

## **CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DE THORNTHWAITE E SUA APLICABILIDADE AGROCLIMATOLÓGICA NOS DIFERENTES REGIMES DE PRECIPITAÇÃO EM PERNAMBUCO**

**ALEXSANDRO OLIVEIRA DA SILVA<sup>1</sup>; GEBER BARBOSA DE ALBUQUERQUE MOURA<sup>2</sup> E ANTÔNIO EVALDO KLAR<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Engenheiro Agrônomo, Doutorando em Irrigação e Drenagem, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, UNESP/FCA, Botucatu, SP. E-mail: alexsandro\_oliveira01@hotmail.com

<sup>2</sup> Meteorologista, Prof. Doutor, Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE, Recife, PE. E-mail: geber.moura@depa.ufrpe.br

<sup>3</sup> Engenheiro Agrônomo, Prof. Emérito, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, UNESP/FCA, Botucatu, SP. Bolsista de Produtividade do CNPq. E-mail: klar@fca.unesp.br

### **1 RESUMO**

O conhecimento das condições climáticas é de grande valor para o planejamento agrícola adequado. Entretanto, os sistemas de classificações climáticas são pouco utilizadas no âmbito de estudos agrícolas, devido a grande abrangência das escalas em que são utilizados. Foram utilizadas neste estudo uma série histórica com dados mínimos de 20 anos de observações em 45 estações climatológicas espalhadas por todo Estado de Pernambuco. A função de densidade de probabilidade da distribuição gama incompleta foi utilizada para avaliar a ocorrência de anos secos, normais e chuvosos. O balanço hídrico climático mensal foi estimado pelo método proposto por Thornthwaite e Mather (1955) e com os resultados obtidos foram realizadas as classificações climáticas segundo Thornthwaite (1948) e Thornthwaite e Mather (1955) para cada localidade. Para espacialização dos resultados utilizou-se o método de interpolação de krigagem. As classificações propostas demonstraram-se ser muito sensíveis ao relevo das localidades, aos montantes de chuvas e as temperaturas das regiões resultando em um número abrangente de tipos climáticos. O sistema de classificação climática de Thornthwaite e Mather (1955) permitiu separar eficientemente os climas resumindo as informações geradas com maior clareza demonstrando, dessa forma, capacidade para determinação de zonas agroclimáticas.

**Palavras-chave:** deficit hídrico, evapotranspiração; irrigação.

**SILVA, A. O.; MOURA, G. B. A.; KLAR, A. E.**

**CLIMATIC CLASSIFICATION OF THORNTHWAITE AND ITS AGRO-CLIMATIC FEASIBILITY IN DIFFERENT PRECIPITATION REGIMES IN PERNAMBUCO**

### **2 ABSTRACT**

Knowing the annual climatic conditions is of great importance for appropriate planning in agriculture. However, the systems of climatic classification are not widely used in agricultural studies because of the wide range of scales in which they are used. A series with data from 20 years of observations from 45 climatological stations in all over the state of Pernambuco was used. The probability density function of the incomplete gamma distribution was used to

evaluate the occurrence of dry, regular and rainy years. The monthly climatic water balance was estimated using the Thornthwaite and Mather method (1955), and based on those findings, the climatic classifications were performed using the Thornthwaite (1948) and Thornthwaite and Mather (1955) for each site. The method of Kriging interpolation was used for the spatialization of the results. The study classifications were very sensitive to the local reliefs, to the amount of rainfall, and to the temperatures of the regions resulting in a wide number of climatic types. The climatic classification system of Thornthwaite and Mather (1955) allowed efficient classification of climates and a clearer summary of the information provided. In so doing, it demonstrated its capability to determine agro climatic zones.

**Keywords:** water deficit, evapotranspiration, irrigation.

### 3 INTRODUÇÃO

A classificação climática visa identificar em uma grande área ou região, zonas com características climáticas e biogeográficas relativamente homogêneas fornecendo indicações valiosas sobre as condições ecológicas, suas potencialidades agrícolas e o meio ambiente da região (ANDRADE JÚNIOR et al., 2005). Neste contexto saber as condições climáticas anuais é de grande valor para um planejamento agrícola adequado (SILVA et al., 2010; SENTELHAS et al., 2008) além da adaptabilidade de cada cultura a diversos fatores, como os tipos de solo de cada região (MONTEIRO, 2009). Levando-se em consideração os riscos que envolvem a produção agrícola (MEIRELES et al., 2003), a falta de dados meteorológicos em determinadas regiões podem fazer com que o produtor agrícola demande uma quantidade de água maior para a cultura do que o necessário, levando a gastos extras e onerando ainda mais a produção, colocando a viabilidade econômica em risco. Por isso é importante associar as informações agrometeorológicas as áreas de geoprocessamento e sistemas de informação geográfica (SIG), pois isto possibilita aos agricultores ajustarem suas atividades às variabilidades e mudanças no clima, levando a redução dos riscos na agricultura (SILVA et al., 2013; SENTELHAS et al., 2008).

Existem diversos sistemas de classificações climáticas (SCC), dentre o qual destaca-se SCC de Köppen largamente utilizado em estudos climatológicos e geográficos e o SCC de THORNTHWAITE (1948) e THORNTHWAITE & MATHER (1955) que utilizam índices climáticos definidos com base no balanço hídrico climatológico (BHC), constituindo-se duas das metodologias mais clássicas de regionalização climática. Segundo alguns autores como KUINCHTNER & BURIOL (2001) e ROLIM et al. (2007), estes SCC são considerados mais refinados para aplicações agrícolas por considerar a planta como um meio físico pelo qual é possível transportar água do solo para atmosfera relacionando às necessidades hídricas das plantas ao balanço hídrico, conforme o tipo de clima. ANDRADE JÚNIOR et al. (2005) afirmam que dependendo do critério de classificação climática adotada, a redução ou o aumento de áreas de um determinado tipo de clima não deve ser considerada prejudicial ao Estado quanto à alocação de recursos financeiros, bem como não deve merecer menos atenção dos Governos Estaduais e Federais.

