7	54,7	154,6	0,0	0,0
Fev	27,2	267,8	134,4	133,4	0,0	100,0	45,3	134,4	0,0	88,1

BALANÇO HÍDRICO E CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA PARA UMA DETERMINADA REGIÃO DE CHAPADINHA-MA

Mar	27,0	350,9	146,8	204,1	0,0	100,0	0,0	146,8	0,0	204,1
Abr	27,1	319,9	140,6	179,3	0,0	100,0	0,0	140,6	0,0	179,3
Mai	27,1	208,0	144,9	63,1	0,0	100,0	0,0	144,9	0,0	63,1
Jun	26,9	68,7	137,5	-68,7	-68,5	50,4	-49,6	118,3	19,1	0,0
Jul	27,0	36,4	144,0	-	-176,1	17,2	-33,2	69,6	74,4	0,0
				107,6						
Ago	27,9	11,7	151,9	-	-316,3	4,2	-13,0	24,7	127,3	0,0
				140,2						
Set	28,8	6,4	156,0	-	-465,9	1,0	-3,3	9,7	146,3	0,0
				149,6						
Out	29,3	13,8	166,0	-	-618,1	0,2	-0,7	14,5	151,5	0,0
				152,2						
Nov	29,3	33,5	161,2	-	-745,8	0,1	-0,2	33,7	127,6	0,0
				127,7						
Dez	28,9	86,8	164,6	-77,8	-823,6	0,0	-0,0	86,8	77,6	0,0
Total	-	1613,2	1802,5	-	-	527,8	0,0	1078,6	723,8	534,6
				189,2						

T = Temperatura do ar; P = Precipitação; ETP = Evapotranspiração Potencial; P-ETP = Quantidade de água que permanece no solo; NEG.AC = Negativo Acumulado; ARM = Armazenamento de água no solo; ALT = ARM_{atual} - ARM_{anterior}; ETR = Evapotranspiração real; DEF = Deficiência Hídrica e EXC = Excedente Hídrico.

De acordo com a Tabela 1, observa-se que os meses com temperaturas médias mensais mais elevadas são os de outubro e novembro, ambos com 29,3 °C e o mais frio o mês de junho com média térmica de 26,9 °C. A temperatura média anual encontrada para o município foi a de 27,9 °C, apresentando baixa variabilidade temporal.

Verificou-se uma má distribuição pluviométrica, sendo que a precipitação atingiu valores médios anuais de 1613,2 mm (Figura 2), apresentando elevada variabilidade temporal. Observou-se duas estações bem definidas, uma chuvosa, que se estende ao longo dos meses de janeiro a maio, concentrando aproximadamente 84% do total acumulado, com índices de precipitação pluviométrica acima de 200 mm nestes meses, e a estação seca que ocorre entre os meses de junho a dezembro contribuindo com apenas 16% da precipitação, em relação ao total. Se verifica ainda que, entre os meses de janeiro e maio a evapotranspiração potencial e real coincidem, indicando que a evaporação máxima para o período, nas condições climatológicas observadas, foi atingida, caracterizado pela grande quantidade de água disponibilizada no solo pelos elevados volumes de chuvas.

Já nos outros meses do ano a evapotranspiração real é inferior a potencial, o que pode ser explicado pela elevadas temperaturas e baixa disponibilidade de água durante esse período (LEE, 2012), resultante de uma maior necessidade de água pela atmosfera.

Observou-se uma deficiência hídrica anual de 723,8 mm, apresentando uma variabilidade alta, por ser distribuída em sua totalidade no período de estiagem na região. O excedente hídrico só não se verificou, durante a estação chuvosa, no mês de janeiro, sendo que em mais da metade dos meses não foi observado excesso hídrico, totalizando 534,6 mm, situando-se entre os meses de fevereiro a maio. Os meses de janeiro e fevereiro caracterizaram-se como um período de reposição de água no solo.

Ressalta-se que o BHC proposto por Thornthwaite e Mather (1955) também pode ser utilizado para o acompanhamento do armazenamento de água no solo em tempo real, isto é, no momento ou até mesmo num determinado período já ocorrido, nesse sentido, este balanço, deixa, então, de ser cíclico e passa a representar sequencialmente os valores de entradas e saídas no sistema solo-planta-atmosfera. Para fins agrometeorológicos, os balanços hídricos sequenciais são importantes

para definições de períodos para aplicações, irrigação, dentre outros (SANTOS et al., 2013).

