

Climatologia do Estado da Paraíba



Paulo Roberto Megna Francisco
Djail Santos

PAULO ROBERTO MEGNA FRANCISCO

DJAIL SANTOS

Climatologia do Estado da Paraíba

1ª Edição
Campina Grande-PB
EDUEG
2017

© dos autores e organizadores
Todos os direitos desta edição reservados à EDUFPG
FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFPG

F818c Francisco, Paulo Roberto Megna.
Climatologia do estado da Paraíba / Paulo Roberto Megna Francisco, Djail Santos. – Campina Grande: EDUFPG, 2017.
75 p. : il.

ISBN 978-85-8001-197-5

1. Climatologia – Paraíba. 2. Paraíba – Clima. 3. Plantas – Clima – Paraíba.
I. Santos, Djail. II. Título.

CDU 551.58(813.3)

EDITORA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE - EDUFPG
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE - UFPG
editora@ufpg.edu.br

Prof. Dr. Vicemário Simões
Reitor

Prof. Dr. Camilo Allyson Simões de Farias
Vice-Reitor

Prof. Dr. José Helder Pinheiro Alves
Diretor Administrativo da Editora da UFPG

Paulo Roberto Megna Francisco
Revisão, Editoração e Arte da Capa

CONSELHO EDITORIAL

Anúbes Pereira de Castro (CFP)
Benedito Antônio Luciano (CEEI)
Erivaldo Moreira Barbosa (CCJS)
Janiro da Costa Rego (CTRN)
Marisa de Oliveira Apolinário (CES)
Marcelo Bezerra Grilo (CCT)
Naelza de Araújo Wanderley (CSTR)
Railene Hérica Carlos Rocha (CCTA)
Rogério Humberto Zeferino (CH)
Valéria Andrade (CDSA)

Apoio



Sumário

Introdução	8
Materiais e Métodos	12
Dados utilizados	12
Temperatura do ar	14
Pluviosidade	14
Balanço Hídrico	15
Evapotranspiração de Referência	16
Evapotranspiração Potencial	16
Classificação climática	18
Índices Climáticos	18
Köppen-Geiger	19
Thornthwaite	22
Resultados e Discussão	25
Temperatura do ar	25
Pluviosidade	31
Balanço Hídrico	48
Evapotranspiração Potencial	48
Evaporação Real	53
Índices climáticos	59
Classificação Climática	69
Köppen	69
Thornthwaite	72
Referências Bibliográficas	74

Lista de Figuras

Figura 1. Localização da área de estudo	8
Figura 2. Mapa hipsométrico do Estado da Paraíba.	9
Figura 3. Distribuição espacial dos postos pluviométricos do Estado da Paraíba.....	13
Figura 4. Temperatura média mensal do Estado da Paraíba (°C).....	26
Figura 5. Temperatura média anual (°C).	27
Figura 6. Trimestre frio (°C).....	28
Figura 7. Trimestre quente (°C).	28
Figura 8. Temperatura média máxima (°C).....	30
Figura 9. Temperatura média mínima (°C).....	30
Figura 10. Pluviosidade mensal média (mm).....	32
Figura 11. Pluviosidade anual média (mm).....	34
Figura 12. Pluviosidade média do trimestre úmido (mm).....	35
Figura 13. Pluviosidade média do trimestre seco (mm).	36
Figura 14. Distribuição espaço-temporal e análise de regressão linear da precipitação anual.	37
Figura 15. Distribuição espaço-temporal das precipitações pluviais mensais.....	39
Figura 16. Histograma da média pluviométrica climatológica e tendência polinomial.	41
Figura 17. Flutuação mensal da precipitação.	43
Figura 18. Flutuação anual da precipitação.....	44
Figura 19. Distribuição temporal da precipitação anual e da média climatológica.	45
Figura 20. Desvio percentual anual da precipitação em relação à média histórica.	46
Figura 21. Precipitação anual e anomalia.....	47
Figura 22. ETP mensal.	49
Figura 23. ETP anual.....	50
Figura 24. Trimestre de menor ETP.....	52
Figura 25. Trimestre de maior ETP.	53
Figura 26. Distribuição mensal da evaporação no Estado da Paraíba.....	54
Figura 27. Distribuição anual da evaporação no Estado da Paraíba.	56
Figura 28. Distribuição mínima (a) e máxima (b) da evaporação no Estado da Paraíba.	57
Figura 29. Distribuição do trimestre de menor (a) e maior (b) evaporação no Estado da Paraíba.	58
Figura 30. Deficiência hídrica.....	60