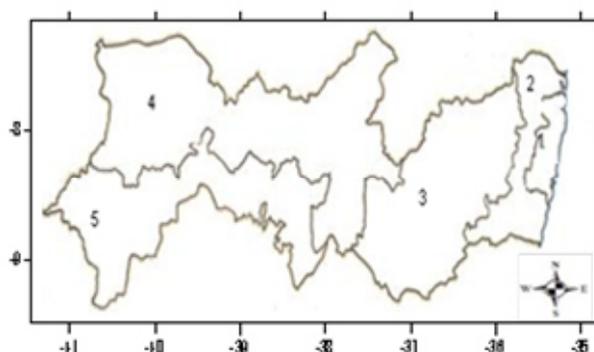
Atualmente foram realizados vários trabalhos sobre métodos de interpolação espacial de dados climáticos (CASTRO et al., 2010; VIOLA et al., 2010), porém os mesmos não consideram os diferentes regimes pluviais que acontecem em uma série de anos, tendo apenas uma representatividade média da precipitação ignorando os fenômenos climáticos que alteram os regimes de chuvas e temperatura das regiões, a exemplo do El Niño que interfere

significativamente nos regimes pluviométricos do Nordeste brasileiro (MOURA et al., 2009), além de outros sistemas naturais que afetam diversas variáveis meteorológicas modificando assim os componentes do balanço hídrico climatológico e consequentemente a disponibilidade hídrica para as culturas. ANDRADE JÚNIOR et al. (2005) em estudos sobre a classificação climática para o Estado do Piauí afirmam que a regionalização semiárida do Estado varia com os cenários pluviométricos e o critério de classificação climática adotados, permitindo tornar as classificações climáticas mais dinâmicas e ajustadas aos modelos de previsão climática em uso no Brasil.

O objetivo deste trabalho foi realizar o mapeamento da classificação climática de THORNTHWAITE (1948) e de THORNTHWAITE & MATHER (1955) comparando a distribuição dos climas nas áreas delimitadas em diferentes regimes de chuva para o Estado de Pernambuco, permitindo aplicações adequadas para zoneamentos agrícolas visando o planejamento de uma agricultura eficiente.

#### 4 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Estado de Pernambuco, situado entre os paralelos 7°18'17" e 9°28'43" de latitude Sul e os meridianos de 34°48'15" e 41°21'22" de longitude Oeste, no Nordeste brasileiro. O Estado é subdividido em cinco mesorregiões: Sertão do São Francisco, Sertão, Agreste, Zona da Mata e Metropolitana do Recife como mostra a Figura 1. Dois tipos climáticos segundo Köppen caracterizam o Estado, os climas As' e BSh, ou seja, precipitações no outono e inverno em parte do litoral do Estado e semiárido quente no sertão (Temperatura média anual > 18 °C). O banco de dados utilizado no estudo originou-se de registros de estações climatológicas (SUDENE, 1990). As estações selecionadas para o estudo foram aquelas que apresentaram séries históricas de no mínimo 20 anos de observações, sendo utilizadas no trabalho 45 estações climatológicas (Tabela 1) abrangendo todas as localidades do Estado.



**Figura 1.** Mapa de Pernambuco com as Mesorregiões: Região Metropolitana (1), Zona da Mata (2); Agreste (3), Sertão (4) e Sertão de São Francisco (5).

**Tabela 1.** Estações climatológicas da SUDENE no Estado de Pernambuco utilizados no estudo

*Estações	Cidade	Longitude	Latitude	Alt. (m)	ETp (mm ano <sup>-1</sup> )
3879663	Barreiros	-35,20°	-8,83°	23	1418,8
3868992	Cortês	-35,55°	-8,47°	340	1190,2
3869755	Escada	-35,23°	-8,36°	93	1370,5
3879126	Gameleira	-35,38°	-8,58°	101	1381,5
3878383	Palmares	-35,6°	-8,68°	109	1409
3869731	Primavera	-35,35°	-8,35°	109,87	1329,1
3879372	Rio formoso	-35,15°	-8,67°	39	1397
3859529	Buenos Aires	-35,37°	-7,78°	150	1356,8
3859751	Carpina	-35,25°	-7,85°	184	1302
3859375	Matari/Goiana	-35,13°	-7,66°	80,52	1387,4
3869093	São Lourenço da Mata	-35,05°	-8,00°	70,43	1376,5
3869242	Vitória de Santo Antão	-35,30°	-8,12°	1137,31	1344,9
3885278	Águas Belas	-37,02°	-8,97°	376,88	1313,2
3866939	Alagoinha	-36,82°	-8,48°	762,29	1010,2
3868453	Bezerros	-40,22°	-8,38°	471,15	1117
3868509	Caruaru	-35,96°	-8,28°	545	1102,7
3868488	Gravatá	-35,57°	-8,22°	447,84	1117,9
3866762	Pesqueira	-36,70°	-8,37°	650	1100,8
3866731	Cimbres/Pesqueira	-36,85°	-8,35°	850,37	963,5
3867672	São Caetano	-36,15°	-8,32°	780,8	1098,1
3877028	São Bento do Una	-36,37°	-8,52°	645,31	1048,8
3887235	Correntes	-36,42°	-9,03°	645,65	1147,2
3877705	Garanhuns	-36,48°	-8,87°	866	915,1
3868832	São Joaquim do Monte	-35,85°	-8,41°	501,12	1104,8
3858684	Bom Jardim	-35,58°	-7,80°	325,01	1223,8
3859708	Limoeiro	-35,46°	-7,86°	138	1383,6
3778954	Pau ferro/Petrolina	-40,73°	-8,95°	385,25	1481,4
3779256	Jutaí/Santa M. da B. Vista	-40,23°	-8,63°	361	1525,3
3779946	Lagoa Grande	-40,28°	-8,98°	365,38	1500,1
3788858	Petrolina	-40,50°	-9,38°	376,89	1504,2
3870282	Orocó	-39,60°	-8,61°	370,34	1509,6
3871037	Cabrobo	-39,31°	-8,50°	350,88	1535,9
3873708	Ico/Petrolândia	-38,46°	-8,86°	290,55	1531,9
3872284	Floresta	-38,58°	-8,60°	317,41	1549,1
3883271	Tacaratu	-38,15°	-9,10°	550,12	1228,2
3758187	Araripina	-40,56°	-7,55°	622,3	1256,1
3845945	São José do Egito	-37,28°	-7,46°	575,55	1188,8
3850058	Exu	-39,71°	-7,51°	510,22	1381,1
3852745	São José do Belmonte	-38,78°	-7,86°	463,01	1407,4
3852805	Verdejante	-38,98°	-7,91°	455,78	1418,9
3860189	Parnamirim	-39,56°	-8,08°	379,42	1514,9