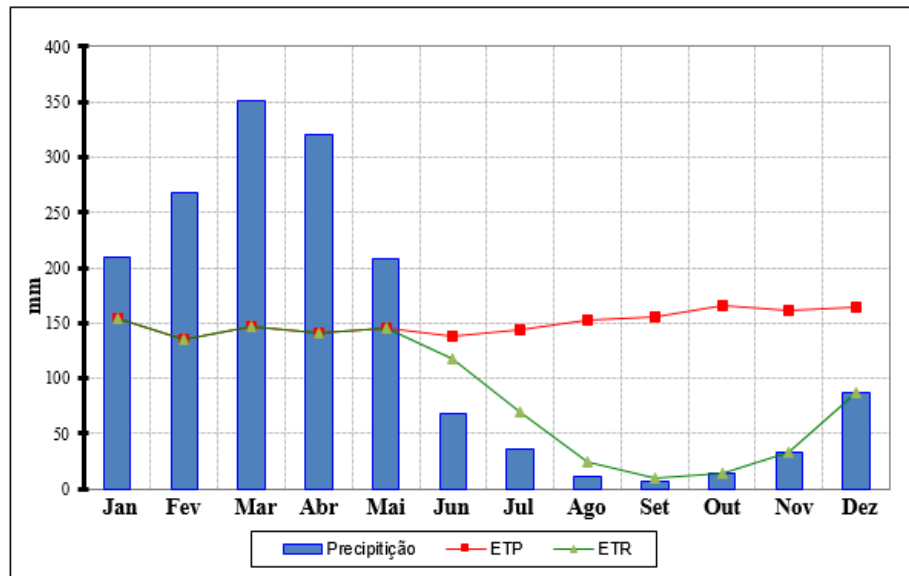


Figura 2: Gráfico do balanço hídrico para Chapadinha - MA. Método de Thornthwaite e Mather (1955), para o período de 1976 a 2015.

A evapotranspiração potencial (ETP) anual total foi de 1802,5 mm, sendo que os meses com maiores e menores evapotranspiração potencial são outubro e junho, com 206,3 mm e 136,2 mm, respectivamente. Por outro lado, a evapotranspiração real (ETR) registrou um total anual de 1078,6 mm, apresentando janeiro como o mês com ETR mais elevado e o mais baixa em setembro. Apesar do mês possuir uma temperatura média mensal elevada, o baixo valor na ETR, justifica-se em virtude da falta de umidade no solo.

A região apresenta deficiência hídrica em 7 dos 12 meses do ano,

mesmo havendo uma grande concentração de precipitação no primeiro quadriênio do ano, ou seja, somente na época úmida. As elevadas temperaturas provocam um aumento nas taxas evapotranspirativas a partir do mês de julho, fazendo com que o consumo de água pelas plantas seja maior que o disponível no solo, tendo como pico o mês de outubro. Os meses com a temperatura média mensal mais elevada são outubro e novembro (Figura 3), com 29,3 °C e o mês mais frio é junho com média térmica de 26,9 °C, a temperatura média anual estimada para o município é 27,9 °C, apresentando pequena variabilidade

