

BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO DE THORNTHWAITTE E MATHER (1955-57) DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO LONGÁ, PIAUÍ, BRASIL

Climatological water balance: case study of the longa river watershed, in Piauí,
Brazil

Balance hídrico climatológico: estudio de caso de la cuenca del río longá, Piauí, Brasil

Cláudia Maria Sabóia de Aquino
Universidade Federal do Piauí
cmsaboia@gmail.com

Amanda Alves Dias
Universidade Federal do Piauí
amandaalvesdias@hotmail.com

Resumo

O presente trabalho teve como objetivo realizar o balanço hídrico climatológico da Bacia Hidrográfica do Rio Longá, considerando o período de 1965 a 1985. Para a estimativa dos parâmetros do balanço hídrico utilizou-se a metodologia proposta por Thornthwaite e Mather (1955; 1957). A correção das falhas constantes na série histórica considerada baseou-se no método de ponderação regional de correção de falhas de Tucci (2001). Os dados relativos a este período foram obtidos em SUDENE (1990). Os resultados obtidos mostram que a área apresenta alta média pluviométrica (1800 mm); as temperaturas variam de 20°C a 27°C; a evapotranspiração potencial e real configura-se como elevada; os valores de índice de aridez permitem classificar a maior parte da área como subúmida e úmida; constata-se a ocorrência de uma média de 6 meses secos, evidenciando não haver uma disponibilidade hídrica regular anual em determinados municípios da área da bacia. O balanço hídrico climatológico realizado constitui-se em um importante instrumento que poderá orientar ações relativas ao planejamento agrícola, ambiental e climático da área.

Palavras-chave: Balanço hídrico. Caracterização Climática. Bacia Hidrográfica do Rio Longá.

Abstract

This paper aims to perform the water balance of the Hydrographic Basin of *Longá River*, considering the period from 1965 to 1985. To the water balance parameters estimate was used the methodology proposed by Thornthwaite e Mather (1955, 1957). The correction of constant failures in the considered historical series was based on the method of regional weighting correction of TUCCI (2001) faults. The data for this period were obtained in SUDENE (1990). The results show that the area has a high average rainfall (1800 mm); temperatures ranging from 20°C to 27°C; the potential and actual evapotranspiration are high; values of aridity index enable to classify most of the area as sub-humid and humid; it is possible to find the occurrence of a 6 dry months average, showing no regular annual water availability in certain municipalities of the basin area. The climatic water balance

heldis an important tool that can help guide actions related to the agricultural, environmental and climate planning of the area.

Keywords: Hydric Balance. climatic characterization.. Longá River Hydrographic Basin.

Resumen

El presente trabajo tuvo como objetivo realizar el balance hídrico climático de la Cuenca Hidrográfica del Río Longá, considerando el período de 1965 a 1985. Para la estimativa de los parámetros del balance hídrico, se utilizó la metodología propuesta por Thornthwaite y Mather (1955; 1957). La corrección de las fallas constantes en la serie histórica considerada se basó en el método regional de corrección de fallas de Tucci (2001). Los datos relativos para este período fueron obtenidos en SUDENE (1990). Los resultados obtenidos muestran que el área presenta media alta pluviométrica (1800 mm); las temperaturas varían entre 20°C a 27°C; la evapotranspiración potencial y real configurase como elevada; los valores de índice de aridez le permiten clasificar la mayor parte del área como subhúmeda y húmeda; constatase la ocurrencia de una media de 6 meses secos, evidenciando no haber una disponibilidad hídrica regular anual en determinados municipios del área de la cuenca. El balance hídrico climatológico realizado constituyese en un instrumento importante que podrá orientar acciones relativas al planeamiento agrícola, ambiental y climático del área.

Palabras clave: Balance de agua. Caracterización climática. Cuenca del río Longá.

INTRODUÇÃO

De acordo com Schiavetti e Camargo (2002), os processos atmosféricos influenciam outros subsistemas terrestres, a exemplo: a biosfera, a hidrosfera e a litosfera. Logo, os estudos climáticos são extremamente importantes nas análises ambientais, visto que os mesmos se apresentam integrados à maioria dos fenômenos observados nos ecossistemas. Deste modo, o clima influencia a vegetação, a fauna, o solo e as atividades antrópicas, sendo um fator potencialmente limitante a estes.

O ciclo hidrológico pode ser definido como o fenômeno global de circulação fechada da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, impulsionado pela radiação solar associada à gravidade e à rotação terrestre, constituindo-se em um processo contínuo de transporte de massas de água. Tal processo pode ocorrer no sentido superfície-atmosfera, sob a forma de vapor, sendo este considerado o principal elemento responsável pela contínua circulação de água no globo; ou no sentido atmosfera-superfície, com a água regressando à superfície nas fases líquida e sólida, por meio de precipitações (TUCCI, 2001).

Segundo D'Angiolella, Vasconcelos e Rosa (2005), a estimativa do balanço hídrico surgiu da necessidade de se contabilizar a chuva e a evapotranspiração que ocorrem em um ecossistema, objetivando o conhecimento da disponibilidade de água para as plantas. Visando equacionar esta relação, surgiram diferentes métodos de cálculo, entre eles, o conhecido balanço hídrico climatológico de Thornthwaite e Mather (1955). Tal modelo baseia-se na estimativa das entradas e saídas de água de um volume de controle, resultante da aplicação do princípio de conservação de massa para um volume de solo vegetado, possibilitando levantar e sistematizar informações sobre ganhos, perdas e armazenamento da água pelo solo.

O balanço hídrico tradicional de Thornthwaite e Mather (1955) é um método contábil que fornece o saldo de água disponível no solo. Os estudos sobre o balanço hídrico devem ser desenvolvidos visando à relação cultura-clima, o que possibilita um ajuste do cultivo às condições climáticas, evitando as consequências desastrosas de um planejamento agrícola deficiente com relação ao clima (INMET, 2014).

Conforme D'Angiolella, Vasconcelos e Rosa (2005), o balanço hídrico climatológico desenvolvido por Thornthwaite e Mather (1955) prescinde de medidas diretas das condições do solo. Para sua elaboração, bastam três parâmetros preliminares: (i) armazenamento máximo no solo (CAD – Capacidade de Água Disponível); (ii) medida da chuva total e (iii) estimativa da evapotranspiração potencial em cada período. Com essas três informações básicas o balanço hídrico climatológico permite deduzir a evapotranspiração real, a deficiência ou o excedente hídrico e o total de água retida no solo em distintos períodos.

De acordo com Camargo e Camargo (1993), o balanço hídrico climatológico é um instrumento agrometeorológico útil e prático para caracterizar o fator umidade do clima, sendo sua utilização indispensável na caracterização climática.

Ressalta-se ainda que o balanço hídrico de Thornthwaite e Mather (1955), quando empregado de maneira sequencial, possibilita quantificar as necessidades de irrigação em uma cultura, bem como permite relacionar o rendimento das culturas com o déficit hídrico considerando sua variabilidade espacial e temporal.

