



**Universidade Federal de Campina Grande  
Centro de Tecnologia e Recursos Naturais  
Pós – Graduação em Engenharia Agrícola  
Área de Concentração em Irrigação e Drenagem**



**SANDRO ROBERTO DIAS ARAÚJO**

**BALANÇO HÍDRICO AGROMETEOROLÓGICO DO ESTADO DA PARAÍBA**

**CAMPINA GRANDE - PB**

**AGOSTO DE 2018**

**SANDRO ROBERTO DIAS ARAÚJO**

**BALANÇO HÍDRICO AGROMETEOROLÓGICO DO ESTADO DA PARAÍBA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Campina Grande, como parte das exigências do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

Área de Concentração:

Engenharia de Irrigação e Drenagem

Orientador:

Prof. Dr. José Dantas Neto – UFCG/CTRN/UAEAg

**CAMPINA GRANDE, PB**

**AGOSTO DE 2018**

A663b

Araújo, Sandro Roberto Dias.

Balanço hídrico agrometeorológico do estado da Paraíba / Sandro Roberto Dias Araújo. – Campina Grande, 2018.

41 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2018.

"Orientação: Prof. Dr. José Dantas Neto".

Referências.

1. Drenagem e Irrigação. 2. Classificação Climática. 3. Excesso Hídrico. 4. Mesorregiões. 5. Setor Hídrico. 6. Megatérmico. I. Dantas Neto, José. II. Título.

CDU 631.62/67(043)



**PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO**

**SANDRO ROBERTO DIAS ARAÚJO**

**“BALANÇO HÍDRICO AGROMETEOROLÓGICO DO ESTADO DA PARAÍBA”**

**APROVADO: 18 de junho de 2018**

**BANCA EXAMINADORA**

**Dr. José Dantas Neto**  
Orientador - UAEA/CTRN/UFCG

**Dr. Beranger Arnaldo Araújo**  
Examinador - EMATER/PB

**Dr. Luciano Marcelo Falle Saboya**  
Examinador - UFCG

**Dra. Patrícia Ferreira da Silva**  
Examinadora - UFCG

Dedico

Dedico este trabalho a minha família, Tatiane Santana Ramos Araújo, meus pais Belizardo Dantas de Araújo e Delzira de Medeiros Dias Araújo e irmãos, pelo apoio, confiança e amor incondicional em todos os momentos de minha vida.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela graça da minha vida, por me fazer percorrer diversos caminhos, mesmo que eu não entenda o porquê, mas que certamente fazem parte de um plano maior.

Agradeço aos meus pais, que nunca deixaram de acreditar na minha capacidade, que sempre me deram forças para continuar, mesmo nas horas mais difíceis e que sempre me incentivaram para que pudesse chegar onde estou.

Agradeço a minha esposa, Tatiane Santana Ramos Araújo pela paciência e eterna cumplicidade no dia a dia; aos meus irmãos Valéria, Sheyla, Belizardo, Jean, aos meus Avós e a minha família, que sempre estiveram comigo em todos os momentos da minha vida e sempre me deram força. Obrigado.

Ao professor e pesquisador Dr. José Dantas Neto (orientador), pelos ensinamentos e orientações conduzidas, pelo exemplo de conduta pessoal e profissional e pela longa amizade.

Ao professor e pesquisador Prof. Dr. Luciano Marcelo Falle Saboya, pelas orientações conduzidas, pelo exemplo de conduta pessoal e profissional e pela longa amizade.

Ao amigo e tio que sempre tive como referência em minha vida Dr. Beranger Arnaldo de Araújo pela sua autenticidade, carisma e profissionalismo.

A Agência Executiva de Gestão das Águas (AESAs), pela concessão dos dados climáticos utilizados neste estudo.

À banca Examinadora pela disponibilidade em aceitar participar e compartilhar comigo deste momento tão importante em minha carreira acadêmica.

À Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola e às pessoas que ali trabalham pelas informações prestadas e apoio aos alunos deste centro.

A todos que cooperaram para que este trabalho pudesse ser um sonho realizado.

E por fim, agradeço a todos, que de alguma forma, colaboraram para a realização e conclusão dessa dissertação.

**OBRIGADO!**

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.2. Geral .....	3
2.2. Específicos.....	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.3. Importância do balanço hídrico agrometeorológico .....	4
3.2. Classificação Climática .....	5
3.3. Índices Climáticos .....	6
3.4. Climograma .....	6
3.5. Mesorregiões da Paraíba.....	8
4. METODOLOGIA .....	10
4.1. Caracterização da área do estudo.....	10
4.2. Determinação do Balanço Hídrico Climatológico (BHC).....	11
4.3. Determinação dos Índices Climáticos .....	13
4.4. Classificação Climática .....	13
4.5. Elaboração do evapopluviograma .....	16
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	18
5.1. Balanço Hídrico Climatológico para as Mesorregiões do Estado da Paraíba .....	18
5.2. Classificação Climática para as Mesorregiões do Estado da Paraíba.....	27
5.3. Evapopluviograma para as Mesorregiões do Estado da Paraíba .....	30
6. CONCLUSÕES.....	35
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	36

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Evapopluviograma em função da evapotranspiração potencial e a precipitação. Adaptado de Francisco et al. 2018.....	8
Figura 2. Mesorregiões do estado da Paraíba (Brito e Braga, 2005). .....	10
Figura 3. Distribuição espacial dos postos pluviométricos da área de estudo. Adaptado de Silva et al. 2004. ....	11
Figura 4. Representação gráfica da P, ETP e ETR em mm, para o Alto Sertão (A), Sertão (B), Cariri-Curimataú (C), Agreste (D), Brejo (E) e Litoral (F). .....	19
Figura 5. Balanço hídrico climático médio mensal em mm para o Alto Sertão (A), Sertão (B), Cariri-Curimataú (C), Agreste (D), Brejo (E) e Litoral (F). .....	24
Figura 6. Evapopluviograma com os setores hídricos e faixas térmicas para o Alto Sertão (A), Sertão (B), Cariri-Curimataú (C), Agreste (D), Brejo (E) e Litoral (F). ....	31



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Fator de Correção do método de Thornthwaite (1948) em função dos meses do ano e da latitude.....	13
Tabela 2. Tipos climáticos, baseados no índice de umidade, segundo Thornthwaite (1948) e Thornthwaite & Mather (1955).....	14
<b>Tabela 3.</b> Subdivisões dos tipos climáticos, conforme o índice de aridez (Ia) e hídrico (Iu). .....	15
Tabela 4. Tipos climáticos em função da evapotranspiração potencial anual (ETp). ....	15
Tabela 5. Subtipos climáticos em função da evapotranspiração potencial na estação quente (CETPQ). .....	16
Tabela 6. Balanço hídrico climático médio anual da série histórica 1971 a 2017 para as seis mesorregiões da Paraíba. ....	22
Tabela 7. Classificação climática de Thornthwaite & Mather (1948, 1955) para mm para o Alto Sertão (A), Sertão (B), Cariri-Curimataú (C), Agreste (D), Brejo (E) e Litoral (F). .....	28
Tabela 8. Índice hídrico (Ih), índice de vegetação (Iv), índice de repouso por seca (Irs) e o índice de repouso por frio (Irf) para as seis mesorregiões do Estado da Paraíba. ....	33

## BALANÇO HÍDRICO AGROMETEOROLÓGICO DO ESTADO DA PARAÍBA

**RESUMO:** O balanço hídrico agrometeorológico é uma das formas de monitorar o armazenamento de água no solo, sendo uma importante ferramenta para o planejamento estratégico e agrícola. Objetivou-se com este estudo avaliar o balanço hídrico agroclimático do estado da Paraíba. Utilizaram-se dados de uma série histórica de 1971 a 2017. Foram coletados dados de 223 postos pluviométricos distribuídos em seis mesorregiões do Estado. O método do balanço hídrico agroclimático mensal utilizado foi o proposto por Thornthwaite & Mather e com os resultados obtidos realizaram-se as classificações climáticas segundo Thornthwaite. O balanço hídrico climático para o estado da Paraíba evidenciou limitações dos recursos hídricos nas mesorregiões do Alto Sertão, Sertão, Cariri-Curimataú, Agreste e Brejo, com média de 7 meses de deficiência hídrica do solo. A mesorregião do Cariri-Curimataú não possui excedente hídrico em nenhum dos meses estudados. Em todos os meses da série histórica (1971 a 2017), as mesorregiões do Litoral, Brejo e Sertão, possuem as maiores taxas evapotranspiratórias, e as menores taxas ocorrem no Agreste, Cariri-Curimataú e Alto Sertão. As mesorregiões do Alto sertão, Agreste e Brejo foram classificadas como de clima sub-úmido seco, Megatérmico, com excedente hídrico pequeno, o Sertão e Cariri-Curimataú como de clima semiárido, Megatérmico, excedente hídrico pequeno ou nulo e a mesorregião do Litoral como de clima sub-úmido, Megatérmico, com moderada deficiência no período chuvoso. A faixa climática predominante no estado da Paraíba, de acordo com os índices culturais no período compreendido de 1971 a 2017 foi a Mesotérmica e o setor hídrico árido. Para garantir altas produtividades no estado da Paraíba faz-se necessário um planejamento agrícola integrado visando a implantação de sistemas de irrigação com uso racional da água.

**Palavras – chave:** classificação climática, excesso hídrico, mesorregiões, setor hídrico, megatérmico.

## AGROMETEOROLOGICAL WATER BALANCE OF THE PARAÍBA STATE

**ABSTRACT:** Agrometeorological water balance is one of the ways to monitor soil water storage, being an important tool for strategic and agricultural planning. The objective of this study was to evaluate the agrometeorological water balance of the State of Paraíba. Data from a historical series from 1971 to 2017 were used. Data were collected from 223 pluviometric stations distributed in six mesoregions of the State. Data were collected from 223 pluviometric stations distributed in six mesoregions of the State. The monthly agroclimatic water balance method used was the one proposed by Thornthwaite & Mather and the results were obtained the climatic classifications according to Thornthwaite. The climatic water balance for the state of Paraíba evidenced limitations of the water resources in the mesoregions of Alto Sertão, Sertão, Cariri-Curimataú, Agreste and Brejo, with an average of 7 months of soil water deficit. The Cariri-Curimataú mesoregion has no water surplus in any of the months studied. In all the months of the historical series (1971 to 2017), the coastal, Brejo and Sertão mesoregions have the highest evapotranspiration rates, and the lowest rates occur in Agreste, Cariri-Curimataú and Alto Sertão. The mesoregions of Alto sertão, Agreste and Brejo were classified as dry sub-humid climate, Megatérmico, with small water surplus, the Sertão and Cariri-Curimataú as of semiarid climate, Megatérmico, small or null water surplus and the mesoregion of the Coast as of sub-humid climate, Megatérmico, with moderate deficiency in the rainy season. The predominant climatic range in the state of Paraíba, according to the cultural indexes in the period from 1971 to 2017 was Mesotérmica and the arid water sector. To guarantee high productivity in the state of Paraíba requires integrated agricultural planning for the implementation of irrigation systems with rational use of water.

**Key words:** climatic classification, water excess, mesoregions, water sector, megatérmico.

## 1. INTRODUÇÃO

O balanço hídrico consiste em uma ferramenta que auxilia na possível determinação de regiões que apresentam déficit ou excedente hídrico, utilizando-se de variáveis como precipitação e evapotranspiração (Campos & Silva, 2010). De acordo com Matos et al. (2014), a determinação do balanço hídrico agrometeorológico de uma região é de grande relevância, uma vez que este considera fatores como o solo, sua textura, profundidade do sistema radicular das plantas e a dinâmica da água no solo durante o ano.

Para Sleiman (2008), a variação climática de uma localidade exerce influência nas atividades econômicas, em especial na agricultura. Dentre os elementos climáticos, a precipitação tem papel preponderante no desenvolvimento das atividades humanas, produzindo resultados satisfatórios na economia.

A partir do balanço hídrico, diversos problemas podem ser resolvidos dentre os quais pode-se destacar: planejamento dos recursos hídricos, frequência e intervalo de irrigação para as culturas, classificação climática, zoneamento agroclimático, rendimento das culturas, definição do uso da terra e práticas culturais a serem adotadas, estudos ambientais além da caracterização hidrológica da região (Vestena & Lange Filho, 2008).

Nesse sentido, o balanço hídrico climatológico de Thornthwaite & Mather (1948, 1955), ao ser utilizado como ferramenta de manejo procura nortear ações de planejamento agrícola para uma dada região, possibilitando maior rentabilidade dos cultivos e favorece a tomada de decisão.

Conforme Medeiros et al. (2013a), o balanço hídrico contabiliza a precipitação (entrada) e a evapotranspiração potencial (saída), levando em consideração a capacidade de armazenamento de água em cada solo, ou seja, fornece o saldo de água disponível para a atividade agrícola.

O sistema de classificação climática de Thornthwaite (1948) é amplamente utilizado, em função de dados das normais climatológicas de temperatura, precipitação e evapotranspiração potencial, permitindo separar eficientemente os climas de uma região, uma vez que o método é muito sensível aos totais de chuva, temperatura e relevo da região estudada, resultando em maior número de tipos climáticos, gerando

informações eficientes através do balanço hídrico normal, demonstrando a capacidade para delimitação das zonas agroclimáticas (Rolim et al., 2007).