BALANÇO HÍDRICO E CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA PARA UMA DETERMINADA REGIÃO DE CHAPADINHA-MA

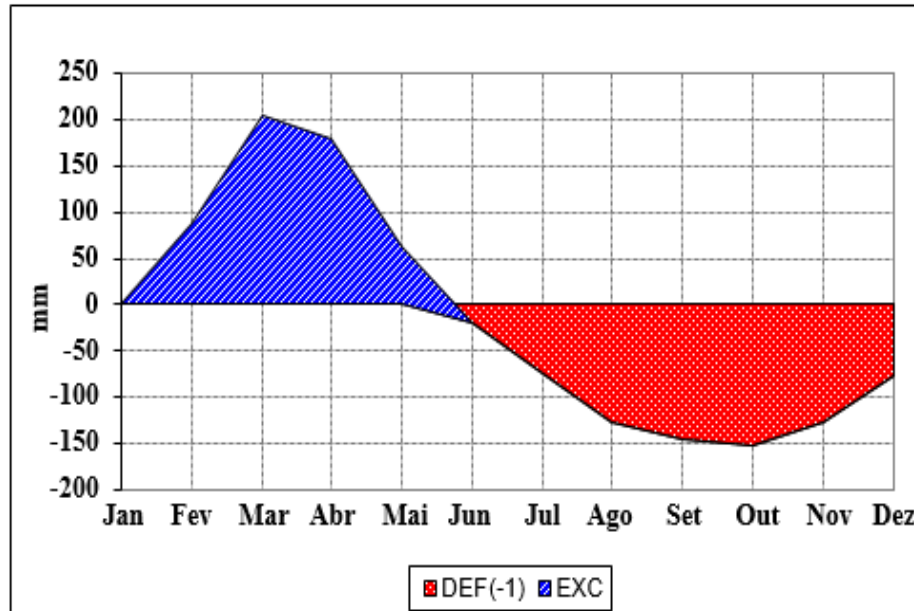


Figura 3: Deficiência hídrica e excedente hídrico de 1976 a 2015.

O balanço hídrico climatológico para Chapadinha determinou o predomínio do déficit hídrico, verificado em 7 meses, com o total anual de 875,7 mm. Os meses com o maior excedente hídrico foi o de março (204,6 mm) e abril (177,3 mm). Os meses de janeiro e fevereiro são os meses de frequente reposição (Figura 4).

No começo da estação chuvosa, as chuvas iniciais são empregadas na

reposição da água do solo e na evapotranspiração real, até que o solo esteja plenamente abastecido, quando então aparece excedente hídrico, tal período foi observado nos meses de janeiro e fevereiro. No início do período de estiagem, verifica-se a retirada de água do solo, época em que começa a ocorrência de deficiência hídrica na região, estendendo-se de junho a dezembro.

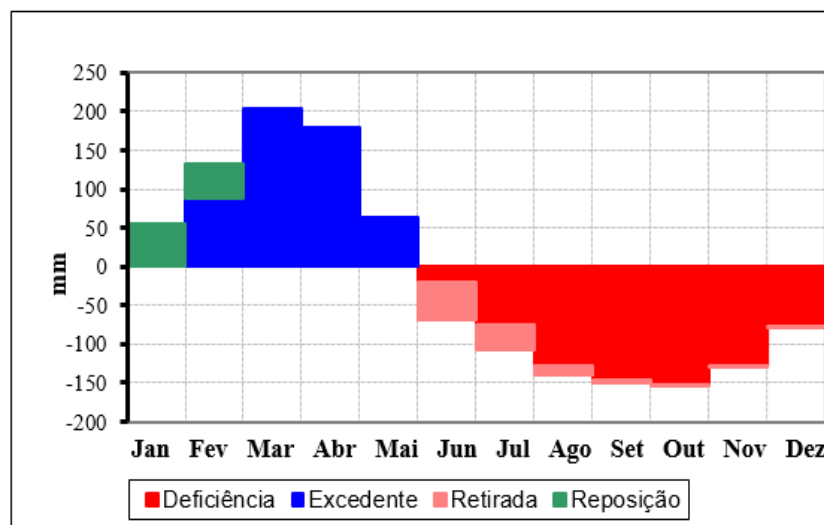


Figura 4: Extrato do balanço hídrico normal mensal, para o período de 1976 a 2015.

Verificou-se que a partir do mês de fevereiro a maio ocorrem as maiores precipitações e, sucessivamente, os maiores

volumes de água disponíveis no solo, o armazenamento (ARM) é máximo atingindo o valor adotado para o CAD, 100 mm.

A classificação climática foi realizada com base nos índices hídrico, de aridez e de umidade. A primeira chave, foi obtida com base no índice de umidade (Iu), para qual foi encontrado a tipologia C₂ indicando clima subúmido. Através dos índices de aridez (Ia) e hídrico (Ih), determinou-se o subtipo s₂ que indica grande deficiência hídrica no verão.

Quanto ao fator térmico, determinado por meio da evapotranspiração potencial anual (ETP), verificou-se que a localidade de Chapadinha é do tipo 'A', isto é, megatérmico. A partir da relação entre a evapotranspiração potencial acumulada na estação quente e a evapotranspiração potencial total anual, obteve-se o subtipo 'a'.