Figura 31. Excedente hídrico.	62
Figura 32. Índice de umidade (iu).	64
Figura 33. Índice hídrico (ih).	66
Figura 34. Índice de aridez (ia).	68
Figura 35. Classificação climática de Köppen.	71
Figura 36. Classificação climática de Thornthwaite normal.	73

Lista de Tabelas

Tabela 1. Chave para a classificação climática de Köppen simplificada por Setzer (1966), modificada para a inclusão do tipo climático “Am” (Tropical Monçônico).....	20
Tabela 2. Tipos climáticos em função do índice de umidade (Im)	21
Tabela 3. Subtipos climáticos em função dos valores do índice de aridez (Ia), de umidade (Iu) e em função da distribuição estacional das precipitações pluviométricas	21
Tabela 4. Tipos climáticos segundo a Evapotranspiração Potencial (ETp) em função da temperatura e do comprimento do dia	22
Tabela 5. Subtipos climáticos segundo o Cv	22
Tabela 6. Tipos climáticos em função do índice de umidade (Im) com base na classificação de Thornthwaite (1955)	23
Tabela 7. Subtipos climáticos em função dos valores do índice de aridez (Ia), de umidade (Iu) e em função da distribuição estacional das precipitações pluviométricas	24
Tabela 8. Variabilidade estatística dos parâmetros da temperatura média do ar	29
Tabela 9. Variação da pluviosidade	33
Tabela 10. Equação linear, coeficiente de determinação da regressão, média histórica mensal da precipitação pluvial.....	40
Tabela 11. Medidas de tendência central e de dispersão.....	41
Tabela 12. Variação da evapotranspiração potencial mensal e anual	51
Tabela 13. Variabilidade estatística dos parâmetros	69

Apresentação

Este livro, intitulado "Climatologia do Estado da Paraíba", utiliza dados de temperatura e precipitação para elaborar uma planilha eletrônica com dados mensais e anuais. Em seguida, utilizando-se de recursos modernos de geoinformática, os autores produzem atlas ilustrados, atualizados e com uma discussão técnica, bem aprofundada sobre as características climáticas da Paraíba.

Esta obra vem reforçar e atualizar os dados já publicados, em 1984, no Atlas Climatológico do Estado da Paraíba já que atualmente esta obra utiliza um número maior de postos e 102 anos de dados, aumentando assim a confiabilidade dos resultados.

As informações aqui contidas são de extrema utilidade a técnicos, estudantes e pessoas em geral que têm interesse em conhecer e levantar dados sobre a Paraíba.

Agradeço pelo convite para uma primeira leitura e parabenizo os autores, em particular o Dr. Paulo Roberto Megna Francisco, pela iniciativa e contribuição para o mundo científico.

Campina Grande, fevereiro de 2017

Maria Marle Bandeira
Msc. Meteorologista da AESA

Introdução

O Estado da Paraíba, localizado na região Nordeste do Brasil (Figura 1), apresenta uma área de 56.372 km², 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. Ao norte, limita-se com o Estado do Rio Grande do Norte; a leste, com o Oceano Atlântico; a oeste, com o Estado do Ceará; e ao sul, com o Estado de Pernambuco (FRANCISCO, 2010).