3861178	Salgueiro	-39,11°	-8,06°	415	1461,6
3874495	Moxotó	-37,53°	-8,71°	431	1317,8
3865889	Arcoverde	-37,70°	-8,43°	663,22	1090,3
3864751	Caiçara/ Serra talhada	-38,56°	-7,85°	550,32	1293,6

\*Numeração dos postos de acordo com a SUDENE. Alt: altitude, ETp: Evapotranspiração potencial

Foram caracterizados três cenários pluviométricos distintos designados por “anos chuvosos”, “anos regulares” e “anos secos” usando-se a função distribuição gama incompleta como feito por MOURA et al. (2008) e ANDRADE JÚNIOR et al. (2005) e conforme a metodologia proposta por VAREJÃO-SILVA & BARROS (2001): i) anos secos – constituído por anos nos quais o total de precipitação acumulada, no trimestre mais chuvoso (TMC), foi menor ou igual ao valor correspondente à probabilidade de 25%; ii) ano chuvoso – constituído por anos nos quais o total de precipitação acumulada no TMC, foi maior ou igual ao valor correspondente à probabilidade de 75% e iii) anos regulares – constituído por aqueles anos não classificados nas duas categorias anteriores.

Em cada cenário pluviométrico, os cálculos dos balanços hídricos climatológicos e dos índices climáticos: índice hídrico, índice de aridez e índice de umidade (equações 1 a 3), foram processados conforme THORNTHWAITE & MATHER (1955) e descrito por ANDRADE JÚNIOR et al. (2005), assumindo-se a capacidade de água disponível (CAD) do solo igual a 100 mm, por meio do programa SEVAP descrito por SILVA et al. (2005).

$$Ih = \left( \frac{EXC}{ETp} \right) \times 100 \quad (1)$$

$$Ia = \left( \frac{DEF}{ETp} \right) \times 100 \quad (2)$$

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

em que: Ih: índice hídrico, Ia: índice de aridez; Iu: índice de umidade; EXC: excedente hídrico oriundo do balanço hídrico climatológico BHC (mm); DEF: deficiência hídrica oriunda do BHC (mm); ETp: evapotranspiração de referência ou potencial (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. Para que pudesse ser feita a espacialização das informações, por meio do SIG utilizado no trabalho, foram usados dados de estações que se encontram distribuídos nas três Mesorregiões do Estado de Pernambuco. O conjunto de dados foi georreferenciado por meio das latitudes e longitudes das estações, em um arquivo tipo “*worksheet*”, contendo informações X, Y e Z, em que X é a latitude, Y é a longitude das estações e Z é o valor da variável a ser espacializada. O mapa vetorial do contorno do Estado de Pernambuco, utilizado como “máscara”, foi obtido através do ITEP/LAMEPE – Instituto Tecnológico de Pernambuco / Laboratório de Meteorologia de Pernambuco.

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

Tipos climáticos	Índice de Umidade (Iu)	
	Thorntwaite (1948)	Thorntwaite & Mather (1955)
A- Superúmido	$100 \leq Iu$	$100 \leq Iu$
B <sub>4</sub> -Úmido	$80 \leq Iu < 100$	$80 \leq Iu < 100$
B <sub>3</sub> -Úmido	$60 \leq Iu < 80$	$60 \leq Iu < 80$
B <sub>2</sub> - Úmido	$40 \leq Iu < 60$	$40 \leq Iu < 60$
B <sub>1</sub> - Úmido	$20 \leq Iu < 40$	$20 \leq Iu < 40$
C <sub>2</sub> - Sub-úmido	$00 \leq Iu < 20$	$00 \leq Iu < 20$
C <sub>1</sub> - 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: Andrade Júnior et al. (2005)

A interpolação dos dados para a plotagem no contorno do Estado foi feita utilizando o método de Krigagem dentro do programa Surfer<sup>®</sup> versão demo 8.03 (GOLDEN SOFTWARE, 2006). Assim foram obtidas cartas da classificação climática para os diferentes cenários de precipitação.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diante dos dados gerados observa-se as diferenças entre os cenários climáticos apresentados na Tabela 3 em que para anos chuvosos houve uma maior distribuição de climas com 29% da área total de climas do tipo úmido (B<sub>4</sub>, B<sub>3</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>1</sub>) e 64% da área com clima subúmido. Os anos regulares apresentaram uma redução em áreas de clima úmido de 7,8% em comparação ao cenário de anos chuvosos com aumento da área de clima subúmido ocupando 78,8% da área total do Estado. O cenário seco apresentou 91,12% da área total de clima subúmido com 8,8% de áreas de clima úmido. Em trabalhos com classificação climática para o Estado do Piauí, ANDRADE JÚNIOR et al. (2005) encontraram para os diferentes cenários pluviométricos uma grande variabilidade de climas para a região estudada comprovando as diferenças entre os cenários apresentados.