Segundo Matos et al. (2015), com a utilização do balanço hídrico climatológico é possível obter os índices de aridez (Ia), umidade (Iu), hídrico (Ih) e a concentração da evapotranspiração potencial no trimestre mais quente do ano (CV). A concentração da evapotranspiração potencial (ETP) na estação quente é determinada pelos três meses consecutivos de temperatura mais elevada do ano (trimestre mais quente). Tais índices determinam a classificação climática, baseada em observações e estudos realizados nas condições do Sudeste árido dos Estados Unidos da América e aplicado ao resto do mundo, conforme proposto por Thornthwaite (1948).

O Estado da Paraíba tem sua economia dependente de uma agricultura bastante diversificada, que é fortemente influenciada por condições do tempo, durante o período do cultivo, principalmente das variáveis que compõem o balanço hídrico (Freitas et al. (2011). Assim, a investigação do clima local, com base nos índices de aridez (Ia), hídrico (Ih) e de umidade (Iu), favorece o estudo do balanço hídrico agroclimático, com base no evapopluviograma e o cálculo dos índices de vegetação (Iv), repouso por seca (Irs), repouso por frio (Irf) e hídrico (Ih).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.2. Geral**

Avaliar o balanço hídrico agrometeorológico do estado da Paraíba.

### **2.2. Específicos**

Determinar os meses de maiores demandas evapotranspiratórias das mesorregiões do estado da Paraíba no período de 1971 a 2017.

Identificar a mesorregião com e sem excedente hídrico para o estado da Paraíba.

Classificar as mesorregiões do estado da Paraíba quanto a metodologia de Thornthwaite (1948) e Thornthwaite & Mather (1955).

Classificar quanto a faixa climática e o setor hídrico para o estado da Paraíba no Período e 1971 a 2017.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.3. Importância do balanço hídrico agrometeorológico

O balanço hídrico agrometeorológico tem importância para o planejamento e a tomada de decisão no meio agrícola, visto que permite avaliar a quantidade de água presente no solo disponível para as plantas e verifica os períodos de maior deficiência ou excedente hídrico, favorecendo assim, o planejamento e manejo do uso dos recursos hídricos (Lima & Santos, 2009).

Para se contabilizar o balanço hídrico climático (BHC) de uma dada região, computa-se as entradas e as saídas de água do solo. A entrada de água no sistema é basicamente a precipitação, já a saída tem como principal fator a evapotranspiração, no entanto, ainda se faz necessário o conhecimento da capacidade de água armazenada no solo. Diante disto, o conhecimento do BHC de uma dada região permitirá o conhecimento da evapotranspiração real, deficiência ou excesso hídrico e alteração do armazenamento de água no solo (Matos et al., 2015; Medeiros et al., 2013; Teixeira & Azevedo, 1996).

O método desenvolvido por Thornthwaite & Mather (1955), para determinar o balanço hídrico de uma dada localidade é considerado rápido e simples, não necessitando de medidas diretas. Havendo, portanto a necessidade de se definir a precipitação total (P), o armazenamento máximo no solo (capacidade de água disponível – CAD) e a evapotranspiração potencial (ETP).

Reichardt (1990) afirma que, com estes parâmetros é possível calcular o balanço hídrico climatológico estimando o total de água retida no solo (ARM), a evapotranspiração real (ETR) e o déficit (DEF) ou excedente (EXC) hídrico do local estudado, com estes componentes, a contabilização de água de uma determinada camada do solo permite definir os períodos secos (deficiência hídrica) e úmidos (excedente hídrico) de um determinado local. A importância do BHC na agricultura torna-se evidente quando se pretende conhecer os períodos de maior (e de menor) consumo hídrico das plantas. Assim, o balanço hídrico torna-se uma ferramenta essencial na estimativa dessa necessidade, auxiliando na suplementação de uma irrigação mais racional (Carvalho et al., 2009).

### 3.2. Classificação Climática

A classificação climática tem por objetivo definir os limites geográficos existentes nos diferentes tipos de climas que ocorrem em uma dada região, por meio da descrição e mapeamento das áreas climáticas, necessitando identifica-las em diferentes tipos (Cunha & Martins, 2009).

A classificação climática toma como base dados meteorológicos médios mensais padronizados de séries históricas com período mínimo de 30 anos, recomendado pela Organização Meteorológica Mundial (OMM), denominada, portanto, Normal Climatológica (INMET, 2003). Medeiros et al. (2013a) afirmam que a elaboração da Normal Climatológica é considerada uma ferramenta de classificação climática, podendo se tornar a base para o planejamento, zoneamento e tomada de decisão de uma dada região (Silva et al., 2010).

As variáveis utilizadas para a classificação climática são necessárias ao balanço hídrico, desta forma deve-se proceder ao cálculo do balanço hídrico para posteriormente, fazer a classificação climática. São diversos os sistemas de classificação existentes, dentre os quais se destaca o de Thornthwaite (1948) e Thornthwaite & Mather (1955) largamente utilizado que se vale de índices climáticos definidos com base no balanço hídrico climatológico (BHC), constituindo-se em uma das metodologias clássicas de regionalização climática. De acordo com Rolim et al. (2007), este sistema de classificação climática é considerado refinado para o contexto de aplicações agrícolas, visto que, não considera a planta como instrumento de integração dos elementos climáticos, mas sim como meio físico no qual é possível transportar água do solo para a atmosfera, quando relacionado a necessidades hídricas das plantas ao balanço hídrico, levando em consideração o tipo de clima da região. Dessa forma, um tipo de clima é definido como seco ou úmido, através das necessidades hídricas das plantas, ou seja, dependente de um balanço hídrico climático.

Andrade Júnior et al. (2005) relatam que, a depender do critério de classificação adotado, a redução ou mesmo o aumento de área de um tipo de clima não deve ser considerado prejudicial ao Estado quanto a distribuição de recursos financeiros, bem como não deve obter menos atenção das políticas públicas governamentais.



### 3.3. Índices Climáticos

Por meio do balanço hídrico climático é possível obter os índices de aridez (Ia), umidade (Iu), hídrico (Ih) e a concentração da evapotranspiração potencial no trimestre mais quente do ano (CETPQ) (Matos et al., 2015). Freitas et al. (2011) relatam que, o índice de aridez (Ia), elaborado por Thornthwaite (1948) e ajustado posteriormente por Penman (1953), calcula a diferença entre a quantidade de chuva e a perda de água do sistema, ou seja, a evapotranspiração. A importância da determinação deste índice está no fato da ocorrência deste processo se limitar a áreas secas, e o cálculo deste índice indica exatamente esta condição climática. Esse índice varia entre 0 e 100, ou seja, é 0 quando não existe deficiência e 100 quando ela iguala a evapotranspiração potencial.

O índice de aridez representa o quanto uma região é árida. Para um estudo da intensificação ou não deste índice, é preciso que se faça uma análise temporal do comportamento do mesmo. Sendo também um conjunto entre o índice de aridez e de umidade, onde uma redução na umidade resulta em um incremento do índice de aridez e um aumento significa um incremento do índice de umidade (Francisco et al., 2015).

De acordo com Ometto (1981), o índice de umidade (Iu) representa o excesso hídrico expresso em percentagem, e também da necessidade que é representada pela evapotranspiração potencial. Já o índice hídrico (Ih), de acordo com Pereira et al. (2007) consiste na relação em percentagem entre o excesso de água e a evapotranspiração potencial.

A concentração da evapotranspiração potencial na estação quente (CETPQ), é determinada pelos três meses consecutivos de temperatura mais elevada do ano (trimestre mais quente). Tais índices determinam a classificação climática, baseada em observações e estudos realizados nas condições do Sudeste árido dos Estados Unidos da América e aplicado ao resto do mundo, realizado por Thornthwaite (1948).

### 3.4. Climograma

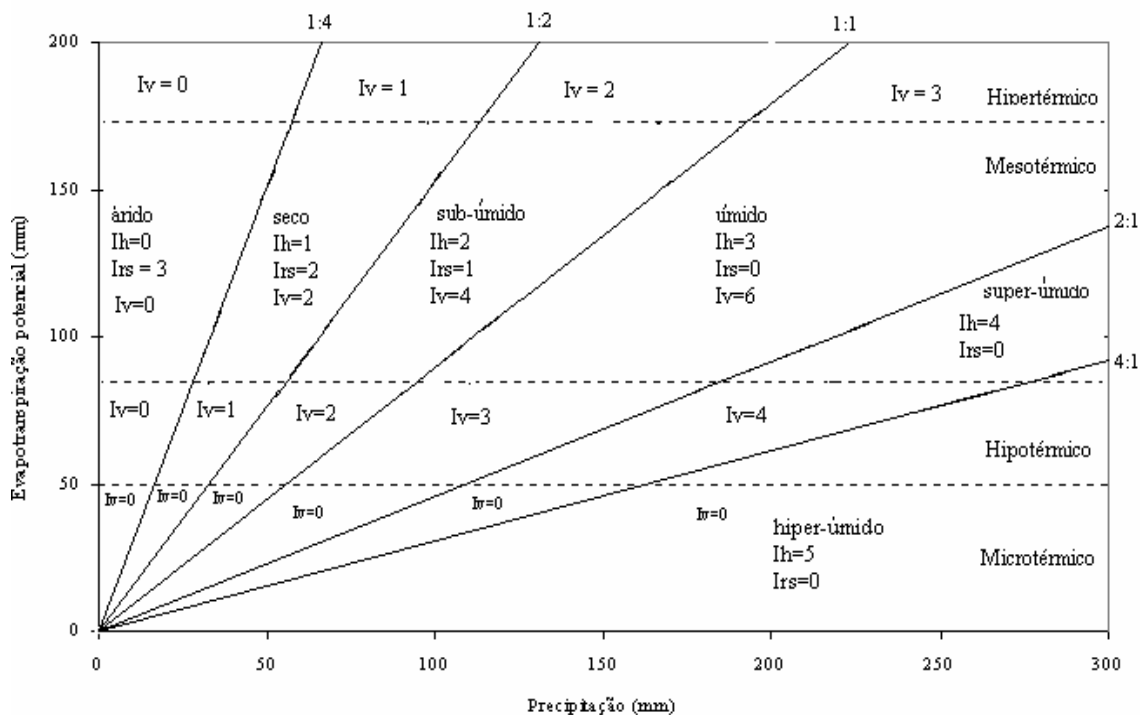
A representação gráfica por meio de climograma é utilizada para representar os parâmetros meteorológicos de relevância para as plantas, por meio do sistema de coordenadas ortogonais, permitindo a comparação da marcha anual dos valores mensais em estudos agrometeorológicos (Francisco et al., 2018). De acordo com Francisco et al. (2018), os parâmetros meteorológicos estudados determinam no diagrama, pontos que

quando interligados formam polígonos irregulares, possibilitando desta forma informações acerca da adaptabilidade da cultura ao local considerado.

Os autores Sentelhas et al. (2008) relatam que, cada climograma recebe a denominação dos elementos climatológicos nele representados. Assim, se a temperatura média do ar é plotada em função da umidade relativa, tem-se o termohigrograma, se a evapotranspiração real, e potencial ou ( $E_{Tr}/E_{Tp}$ ) é plotado em função de umidade relativa (UR) obtém-se o evapohigrograma ou quando em função da precipitação, tem-se o evapopluviograma.

Nos estudos de Francisco et al. (2018) especialmente, os evapopluviogramas referem-se a climogramas, que são adaptados ao balanço hídrico, para fins de estudo das condições climáticas ajustáveis às culturas. Como os elementos plotados no evapopluviograma são expressos em unidades de milímetro, torna-se possível compará-los quantitativamente pelos seus valores absolutos e não apenas de forma relativa, como acontece com a maioria dos climogramas.

Visando facilitar a interpretação do evapopluviograma, este é dividido em seis setores hídricos, nos quais os valores da precipitação correspondem a diferentes submúltiplos e múltiplos da evapotranspiração potencial, e em quatro faixas térmicas com valores correspondentes às limitações e exigências térmicas da cultura. Os setores hídricos (Figura 1), com vértices comuns no ponto de origem, correspondem ao gradiente de umidade e são representados através de coeficientes ou índices hídricos coeficientes ou índices hídricos ( $I_h$ ) e por coeficientes ou índices de repouso por seca ( $I_{rs}$ ).



**Figura 1.** Evapopluviograma em função da evapotranspiração potencial e a precipitação. Adaptado de Francisco et al. 2018.

### 3.5. Mesorregiões da Paraíba

Segundo Silva et al. (2004) e Brito & Braga (2005) o estado da Paraíba possui seis regiões com climatologia bem homogênea, sendo eles: Alto Sertão, Sertão, Cariri-Curimataú, Agreste, Brejo e o litoral. O alto sertão possui média de precipitação de 896,1mm ano<sup>-1</sup> e temperatura média anual de 26°. De acordo com Becker et al. (2011) a precipitação média anual da região Sertão do estado da Paraíba é de 767,7mm e temperatura anual varia de 33° a 18°C.

A região do Cariri Curimataú possui média de precipitação de até 516,1 mm.ano<sup>-1</sup>, com temperaturas máximas acima de 31°C. Integra 52 municípios paraibanos. Já o Agreste engloba aproximadamente 36 municípios, possui temperatura média anual de 23°C e precipitação média anual acima de 1083, possui como maior município a cidade de Campina Grande (Araújo et al., 2003).