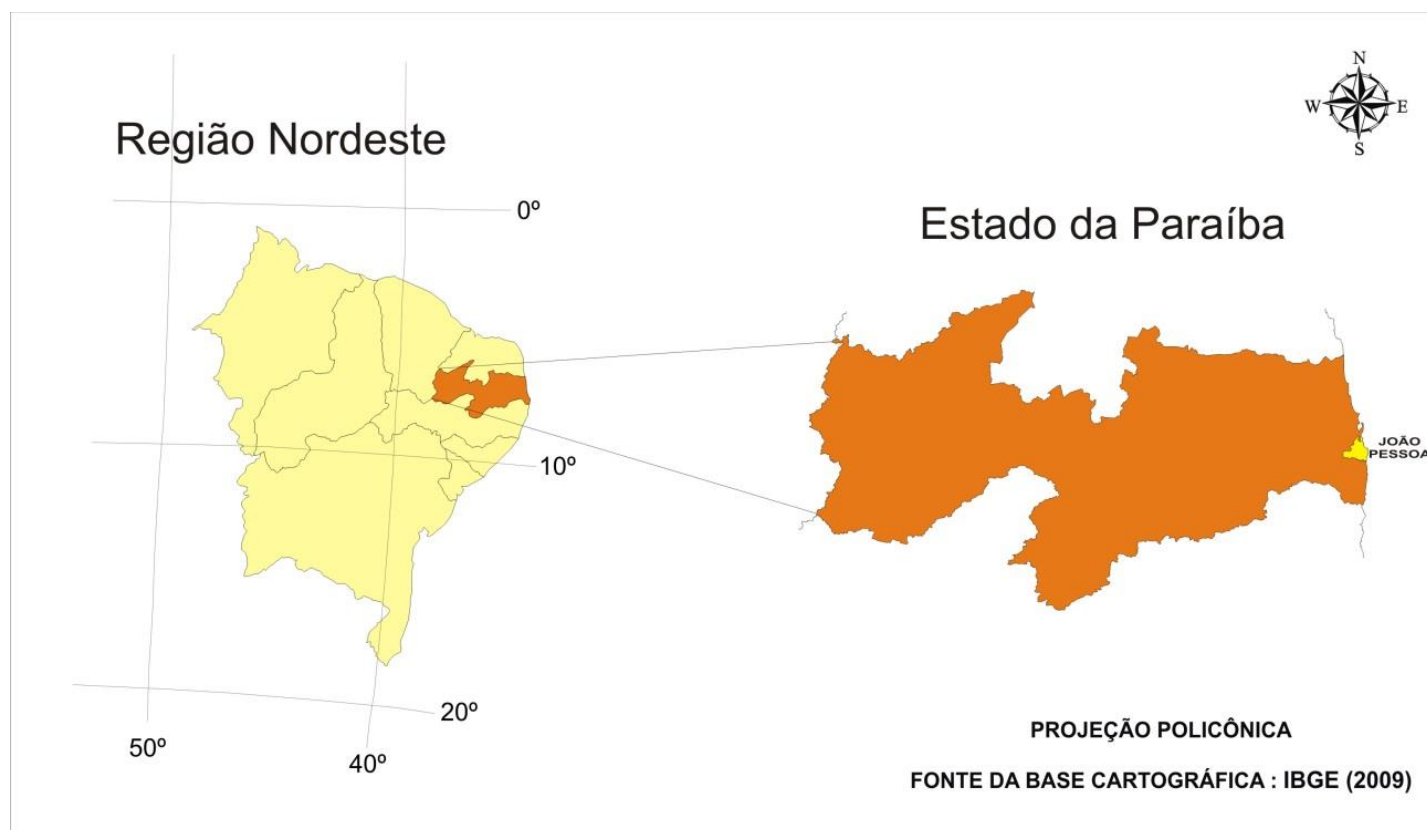


Figura 1. Localização da área de estudo. Fonte: Adaptado de IBGE (2009).

O relevo do Estado da Paraíba (Figura 2) apresenta-se de forma geral bastante diversificado, constituindo-se por formas de relevo diferentes trabalhadas por diferentes processos, atuando sob climas distintos e sobre rochas pouco ou muito diferenciadas. No tocante à geomorfologia, existem dois grupos formados pelos tipos climáticos mais significativos do Estado: úmido, subúmido e semiárido. O uso atual e a cobertura vegetal caracterizam-se por formações florestais definidas, como caatinga arbustiva arbórea aberta, caatinga arbustiva arbórea fechada, caatinga arbórea fechada, tabuleiro costeiro, mangues, mata-úmida, mata semidecidual, mata atlântica e restinga (PARAÍBA, 2006).