As principais variáveis do balanço hídrico climatológico elaborado por Thornthwaite e Mather (1955) são a Precipitação, a Evapotranspiração Potencial, a Evapotranspiração Real, o Índice de Aridez, o Índice Efetivo de Umidade e o Número de Meses Secos durante o ano. A estimativa e análise destes componentes são fundamentais

para a realização e compreensão do balanço hídrico climatológico da área de estudo. Para Aquino (2013), a análise destes parâmetros permite o conhecimento da disponibilidade da água no solo, constituindo instrumento valioso para o planejamento agrícola e ambiental.

Nesse contexto, o conhecimento das variáveis que compõem o balanço hídrico favorece o planejamento agropecuário e as práticas de controle de produção, disponibilizando informações que permitem aos produtores identificar as fragilidades climáticas, sendo, portanto, uma ferramenta essencial para o sucesso de um empreendimento agrícola, que inclui a decisão de optar ou não por sistemas de irrigação para suprir a deficiência hídrica no solo (SANTOS, 2010 citado por AQUINO, 2013).

Nesta perspectiva, o presente estudo tem por objetivo realizar o balanço hídrico climatológico da bacia hidrográfica do Rio Longá, localizada no norte do Estado do Piauí. A carência de estudos de cunho ambiental no âmbito desta bacia hidrográfica justifica e agrega valor científico a realização da presente pesquisa.

METODOLOGIA

A etapa de revisão de literatura abrangeu contribuições cujas análises assemelham-se à proposta da presente pesquisa, entre as quais: Tubellis e Nascimento (1988); Vianello e Alves (1992); Pereira, Villa Nova e Sedyama (1997); Mendonça e Danni-Oliveira (2007); Camargo e Camargo (1993); D'Angiolella, Vasconcelos e Rosa (2005); Santos, Hernandez e Rossetti (2010); Medeiros, Francisco e Bandeira (2012). Vale salientar que o levantamento dos dados pluviométricos referentes à área de estudo foi realizado com base em SUDENE (1990).

Metodologia empregada para estimativa dos termos do balanço hídrico climatológico

O balanço hídrico climatológico foi computado seguindo as *Instructions and Tables for Computing Potential Evapotranspiration and the Water Balance* (THORNTHWAITE; MATHER, 1955; 1957).

De acordo com Nogueira e Lima (1989), este método contabiliza a água do solo, onde a precipitação representa seu ganho e a evapotranspiração a perda de umidade do solo. Reitera-se que este balanço constitui-se em uma proposta de classificação qualitativa para os índices pluviométricos e variabilidade da temperatura de uma dada área de estudo (MEDEIROS; FRANCISCO; BANDEIRA, 2012).

Para o cálculo da evapotranspiração potencial anual foram estimados os valores de temperatura média mensal (T) a partir da equação (1), desenvolvida por Lima (1982).

$$Y = a_0 + ax_1 + bx_2 + cx_3 + a_1 x_1^2 + b_1 x_2^2 + c_1 x_3^2 + a_2 x_1x_2 + b_2 x_1 x_3 + c_2 x_2 x_3 \quad (1)$$

em que:

Y é o valor normal mensal ou anual da temperatura do ar, em °C,

X₁ é a latitude, em graus,

X₂ é a longitude, em graus,

X₃ é a altitude, em metros.

e a₀, a, b, c, a₁, b₁, c₁, a₂, b₂, c₂ são coeficientes estimados pelo método dos mínimos quadrados.

A referida equação (1) foi manipulada através do programa computacional *USUAIS* (OLIVEIRA; SALES, 2016), que permitiu a estimativa dos valores de temperatura média mensal das séries históricas estudadas, bem como a computação e manipulação dos demais conceitos discutidos no trabalho: precipitação (P), evapotranspiração real (ETR), evapotranspiração potencial (ETP), deficiência hídrica (DEF), índice efetivo de umidade (Im), meses secos (MS) e índice de aridez (IA).

A capacidade de armazenamento de água no solo considerada foi de 125 mm, valor largamente utilizado em estudos desta natureza, conforme Aquino (2013) e Oliveira e Sales (2016).

Metodologia empregada para a correção de falhas

Realizou-se a correção de falhas dos dados pluviométricos da SUDENE (1990) do período de 1965 a 1985, em um total de 21 anos, de 32 postos pluviométricos que abrangem toda a área de estudo no Estado do Piauí, bem como os Estados do Maranhão e Ceará, cujos postos pluviométricos foram utilizados como apoio metodológico, adotando o método de ponderação regional de correção de falhas de Tucci (2001).

O método de Tucci (2001) constitui-se em uma metodologia simplificada e utilizada para o preenchimento de séries mensais ou anuais de precipitações, visando à obtenção de dados inexistentes com base em análise estatística das precipitações.

Neste método são selecionados pelo menos 3 postos que possuam no mínimo 10 anos de dados e que se localizem em uma região climática semelhante ao posto a ser preenchido. A equação utilizada é a seguinte:

$$y = \frac{1}{3} \left(\frac{x_1}{x_{m1}} + \frac{x_2}{x_{m2}} + \frac{x_3}{x_{m3}} \right) y_m$$

Onde y = precipitação do posto a ser estimada; x_1, x_2, x_3 = precipitações correspondentes ao ano que se deseja preencher, observadas em 3 estações vizinhas; y_m = a precipitação média do posto y ; e x_{m1}, x_{m2}, x_{m3} = precipitações médias das 3 estações circunvizinhas.

Ressalta-se que a utilização do recorte temporal de 21 anos resultou da carência de dados verificada no Estado do Piauí. O Estado possui 224 municípios e apenas 171 estações pluviométricas, a maioria das quais desativadas ou com dados registrados somente até o ano de 1985.

Para a área de estudo realizou-se a correção de 357 falhas em um total de 32 postos pluviométricos, considerando principalmente a localização e a altitude dos três postos circunvizinhos, que foram utilizados como parâmetros para a correção das falhas dos dados pluviométricos.

Metodologia empregada na confecção dos mapas

A técnica empregada para a elaboração dos mapas foi a interpolação do tipo triangulação. Esta foi utilizada para a estimativa de valores das variáveis analisadas. A partir da interpolação é possível que atributos de locais não amostrados, a partir de pontos amostrados na mesma área ou região próxima sejam estimados (JAKOB e YOUNG, 2019).

A interpolação é uma técnica utilizada para a estimativa do valor de um atributo em locais não amostrados, a partir de pontos amostrados na mesma área ou região. A interpolação espacial converte dados de observações pontuais em campos contínuos, produzindo padrões espaciais que podem ser comparados com outras entidades espaciais contínuas. O raciocínio que está na base da interpolação é que, em média, os valores do atributo tendem a ser similares em locais mais próximos do que em locais mais afastados. Esse conceito também fundamenta a base das relações espaciais entre fenômenos

geográficos, utilizando a correlação espacial como meio de diferença dos atributos estimados (Câmara e Medeiros, 1998).