Assim, a fórmula climática completa segundo Thornthwaite é C₂s₂A 'a', ou seja, subúmido, megatérmico com grande deficiência hídrica no verão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARRETO, H.B.F.; PEREIRA, G.M.; BARRETO, F.P.; FREIRE, F.G.C.; MAIA, P.M.E. **RELAÇÃO INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA PARA PRECIPITAÇÃO EXTREMA EM MOSSORÓ** – RN. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v.7, n.3, p.103–109, 2014.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2.ed. Rio de Janeiro, Diretoria de Geociências. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 271p. 2012.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=210320&search=maranhao|chapadinha>>. Acesso em: 26/10/2015.

INMET. Tempo e Clima. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/html/informacoes/curiosidade/tempo_clima.html>. Acesso em: 19/11/2015.

CONCLUSÃO

A localidade apresenta distribuição sazonal das chuvas com duas estações climáticas bem definidas: chuvosa e seca. As precipitações totais anuais variam na média de 1613,2 mm para a estação avaliada. O período de excedente hídrico ocorre nos meses de janeiro a maio. Já nos meses de junho a dezembro há deficiência hídrica.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) pela disponibilização das informações necessárias aos autores, da base de registros meteorológicos históricos presentes no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP).

JESUS, J.B. Estimativa do balanço hídrico climatológico e classificação climática pelo método de Thornthwaite e Mather para o município de Aracaju - SE. **Scientia Plena**, v.11, n.5, 2015.

LEE W.V. Historical global analysis of occurrences and human casualty of extreme temperature events (ETEs). **Natural hazards**, v. 70, n. 2, p. 1453-1505, 2014.

LEMONS, J.J.S.; BOTELHO, D.C. Efeito da Precipitação de Chuvas na Evolução da Produção de Alimentos no Ceará: Desdobramento por Períodos Históricos Recentes. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL - SOBER, 48, Campo Grande, MS, 2010. **Anais...** Brasília, 2010.

MARANHÃO - GOVERNO DO ESTADO DO MARANHÃO. **Gerência de Planejamento e Desenvolvimento Econômico - GEPLAN**. Atlas do Maranhão. São Luís: Universidade Estadual do Maranhão, 39 p. 2002.

BALANÇO HÍDRICO E CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA PARA UMA DETERMINADA REGIÃO DE CHAPADINHA-MA

MEDEROS, R.M.; MATOS, R.M.; OLIVEIRA, R.C.S.; SILVA, P.F.; SABOYA, L.M.F. Balanço hídrico climatológico e classificação climática de cultivo de banana em Lagoa Seca – PB. **Revista Verde**, v. 10, n.1, p.223-228, 2015.

NOGUEIRA, V.F.B.; CORREIA, M.F.; NOGUEIRA, V.S. Impacto do Plantio de Soja e do Oceano Pacífico Equatorial na Precipitação e Temperatura na Cidade de Chapadinha - MA. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.5, p.708-724, 2012.

ROLIM, G.S.; CAMARGO, M.B.P.; LANIA, D.G.; MORAES, J.F.L. Classificação climática de köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v.66, n.4, p.711-720, 2007.

SANTOS, R.B.; SOUZA, A.P.; SILVA, A.C.; ALMEIDA, F.T.; ARANTES, K.R.; SIQUEIRA, J.L. Planejamento da pulverização

de fungicidas em função das variáveis meteorológicas na região de Sinop – MT. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v.6, n.1, p.72-88, 2013.

SILVA, A.O.; MOURA, G.B.A.; KLAR, A.E. CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DE THORNTHWAITE E SUA APLICABILIDADE AGROCLIMATOLÓGICA NOS DIFERENTES REGIMES DE PRECIPITAÇÃO EM PERNAMBUCO. **Irriga**, Botucatu, v.19, n.1, p.46-60, 2014.

THORTHWAITE, C. W. **An approach towards a rational classification of climate.** Geographical Review, London, v.38, p.55-94, 1948.

THORTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance. Publications in Climatology.** New Jersey: Drexel Institute of Technology; 1955, 104p.