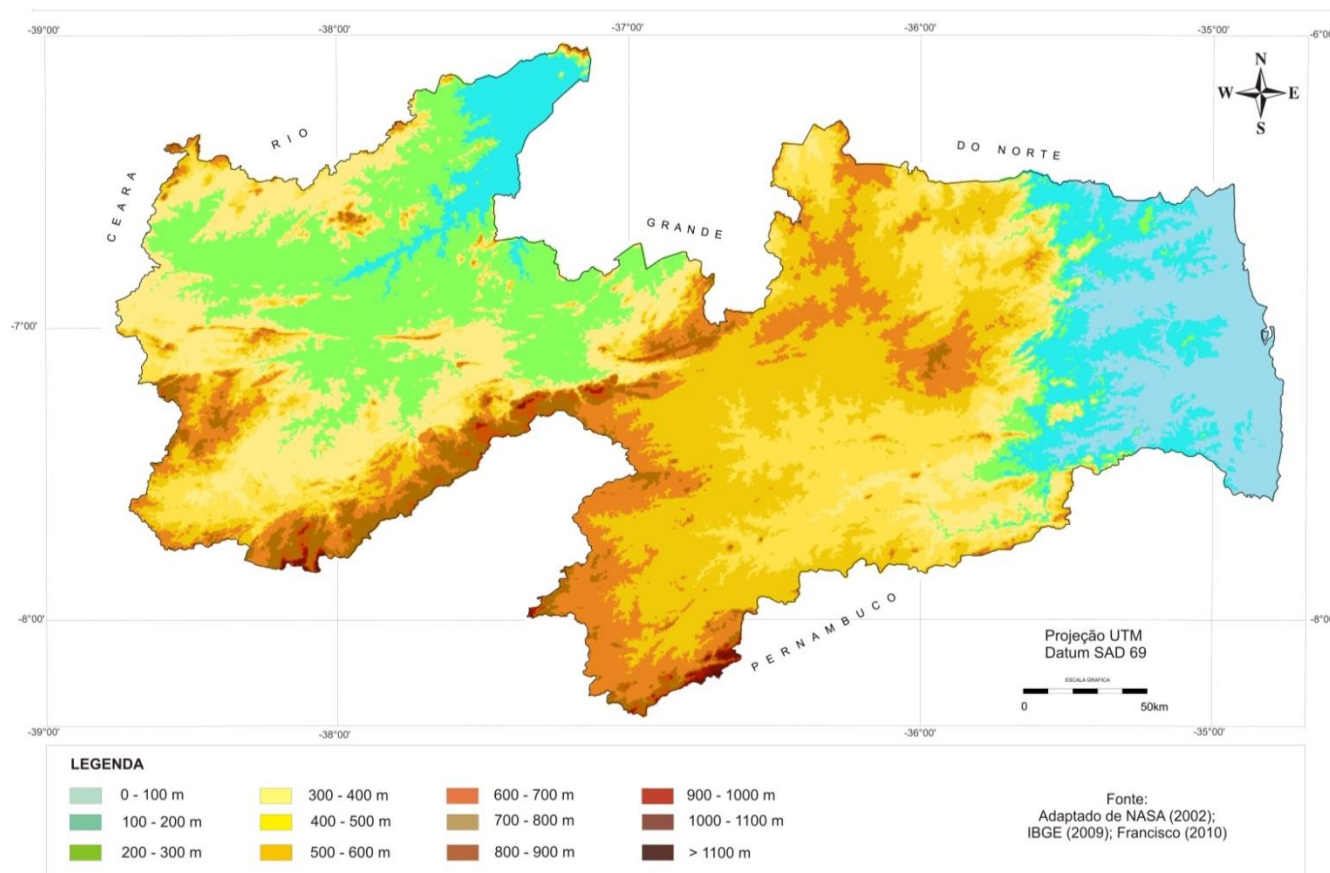


Figura 2. Mapa hipsométrico do Estado da Paraíba. Fonte: Francisco *et al.* (2014).

De acordo com Barros *et al.* (2012), a região Nordeste apresenta clima semiárido associado a uma vegetação xerófito em cerca de 50% do seu território. Esse clima é caracterizado pelas irregularidades espaciais e temporais do regime de chuvas, com maior destaque nas mesorregiões do agreste e do sertão. Estudos sobre o clima indicam que fenômenos do tipo El Niño - Oscilação Sul (ENOS) e a circulação geral da atmosfera seriam os responsáveis pela ocorrência de baixos totais pluviométricos (NOBRE, 1996; MOLION & BERNARDO, 2002).

A caracterização climática da região Nordeste é um pouco complexa, conforme afirma Silva *et al.* (2008), pois constitui domínio dos climas quentes de baixas latitudes, apresentando temperaturas médias anuais sempre superiores a 18°C, verificando-se desde territórios mais secos, no interior; até mais úmidos, na costa leste da região. Conforme Sales e Ramos (2000), em todo o Nordeste brasileiro e no território paraibano, as variações de temperatura do ar dependem mais de condições topográficas locais do que daquelas decorrentes de variações latitudinais.