RESULTADOS

Análise do balanço hídrico climatológico para a bacia hidrográfica do rio Longá

Com base no método empregado, constata-se que a distribuição dos volumes pluviométricos na Bacia Hidrográfica do Rio Longá (Figura 1) é significativa, variando de 1825 mm no posto Vitória de Baixo, localizado no município de Batalha, a 842 mm no Posto Madeira Cortada no município de Pedro II, com uma média pluviométrica total dos 32 postos de 1800 mm/ano, considerando os 21 anos analisados, refletindo-se na variação apresentada pelos demais termos do balanço hídrico discutidos a seguir.

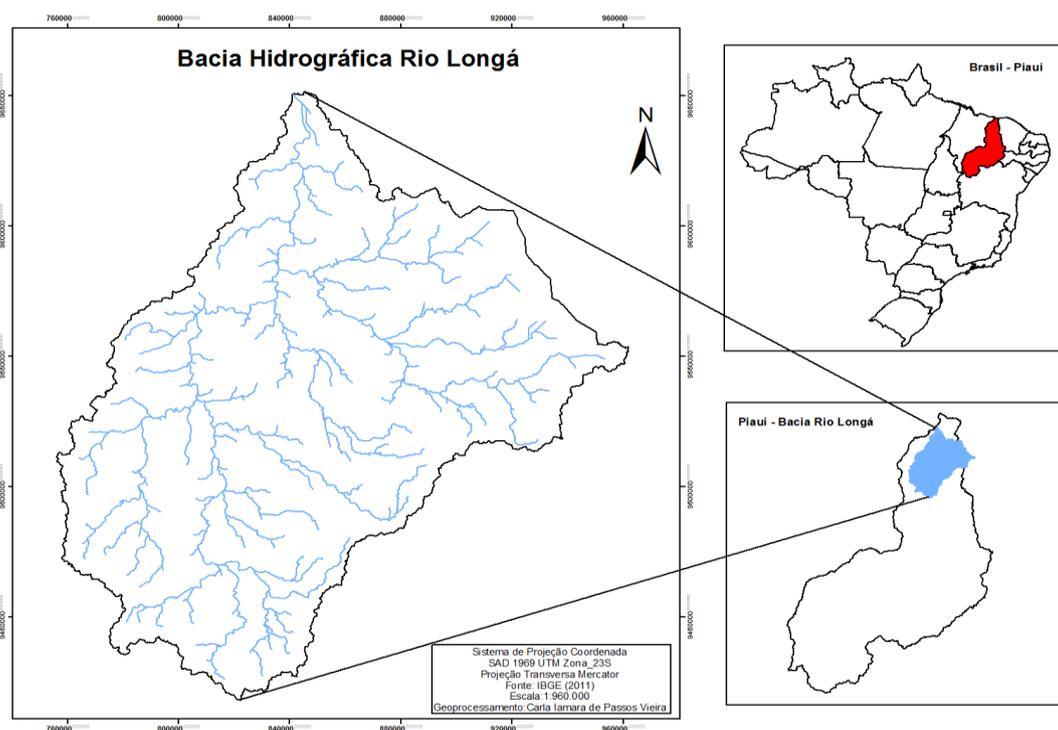


Figura 1 - Mapa de localização da bacia do rio Longá.
Fonte: IBGE (2011 citado por SILVA, 2014).

A Figura 2, elaborada a partir dos dados constantes na Tabela 1, apresenta a espacialização das chuvas na área mapeada. Observa-se um aumento da precipitação na porção ocidental do Estado do Piauí, sendo a classe pluviométrica de maior predominância a de 1300-1350 mm/ano, abrangendo cerca de 10, 95% da Bacia Hidrográfica em análise.

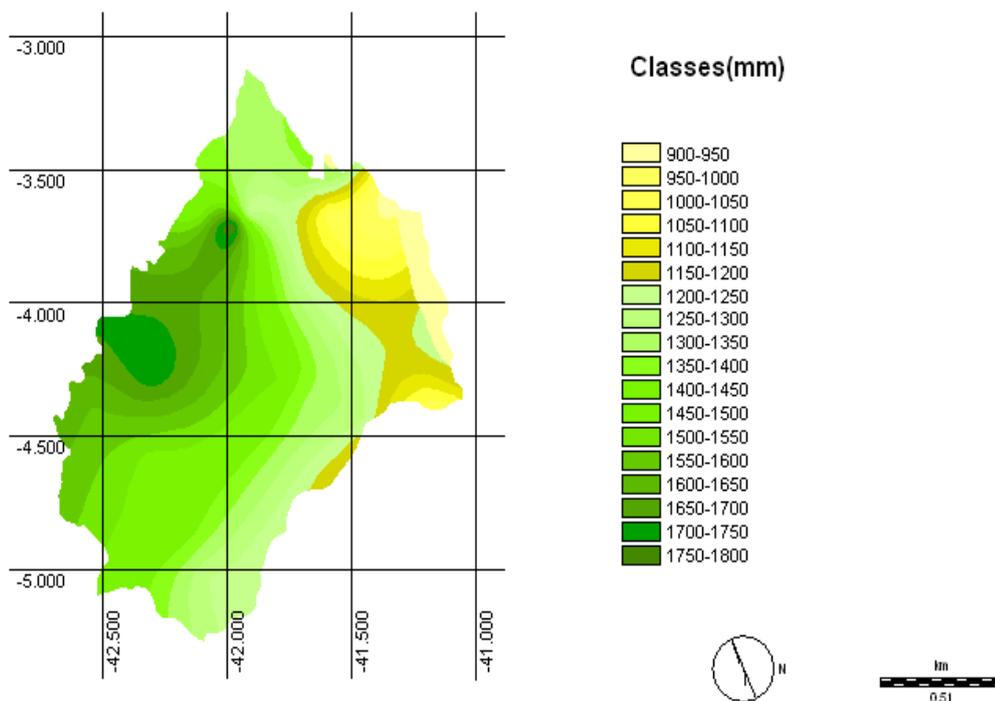


Figura 2 – Precipitação Total Média Anual na Bacia do Rio Longá
 Fonte: os autores (2017).

Tabela 1- Balanço Hídrico Climatológico dos postos localizados na Bacia do Rio Longá e Entorno, segundo Thornthwaite e Mather (1955).

Nome dos postos Pluviométricos	Média Anual		ETP (mm)	ETR (mm)	Meses secos	Im	Ia (UNEP)	IU	DEF	EXC
	P (mm)	T (°C)								
1- Buriti dos Lopes	1329	26,8	1641	1329	4	2,2	0,81	21,1	310	346
2- Cocal	1426	26,9	1643	1032	7	-26,5	0,65	10,7	611	176
3- Boa Vista dos Cariocas	1426	26,9	1665	1334	4	1,6	19,9	21,5	331	358
4- Prevenido	1299	26,8	1660	1207	6	-8,0	0,78	19,3	453	320
5-São Domingos	1222	26,9	1643	1186	5	-12,2	0,74	15,6	457	256
6-Deserto	1035	26,9	1644	951	8	-31,3	0,63	10,8	693	178
7- Vitoria de Baixo	1825	26,9	1650	1399	4	25,3	1,11	40,5	251	668
8-Piracuruca	1262	26,9	1648	1131	6	-11,0	0,77	20,3	517	335
9- Mato Grande	1702	26,9	1664	1266	5	15,5	1,02	39,4	398	656
10-Miguel	1824	26,7	1639	1376	4	27,4	1,11	43,4	263	712