A região do Brejo paraibano é caracterizada por ser uma área que apresenta índice pluviométrico, que varia de 700 a 1200 mm anual, com temperatura máxima de 24°C e mínima e 17°C, além de ser considerada uma região que possui grande potencial produtivo. Sua população é estimada em 116.437 habitantes (IBGE, 2015), dividida em

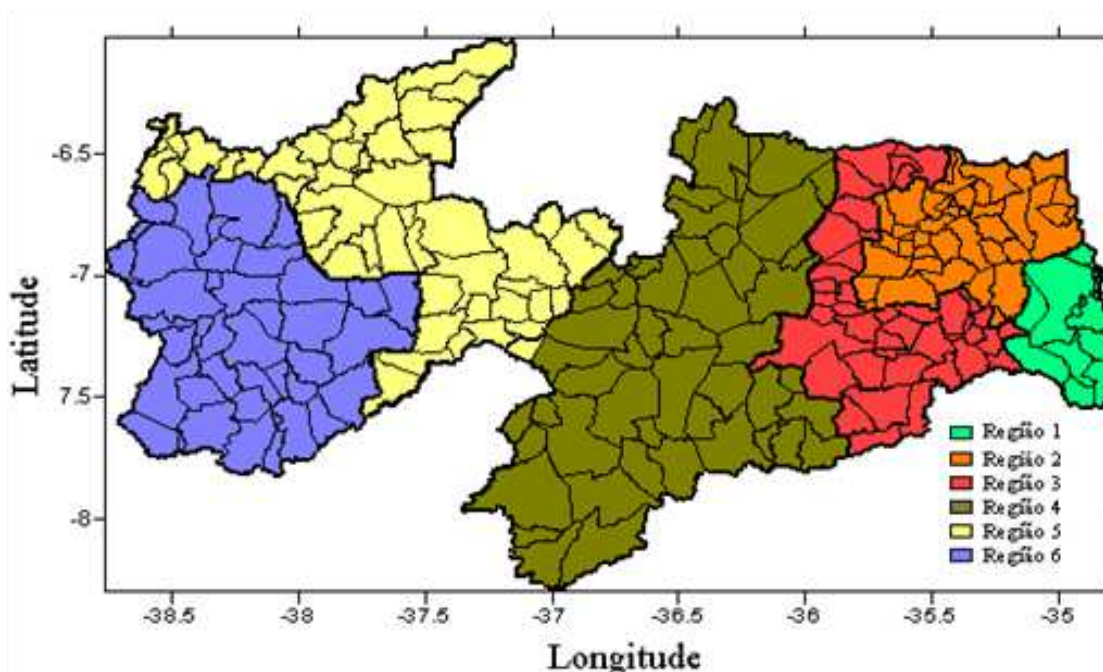
oito municípios (Alagoa Grande, Areia, Bananeiras, Serraria, Alagoa Nova, Pilões, Borborema e Matinhas) com área total de 1.202,1 km<sup>2</sup>.

A região do litoral Paraibano compreende, integrada por 22 municípios, com área de 5 232,396 km<sup>2</sup>, com uma população estimada de 1.336,034 habitantes (IBGE, 2015). Nela se encontra a capital do Estado, João Pessoa, o maior centro econômico e populacional da Paraíba. Essa região possui média anual de precipitação variando de 1.200 a 1.600 mm, temperatura máxima de 30°C e mínima de 21°C.

## 4. METODOLOGIA

### 4.1. Caracterização da área do estudo

A área de estudo compreende o Estado da Paraíba que está localizado na região Nordeste do Brasil, e apresenta uma área de 56.372 km<sup>2</sup>, que corresponde a 0,662% do território nacional. Seu posicionamento encontra-se entre os paralelos 6°02'12" e 8°19'18"S, e entre os meridianos de 34°45'54" e 38°45'45"W (Francisco, 2010). O estado possui seis regiões climáticas: o Alto Sertão (Região 6), Sertão (Região 5), Cariri-Curimataú (Região 4), Agreste (Região 3), Brejo (Região 2) e o litoral (Região 1) (Figura 2).



**Figura 2.** Mesorregiões do estado da Paraíba (Brito e Braga, 2005).

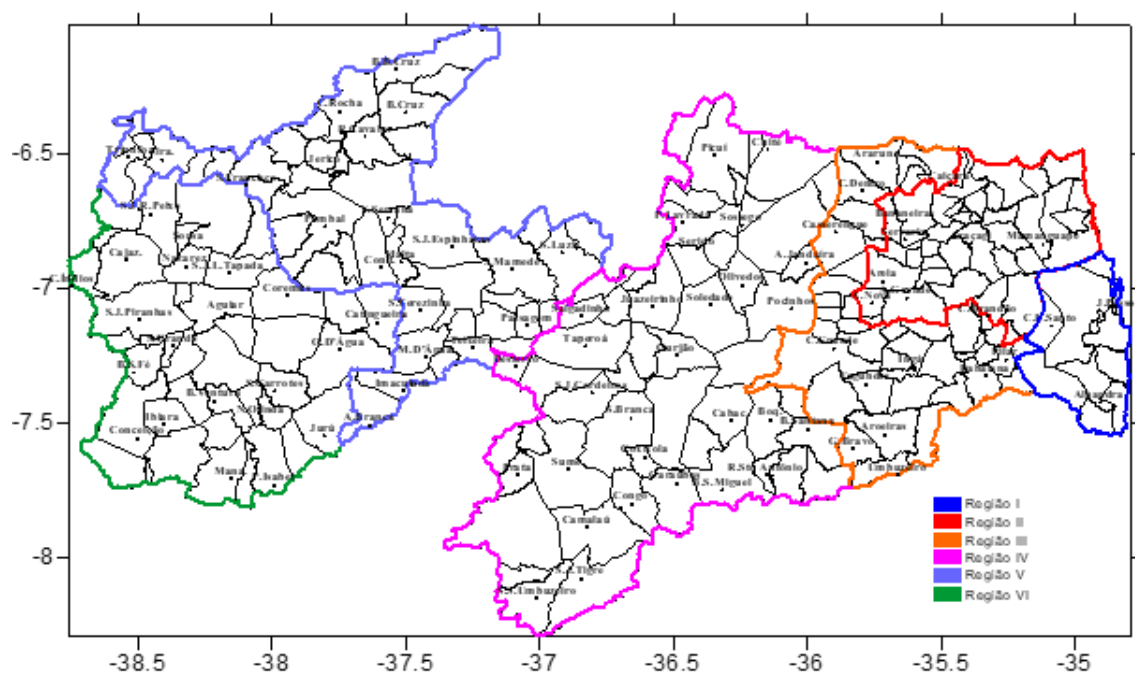
O Estado da Paraíba é caracterizado por dois regimes de chuvas, um de fevereiro a maio (regiões do Alto Sertão, Sertão e Cariri-Curimataú) e o outro de abril a julho (Agreste, Brejo e Litoral). Tais regiões homogêneas foram determinadas por Braga e Silva (1990) através de técnicas objetivas de análise multivariada.

O clima caracteriza-se por temperaturas médias elevadas (22 a 30 °C) e uma amplitude térmica anual muito pequena, em função da baixa latitude e elevações (< 700 m). A precipitação varia de 400 a 800 mm anuais, nas regiões semiáridas do interior do

estado, e no Litoral, mais úmido, pode ultrapassar os 1.600 mm. Os fatores provocadores de chuvas no estado, são as Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e as contribuições dos sistemas de Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCANs), quando em atividade sobre o Nordeste Brasileiro, além dos efeitos decorrentes dos ventos alísios do nordeste em conjunto com os efeitos de brisa marítima, auxiliados pela formação dos Vórtices Ciclônicos do Atlântico Sul (VCAS) e das formações das linhas de instabilidade, o Padrão do Dipolo (PD) no Oceano Atlântico Tropical e as perturbações ondulatórias no campo dos ventos alísios (Becker et al., 2011).

#### 4.2. Determinação do Balanço Hídrico Climatológico (BHC)

Para a elaboração do balanço hídrico climatológico (BHC), utilizaram-se os dados das normais climáticas de precipitação fornecidos pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AES/A) e pela Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), conforme distribuição dos postos pluviométricos, Alto Sertão (Região VI), Sertão (Região V), Cariri-Curimataú (Região IV), Agreste (Região II), Brejo (Região II) e o litoral (Região I) (Figura 3). As médias das precipitações foram referentes à série histórica do período de 1971- 2017.



**Figura 3.** Distribuição espacial dos postos pluviométricos da área de estudo. Adaptado de Silva et al. 2004.

Utilizaram-se séries mensais e anuais de precipitação pluvial do Estado. Essas foram selecionadas com base no critério de análise apenas daquelas sem falhas e contínuas, bem como distribuídas homoganeamente na área de estudo. Utilizou-se o software estima\_T, desenvolvido pelo núcleo de meteorologia da Universidade Federal de Campina Grande, utilizando a técnica da reta de regressão múltipla para medida de temperatura média (Cavalcanti & Silva, 1994; Cavalcanti et al., 2006). O método adotado para obtenção do BHC foi o proposto por Thornthwaite & Mather (1948, 1955) com elaboração de planilhas eletrônicas realizadas por Medeiros et al. (2013b) que contabiliza a água do solo, em que a precipitação representa ganho e a evapotranspiração a perda de umidade do solo, podendo-se estimar os valores correspondentes ao Excedente Hídrico (EXC) e a Deficiência Hídrica (DEF).

Adotou-se com base nesta metodologia, a capacidade de armazenamento de água disponível no solo (CAD) de 100 mm. A Evapotranspiração Potencial (ETP) foi obtida pela Equação 1, conforme Thornthwaite (1948).

$$ETP = Fc * 16 \left( 10 \frac{T}{I} \right)^a \quad \text{Eq.01}$$

Em que: ETP – evapotranspiração potencial em mm mês<sup>-1</sup>; Fc – fator de correção conforme a (Tabela 1); T – temperatura média mensal em °C; I – índice anual de calor, correspondente a soma dos doze índices mensais; a – é função cúbica do índice anual de calor (Equação 2).

$$a = 6,75 * 10^{-7} * I^3 - 7,71 * 10^{-5} * I^2 + 0,01791 * I + 0,492 \quad \text{Eq.02}$$

Em que: a – função cúbica do índice anual de calor em mm mês<sup>-1</sup>; I – índice anual de calor, correspondente a soma dos doze índices mensais.

**Tabela 1.** Fator de Correção do método de Thornthwaite (1948) em função dos meses do ano e da latitude.

Latitude	Fator de Correção											
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
2°N	1,02	0,93	1,03	1,00	1,04	1,01	1,04	1,04	1,01	1,03	1,00	1,03
0°	1,03	0,93	1,03	1,00	1,03	1,00	1,03	1,03	1,00	1,03	1,00	1,03
2°S	1,04	0,94	1,04	1,00	1,03	0,99	1,02	1,02	0,99	1,03	1,00	1,04
4°S	1,05	0,95	1,04	1,00	1,03	0,98	1,01	1,02	0,99	1,03	1,01	1,05
6°S	1,06	0,96	1,05	1,00	1,02	0,98	1,00	1,01	0,98	1,03	1,01	1,06
8°S	10,7	0,97	1,06	1,00	1,02	0,97	0,99	1,00	0,98	1,03	1,01	1,06
10°S	1,08	0,97	1,06	1,00	1,01	0,96	0,98	0,99	0,97	1,03	1,02	1,07
12°S	1,09	0,98	1,07	1,01	1,01	0,95	0,97	0,98	0,97	1,02	1,02	1,08
14°S	1,10	0,99	1,07	1,01	1,01	0,95	0,96	0,97	0,96	1,02	1,02	1,09
16°S	1,12	1,00	1,08	1,01	1,00	0,94	0,95	0,96	0,95	1,02	1,03	1,10
18°S	1,13	1,01	1,09	1,01	1,00	1,93	0,94	0,95	0,95	1,02	1,03	1,10
20°S	1,14	1,02	1,09	1,01	0,99	0,92	0,93	0,94	0,94	1,02	1,03	1,11
22°S	1,15	1,03	1,10	1,01	0,99	0,91	0,92	0,93	0,93	1,02	1,04	1,12
24°S	1,16	1,04	1,10	1,01	0,98	0,90	0,91	0,92	0,93	1,02	1,04	1,13
26°S	1,17	1,05	1,11	1,01	0,98	0,89	0,89	0,91	0,92	1,01	1,05	1,14
28°S	1,19	1,06	1,12	1,01	0,98	0,88	0,88	0,89	0,91	1,01	1,05	1,15
30°S	1,20	1,07	1,13	1,02	0,90	0,87	0,87	0,88	0,91	1,01	1,05	1,16

Fonte: Unesco (1982).

### 4.3. Determinação dos Índices Climáticos

No cálculo dos índices de aridez, umidade e hídrico, utilizaram-se as equações 3, 4 e 5. Tais índices são essenciais para a caracterização climática da região segundo o método de Thornthwaite (1948).

$$Ia = 100 \frac{\sum DEF}{\sum ETP} \quad \text{Eq.03}$$

$$Ih = 100 \frac{\sum EXC}{\sum ETP} \quad \text{Eq.04}$$

$$Iu = Ih - 0,6 * Ia \quad \text{Eq.05}$$

Em que: Ia – índice de aridez; Iu – índice de umidade; Ih – índice hídrico;  $\sum DEF$  – somatório da deficiência hídrica anual (mm);  $\sum EXC$  – somatório do excesso hídrico anual (mm);  $\sum ETP$  – somatório da evapotranspiração potencial anual (mm).

### 4.4. Classificação Climática



A classificação climática foi obtida de acordo com a metodologia proposta por Thornthwaite (1948) utilizando-se os valores dos índices de aridez (Ia), umidade (Iu), hídrico (Ih) e da concentração da evapotranspiração na estação mais quente (CETPQ), em conformidade com a concentração da evapotranspiração potencial na estação quente, definida pelos três meses consecutivos de temperatura mais elevada do ano.