No Nordeste Brasileiro (NEB), os principais mecanismos causadores de chuvas são os Sistemas Frontais, a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e as perturbações ondulatórias no campo dos ventos alísios (MOLION & BERNARDO, 2002). A dinâmica da atmosfera se processa em diferentes escalas de espaço e de tempo, em função da ocorrência de fenômenos que operam em escala global, tais como as grandes células de circulação meridional, El Niño/La Niña e Oscilação Sul (ENOS), Dipolo do Atlântico; e em fenômenos que se processam regionalmente, como no caso das massas de ar e dos sistemas atmosféricos secundários que são capazes de alterar o funcionamento habitual da circulação geral da atmosfera (VAREJÃO-SILVA, 2006; ARAGÃO, 1998; FRANÇA *et al.*, 2000).

O Estado da Paraíba é caracterizado por dois regimes de chuvas, um de fevereiro a maio, nas regiões do Alto Sertão, Sertão e Cariri/Curimataú; e o outro de abril a julho, no Agreste, Brejo e Litoral. Tais regiões homogêneas foram determinadas por Braga e Silva (1990) através de técnicas objetivas de análise multivariada, estendidas por Silva (1996), distribuídas no Litoral, Brejo, Agreste, Cariri/Curimataú, Sertão e Alto Sertão.

Os principais sistemas responsáveis são a Zona de Convergência Intertropical - ZCIT (SERRA, 1941; HASTENRATH & HELLER, 1977), as Frentes Frias (ARAGÃO, 1975; KOUSKY, 1979), os Distúrbios de Leste ou Ondas de Leste (YAMAZAKI & RAO, 1977) e os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN) (ARAGÃO, 1975; KOUSKY & GAN, 1981).

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é o principal sistema meteorológico provedor de chuvas no setor norte do NEB, onde o Estado da Paraíba está inserido. Normalmente a ZCIT migra sazonalmente de sua posição mais ao norte, aproximadamente 12°N, em agosto-setembro, para posições mais ao sul e aproximadamente 4°S, em março-abril (UVO, 1989).

A Frente Fria é outro importante sistema causador de chuvas na Paraíba. A penetração de Frentes Frias até as latitudes tropicais, entre os meses de novembro e janeiro, é responsável pelas chuvas na faixa litorânea da região. As frentes frias são bandas de nuvens organizadas que se formam na região de confluência entre uma massa de ar frio (mais densa) com uma massa de ar quente (menos densa). A massa de ar frio penetra por baixo da quente, como uma cunha, e faz com que o ar quente e úmido suba, formando nuvens convectivas e estratiformes e, conseqüentemente, as chuvas (KOUSKY, 1979).

Os distúrbios ondulatórios de leste são ondas que se formam no campo de pressão atmosférica, na faixa tropical do globo terrestre, na área de influência dos ventos alísios, e se deslocam de oeste para leste, ou seja, desde a costa da África até o litoral leste do Brasil. Este sistema provoca chuvas principalmente na Zona da Mata, que se estende desde o Recôncavo Baiano até o litoral do Rio Grande do Norte (FERREIRA *et al.*, 1990).

Os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN) que atingem a região Nordeste do Brasil formam-se no Oceano Atlântico entre os meses de outubro e março, e sua trajetória normalmente é de leste para oeste, com maior frequência durante os meses de janeiro e fevereiro (KOUSKY & GAN, 1981).

Materiais e Métodos

Dados utilizados

Utilizaram-se os totais mensais de temperatura e precipitações obtidos nos postos pluviométricos da Rede Básica do Nordeste, implantados inicialmente pela Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE). Posteriormente em 1992, a Rede Pluviométrica foi repassada para a Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA-PB) (Figura 3).

Na Paraíba, a baixa concentração espacial de locais com registros de temperatura do ar é uma limitação que restringe o cálculo do balanço hídrico climatológico de algumas localidades. Conforme Varejão-Silva (2006), o número pequeno de estações meteorológicas torna baixa a densidade das informações disponíveis sobre a temperatura, dificultando a caracterização do campo térmico. Estas situações são muito frequentes na prática e estimulam as concepções de técnicas que busquem estimar a temperatura em locais onde não há dados. Para contornar esse problema, foi necessário estimar as médias mensais de temperatura do ar naqueles locais onde apenas se dispunha de dados de chuva.