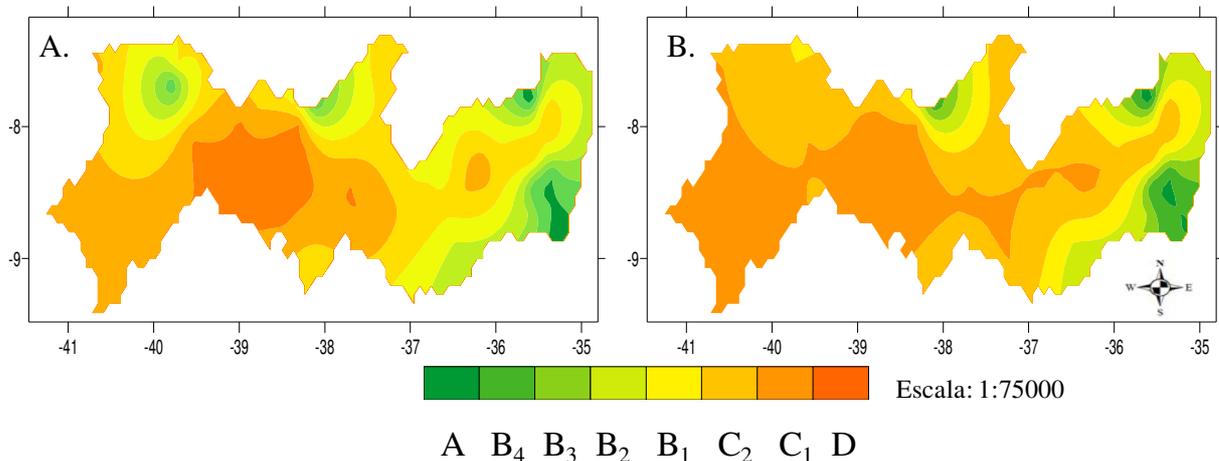
**Tabela 3.** Percentagem da área e número de postos do Estado de Pernambuco, nos diferentes domínios climáticos e cenários pluviométricos, segundo os critérios de classificação climática de THORNTHWAITE (1948) e THORNTHWAITE & MATHER (1955).

Cenário	Tipo	Thornthwaite (1948)		Thornthwaite & Mather (1955)	
		Área (%)	Postos (N°)	Área (%)	Postos (N°)
Chuvoso	A	4,44	2	4,44	2
	B <sub>4</sub>	11,12	5	8,88	4
	B <sub>3</sub>	2,22	1	2,22	1
	B <sub>2</sub>	2,22	1	4,44	2
	B <sub>1</sub>	8,88	4	66,66	3
	C <sub>2</sub>	17,78	8	13,34	6
	C <sub>1</sub>	22,22	10	51,11	23
	D	31,12	14	8,89	4
	E	0,00	0	0,00	0
Regular	A	0,00	0	0,00	0
	B <sub>4</sub>	0,00	0	0,00	0
	B <sub>3</sub>	6,67	3	6,66	3
	B <sub>2</sub>	4,44	2	4,44	2
	B <sub>1</sub>	6,67	3	2,22	1
	C <sub>2</sub>	8,88	4	1,11	5
	C <sub>1</sub>	17,78	8	51,11	23
	D	44,44	20	24,44	11
	E	11,11	7	0,00	0
Seco	A	0,00	0	0,00	0
	B <sub>4</sub>	0,00	0	0,00	0
	B <sub>3</sub>	0,00	0	0,00	0
	B <sub>2</sub>	4,44	2	4,44	2
	B <sub>1</sub>	4,44	2	4,44	2
	C <sub>2</sub>	0,00	0	0,00	0
	C <sub>1</sub>	13,33	6	33,3	15
	D	31,12	14	57,82	26
	E	46,67	21	0,00	0

### Anos chuvosos

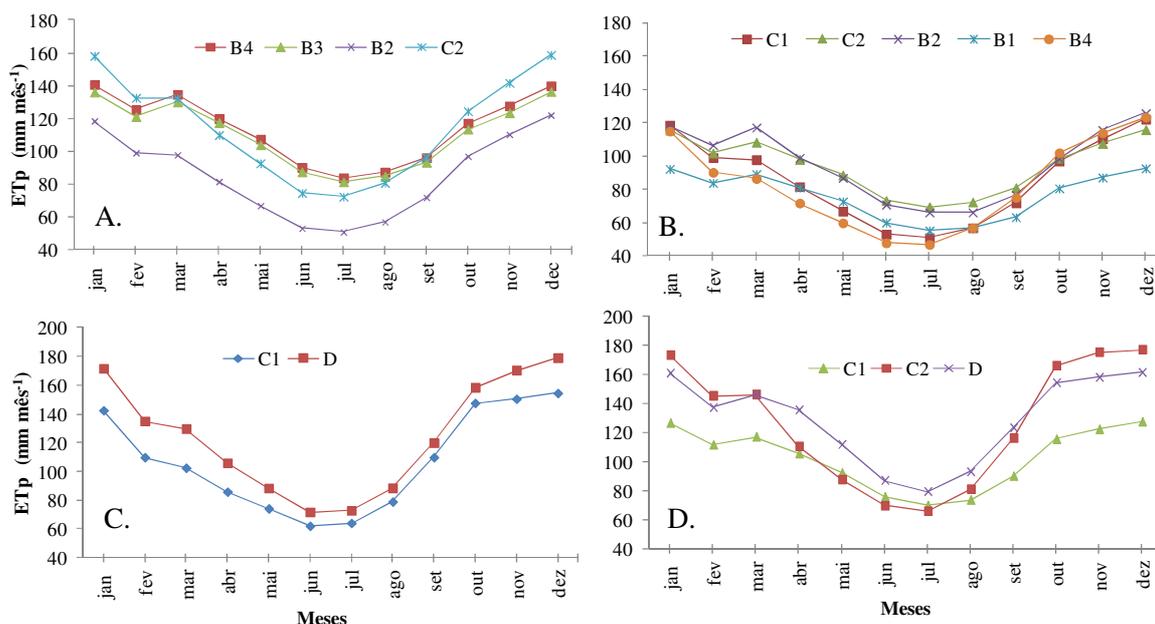
A densidade e distribuição espacial das estações climatológicas proporcionou boa determinação dos tipos climáticos proposto por THORNTHWAITE (1948) e THORNTHWAITE & MATHER (1955) em todas as regiões do Estado. A classificação proposta demonstrou-se ser muito sensível ao relevo das localidades. Os climas classificados como úmido (B<sub>4</sub>, B<sub>3</sub>, B<sub>2</sub> e B<sub>1</sub>) predominou na mesorregião da Zona da Mata, o clima subúmido (C<sub>2</sub>) foi encontrado nas mesorregiões do Agreste, Sertão e Sertão do São Francisco, diferenciando-se pela incidência de chuvas distintas na região Agreste, ocasionadas em maiores proporções no inverno e para as mesorregiões do Sertão e Sertão do São Francisco no verão (Figura 2). Os climas de maiores ocorrências foram B<sub>3</sub> e B<sub>1</sub> para

Mesorregião da Zona da Mata, C<sub>2</sub> para a Mesorregião do Agreste e C<sub>1</sub> para as Mesorregiões do Sertão e Sertão do São Francisco. A delimitação climática das mesorregiões confirma os resultados de zoneamentos de culturas de sequeiro realizados para o Estado como feito por SILVA et al. (2011b) com a cultura da pitangueira em que o mesmo observa a concentração de zonas aptas ao cultivo na Mesorregião da Zona da Mata do Estado.