Alves										
11-Lustosa	1602	26,9	1655	1229	6	10,1	0,97	35,8	426	593
12-Batalha	1635	26,9	1649	1245	5	13,1	0,99	37,6	484	620
13-Barras	1751	26,9	1649	1224	5	20,0	1,06	45,8	425	755
14-Piripiri	1495	26,9	1645	1174	6	3,6	0,91	32,3	471	531
15-Caldeirão	1373	26,9	1645	1241	5	2,6	0,83	27,1	484	446
16-Alto Alegre	1177	26,9	1654	1082	7	-17,1	0,71	17,5	572	289
17-Pedro II	1280	24,6	1300	965	6	15,1	0,98	40,8	335	531
18-Madeira Cortada	842	24,7	1279	842	6	-12,7	0,66	11,4	309	146
19-Tocaia	1472	26,9	1654	1169	6	0,4	0,89	29,7	485	491
20-Campo Maior	1464	26,9	1658	1353	4	10,0	0,89	27,9	285	459
21-Retiro	1044	25,2	1348	1044	5	0,6	0,77	22,1	290	298
22-Altos	1587	26,8	1642	1218	6	8,8	0,97	34,7	424	569
23-Ipiranga	1252	26,9	1639	1252	5	-3,8	0,76	19,1	376	313
24-Alto Longá	1345	26,9	1638	1267	5	1,6	0,82	24,3	371	398
25-Pajeu	1226	26,9	1642	1226	5	-6,3	0,75	17,8	396	292
26-Vieira	852	24,2	1253	816	7	-19,2	0,68	15,6	437	196
27-Vicosa	1475	21,5	987	929	2	79,8	1,49	85,7	58	846
28-Tianguá	1160	20,7	935	855	2	55,5	1,24	64,1	80	599
29-Ubajara	1406	20,2	906	897	1	88,5	1,55	89,5	9	811
30-Ibiapina	1885	20,2	902	902	0	139,1	2,09	139,1	0	1255
31-Brejo	1818	26,3	1545	1278	4	35,3	1,18	52,6	267	812
32-Tutoia	1515	25,8	1499	1125	4	19,6	1,01	44,6	374	668
Média	1800	32,9	1928,8	1461,8	6,2	17,1	1,2	46,3	465,7	636,9

Fonte: SUDENE(1990). Organização dos autores (2017)

Com relação à temperatura, destaca-se o maior valor da ordem de 26,9°C em 18 postos analisados. O menor valor encontrado foi de 20,2 °C nos postos de Ibiapina e Ubajara, ambos localizados no Estado do Ceará. A média obtida a partir dos 32 postos considerados na análise foi de 32,9°C.

Constata-se que as médias mais baixas encontram-se nas áreas da Serra da Ibiapaba, no Ceará e em Pedro II, no Piauí, tendo na orografia o fator determinante para a redução das temperaturas nestes pontos.

Os gráficos ombrotérmicos apresentados na Figura 3 apresentam o comportamento médio das chuvas e das temperaturas em alguns postos pluviométricos inseridos na área de estudo, e reforçam a constatação da concentração das precipitações na maioria dos postos em um determinado período do ano. Assim, nos postos analisados constatam-se poucas variações, evidenciando uma regular distribuição dos valores de temperatura média em todos os meses do ano.

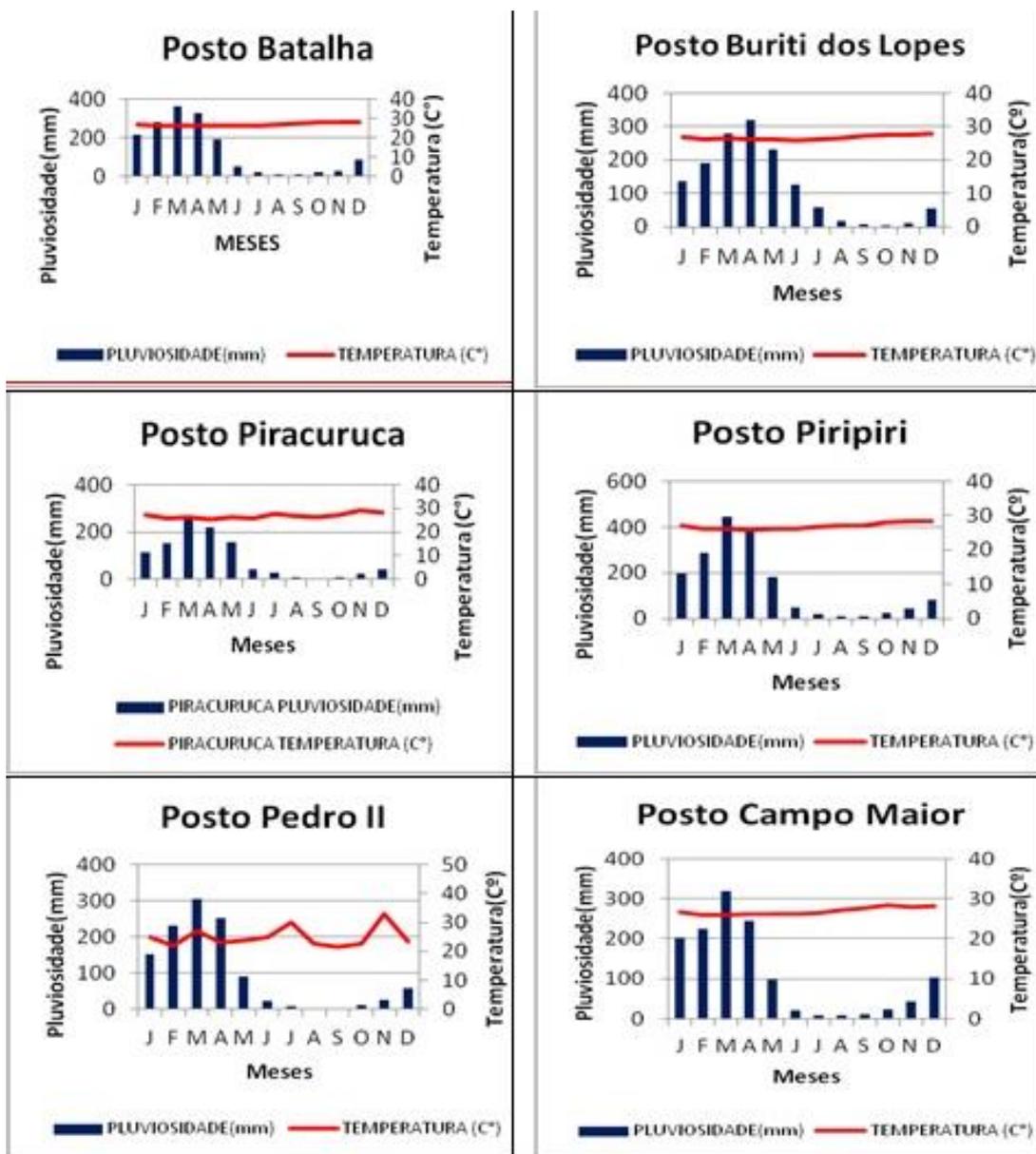


Figura 3 – Gráficos ombrotérmicos dos postos de Batalha, Buriti dos Lopes, Piracuruca, Piripiri, Pedro II e Campo Maior.
 Fonte: SUDENE (1990). Organização dos autores (2017).