A concentração da evapotranspiração potencial na estação quente foi dada pela Equação 6, a qual representa a percentagem da evapotranspiração anual que ocorre nos meses j, k, l, de temperatura mais elevada do ano (trimestre mais quente).

$$CETPQ = 100 * (ETP_j + ETP_k + ETP_l) / (ETP) \quad \text{Eq.06}$$

Em que: CETPQ – concentração da evapotranspiração na estação mais quente;  $ETP_j$  – evapotranspiração potencial no mês “j” (mm);  $ETP_k$  – evapotranspiração potencial no mês “k” (mm);  $ETP_l$  – evapotranspiração potencial no mês “l” (mm); ETP – evapotranspiração potencial anual (mm).

Utilizando estes dados, foi avaliado para cada localidade, o tipo de clima segundo a classificação climática de Thornthwaite (1948) e Thornthwaite & Mather (1955), conforme a Tabela 2.

**Tabela 2.** Tipos climáticos, baseados no índice de umidade, segundo Thornthwaite (1948) e Thornthwaite & Mather (1955).

Tipos climáticos	Índice de Umidade (Iu)	
	Thornthwaite (1948)	Thornthwaite & Mather (1955)
A- Superúmido	$100 \leq Iu$	$100 \leq Iu$
B4-Úmido	$80 \leq Iu < 100$	$80 \leq Iu < 100$
B3-Úmido	$60 \leq Iu < 80$	$60 \leq Iu < 80$
B2- Úmido	$40 \leq Iu < 60$	$40 \leq Iu < 60$
B1- Úmido	$20 \leq Iu < 40$	$20 \leq Iu < 40$
C2- sub-úmido	$00 \leq Iu < 20$	$00 \leq Iu < 20$
C1- sub-úmido seco	$-20 \leq Iu < 00$	$-33,3 \leq Iu < 00$
D- Semiárido	$-40 \leq Iu < -20$	$-66,7 \leq Iu < -33,3$
E- Árido	$-60 \leq Iu < -40$	$-100 \leq Iu < -66,7$

Fonte: Barros et al. (2012); Francisco et al. (2015).

Para os tipos de clima caracterizados por índice de umidade ( $Iu > 0$ ), designados genericamente por “climas úmidos”, isto é, dos tipos, A, B4, B3, B2, B1 e C2, essa subdivisão é efetuada segundo o índice de aridez (Ia); para os demais tipos climáticos, com  $Iu < 0$ , ou seja, os designados pelos símbolos C, D, e E, genericamente designados

como “climas secos”, são enquadrados de acordo com o índice de hídrico (Ih). Essas subdivisões são mostradas na Tabela 3.

**Tabela 3.** Subdivisões dos tipos climáticos, conforme o índice de aridez (Ia) e hídrico (Iu).

	<b>Climas úmidos</b>	<b>Índice de Aridez (Ia)</b>		<b>Climas úmidos</b>	<b>Índice hídrico (Ih)</b>
r	Pequena ou nenhuma deficiência	$0 < Ia \leq 16,7$	d	Pequeno ou nenhum excesso hídrico	$0 < Ih \leq 10$
S	Moderada deficiência	$16,7 < Ia \leq 33,3$	S	Moderado excesso hídrico no inverno	$10 < Ih \leq 20$
W	Moderada deficiência	$16,7 < Ia \leq 33,3$	W	Moderado excesso hídrico no verão	$10 < Ih \leq 20$
S2	Grande deficiência	$> 33,3$	S2	Grande excesso hídrico no inverno	$> 20$
W2	Grande deficiência	$> 33,3$	W2	Moderado excesso hídrico no verão	$> 20$

Fonte: Barros et al. (2012); Francisco et al. (2015).

A partir da evapotranspiração potencial anual, em função da temperatura e do comprimento do dia, variáveis que refletem as condições térmicas locais, foi possível determinar a classificação térmica para as mesorregiões do estado da Paraíba (Tabela 4).

**Tabela 4.** Tipos climáticos em função da evapotranspiração potencial anual (ETp).

<b>Tipos de Clima</b>	<b>Símbolos</b>	<b>Evapotranspiração potencial anual (ETp)</b>
Megatérmico	A'	$> 1.140$
Mesotérmico	B'4	1.140 a 997
Mesotérmico	B'3	997 a 855
Mesotérmico	B'2	855 a 712
Mesotérmico	B'1	712 a 570
Microtérmico	C'2	570 a 427
Microtérmico	C'1	427 a 285
Tundra	D'	285 a 142
Gelo Perpétuo	E'	$< 142$

Fonte: Barros et al. (2012); Francisco et al. (2015).

Conforme a variabilidade da evapotranspiração potencial na estação quente (CETPQ), definida pelos três meses consecutivos de temperatura mais elevada, foi estabelecida, ainda, outros subtipos climáticos, de acordo com a Tabela 5.

**Tabela 5.** Subtipos climáticos em função da evapotranspiração potencial na estação quente (CETPQ).

Subtipos Climáticos	Cv (%)
a'	< 48,0
b'4	48,0 a 51,9
b'3	51,9 a 56,3
b'2	56,3 a 61,6
b'1	61,6 a 68,0
c'2	68,0 a 76,3
c'1	76,3 a 80,0
d'	> 80,0

Fonte: Barros et al. (2012); Francisco et al. (2015).

A classificação climática conforme a metodologia de Thornthwaite (1948), para cada mesorregião do estado da Paraíba foi estabelecida pela fórmula climática identificada por quatro símbolos consecutivos, obtidos das Tabelas 2, 3, 4 e 5.

#### 4.5. Elaboração do evapopluviograma

Realizou-se a elaboração do evapopluviograma de cada mesorregião, o qual se refere a um climograma adaptado ao BHC, para fins de estudo das condições climáticas mais adequadas às culturas, pelo sistema de coordenadas ortogonais. Como nesse caso a evapotranspiração potencial é plotada em função da precipitação, assim obtém-se o evapopluviograma (Thornthwaite, 1948).

O diagrama apresenta-se dividido em seis setores hídricos, nos quais os valores da precipitação correspondem a diferentes múltiplos e submúltiplos da evapotranspiração potencial, e em outras quatro faixas térmicas com valores correspondentes às limitações e exigências térmicas da cultura.

Utilizando os doze pontos do evapopluviograma determinaram-se os índices de vegetação ( $I_v$ ), de repouso por seca ( $I_{rs}$ ) e de repouso por frio ( $I_{rf}$ ), obtidos pelas Equações 7, 8 e 9, conforme descrito por Matos et al. (2014).

$$I_v = N^{\circ}P * V \quad \text{Eq.07}$$

$$I_{rs} = N^{\circ}P * V \quad \text{Eq.08}$$

$$I_{rf} = N^{\circ}P * V \quad \text{Eq.09}$$

Em que:  $N^{\circ} P$  – número de pontos do evapopluviograma dentro de cada setor hídrico e faixa térmica;  $V$  – valor dos  $I_v$ ,  $I_{rs}$  e  $I_{rf}$  dentro de cada setor hídrico e faixa térmica.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

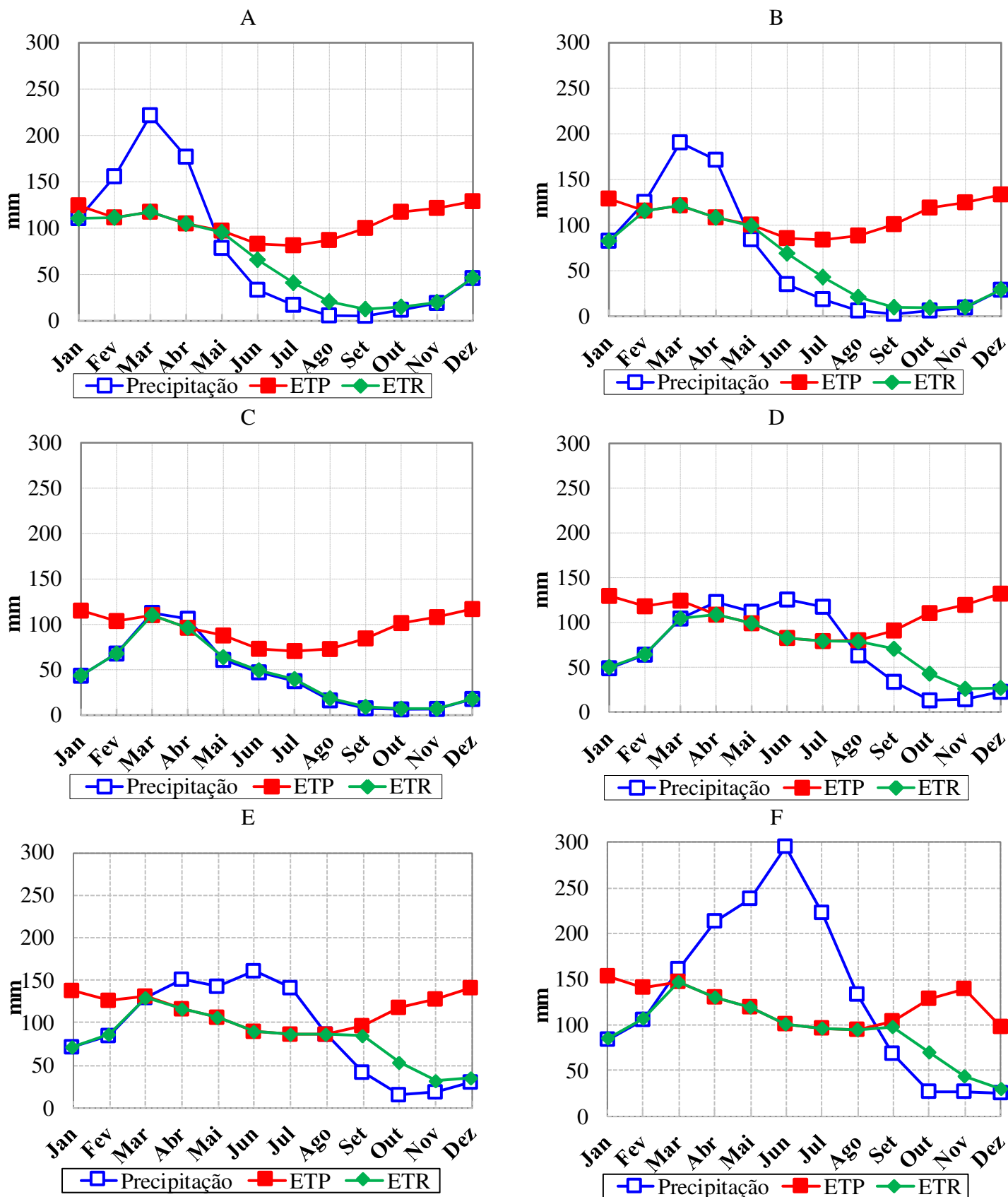
### 5.1. Balanço Hídrico Climatológico para as Mesorregiões do Estado da Paraíba

A precipitação, evapotranspiração real e a evapotranspiração potencial médio mensal, do período de 1971 a 2017, para as mesorregiões do estado da Paraíba, encontram-se na Figura 4. Nota-se que para o Alto sertão e Sertão ocorre um aumento gradual da precipitação de janeiro até março, com decréscimo de abril até dezembro (Figura 4 A e B). Verifica-se também que para estas duas mesorregiões que, a evapotranspiração potencial aumentou nos meses de junho a dezembro, com total anual de 1273,9 mm e 1311,0 mm, respectivamente para o Alto Sertão e Sertão.

Medeiros et al. (2015b) afirmam que a evapotranspiração potencial (ETP) anual das mesmas regiões estudadas é de 1.230,2 mm, com oscilações de 102,8 a 125,6  $\text{mmmês}^{-1}$ , as maiores taxas evapotranspirada ocorrem de outubro a abril, reafirmando os dados obtidos no presente estudo. A curva de evapotranspiração real (ETR) evidencia um aumento significativo de janeiro a março nas duas mesorregiões com decréscimos concentrados de maio a novembro. Com valores anuais de ETR em torno de 761,6 mm e 719,2 mm para o Alto sertão e Sertão, respectivamente (Figura 4A e B).

De acordo com Francisco et al. (2017), estes valores de evapotranspiração estão intimamente relacionados com a disponibilidade hídrica da região. Estas mesorregiões evidenciam saldo hídrico negativo, uma vez que as chuvas ocorridas não são suficientes para atender a demanda hídrica, muito menos para que ocorra excesso de água no solo. Na mesorregião do Cariri/Curimataú houve um aumento na precipitação (P) e evapotranspiração real (ETR) do mês de janeiro a abril com posterior decréscimo nos meses seguintes até dezembro (Figura 4 C).

Percebe-se ainda que a evapotranspiração potencial máxima, foi observada nos meses de dezembro e janeiro com 117 e 115  $\text{mmmês}^{-1}$ . Já a evapotranspiração real obteve uma máxima no mês de março com 110  $\text{mm mês}^{-1}$  (Figura 4C).



**Figura 4.** Representação gráfica da P, ETP e ETR em mm, para o Alto Sertão (A), Sertão (B), Cariri-Curimataú (C), Agreste (D), Brejo (E) e Litoral (F).

Em contrapartida, esta região paraibana é caracterizada por possuir baixas médias pluviométricas e altos índices de evapotranspiração, fato que se deve a distribuição pluviométrica se dá em um período muito curto do ano, com uma distribuição temporal e espacial bastante irregular (Morais Neto et al., 2007).