**Figura 2.** Mapas da classificação climática do Estado de Pernambuco segundo Thornthwaite (1948) (A) e Thornthwaite e Mather (1955) (B), com a utilização de dados agrometeorológicos de 45 localidades para anos chuvosos.

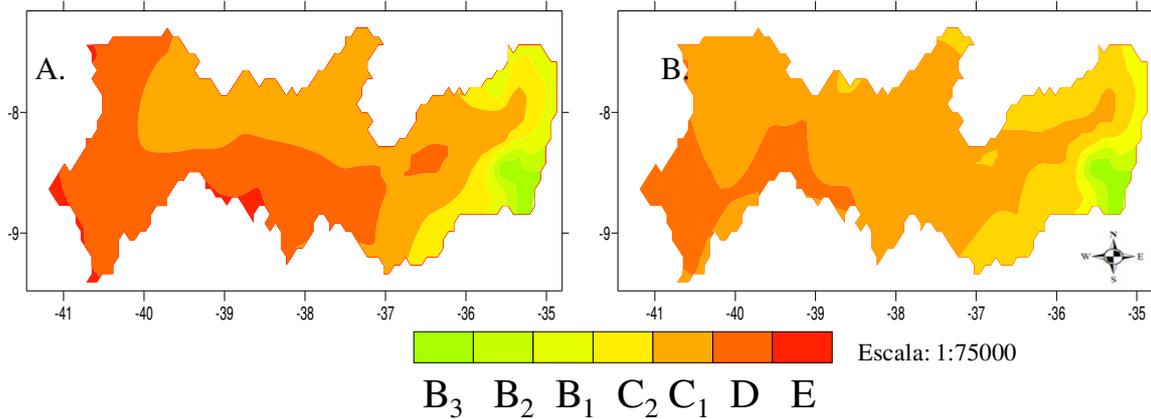
A Figura 3 mostra os totais mensais de evapotranspiração potencial (ETp) para os tipos climáticos das quatro Mesorregiões estudadas. A Zona da Mata (Figura 3A) apresentou os maiores valores de ETp nos meses de janeiro a fevereiro e no período de outubro a dezembro. O tipo climático B<sub>4</sub> obteve os maiores índices de ETp com 160 mm mês<sup>-1</sup>, enquanto B<sub>2</sub> e C<sub>2</sub> apresentaram os menores valores no mês de julho com 54 e 76 mm mês<sup>-1</sup> respectivamente. A mesorregião do Agreste apresentou as maiores médias com os tipos climáticos C<sub>1</sub> e C<sub>2</sub> com 120 e 114 mm mês<sup>-1</sup>. A mesorregião do Sertão apresentou para o tipo climático C<sub>1</sub> os maiores valores com 175 mm mês<sup>-1</sup>, enquanto o clima do tipo semiárido apresentou no mês de junho o menor valor para a região com 62,3 mm mês<sup>-1</sup>. A mesorregião do Sertão do São Francisco apresentou os maiores índices de ETp para os tipos climáticos encontrados na região (C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> e D) no mês de janeiro com 123,4; 178,33 e 160 mm mês<sup>-1</sup> respectivamente.



**Figura 3.** Evapotranspiração potencial das mesorregiões em diferentes tipos climáticos no Estado de Pernambuco para o cenário chuvoso: Zona da Mata (A), Agreste (B), Sertão (C) e Sertão do São Francisco (D).