Com base nos gráficos da Figura 3 infere-se também que os meses de janeiro, fevereiro, março, abril e maio são os mais chuvosos e, portanto, de maior atividade vegetal e excedente hídrico. Já os meses de agosto, setembro, outubro e novembro são os mais secos, podendo caracterizar uma situação de déficit hídrico nestes meses em algumas áreas.

A Evapotranspiração Potencial, segundo Penman (1956), seria a quantidade de água transferida para a atmosfera por evaporação e transpiração, na unidade de tempo e de área, por uma cultura de porte baixo (vegetação rasteira), verde, de altura uniforme e sem deficiência hídrica, que cobre totalmente a superfície do solo.

Pode-se inferir que a Evapotranspiração Potencial (ETP) corresponde à quantidade de água necessária para manter a vegetação sempre verde em função de uma dada temperatura. Nos cálculos do balanço hídrico, a evapotranspiração potencial representa o consumo de água, enquanto a pluviosidade representa o abastecimento. O solo seria o reservatório, razão pela qual se considera que o balanço hídrico representa a dinâmica das relações da atmosfera com o sistema solo-planta (AQUINO, 2010).

Na Tabela 1 observam-se elevadas taxas de evapotranspiração potencial (ETP) em todos os postos analisados, em que todos os valores são superiores a 900 mm/ano. A ETP máxima foi de 1664 mm/ano, no posto pluviométrico Mato Grande, localizado em Barras - Piauí, e a mínima de 902 mm/ano, no posto de Ibiapina, no Ceará. Na Figura 4 constata-se o acréscimo significativo dos valores de ETP de leste para oeste, bem como ocorreu com os dados pluviométricos, evidenciando a relação direta entre precipitação e evapotranspiração potencial na área.

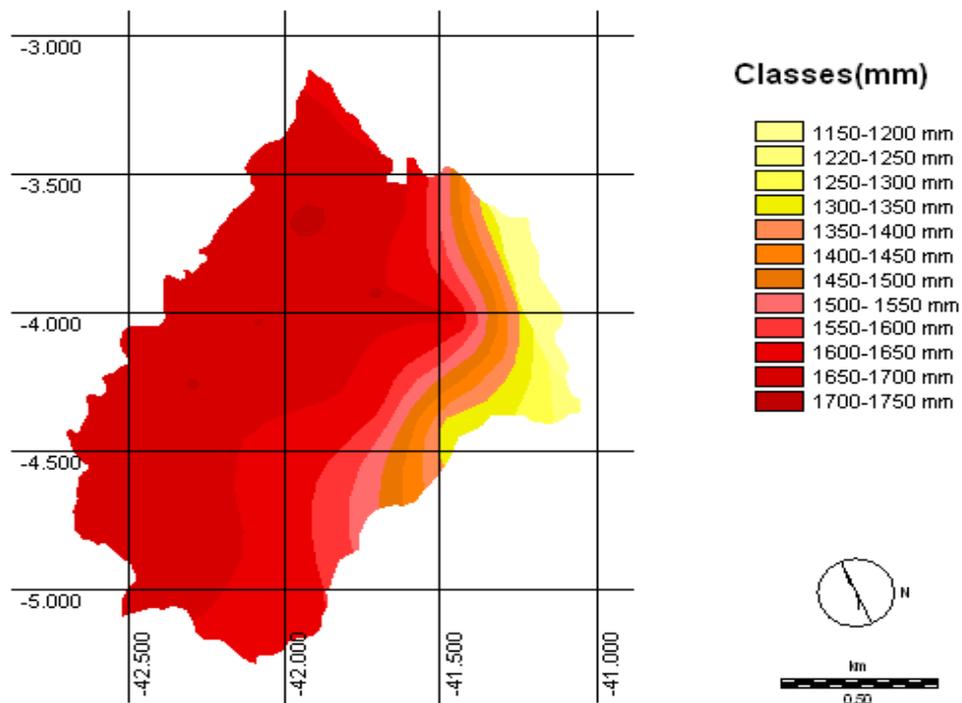


Figura 4 – Evapotranspiração Potencial Total na Bacia do Rio Longá.

Fonte: os autores (2017)

A Evapotranspiração Real (ETR), ao contrário da ETP, que se refere a uma situação de disponibilidade potencial de água, representa a quantidade de água que efetivamente sai do sistema através da evapotranspiração e que é usada na produção primária pelos vegetais. Considerando a ETR como aquela que ocorre nas condições reais as quais o vegetal está submetido, onde não necessariamente existe disponibilidade hídrica satisfatória e vegetação uniforme sobre a superfície, constata-se a relação direta entre a precipitação e a ETR, estando os menores valores de ETR relacionados a baixos valores de precipitação e os maiores relacionados à precipitação mais elevada (SALES, 2003 citado por AQUINO, 2010).

A Evapotranspiração Real da área de estudo variou de 1399 mm/ano, no posto de Vitória de Baixo, a 816 mm/ano, no posto de Ibiapina, estando diretamente relacionado com os dados de precipitação.

Na Figura 5 constata-se a distribuição espacial dos dados de evapotranspiração potencial Real (ETR).

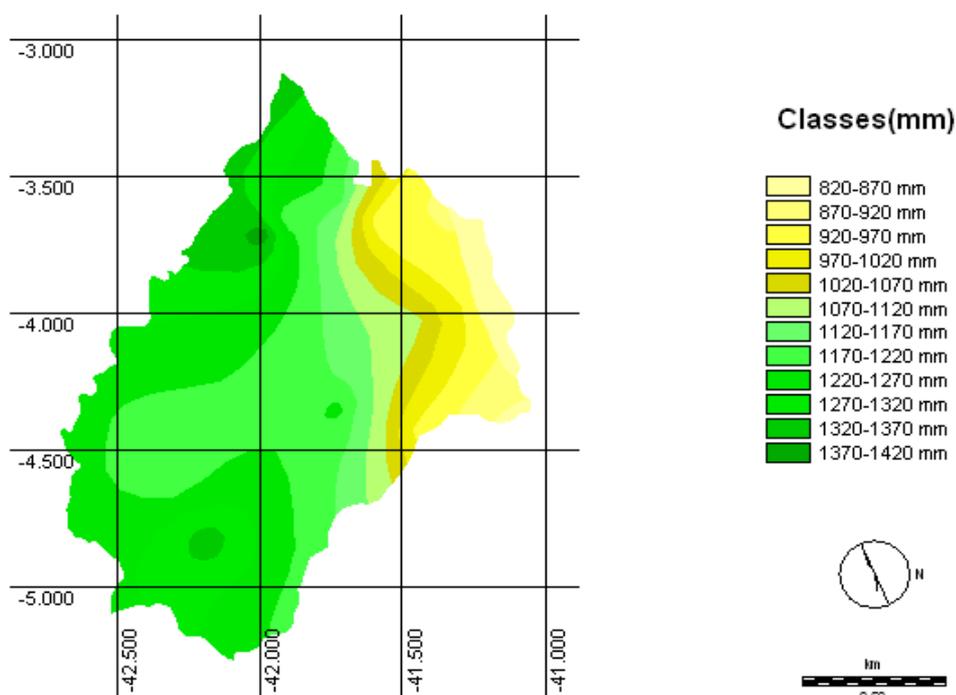


Figura 5 - Evapotranspiração Potencial Real da Bacia do Rio Longá.