Medeiros et al. (2015a) ao estudarem a caracterização agroclimática dos municípios da Paraíba, identificaram que os municípios que compõem a mesorregião do Cariri/Curimataú possuem índices de precipitação baixo e elevadas taxas evapotranspirométrica, resultados estes que condizem com os observados no presente estudo.

Coutinho et al. (2015) ressaltam que no município de Prata –PB que integra a mesorregião do Cariri-Curimataú, os menores valores de ETP são no trimestre chuvoso (junho, julho e agosto), na ordem de aproximadamente 75 mm, 72 mm, 77 mm, respectivamente, e valor máximo de 121 mm no mês de dezembro, com total médio anual na ordem de 1160 mm e média anual de 97 mm. Resultados estes bem próximos aos observados no presente trabalho.

Matos et al. (2014), ao pesquisaram as aptidões climáticas por meio do balanço hídrico, com base na metodologia de Thornthwaite & Mather (1948, 1955), constataram que quando houve um maior índice de precipitação, além de ocorrer aumento na evapotranspiração real.

O Agreste possui distribuição pluviométrica mensal irregular para o período de 1971 a 2017, sendo o total médio anual de 843,58 mm, com as maiores taxas pluviométricas entre os meses de março a julho, oscilando de 104,5 a 125,7mm (Figura 4D). Os valores mínimos de precipitação ocorrem nos meses de agosto a fevereiro, com flutuações de 13,2 a 64,0 mm (Figura 4D).

A evapotranspiração potencial anual obtida foi de 1.276,6 mm, com oscilações de 74,9 a 132,3  $\text{mmmês}^{-1}$ , sendo que as maiores taxas de evapotranspiração foram observadas nos meses de dezembro e janeiro (Figura 4 D). Já a evapotranspiração real, teve comportamento semelhante ao identificado para a precipitação na região agreste do estado da Paraíba. Resultados estes que corroboram com os obtidos por Medeiros et al. (2015a) e Francisco et al. (2017) para esta mesma região estudada.

Na mesorregião do Brejo Paraibano possui distribuição pluviométrica mensal irregular para o período de 1971 a 2017, sendo o total médio anual de 1075,6 mm, com as maiores taxas pluviométricas entre os meses de março a julho, oscilando de 129,9 a 160,5 mm, meses estes correspondentes ao período chuvoso, com um total de 725,5mm

que significa cerca de 67,4% do total anual de chuvas para a região (Figura 4E). Observa-se ainda que, os menores valores de precipitação foram nos meses de agosto a janeiro, com flutuações de 16,0 a 86,3  $\text{mmmês}^{-1}$ . A evapotranspiração potencial anual foi de 1365,4mm, com oscilações de 85,8 a 142,0  $\text{mmmês}^{-1}$ , as maiores taxas evapotranspirada ocorrem de outubro a maio (Figura 4E).

Costa et al. (2015) e Medeiros et al. (2015c) afirmam que, a mesorregião do Brejo Paraibano não apresenta tendência de crescimento dos índices pluviométricos, podendo estes valores serem alterados devido à grande variabilidade espacial e temporal da precipitação, e desta forma, terem um comportamento diferente do previsto, com aumento, diminuição ou ficarem dentro do intervalo esperado. Este fato reafirma os dados obtidos nesta pesquisa, visto que ocorrem oscilações na maior parte do ano nesta mesorregião.

Para a mesorregião do Litoral nota-se que a precipitação teve um aumento de janeiro a julho, com decréscimo de julho até dezembro (Figura 4F). A curva de ETR evidencia que houve um aumento significativo de janeiro a março, com decréscimos concentrados em três períodos de março a julho, de agosto a setembro, e outubro a dezembro (Figura 4F).

A evapotranspiração potencial (ETP) anual observada foi de 1452,1mm, com oscilações de 95,0 a 152,8  $\text{mm m\text{ês}}^{-1}$ , onde as maiores taxas evapotranspiradas ocorrem nos meses de dezembro a março. O consumo evapotranspirado de água se comportou de forma semelhante à distribuição da precipitação pluvial (Figura 4F).

Pereira et al. (2012), relatam que a mesorregião do Sertão Paraibano, apresenta uma maior taxa de água evapotranspirada, quando comparada as outras regiões. Os autores descrevem que, as mesorregiões do Sertão, Cariri-Curimataú e Agreste, possuem um baixo índice de precipitação, em comparação a alta evapotranspiração anual ocorrida, sendo o maior volume pluviométrico advindo da região Litoral do Estado. Conforme observado no presente estudo.

Medeiros et al. (2015e) ao estudarem as flutuações pluviométricas no estado da Paraíba, perceberam que os maiores índices anuais de precipitações foram observados nas referidas microrregiões: Litoral, Agreste, Brejo e Alto Sertão. Os anos mais secos registrados pertenceram as microrregiões do Cariri-Curimataú e Sertão. Conforme observado no presente estudo, visto que as médias anuais de precipitações mais baixas foram obtidas nas mesorregiões do Cariri-Curimataú e Sertão. O fenômeno El Niño, que ocorreu nos anos de 1997/1998, influenciou na redução considerável das chuvas



nesses anos, uma vez que, em anos de El Niño se observa uma diminuição dos totais pluviométricos na região Nordeste, provocando, em alguns anos, secas severas (Medeiros et al., 2015e).

De acordo com Medeiros et al. (2015a), as mesorregiões que possuem precipitações irregular faz-se necessário o monitoramento através do emprego de índices climáticos, podendo desenvolver um sistema de acompanhamento das características dos períodos secos ou chuvosos, com informações anuais, sazonais ou mensais, com as quais podem conhecer profundamente a climatologia de uma região, e verificar os impactos que o clima global causa sobre a distribuição pluviométrica local, ou seja, a regionalização da precipitação para determinado local.

Os resultados obtidos para o balanço hídrico climático médio anual da série histórica 1971 a 2017 das seis mesorregiões da Paraíba, encontram-se na Tabela 6, onde verifica-se a variabilidade dos valores médios anuais 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 6.** Balanço hídrico climático médio anual da série histórica 1971 a 2017 para as seis mesorregiões da Paraíba.

Mesorregiões	T (°C)	P (mm)	ETP (mm)	P – ETP (mm)	ARM (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
<b>Alto sertão</b>	24,2	73,5	106,2	-32,7	35,3	63,5	42,7	10,0
<b>Sertão</b>	24,5	63,5	109,2	-45,8	30,9	60,0	49,3	3,5
<b>Cariri-Curimataú</b>	23,0	44,3	95,1	-50,8	3,5	44,3	50,8	0,0
<b>Agreste</b>	24,2	70,3	106,4	-36,1	31,1	69,6	36,8	0,7
<b>Brejo</b>	24,9	89,6	113,8	-24,1	41,5	81,4	32,4	8,2
<b>Litoral</b>	25,5	133,3	121,0	12,3	51,8	93,5	27,5	39,8

T- temperatura; P- precipitação, ETP- evapotranspiração potencial, ARM-armazenamento, ETR – evapotranspiração real, DEF- deficiência hídrica, EXC- excedente hídrica.

Nota-se que a região do Cariri-Curimataú possui menor temperatura média anual, precipitação, evapotranspiração potencial, armazenamento, evapotranspiração real e não possui excesso hídrico médio anual e maior déficit hídrico médio anual da série histórica. Em contrapartida, o litoral possui a maior temperatura média anual, precipitação, evapotranspiração potencial, armazenamento, evapotranspiração real déficit e excedente hídrico médio mensal (Tabela 6). De acordo com Araújo (2011), é

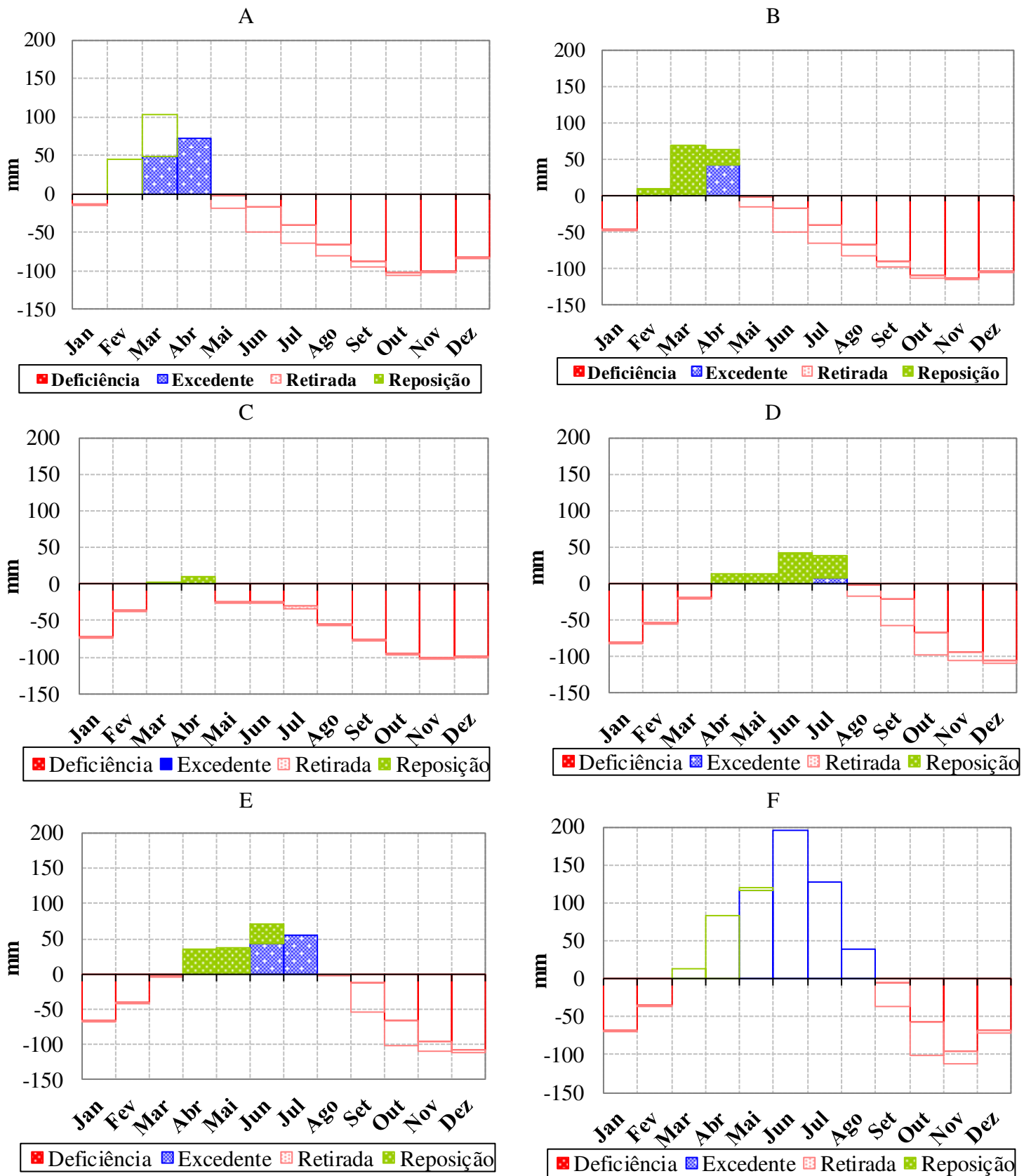
por esse motivo que geralmente, o balanço hídrico das cidades de climas mais secos da região Nordeste apresenta deficiência hídrica.

O Alto Sertão e o Sertão possuem balanço hídrico bem semelhante, porém o Alto Sertão tem maiores índices pluviométricos, de armazenamento excedente hídrico quando comparado ao Sertão. A região Agreste possui o segundo menor excedente hídrico do estado ganhando apenas da região Cariri-Curimataú (Tabela 6).

Medeiros et al. (2015a) concluíram que existem grandes oscilações de temperatura, precipitação, evapotranspiração, armazenamento, deficiência e excedente hídrico nas diferentes cidades que compõem as mesorregiões da Paraíba. Resultados condizentes com os obtidos no presente estudo para a mesma região de estudo, no entanto em séries históricas diferentes. Nesse sentido, avaliar o comportamento agrometeorológico por meio do balanço hídrico climatológico de uma certa localidade ou estado é a principal etapa do planejamento agrícola (Passos et al., 2016).

De acordo com Jesus (2015) 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. Matos et al. (2014) afirmam que, elaborar o balanço hídrico climático para uma região é de suma importância para o planejamento das formas de manejo do solo e água.

O balanço hídrico climático para as mesorregiões do estado da Paraíba para o período de 1971 a 2017 encontra-se na Figura 5. Na qual é possível verificar diferenças de comportamento entre as mesorregiões. Para as mesorregiões Alto Sertão e Sertão observa-se elevadas deficiências hídricas com início em maio e término em janeiro, com déficit hídrico de 512,3 mm e 591, 2 mm no Alto Sertão e no Sertão e um excesso hídrico para o Alto Sertão de 119, 9 mm e Sertão 41,9mm (Figura 5 A e B). Percebe-se ainda que os meses sem déficit são aqueles correspondentes aos meses de maiores precipitações pluviométricas nas duas mesorregiões Paraibana.



**Figura 5.** Balanço hídrico climático médio mensal em mm para o Alto Sertão (A), Sertão (B), Cariri-Curimataú (C), Agreste (D), Brejo (E) e Litoral (F).