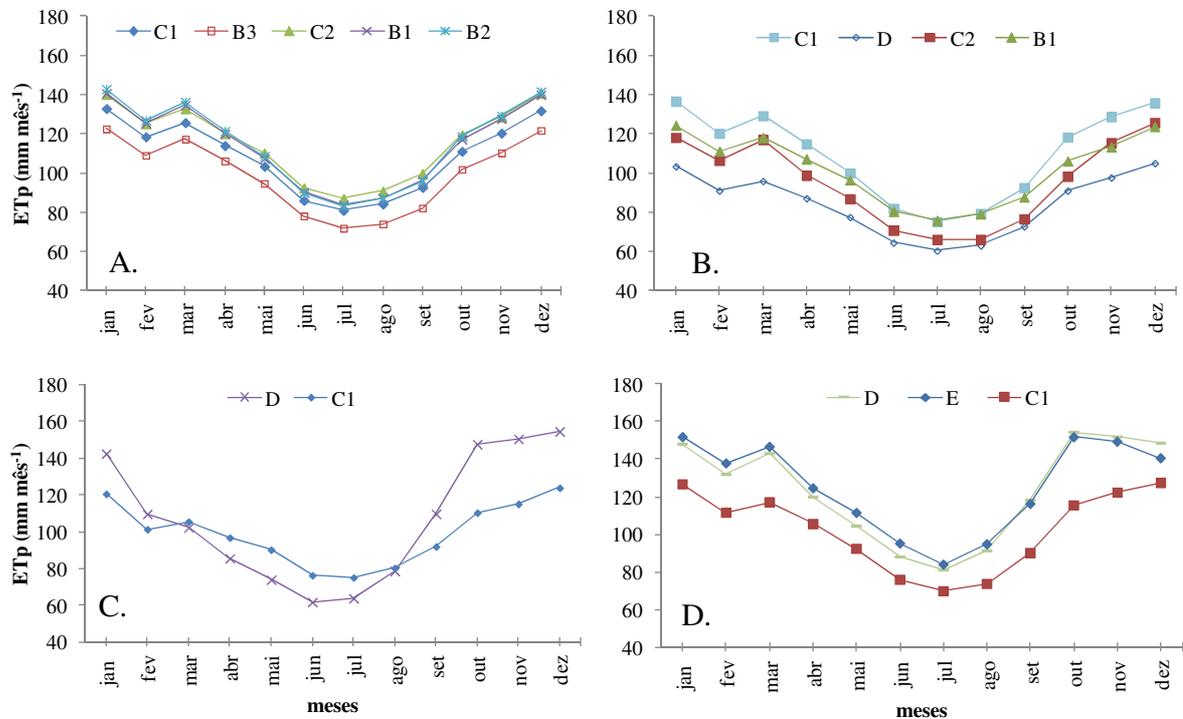
### Anos regulares

Em anos em que a precipitação apresentou um regime médio de chuvas, sete tipos de climas foram encontrados para a classificação de THORNTHWAITE (1948) e seis tipos para a classificação de THORNTHWAITE & MATHER (1955) (Figura 4). A mesorregião da Zona da Mata apresentou localidades com climas úmidos ( $B_1$  e  $B_3$ ) dentre estes o mais predominante é o  $B_3$ , e climas subúmidos ( $C_2$ ) localizados em regiões próximas ao Agreste pernambucano, sendo o de maior ocorrência o tipo de clima classificado como  $C_2$ . A mesorregião do Agreste apresentou climas do tipo úmido nas regiões próximas a Zona da Mata e climas predominantemente subúmidos ( $C_2$ ) na maior parte do Agreste meridional em que se encontram uma das regiões mais importantes para economia agrícola do Estado. As mesorregiões do Sertão e Sertão do São Francisco apresentam em mais de 90% de suas áreas o clima do tipo subúmido  $C_2$ , para a classificação de THORNTHWAITE & MATHER (1955) e clima do tipo semiárido (D) para a classificação de THORNTHWAITE (1948). A redução das áreas de clima úmido são explicadas pelas grandes taxas evapotranspiratórias encontradas na região causadas possivelmente por um baixo período de chuvas e pelo aumento das temperaturas, ocasionando assim grande deficit hídrico na maior parte do Estado. SILVA et al. (2011a), em estudos sobre a evapotranspiração no Estado de Pernambuco, observara que em períodos de regimes de chuvas regulares este Estado apresenta um deficit hidrico de 65% na área total. Tal período indica uma redução na área de cultivo em sequeiro, devendo-se adotar sistemas de irrigação para suprir as necessidades hídricas das plantas ou a utilização de culturas resistentes à seca.



**Figura 4.** Classificação climática para o Estado de Pernambuco segundo Thornthwaite (1948) (A), e Thornthwaite e Mather (1955) (B) com a utilização de dados de 45 estações climatológicas para anos regulares.

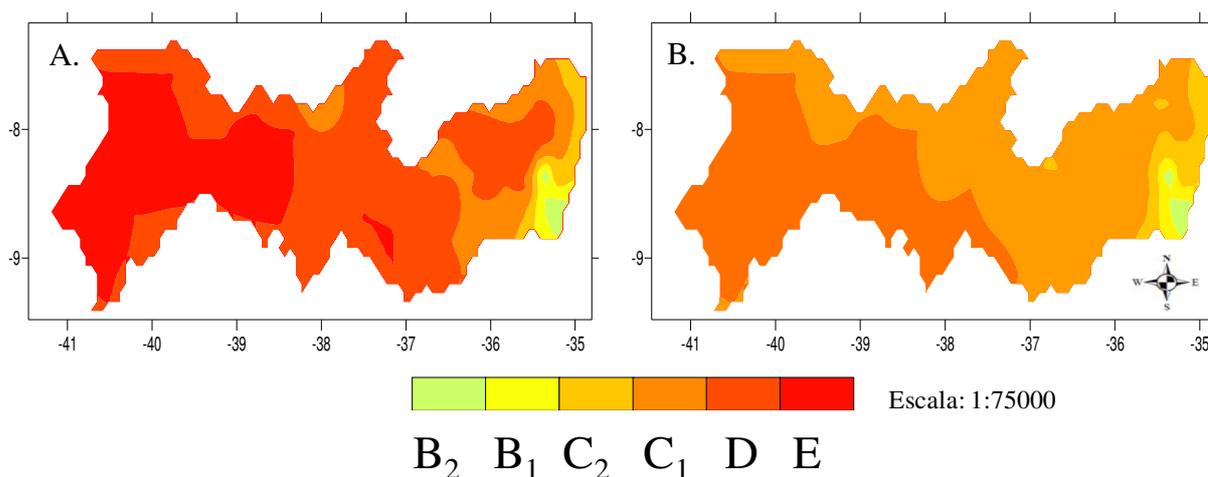
Na Mesorregião da Zona da Mata (Figura 5A) os maiores valores de ETp encontram-se nos meses de janeiro e dezembro e o tipo climático de maior índice (B<sub>2</sub>) com valores de ETp de 140 mm mês<sup>-1</sup>. A mesorregião do Agreste (Figura 5B) apresenta os menores valores nos meses de junho e julho com média de 75 mm mês<sup>-1</sup>, o clima do tipo D apresentou os menores valores com média de 72 mm mês<sup>-1</sup>. A mesorregião do Sertão apresentou dois tipos climáticos (C<sub>1</sub> e D) com ETp média de 132 e 101 mm mês<sup>-1</sup> respectivamente. A mesorregião do Sertão do São Francisco apresentou três tipos de climas sendo o clima árido (E) o de maior ETp com media de 126 mm mês<sup>-1</sup>.



**Figura 5.** Evapotranspiração potencial dos diferentes tipos climáticos das mesorregiões do Estado de Pernambuco para o cenário regular: Zona da Mata (A), Agreste (B), Sertão (C) e Sertão do São Francisco (B).