Fonte: os autores (2017)

Baseado em Aquino (2010), com a determinação do Índice de Aridez (IA) é possível conhecer inicialmente as limitações impostas pelo clima para a realização de atividades biológicas primárias e, conseqüentemente da produtividade agrícola indispensável ao desenvolvimento das sociedades humanas. Este Índice proposto pelo UNEP (1991) é o quociente entre a precipitação média anual e a evapotranspiração potencial anual (P/ETP). A Tabela 2 apresenta os intervalos de Índice de Aridez e a corresponde zona climática em que as diferentes regiões do globo se enquadram considerando o UNEP (1991).

Tabela 2 – Zonas climáticas e intervalos de IA de acordo com UNEP (1991).

Tipos de Clima	Amplitude do Índice de Aridez (P/ETP)
Hiper-áridos	< 0,05
Áridos	0,05 – 0,20
Semiáridos	0,21 – 0,50
Sub-úmido secos	0,51 – 0,65
Sub-úmido e úmidos	> 0,65

Fonte: UNEP (1991).

Considerando os dados obtidos e apresentados na Tabela 2, constata-se que 93,7% dos postos pluviométricos da área de estudo enquadram-se na Zona Climática Subúmida e Úmida, apresentando índice de aridez superior a 0,65, com exceção do posto de Cocal e Deserto, ambos localizados no município de Cocal, apresentando respectivamente índice de aridez 0,65 e 0,63, sendo classificados na Zona Climática subúmida e secos (6,3%). A Figura 6 espacializa os níveis diferenciados de aridez na área de estudo. Constata-se que os valores que indicam maiores riscos a desertificação estão localizados na porção oriental da área de estudo.

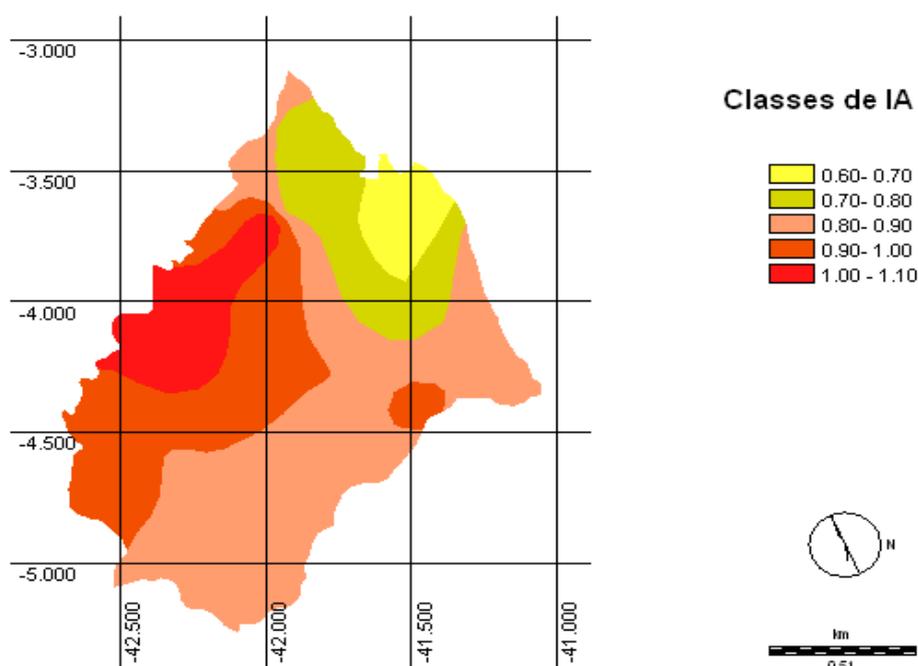


Figura 6 – Índice de Aridez (IA) do UNEP da Bacia do Rio Longá.
Fonte: os autores (2017)

O Índice efetivo de umidade de Thornthwaite (1955) é utilizado para determinar o quanto úmido ou seco é o clima de uma determinada região através da relação entre os valores de evapotranspiração potencial, do excedente e do déficit hídrico do balanço (AQUINO, 2010).

Na Tabela 3 observam-se as tipologias climáticas quanto à umidade (THORNTHWAITE; MATHER, 1955). Estes autores consideram a existência de dois tipos climáticos: i) úmidos e ii) secos. Conforme a Tabela 3, os climas úmidos apresentam os seguintes subtipos: superúmidos, úmidos e subúmidos úmidos, com valores variando de

0 a >100. Os climas secos são representados pelos subtipos: subúmidos seco, semiárido e árido, com (IM) variando de valores de 0 a maiores que < -66,6.

Tabela 3 – Classificação dos Climas segundo o Índice Efetivo de Umidade (Im) de Thornthwaite e Mather (1955).

Tipos Climáticos		Índice efetivo de umidade (IM)
úmidos	Superúmido	> 100
	Úmidos	20 a 100
	Subúmido úmido	0 a 20
secos	Subúmido seco	0 a -33,3
	Semiárido	-33,3 a - 66,6
	Árido	< -66,6)

Fonte: Thornthwaite e Mather (1955).

A partir da análise dos dados da área de estudo constata-se a existência de tipos climáticos úmidos e secos (Figura 7). Em relação aos tipos climáticos úmidos, foram reconhecidos na área de estudo os seguintes subtipos: i) superúmido e ii) úmido.

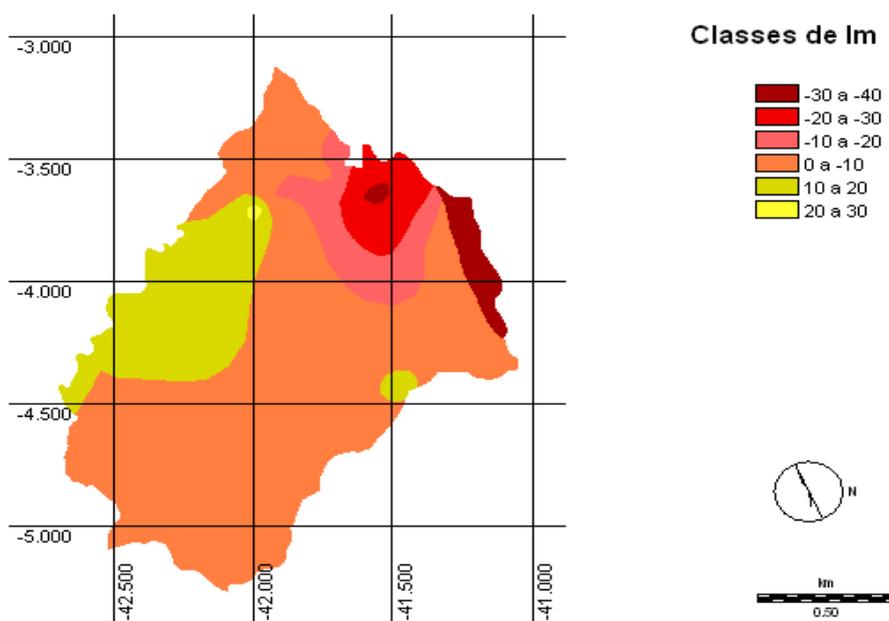


Figura 7 – Índice Efetivo de Umidade da Bacia do Rio Longá.
Fonte: os autores (2017)