Quanto à quantidade de água no solo, verifica-se que a partir do mês de fevereiro até abril acontecem as maiores precipitações e, consecutivamente, os maiores volumes de água disponíveis no solo. Nos meses de fevereiro a abril ocorre a reposição de água no solo e em março e abril, o excesso de água, o que é configurado pelo período em que a estação chuvosa abrange as mesorregiões do Alto Sertão e do Sertão Paraibano (Figura 5A e B). Já para os outros meses do ano, evidencia-se a retirada de água e o seu déficit hídrico no solo, o qual tem como influência as estações mais secas do ano (Figura 5A e B).

Passos et al. (2016), ao estudarem o balanço hídrico da cidade de Chapadinhama, constataram que o período de reposição da água do solo ocorre nos meses de janeiro e fevereiro, resultado este condizente com os obtidos no presente estudo. De acordo com Passos et al. (2017), nessas regiões a necessidade do uso de irrigação suplementar para as áreas irrigadas é evidente, pois a região passa por oito a nove meses com deficiência hídrica.

O balanço hídrico agrometeorológico para a mesorregião do Cariri-Curimataú determinou o predomínio do déficit hídrico, verificado em 10 meses, com o total anual de 609,6 mm. A mesorregião não possui excedente hídrico, uma vez que as precipitações são inferiores a evapotranspiração. Os meses de março e abril são os meses de frequente reposição (Figura 5C).

De modo geral, 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 todavia, isto não foi observado neste estudo, já que o volume precipitado é muito baixo. No início do período de estiagem, verifica-se a retirada de água do solo, época em que começa a ocorrência de deficiência hídrica na mesorregião estudada estendendo-se de maio a fevereiro (Figura 5 C).

Costa Neto et al. (2015) ao pesquisarem o balanço hídrico na cidade de Olivedos-PB pertencente a mesorregião do Cariri-Curimataú, observaram que não ocorrem excedentes hídricos em nenhum período do ano. As deficiências hídricas ocorrem em todos os meses com um total anual de 657,8 mm. Medeiros et al. (2015b) em seu estudo sobre o balanço hídrico em Cabaceiras-PB também verificaram que não ocorre excedente para condição normal, e a deficiência hídrica ocorre em todos os meses, com oscilação entre 56,9 a 166,9 mm.mês<sup>-1</sup>, sendo os meses de setembro e outubro com as maiores deficiências. Estes dados são bem similares aos obtidos para a mesorregião do Cariri-Curimataú neste estudo levando em consideração o período de 1971 a 2017.

A deficiência hídrica causa perdas de produção em todo o mundo, que são causadas principalmente pela irregularidade da precipitação e sua má distribuição anual (Santos et al., 2010). Dessa forma, nos meses mais deficientes é necessário o planejamento quanto as necessidades de irrigação para diminuir as perdas de produtividade.

Cabe salientar que, mesmo não ocorrendo excedentes hídricos na mesorregião do Cariri-Curimataú e a precipitação sendo inferior a evaporação e evapotranspiração é de extrema necessidade que os índices pluviométricos sejam armazenados para a sua utilização no período menos chuvoso, deste modo, contribuindo para a sobrevivência humana, animal, vegetal a desenvolverem suas tarefas (Costa Neto et al., 2014).

Na análise do balanço hídrico para a mesorregião do Agreste paraibano, nota-se um pequeno excedente hídrico durante o mês de julho, com (8,5 mm). O déficit hídrico começa em setembro e vai até março, atingindo seu maior valor em dezembro (105,3 mm). A reposição da água no solo acontece nos meses abril até julho, com máximo em junho com 43,0 mm (Figura 5D).

Medeiros et al. (2015c) estudando o balanço hídrico climatológico para a cidade de Lagoa Seca – PB, Agreste paraibano verificaram excedente hídrico entre os meses de maio a agosto. As deficiências hídricas ocorrem entre os meses de setembro a fevereiro, sendo os meses de novembro, dezembro e janeiro com as maiores taxas de deficiência, a reposição de água no solo ocorre nos meses de março a maio e a retirada de água no solo ocorre entre os meses de setembro e nos primeiros dias de fevereiro. Resultados estes semelhantes aos obtidos no presente estudo para as cidades que fazem parte dessa mesorregião. Cabe salientar ainda, que para os cultivos agrícolas recomenda-se complementar a lâmina de água no solo através do uso de irrigação, principalmente nos meses citados onde há uma maior perda de água do solo (Neves et al., 2011).

O balanço hídrico climatológico para as mesorregiões do Brejo e Litoral segundo Thornthwaite & Mather (1955) Período: 1971 – 2017 levando em consideração uma CAD de 100 mm, encontra-se na (Figura 5 E e F). Verifica-se ocorrência de excedente hídrico entre os meses de junho a julho do Brejo, e maio a agosto no Litoral, com maiores excedentes em julho e junho (55,4 e 194,9 mm mês<sup>-1</sup>) e um total de 98,7 e 477,3 mm ano<sup>-1</sup>, respectivamente para o Brejo e Litoral.

A deficiência hídrica no Brejo acontece entre os meses de agosto a março, sendo os meses de novembro, dezembro e janeiro com as maiores taxas de deficiência. Já para a mesorregião Litoral, a deficiência está presente nos meses de setembro a fevereiro

com a maior taxa de deficiência no mês de novembro (Figura 5E e F). Ocorre reposição de água no solo no Brejo nos meses de abril a junho, e no Litoral entre março e maio. A retirada de água no solo sucede no mesmo período de deficiência nas duas mesorregiões (Figura 5E e F).

Medeiros, et al. (2015a) analisando a caracterização agroclimática e aptidão de culturas para Bananeiras-PB, mesorregião do Brejo verificaram que a deficiência hídrica, ocorre nos meses de setembro a fevereiro com os maiores déficits oscilando de 7,4 a 90,2  $\text{mmmês}^{-1}$ , com total anual de 316,3mm. Não ocorrendo déficits hídricos de março a agosto, os excedentes hídricos acontecem nos meses de março a agosto com flutuação entre 18,4 a 96  $\text{mmmês}^{-1}$  e valor anual de 245,8mm. Resultado que difere do observado para a mesma região, no entanto, este fato pode ser em decorrência do município estudado possuir maior volume precipitado quando comparado a outros da mesorregião do Brejo.

Matos et al. (2015) ao estudar a caracterização e a aptidão climática para Alhandra litoral paraibano identificaram que nos meses de novembro, dezembro e janeiro sucedem os maiores déficits oscilando de 72,7 a 97,6  $\text{mm ano}^{-1}$ , com um total anual de 322,1 mm. Não ocorrendo déficits hídricos nos meses de março a agosto, os excedentes hídricos estão nos meses de abril a agosto com flutuação entre 45,2 a 221,5  $\text{mm ano}^{-1}$  com valor anual de 673,8 mm. Estes dados corroboram com os obtidos para a mesorregião Litoral levando em consideração a série histórica estudada.

## **5.2. Classificação Climática para as Mesorregiões do Estado da Paraíba**

A primeira chave da classificação climática foi obtida com base no índice de umidade (Iu), para qual foi encontrado a tipologia C1 indicando clima subsumido seco para o Alto Sertão, Agreste e Brejo; tipologia D clima do tipo semiárido para as mesorregiões Sertão e Cariri-Curimataú e o tipo C2 indicando clima subsumido úmido para o litoral (Tabela 7).

O índice de umidade representa o excesso hídrico expresso em percentagem da necessidade, que é representada pela evapotranspiração potencial (Thornthwaite & Mather, 1948, 1955). Freitas et al. (2011) observaram em seu estudo sobre a variabilidade de índices climáticos para o Estado da Paraíba – PB, que o índice de umidade reduz significativamente em partes do Sertão e Alto Sertão. Resultado que se

assemelha ao observado no presente estudo, visto que o Iu tem redução não só nessas regiões, como nas demais.

**Tabela 7.** Classificação climática de Thornthwaite & Mather (1948, 1955) para mm para o Alto Sertão (A), Sertão (B), Cariri-Curimataú (C), Agreste (D), Brejo (E) e Litoral (F).

Mesorregiões	Iu	Ia	Ih	ETP	CV	Tipo climático em função do índice de umidade (Iu)	Subtipo climático em função de Ih ou Ia	Tipo climático em função da evapotranspiração Potencial (ETp)	Subtipo climático em função de (Cv)
<b>Alto Sertão</b>	-14,7	40,2	9,4	1273,9	29,4	C1	d	A'	a'
<b>Sertão</b>	-23,8	45,1	3,2	1311,0	29,5	D	d	A'	a'
<b>Cariri/Curimataú</b>	-32,0	53,4	0,0	1141,1	29,4	D	d	A'	a'
<b>Agreste</b>	-20,0	34,6	0,6	1276,8	29,8	C1	d	A'	a'
<b>Brejo</b>	-9,8	28,4	7,2	1365,4	29,8	C1	d	A'	a'
<b>Litoral</b>	19,2	22,7	32,8	1452,2	30,4	C2	S	A'	a'

Com base nos índices de aridez (Ia) e hídrico (Ih), determinou-se o subtipo d para as mesorregiões Alto Sertão, Sertão, Cariri-Curimataú, Agreste e Brejo, que indica excedente hídrico pequeno ou nulo. Já para o Litoral o subtipo S que indica moderada deficiência hídrica no inverno (Tabela 7).

Segundo Freitas et al. (2011), o estado da Paraíba tem predominância de duas faixas de sub divisão do índice de aridez que seriam de (  $16,7 \leq I a < 33,3$  ) situadas em sua maioria no Litoral, Brejo e Agreste, seguido de (  $I a \geq 33,3$  ) situada no Alto Sertão, Sertão e Cariri-Curimataú. Quanto ao fator térmico, determinado por meio da evapotranspiração potencial anual (ETP), verificou-se que as seis mesorregiões estudadas, são do tipo A', ou seja, Megatérmico. A partir da relação entre a evapotranspiração potencial de verão e a evapotranspiração potencial anual, obteve-se o subtipo a', para as seis mesorregiões da paraíba (Tabela 7).

A fórmula climática completa obtida para as mesorregiões do Alto sertão, Agreste e Brejo foi C1dA'a', ou seja, clima subsumido seco, Megatérmico, com excedente hídrico pequeno ou nulo e 29,5%, 29,8% e 29,8% da evapotranspiração anual concentrada, respectivamente, no trimestre mais quente do ano (Tabela 7). Resultado este semelhante ao obtido por Passos et al. (2017) para o município de Balsas –MA na série histórica compreendida entre os anos de 1976 a 2015, período que é bem semelhante ao abordado neste estudo.

Essa caracterização climática para a região do Brejo pode ser explicada pelo surgimento da faixa referente ao clima subsumido ( $0 \leq I_h < 20$ ), este tipo de clima pode ser em função do favorecimento da precipitação no local juntamente com a altitude dos postos estudados, em que se tem a diminuição da temperatura do ar e, conseqüentemente, da evapotranspiração potencial em função da altitude.

Medeiros et al. (2015d) definiram o clima da cidade de Barbalha –CE como Seco subsumido (C1), através da evapotranspiração potencial anual obteve-se a classificação térmica como sendo um clima Megatérmico (A'), como o  $I_h < 0$  genericamente designados como “climas secos” são enquadrados de acordo com o índice de umidade (Iu) assim originando o subtipo climático (W) Moderado excesso de água no verão, e em conformidade com a concentração da evapotranspiração potencial na estação quente (Cv), definida pelos três meses consecutivos de temperatura mais elevada foi estabelecido outro subtipo climático (a') indicando a percentagem da evapotranspiração potencial anual concentrada no trimestre mais quente do ano. Semelhante ao observado no presente estudo mesmo sendo para outro estado.

Para as mesorregiões do Sertão e Cariri-Curimataú a fórmula climática obtida foi DdA'a', ou seja, clima semiárido, Megatérmico, excedente hídrico pequeno ou nulo e com 29,5% e 29,4% da evapotranspiração anual concentrada, respectivamente, no trimestre mais quente do ano (Tabela 7). Francisco et al. (2015) estudando a mesma região classificou como C1S2A'a', possivelmente este fato ocorreu em função do presente estudo se utilizar de série histórica e por considera a mesorregião e não os municípios para a classificação climática. A mesorregião do Cariri-Curimataú possui destaque em decorrência da faixa correspondente ao clima árido ( $-60 \leq I_h < -40$ ).

A mesorregião Litoral possui a fórmula climática C2SA'a', ou seja, clima subsumido, Megatérmico, com moderada deficiência no período chuvoso e 30,4% da evapotranspiração anual concentrada, para o trimestre mais quente do ano (Tabela 7).

Freitas et al. (2011) afirmam que este tipo climático é de se esperar para a mesorregião do Litoral paraibano com predominância de índices hídricos positivos, visto que esta mesorregião é favorecida por se localizar próxima ao Oceano Atlântico, com condições atmosféricas favoráveis a precipitação.