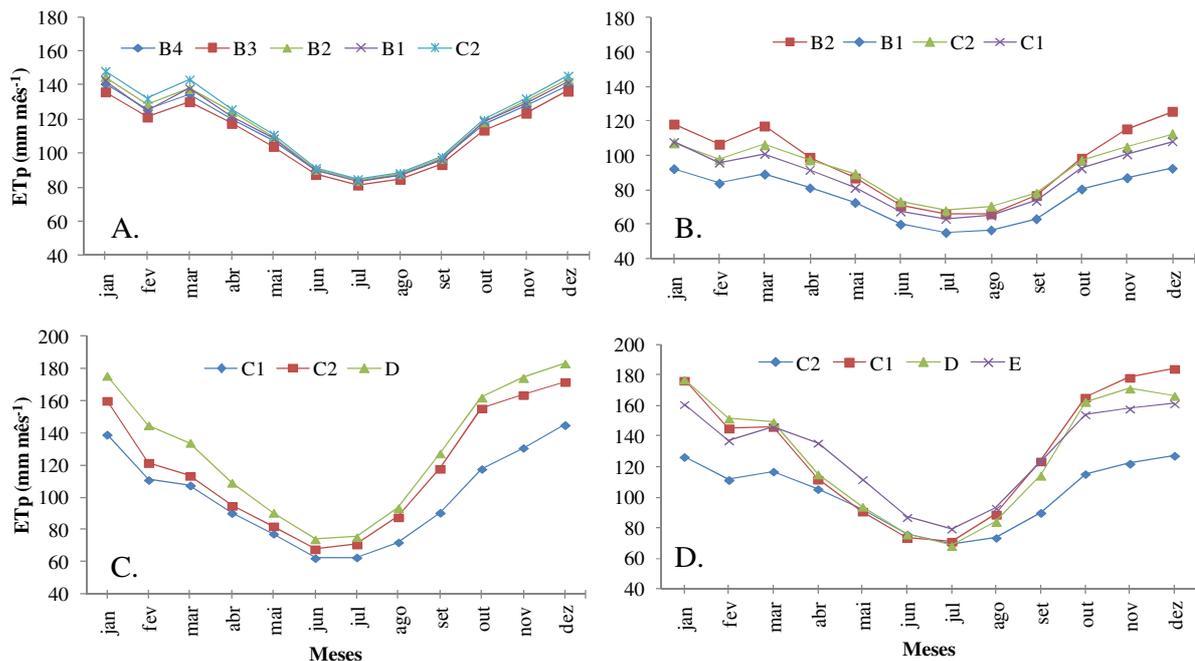
## Anos secos

Os anos secos apresentaram seis tipos climáticos para a classificação de THORNTHWAITE (1948) e cinco tipos para THORNTHWAITE & MATHER (1955), a Mesorregião da Zona da Mata apresentou clima do tipo úmido na Zona da Mata Norte e Sul e climas subúmido na transição entre as Mesorregiões da Zona da Mata e Agreste. A Mesorregião do Agreste apresentou climas do tipo subúmido ( $C_2$ ) com predominância na região meridional. A Mesorregião do Sertão apresentou três tipos climáticos para a classificação de THORNTHWAITE (1948) em que o clima do tipo E aparece na região setentrional do Sertão pernambucano enquanto a classificação de THORNTHWAITE & MATHER (1955) houve a predominância do clima do tipo D. A Mesorregião do Sertão do São Francisco apresentou dois tipos de climas (D, E) para a classificação climática de THORNTHWAITE (1948) com a predominância do clima árido. As classificações mostram a inaptidão das áreas do Sertão e Sertão de São Francisco para a cultura de sequeiro sendo necessário a irrigação plena para cultivo como demonstram MEDEIROS et al. (2009) em Zoneamento agroclimático para o Estado. Também deve-se observar que altas temperaturas nestas mesorregiões podem provocar problemas para culturas perenes e anuais irrigadas, levando a prejuízos econômicos ao produtor rural.



**Figura 6.** Classificação dos climas do Estado de Pernambuco segundo Thornthwaite (1948) (A) e Thornthwaite e Mather (1955) (B) com a utilização de dados agrometeorológicos de 45 localidades para anos de cenários secos.

A ETp nos anos secos na mesorregião da Zona da mata (Figura 7A) foi em média de  $102 \text{ mm mês}^{-1}$  com o clima do tipo  $C_2$  onde foi verificado as maiores médias de ETp com valores de  $116 \text{ mm mês}^{-1}$ . A mesorregião do Agreste (Figura 7B) apresentou média de  $94 \text{ mm mês}^{-1}$  em que o clima  $B_2$  atingiu valores de ETp próximos a  $111 \text{ mm mês}^{-1}$ . O Sertão Pernambucano (Figura 7C) apresenta-se com médias de ETp próximas a  $125 \text{ mm mês}^{-1}$ , com os maiores valores encontrados entre os meses de dezembro e março sendo estes superiores a  $160 \text{ mm mês}^{-1}$  para o clima do tipo D. Na mesoregião do Sertão do São Francisco (Figura 7D) observou-se uma ETp média de  $133 \text{ mm mês}^{-1}$ , com os maiores valores entre os meses de outubro a fevereiro.



**Figura 7.** Evapotranspiração potencial dos diferentes tipos climáticos das mesorregiões do Estado de Pernambuco para cenário seco: Zona da Mata (A), Agreste (B), Sertão (C) e Sertão do São Francisco (D).

Para mostrar com mais clareza a variabilidade climática do Estado, apresenta-se na Tabela 4 as áreas de alguns municípios de diferentes mesorregiões. O município de Carpina tido invariavelmente como um clima úmido apresenta dois diferentes tipos climáticos em que para o cenário chuvoso o mesmo apresenta clima úmido (A) e para anos regulares e secos apresenta clima do tipo C<sub>1</sub>. Para o município de Pesqueira localizado na mesorregião do Agreste pernambucano foram considerados dois tipos climáticos, B<sub>1</sub> e C<sub>1</sub> nos anos de regime chuvoso, ocorrido provavelmente pela distribuição irregular de chuva na região, contrariamente os regimes de chuvas regular e seco que apresentaram os climas do tipo C<sub>1</sub> para o regular e C<sub>1</sub> e C<sub>2</sub> para o regime seco. A caracterização climática proposta neste trabalho nos municípios localizados nas regiões semiáridas, poderia ser melhorada e ajustada adequadamente com a incorporação dos dados de parâmetros físico-químicos do solo e da vegetação, como propõe ANDRADE JUNIOR et al. (2005), também podendo ser incluso nestas regiões uma quantidade relativamente maior de postos climatológicos para monitoramento.

**Tabela 4.** Percentagem da área de alguns municípios do Estado de Pernambuco sob domínio de diferentes tipos climáticos e cenários pluviométricos, segundo THORNTHWAITE & MATHER (1955).