No subtipo superúmido, foi identificado apenas o posto Ibiapina com um valor de IM da ordem de 139,1. Os valores de IM obtidos para postos de Vitória de Baixo, Miguel Alves, Barras, Viçosa, Tianguá, Ubajara, Brejo e Tutóia permitem enquadrá-los no subtipo úmido. Já os postos de Buriti dos Lopes, Esperantina, Mato Grande, Lustosa, Batalha, Piripiri, Caldeirão, Pedro II, Tocaia, Campo Maior, Retiro, Altos e Alto Longá foram enquadrados no subtipo subúmido úmido, com valores de IM variando entre 0 a 20. Ressalta-se ser este o subtipo predominante na área de estudo, representando 43,8% da mesma.

Apenas os postos de Cocal, Prevenido, São Domingos, Deserto, Piracuruca, Alto Alegre, Madeira Cortada, Ipiranga, Pajeú e Vieira apresentaram valores de IM entre 0 a - 33,3, permitindo enquadrá-los na tipologia climática seca e subtipo subúmido seco, de acordo com a proposta de Thornthwaite e Mather (1955).

O Número de Meses Secos corresponde à distribuição temporal das precipitações no decorrer do ano e demonstram, a partir dos valores de precipitação dos postos pluviométricos, os meses em que há pouca disponibilidade hídrica na região, em contraste aos períodos que há maior disponibilidade hídrica. Assim, permite analisar os meses de excedente hídrico, culminando em maior volume de água, e os períodos de déficit hídrico, caracterizados como aqueles em que não há disponibilidade hídrica na região (AQUINO, 2010).

Com relação a essa distribuição temporal das precipitações nos postos analisados, nota-se uma grande variabilidade, podendo o número de meses secos variar de 0 até 8 meses, com média em torno de 6 meses secos. Relacionando com os dados de excedente e déficit hídrico, observa-se que os postos que apresentam uma média de meses secos superiores a 5 (37,5% dos postos analisados), apresentam déficit hídrico, indicando não haver uma disponibilidade hídrica regular anual na região, como pode ser observado nas Figuras 8 e 9.

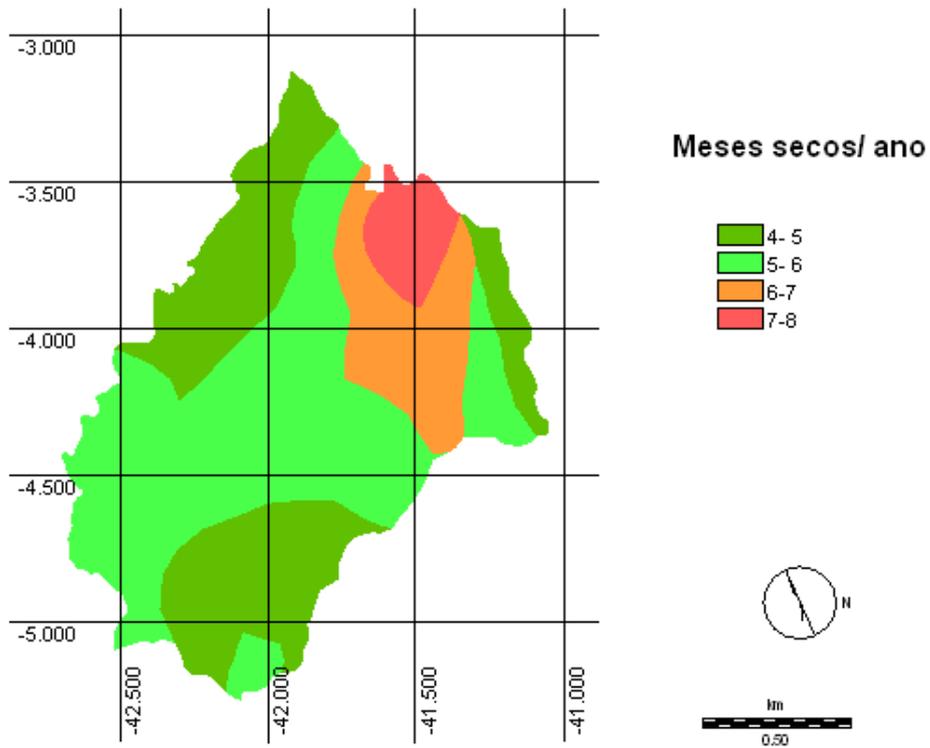


Figura 8 - Meses secos na Bacia do Rio Longá.
 Fonte: os autores (2017)

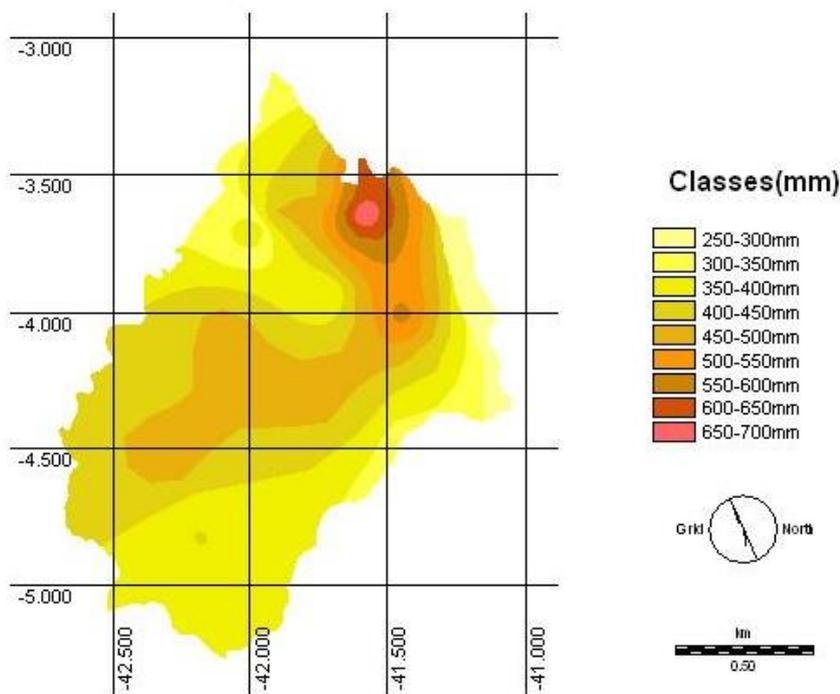


Figura 9 – Déficit Hídrico na Bacia do Rio Longá.
Fonte: os autores (2017)

De acordo com Monteiro (2011), a deficiência hídrica é uma das responsáveis pela queda de produção na agricultura e estudar a época que tal deficiência acontece é importante para que o impacto na agricultura seja minimizado. Assim, baseado na Figura 9, referente ao Déficit hídrico da Bacia do Rio Longá, nota-se que somente 8,67% da área apresenta déficit hídrico com valor superior a 500mm/ano. Nesse contexto, a maior parte da bacia hidrográfica analisada (31,4%) apresenta déficit hídrico de 350 a 400 mm/ano.