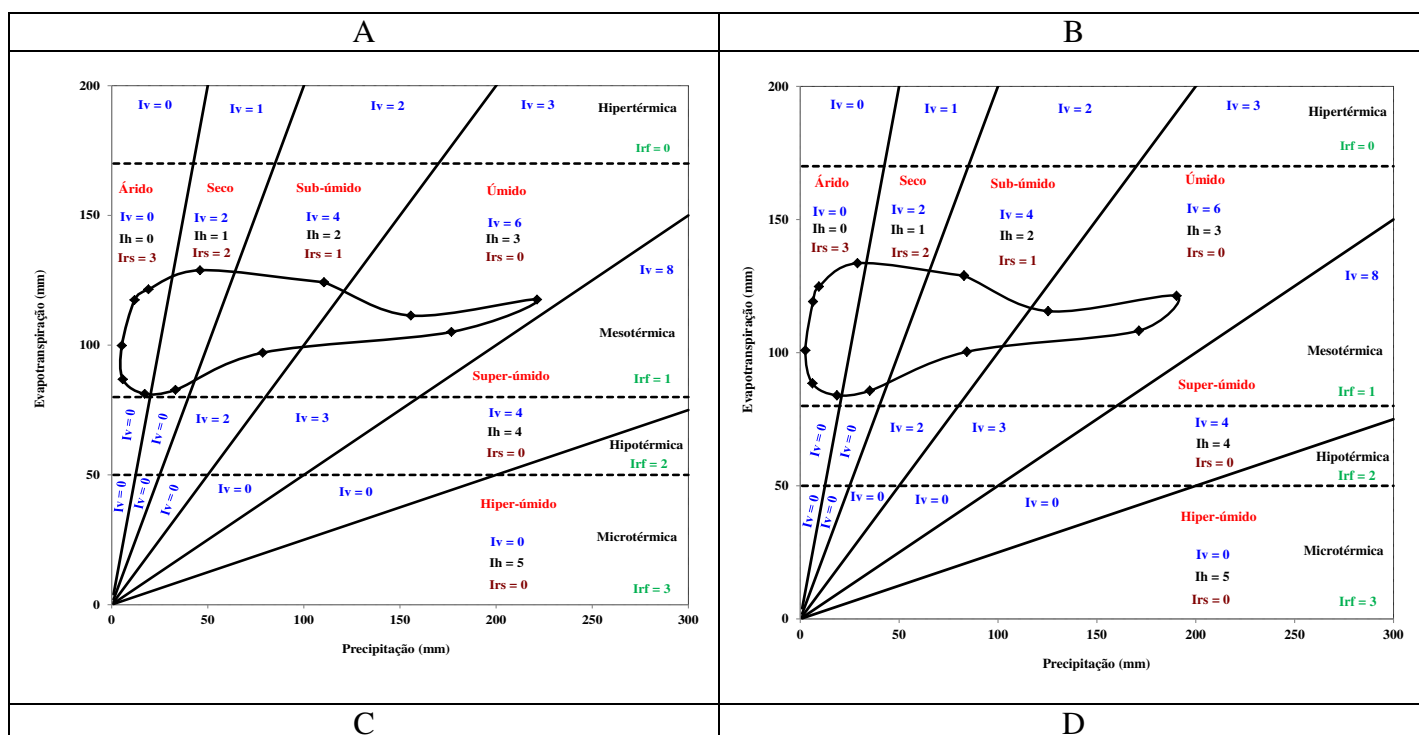
Francisco et al. (2015) observaram que a classificação climática de Thornthwaite, inédita para o Estado, evidenciou ser muito mais sensível aos montantes de chuva, temperatura e ao relevo das localidades, por resultar em um número maior de tipos de clima, totalizando 6 tipos. Barros et al. (2012), afirmam ainda que qualquer

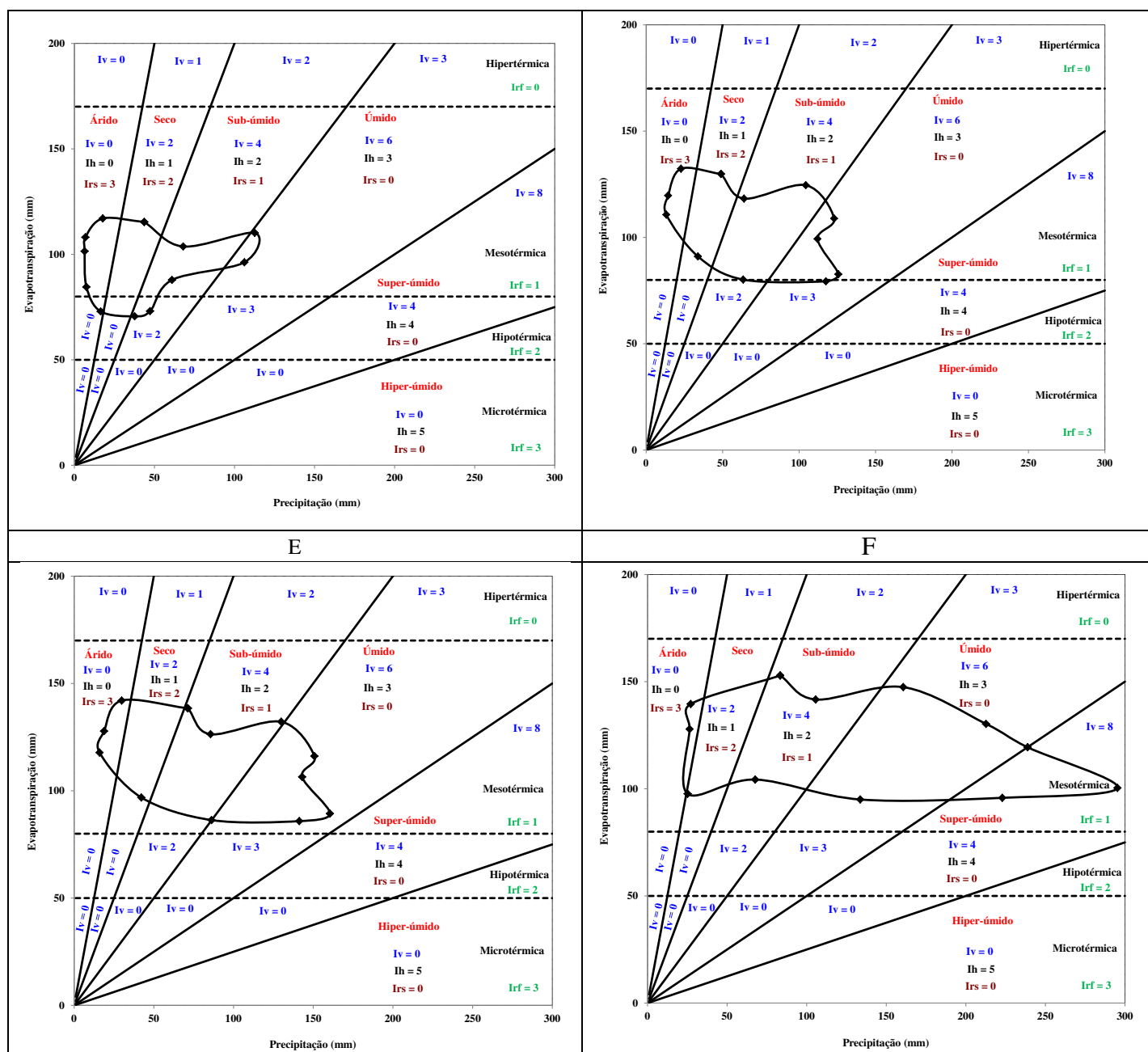


classificação climática contém imprecisões de diferentes gêneros devido à complexidade de reunir diversos fatores inter-relacionados do ambiente em índices puramente matemáticos. Toda classificação de fenômenos naturais, via de regra, não consegue enquadrar dentro de uma sistemática rígida os fenômenos classificados. Além disso, vários outros fatores não climáticos exercem influência sobre o caráter da vegetação, tais como a topografia, o tipo de solo e os efeitos das atividades humanas, como agricultura e exploração vegetal, dentre outros.

### 5.3. Evapopluviograma para as Mesorregiões do Estado da Paraíba

Os evapopluviogramas para as mesorregiões do Alto Sertão, Sertão, Cariri-Curimataú, Agreste, Brejo e Litoral encontram-se na, Figura 6 A, B, C, D, E e F. Estes evapopluviogramas foram confeccionados a partir dos dados do BHC de cada mesorregião e da relação entre evapotranspiração e precipitação.





**Figura 6.** Evapopluviograma com os setores hídricos e faixas térmicas para o Alto Sertão (A), Sertão (B), Cariri-Curimataú (C), Agreste (D), Brejo (E) e Litoral (F).

Os setores hídricos árido, seco, subúmido, úmido, superúmido e hiper-úmido (Figura 6), com vértices comuns no ponto de origem das figuras, correspondem ao gradiente de umidade e são representados através de coeficientes ou índices hídricos (Ih) e por coeficientes ou índices de repouso por seca (Irs).

Para a mesorregião do Alto Sertão (Figura 6A) nota-se que o evapopluviograma possui uma organização anual dos meses em valores médios da interação precipitação versus evapotranspiração, estando em sua maioria, inseridos no setor árido (julho, agosto, setembro, outubro e novembro), porém os meses de fevereiro, março e abril,

enquadram-se no setor úmido, isto com base no índice hídrico e índice de repouso por seca (Tabela 8).

A mesorregião do Sertão possui também maioria inserida no setor hídrico árido (junho a dezembro) e fevereiro, março e abril no setor úmido (Figura 6B) quando observados os índices hídricos e índice de repouso por seca (Tabela 8). Resultados estes condizentes com os obtidos por Medeiros et al. (2015a) para os municípios de Santa Luzia e Teixeira, ambos na mesorregião do Sertão paraibano.

Para o Cariri-Curimataú paraibano os meses de agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro estão concentrados no setor árido e subsumido nos meses de fevereiro, maio, junho e julho (Figura 6C). Medeiros et al. (2015f) ao estudarem a classificação climática e zoneamento agroclimático de culturas para São João do Cariri – PB observaram também que o município se enquadra nas faixas climática árido e subsumido, resultado este semelhante ao observado no presente estudo para a mesma região.

O setor hídrico que as mesorregiões do Agreste e Brejo do estado da Paraíba se enquadram - se em sua maioria em úmido (abril, maio, junho e julho), sendo que os meses de outubro, novembro e dezembro no setor árido (Figura 6D e E). Para os municípios de Araruna - PB e Bananeira - PB, integrantes da mesorregião do Agreste e Brejo paraibano, Medeiros et al. (2015a) verificaram resultado semelhante ao observado neste evapoplúviograma.

No Litoral paraibano, o setor predominante é o úmido, seguido de subsumido (Figura 6 F) quando observados os índices hídricos e índice de repouso por seca (Tabela 8). De acordo com dados do INPE (2014), o clima desta mesorregião é o tropical quente e úmido típico do litoral, com umidade do ar relativamente alta (média de 80%). As chuvas ocorrem com uma pluviosidade média anual que varia entre 1.400 e 1.800 mm por ano. São mais regulares durante o outono e inverno entre os meses de abril a julho, e, no restante do ano, o sol é abundante, com temperaturas mínimas de 22°C e máximas que chegam a pouco mais que 30°C.

Quando se analisa a faixa térmica do evapoplúviograma observam-se quatro faixas que levam em consideração o índice de repouso por frio (Irf), sendo elas Microtérmica, Hipotérmica, Mesotérmica e Hipertérmica (Figura 6). As mesorregiões Alto Sertão, Sertão, Agreste, Brejo, Litoral enquadram-se na Faixa Mesotérmica (Figura 6A e B, D, E e F). Já a mesorregião do Cariri-Curimataú tem sua maioria se encontram na faixa Mesotérmica, porém três meses na faixa Hipotérmica (Figura 6C).

Após passarem por fases de cálculos, evapopluviograma e aplicação em tabelas, os resultados índice de vegetação (Iv), índice hídrico (Ih), índice de repouso por seca (Irs) e o índice de repouso por frio (Irf) para as seis mesorregiões do Estado da Paraíba encontram-se na tabela 8. Estes índices estão de acordo com vários estudos realizados para o semiárido brasileiro (Medeiros et al., 2013; Matos et al., 2014; Ricce et al., 2014). O índice de vegetação (Iv) indica a capacidade vegetativa da região como uma função das disponibilidades térmicas e hídricas, e representa um índice anual de vegetação de cada localidade. Nota-se que a região do Sertão e Cariri-Curimataú possuem os menores índices de vegetação, fato que se justifica em decorrência dos índices hídricos nesta região também serem um dos menores observados para as seis mesorregiões estudadas (Tabela 8).

**Tabela 8.** Índice hídrico (Ih), índice de vegetação (Iv), índice de repouso por seca (Irs) e o índice de repouso por frio (Irf) para as seis mesorregiões do Estado da Paraíba.

Mesorregiões	Ih	Iv	Irs	Irf
Alto	15	30	21	12
Sertão	14	28	22	12
Cariri-Curimataú	15	26	21	15
Agreste	20	40	16	12
Brejo	21	42	15	12
Litoral	19	54	11	12

O índice de repouso por seca (Irs) evidencia a presença e a intensidade da seca fora do período vegetativo e é obtido considerando-se apenas os pontos (meses) que caem nos setores subsumido, seco ou árido, exceto os já incluídos no cômputo do Irs. É possível observar que, dentre as seis mesorregiões analisadas para o estado da Paraíba a mesorregião do Litoral possui o menor (Irs), fato que pode ser explicado por possuir o maior período vegetativo, ou seja, índice de vegetação (Iv) (Tabela 8).

Quanto ao índice de repouso por frio (Irf) que corresponde às condições térmicas insuficientes para a vegetação normal da cultura. Observa-se que a maioria dos meses possui (Irf) igual a 12 em função do número de meses do ano (Tabela 8). De acordo com Francisco et al. (2011), estes índices indicam as condições para o cultivo de forma sustentável, visando o planejamento para que se obtenha retorno econômico, com base no clima e solo da região, para ser possível a obtenção de maior rentabilidade nos cultivos agrícolas.