Cenários pluviométricos	Municípios	Tipos climáticos								
		A	B <sub>4</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	D	E
Chuvoso	Carpina	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	Pesqueira	0,00	0,00	0,00	0,00	25,0	75,0	0,00		
	Petrolina	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	53,4	46,6		
	Salgueiro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100	0,00		
Regular	Carpina	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100	0,00	0,00	
	Pesqueira	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100	0,00	0,00	
	Petrolina	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100	
	Salgueiro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100	
Seco	Carpina	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100	0,00	0,00	
	Pesqueira	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	55,0	45,0	0,00	
	Petrolina	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100	
	Salgueiro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100	

## 6 CONCLUSÃO

Os SCC de THORNTHWAITE (1948) e THORNTHWAITE & MATHER (1955) permitiram separar eficientemente os climas no Estado de Pernambuco, conseguindo resumir as informações geradas por balanços hídricos normais, demonstrando, dessa forma, capacidade para determinação de zonas agroclimáticas.

O critério de classificação climática de THORNTHWAITE & MATHER (1955) é menos restritivo que o de THORNTHWAITE (1948), já que preconiza escalas de aridez e semiaridez com maior amplitude. Os regimes pluviométricos e as variações das temperaturas devido aos fenômenos climáticos devem ser levados em consideração para a determinação dos estudos com distribuição espacial.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE JÚNIOR, A. S.; BASTOS, E. A.; BARROS, A. H. C.; SILVA, C. O.; GOMES, A. A. N. Classificação climática e regionalização do semi-árido do Estado do Piauí sob cenários pluviométricos distintos. *Revista Ciência Agrônômica*, Fortaleza, v. 36, n.2, p.143-151, 2005.

CASTRO, F. S.; PEZZOPANE, J. E. M.; CECÍLIO, R. A.; PEZZOPANE, J. R. M.; XAVIER, A. C. Avaliação do desempenho dos diferentes métodos de interpoladores para parâmetros do balanço hídrico climatológico. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.14, n.8, p.871-880, 2010.

GOLDEN SOFTWARE. Sufer® version 8.03 (versão Demo). Golden, 2003. Software. Disponível em: <http://www.goldensoftware.com/demo.shtml>, acesso em 13 de janeiro de 2006.

KUINCHTNER, A.; BURIOL, G. A. Clima no Estado do Rio Grande do Sul segundo a classificação climática de Koppen e Thornthwaite. **Disciplinarum Scientia**, Santa Maria, v.2, n.1, p.171-182, 2001.

MONTEIRO, J. E. B. A. **Agrometeorologia dos cultivos**: o fator meteorológico na produção agrícola. 1. ed. Brasília: INMET, 2009. 530p.

MEIRELES, E. J. L.; PEREIRA, A. R.; SENTELHAS, P. C.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, F. J. P. Risco climático de quebra de produtividade da cultura do feijoeiro em Santo Antônio de Goiás, GO. **Bragantia**, Campinas, v.62, n.1, p.163-171, 2003.

MEDEIROS, S. R. R.; MOURA, G. B. A.; GIONGO, P. R.; SILVA, A. P. N. Potencial agroclimático para a *Alpinia purpurata* no Estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, n.2, p.165-169, 2009.

MOURA, G. B. A.; MELO, S. P.; GIONGO, P. R.; LIRA JÚNIOR, M. A.; SILVA, A. P. N. Relação entre condições hídricas e o crescimento vegetal da cana-de-açúcar no município Itambé, Pernambuco. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.21, n.5, p.171-177, 2008.

MOURA, G. B. A.; ARAGÃO, J. O. R.; MELO, S. P.; SILVA, A. P. N.; GIONGO, P. R.; LACERDA, F. F. Relação entre a precipitação do leste do Nordeste do Brasil e a temperatura dos oceanos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, n.4, p.462-469, 2009.

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

SENTELHAS, P. C.; SANTOS, D. L.; MACHADO, R. E. Water déficit and water surplus maps for Brazil, based on FAO Penman-Monteith potencial evapotranspiration. **Ambi-Água**, Taubaté, v.3, n.3, p.28-42, 2008.

SILVA, A. P. N.; LIMA, F. J. L.; SILVA, A. O.; MOURA, G. B. A. Valores efetivos de precipitação pluvial para manejo da irrigação na cana-de-açúcar em Goiana, Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.5, n.4, p.585-591, 2010.

SILVA, A. O.; QUELUZ, J. T. G.; KLAR, A. E. Spatial distribution of climatic water balance in different rainfall regimes in the State of Pernambuco. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Guarapuava, v.6, n.1, p.7-19, 2013.

SILVA, A. O.; MOURA, G. B. A.; SILVA, E. F. F.; LOPES, P. M. O.; SILVA, A. P. N. Análise espaço-temporal da evapotranspiração de referência sob diferentes regimes de precipitações em Pernambuco. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.24, n.2, p.135-142, 2011a.

SILVA, A. O.; SILVA, A. P. N.; MOURA, G. B. A.; LOPES, P. M. O.; MEDEIROS, S. R. R. Zoneamento agroclimático da pitangueira para três cenários distintos de precipitação pluvial em Pernambuco. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.24, n.1, p.104-115, 2011b.

SILVA, V. P. R.; BELO FILHO, A. F.; SILVA, B. B.; CAMPOS, J. H. B. C. Desenvolvimento de um sistema de estimativa da evapotranspiração de referência. **Revista brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, n.4, p.547-553, 2005.

SUDENE. **Normais Climatológicas da Área da SUDENE**. Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. Convênio com o Serviço de Meteorologia, Recife. 1990.

THORNTWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate, **Geographical Review**, New York, n. 1, p. 55-94, 1948.

THORNTWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. **Publication in Climatology**, Laboratory of Climatology, Centerton, v. 8, n.1. 1955.

VAREJÃO-SILVA, M. A.; BARROS, A. H. C. **Zoneamento de aptidão climática do Estado de Pernambuco para três distintos cenários pluviométricos**. Recife: COTEC/DATA AGROS/ SPRRA-PE, 2001, 38p. (Relatório Técnico).

VIOLA, M. R.; MELO, C. R., PINTO, D. B. F.; MELLO, J. M., ÁVILA, L. F. Métodos de interpolação espacial para o mapeamento da precipitação pluvial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.9, p.970-978, 2010.