CONCLUSÕES

A partir da análise do balanço hídrico da Bacia Hidrográfica do rio Longá conclui-se que, com relação à precipitação, a área apresenta alta média pluviométrica (1800 mm), concentrada nos meses de janeiro a abril; as temperaturas variam de 20°C a 27°, não apresentando grandes oscilações durante o ano; a evapotranspiração potencial e real são elevadas; os valores de índice de aridez permitem classificar a maior parte da área como subúmida e úmida.

Com base nos dados constata-se que em 43,8% dos postos analisados há uma média de seis meses secos, ou seja, com ausência de chuvas, evidenciando não haver uma disponibilidade hídrica regular anual em determinados municípios da área da bacia hidrográfica do Longá.

Nessa perspectiva, o balanço hídrico climatológico realizado para a bacia hidrográfica do Longá constitui-se em um importante instrumento que poderá orientar ações relativas ao planejamento agrícola, ambiental e ainda a caracterização climática da mesma servindo de subsídio para a determinação da melhor época e tipo de manejo e exploração agrícola a partir das principais atividades econômicas que se destacam na área dessa bacia, a saber: a pecuária, a agricultura e o extrativismo vegetal.

É consenso entre os estudiosos que o conhecimento do balanço hídrico climatológico a partir da análise de suas variáveis: temperatura, precipitação, evapotranspiração real, evapotranspiração potencial, índice de aridez e índice de efetivo de umidade constitui-se em instrumento indispensável nos estudos de bacias hidrográficas, bem como no entendimento da análise das potencialidades e disponibilidade hídrica das mesmas, daí recomenda-se o cálculo do balanço hídrico para as demais sub-bacias do estado do Piauí.

REFERÊNCIAS

AQUINO, C. M. S. **Estudo da degradação/desertificação no Núcleo de São Raimundo Nonato – Piauí**. 2010. 238 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Núcleo de Pós- Graduação em Geografia, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, Universidade Federal de Sergipe, 2010.

AQUINO, C. M. S.; OLIVEIRA, J. G. B. Emprego do Método de Thornthwaite e Mather (1955) para Cálculo do Balanço Hídrico Climatológico do Núcleo de Degradação de São Raimundo Nonato-Piauí. **Revista Brasileira de Geografia Física**, V. 06, n. 01, p. 79-90, 2013.

BRASIL, Instituto Nacional de Meteorologia. **Agricultura**. <http://www.inmet.gov.br/html/agro.html>, acesso em: 10 jan. 2014.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. Princípios básicos em geoprocessamento. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. (Ed.). **Sistemas de informações geográficas: aplicações na agricultura**. 2. ed. ver. ampl. Brasília, DF: Embrapa-SPI: Embrapa-CPAC, pp.3-11, 1998.

CAMARGO, M. B. P.; CAMARGO, A. P. Representação gráfica informatizada do extrato do balanço hídrico de Thornthwaite e Mather. **Bragantina**, Campinas, v.52, n.2, 1993.

D'ANGIOLELLA, G.; VASCONCELOS, V. L. D.; ROSA, J. W. C. Estimativa e espacialização do balanço hídrico na mesorregião sul da Bahia. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 83-90.

LIMA, M.G. de (1982). Normais de temperatura máxima, mínima e média estimadas em função da latitude, longitude e altitude para o estado do Piauí. Ensaio - Boletim de Pesquisa, v. 1, n. 1, p. 1-40.

MEDEIROS, R. M.; FRANCISCO, P. R. M.; BANDEIRA, M. M. Balanço Hídrico Climatológico, em Decorrência do Aquecimento Global, no Município de Picuí - Semiárido Paraibano. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, n. 1, p. 79-90, 2013.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, M. I. **Climatologia**: Noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MONTEIRO, R. N.F; JUNIOR, A.S.A; LEITE, KN; SILVA, A.O; BRITO, R.R. **Balanço hídrico Climatológico e classificação climática de Thornthwaite para o Município de Groaíras- CE (2011)**. Disponível em: <
http://oasisbr.ibict.br/vufind/Record/EMBR_a955464062130c025e80dd8a2dd0ef18 >
Acesso em: 20 de jul. 2019.

NOGUEIRA, F. C. B; LIMA, F. A.M. Classificação climática de Thornthwaite dos municípios de Pacoti e Guaramiranga, Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 20, n. 1-2 , p. 175 – 183, jun./dez.,1989.

OLIVEIRA, J. G. B.; SALES, M. C. L. Usuais: programas para uso em análise ambiental. **Revista Equador (UFPI)**, v. 5, n. 2, p. 36-60, jan./jun., 2016.

PENMAN, H. L. The Physical bases of irrigation control. In: **INTERNATIONAL HORTICULTURAL CONGRESS**, 13., London. Report London: Royal Horticultural Society, p. 913-924, 1956.

PEREIRA, A. R; VILLA NOVA, N.; SEDYAMA, G. C. **Evapotranspiração**. FEALQ. 1997.

SANTOS, G. O.; HERNANDEZ, F. B. T.; ROSSETTI, J. C. Balanço hídrico como ferramenta ao planejamento agropecuário para a região de Marinópolis, Noroeste do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.4, n. 3, p.142–149, 2010.

SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. **Conceitos de bacias hidrográficas**: teorias e aplicações. Ilhéus, Bahia: Editus, 2002.293p.

SUDENE. (1990). **Dados Pluviométricos Mensais do Nordeste**: Estado do Piauí.

_____. **Dados Pluviométricos Mensais do Nordeste**: Estado do Maranhão.

_____. **Dados Pluviométricos Mensais do Nordeste:** Estado do Ceará.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia:** Ciência e aplicação. 2. ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH, 2001.

THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational Classification of Climate, **The Geographical Review**, v. XXXVIII, p. 55-94, 1948.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R.. **The Water Balance** - Publications in Climatology. N. Jersey: Centerton, v. 8, n. 1, 1955.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. Instructions and Tables for computing Potential Evapotranspiration and the Water Balance. **Publications in Climatology**, Centerton, N. Jersey, v. X n. 3, 1957.

TUBELIS, A. NASCIMENTO, F. J. L. **Meteorologia Descritiva**. São Paulo, Nobel, 1988.

UNEP. **Status of desertification and implementation of the United Nations Plan of Action to Combat Desertification**. Nairobi, 1991.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia Básica e Aplicações**. Universidade Federal de Viçosa. 1992.

JAKOB, A.A.E. **Análise Sócio-Demográfica da Constituição do Espaço Urbano da**