Wollmann & Galvani (2013) relatam que as condições hídricas e de clima de uma determinada região, são levadas em consideração no zoneamento agrometeorológico, visando à exploração de culturas economicamente rentáveis. São as características agroclimáticas da localidade que determinam aptidão ao desenvolvimento das culturas.

## 6. CONCLUSÕES

O balanço hídrico para o estado da Paraíba evidenciou limitações dos recursos hídricos nas mesorregiões do Alto Sertão, Sertão, Cariri-Curimataú, Agreste e Brejo, com média de 7 meses de deficiência hídrica do solo.

A mesorregião do Cariri-Curimataú não possui excedente hídrico em nenhum dos meses estudados.

Em todos os meses da série histórica (1971 a 2017), as mesorregiões do Litoral, Brejo e Sertão, possuem as maiores taxas evapotranspiratórias, e as menores taxas ocorrem no Agreste, Cariri-Curimataú e Alto Sertão.

As mesorregiões do Alto sertão, Agreste e Brejo foram classificadas como de clima subsumido seco, Megatérmico, com excedente hídrico pequeno, o Sertão e Cariri-Curimataú como de clima semiárido, Megatérmico, excedente hídrico pequeno ou nulo e a mesorregião do Litoral como de clima subsumido, Megatérmico, com moderada deficiência no período chuvoso.

A faixa climática predominante no estado da Paraíba, de acordo com os índices culturais no período compreendido de 1971 a 2017 foi a Mesotérmica e o setor hídrico árido.

Para garantir altas produtividades no estado da Paraíba faz-se necessário um planejamento agrícola integrado visando a implantação de sistemas de irrigação com uso racional da água.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andrade Júnior, A. S. De; Bastos, E. A.; Barros, A. H. C.; Silva, C. O.; Gomes, A. A. N. Classificação climática e regionalização do semiárido do Estado do Piauí sob cenários pluviométricos distintos. **Ciência Agrônômica**, v. 36, n. 2, p. 143-151, 2005.

Araújo, L. E.; Becker, C. T.; Pontes, A. L. Periodicidade da precipitação pluviométrica no estado da Paraíba. In: XIII congresso brasileiro de agrometeorologia, 2003, Rio Grande do Sul. **Anais II**. Santa Maria: RS, 2003. p. 947 – 948.

Araújo, S. M. S. A Região semiárida do nordeste do Brasil: Questões Ambientais e Possibilidades de uso Sustentável dos Recursos. **Rios Eletrônica**, v.5, n.5, p.89-98, 2011.

Barros, A.H.C., Araújo Filho, J.C., Silva, A.B., Santiago, G.A.C.F. **Climatologia do Estado de Alagoas. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, n.211. Embrapa Solos, Recife. 2012.

Becker, C.; Melo, M.; Costa, M.; Ribeiro, R. Caracterização Climática das Regiões Pluviometricamente Homogêneas do Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 4, n. 2, p. 286-299. 2011.

Braga, C.C.; Silva, B.B. da. Determinação de regiões pluviometricamente homogêneas no Estado da Paraíba. In: congresso brasileiro de meteorologia, 6, Salvador. Sociedade Brasileira de Meteorologia. **Anais**, 1:200-205, 1990.

Brito, J. L.B.; Braga, C. C. Chuvas na Paraíba em 2004. **Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia**, v. 28,n.1, p. 27-32, 2005.

Campos, C. R. J.; Silva, M. V. Impacto de sistemas meteorológicos no regime hídrico do Rio Grande do Sul em 2006. **Revista Brasileira de Geofísica**, v.28, n.1, p.121-136, 2010.

Carvalho, M. A.; Mélo Júnior, A. V.; Schardong, A.; Porto, R. L.L. Sistema de suporte à decisão para alocação de água em projetos de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 1, p.33-38, 2009.

Cavalcanti, E. P.; Silva, E. D. V. Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 8, 1994. Belo Horizonte, **Anais...** Belo Horizonte: SBMET, 1994, v.1, p.154-157.

Cavalcanti, E. P.; Silva, V. P. R.; Sousa, F. A. S. Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.1, p.140-147, 2006.

Costa Neto, F. De A. Da; Medeiros, R. M. De; Sousa, E. P. De; Oliveira, R. C. S. Balanço hídrico como planejamento para a cidade de Olivedos-PB. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia. **Anais....CONTECC**, 2014. Centro de Convenções Atlantic City – Teresina, 2014.

Coutinho, M. D. L.; Costa, M. S.; Silva, A. R.; Santos, T. S.; Gomes, A. C. S.; Morais, M. D. C.; Santos, P. V. Balanço hídrico mensal para dois municípios do estado da Paraíba. **Revista Ciência e Natura**, v. 37 n. 4, p. 160-170, 2015.

Cunha, A. R.; Martins, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. **Revista Irriga**, v. 14, n. 1, p. 1 - 11, 2009.

Francisco, P. R. M.; Medeiros, R. M.; Santos, D. **Evapopluviogramas do Estado da Paraíba**. EDUFPG, 2018. 136P.

Francisco, P. R. M.; Medeiros, R.M.; Matos, R. M.; Santos, D. S.; Saboya, L. M. F. Evapotranspiração de referência mensal e anual pelo método de thornthwaite para o estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.20, n.13, p.135-147,2017.

Francisco, P. R. M.; Medeiros, R. M.; Santos, D.; Matos, R. M. Classificação climática de Köppen e Thornthwaite para o Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.8, n.4, p.1006-1016, 2015.

Francisco, P. R. M.; Pereira, F. C.; Medeiros, R. M. Sá, T. F. F. Zoneamento de risco climático e aptidão de cultivo para o município de Picuí – PB. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 5, p. 1043 - 1055, 2011.

Francisco, P.R.M., 2010. **Classificação e mapeamento das terras para mecanização do Estado da Paraíba utilizando sistemas de informações geográficas**. Dissertação (Mestrado). Areia, UFPB.



Freitas, J. C.; Dantas, R. T.; Andrade, A. R. S.; Pereira, E. R. R. Análise da variabilidade de índices climáticos para o Estado da Paraíba – PB. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v.4, n.2, p.63-84, 2011.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística(2015). Disponível em: < [http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=210320&search=maranhaolc hapadinha](http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=210320&search=maranhaolc%20hapadinha) >. Acesso em: 26/10/2018.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Clima Internet. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/html/clima.php>. Acesso em out 2013.

INPE – Instituto Nacional De Pesquisas Espaciais. 2014. Previsão do tempo para João Pessoa. Disponível em: <http://www.cptec.inpe.br/cidades/tempo/231>. Acesso em 29/07/2018.

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,p.1-5, 2015.

Lima, F. B.; Santos, G. O. **Balanço hídrico-espacial da cultura para o uso e ocupação atual da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Rita, Noroeste do Estado de São Paulo**. 2009. 89 f. Fundação Educacional de Fernandópolis, Fernandópolis - SP, (Trabalho de Conclusão de Curso- TCC).

Matos, R. M.; Silva, J. A. S.; Medeiros, R. M. Aptidão climática para a cultura do feijão caupi do município de Barbalha – CE. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.8, n.6, p.422-431, 2014.

Matos, R. M.; Medeiros, R. M.; Francisco, P. R. M.; Silva, P. F.; Santos, D. Caracterização e aptidão climática de culturas para o município de Alhandra - PB, Brasil. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.9, n.3, p. 183 - 192, 2015.

Medeiros, R. M.; Azevedo, P. V.; Saboya, L. M. F.; Francisco, P. R. M. Classificação climática e zoneamento agroclimático para o município de Amarante-PI. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.7, n.2, p.170-180, 2013.

Medeiros, R.M.; Francisco, P. R. M.; Matos, R. M.; Santos, D.; Sousa, T.P. Caracterização agroclimática e aptidão de culturas para diferentes municípios e regiões

da Paraíba. **Revista Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v. 11, n. 2, p. 99-110, , 2015a.

Medeiros, R.M.; Matos, R. M.; Silva, P. F.; Saboya, L. M. F.; Francisco, P. R. M. Cálculo do balanço hídrico e da erosividade para o município de Cabaceiras-PB. **Revista Enciclopédia Biosfera**, v.11 n.21; p. 2894 -2907.2015b.

Medeiros, 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. 11, n.21, p. 461-476, 2015c.

Medeiros, R. M.; Matos, R.M.; Silva, P.F.; Silva, J.A. S; Francisco, P. R. M. Caracterização climática e diagnóstico da aptidão agroclimática de culturas para Barbalha – CE. **Revista Enciclopédia Biosfera**, v.11 n.21; p. 2894 -2907.2015d.

Medeiros, R. M.; Francisco, P. R. M.; Matos, R. M.; Santos, D.; Saboya, L. M. F. Diagnósticos das Flutuações Pluviométricas no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v. 08, n. 04, p. 1017-1027.2015e.

Medeiros, R.M.; Matos, R. M.; Silva, P. F.; Saboya, L. M. F.; Francisco, P. R. M. Classificação climática e zoneamento agroclimático de culturas para São João do Cariri - PB. **Revista Enciclopédia Biosfera**, v.11 n.21; p. 2894 -2996.2015f.

Neto, João M.; Barbosa, Marx P.; De Araújo, Alexandre E. Efeito dos eventos ENOS e das TSM na variação pluviométrica do semi-árido paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 11, n. 1, p. 61-66, 2007.

Neves, S. M. A. S.; Nunes, M. C. M.; Neves, R. J. Caracterização das condições climáticas de Cáceres/MT - Brasil, no período de 1971 a 2009: subsídio às atividades agropecuárias e turísticas municipais. **Boletim Goiano de Geografia**. Goiânia, v.31, n.2, p. 55-68, 2011.

Ometto, J.C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres Ltda., 413p. 1981.

Passos, M. L.V.; Zambrzycki, G. C.; Pereira, R. S. Balanço hídrico e classificação climática para uma determinada região de Chapadinha-MA. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.10, n.4, p. 758 - 766, 2016.

Passos, M. L.V.; Zambrzycki, G. C.; Pereira, R. S. Balanço hídrico climatológico e classificação climática para o município de Balsas-MA. **Revista scientia agraria**, v. 18, n. 1, p. 83-89, 2017.

Penman, H. L. **The Physical bases of irrigation control**. In: International Horticultural Congress, 13, 1953, London. Report.London: Royal Horticultural Society, 1953. p. 913-924.

Pereira, A. R.; Villa Nova, N. A.; Sedyama. G. C. Evapo(transpi)ração. Piracicaba: Fealq, 2007.412p.

Pereira, M. C. A.; Melo, D. F.; Meló, R. G. C.; Silva, R. F. B.; Farias, S. A. R. Mesorregiões da Paraíba e suas necessidades de captação de água de chuva. In: simpósio brasileiro de captação e manejo de água de chuva, 8., 2012, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: FIEP, 2012. p. 01-06.

Reichardt, K. **Á água em sistemas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1990. 188p.

Ricce, W.S., Carvalho, S.L.C., Caramori, P.H., Auler, P.A.M., Roberto, S.R. Zoneamento agroclimático da cultura do abacaxizeiro no Estado do Paraná. **Revista Semina**, v. 35, n.4, p.2337-2346. 2014.

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**, v.66, n.4, p.711-720, 2007.

Santos, G. O.; Hernandez, F. B. T.; Rossetti, J. C. Balanço hídrico como ferramenta ao planejamento agropecuário da região de Marinópolis, noroeste do Estado de São Paulo. In: Workshop Internacional De Inovações Tecnológicas Na Irrigação, 3, Fortaleza. **Anais...** 2010. (CD-ROM).

Sentelhas, P.C.; Santos, D.L. Dos; Machado, R.E. Water deficit and water surplus maps for Brazil, based on FAO Penman-Monteith potential evapotranspiration. **Revista Ambiente e Água**, v.3, p.28-42, 2008.

Silva, I. A. S.; Silva, J. C. B.; Silva, K. A. Estudo da desertificação em Gilbués – Piauí: Caracterização física, variabilidade climática e impactos ambientais. **I SIREGEO, Simpósio Regional de Geografia do Cerrado**, Barreiras, BA. p.331-343, 2010.

Silva, M. C. L.; Brito, J. I. B.; Costa, A. M.N. proposta de monitoramento da precipitação pluvial no estado da Paraíba utilizando a técnica dos quantis. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 13, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBMET, 2004. CD Rom.

Sleiman, J, Silva, M. E. S. **A Climatologia de Precipitação e a Ocorrência de Veranicos na Porção Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul**. SIMPGEO/SP, Rio Claro, 2008.

Teixeira, A. H. C.; Azevedo, P. V. Zoneamento agroclimático para a videira européia no Estado de Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.4, n.1, p.137-141, 1996.

Thornthwaite, C. W. Approach toward a rational classification of climate. **Geographic Review**, v.38,n.1, p.55-94, 1948.

Thornthwaite, C. W.; Mather, J. R. **The water balance. Publications In Climatology**. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 104p. 1955.

UNESCO. **Mexico City Declaration on Cultural Policies World Conference on Cultural Policies Mexico City**, 26 July - 6 August, 1982.

Vestena, L. R.; Lange Filho, G. L. Balanço hídrico da bacia do Rio Ernesto, Pitanga / PR – Brasil. **Revista Terr@Plural**, v.2, n.2, p.323-335, 2008.

Wollmann, C. A.; Galvani, E. Zoneamento agroclimático: linhas de pesquisa e caracterização teórica-conceitual. **Sociedade e Natureza**, v. 25, n.1, p. 179-190, 2013.