Os postos selecionados foram aqueles que possuem trinta anos ou mais de observações, tal fato da escolha foi para unificação de intervalos entre os postos, vistos que os espaçamentos dos postos são amplos. A utilização dos dados foi procedida de uma análise no tocante à sua consistência, homogeneização e no preenchimento de falhas em cada série, além das séries já publicadas pela SUDENE até o ano de 1985.

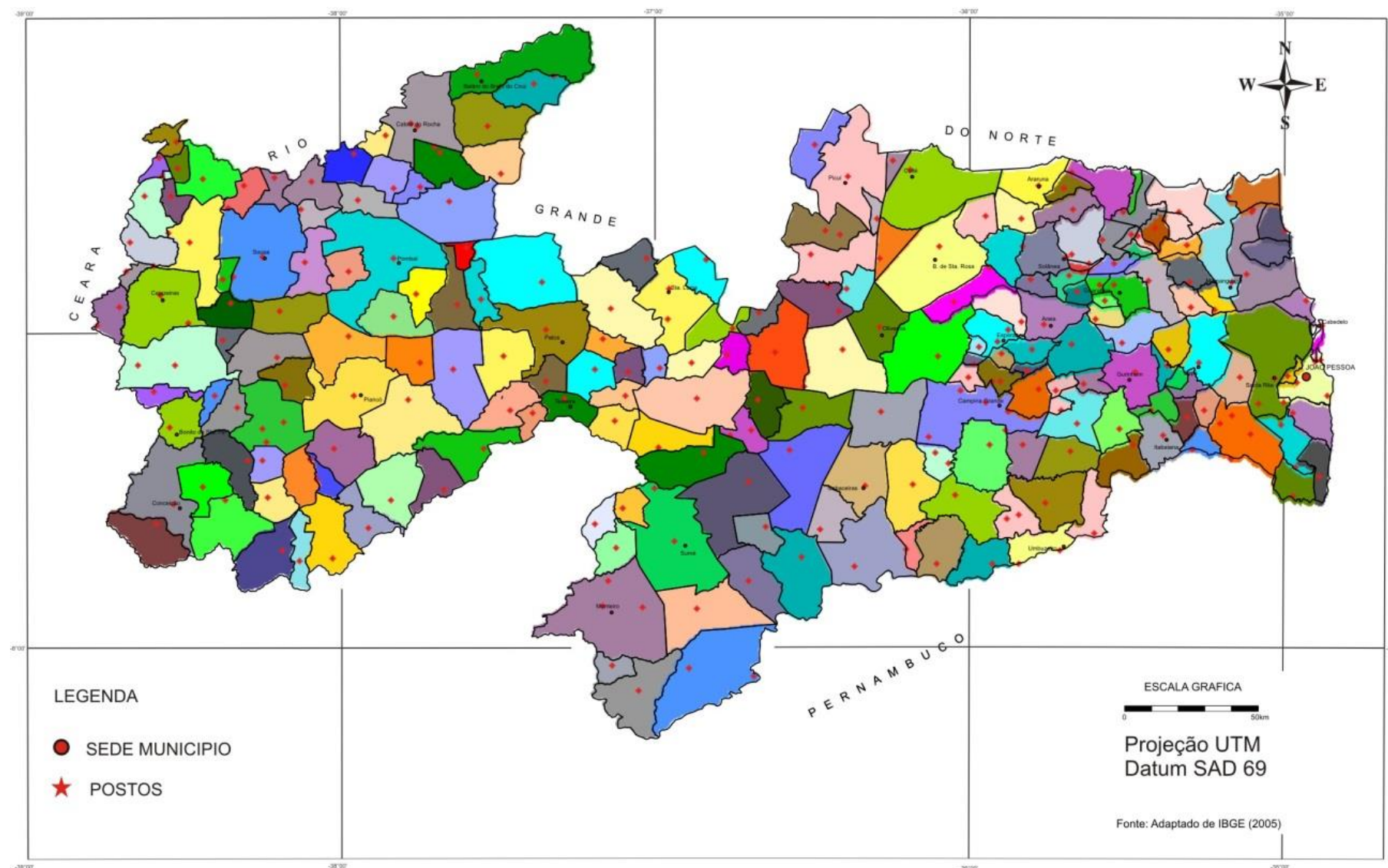


Figura 3. Distribuição espacial dos postos pluviométricos do Estado da Paraíba. Fonte: Adaptado de IBGE (2005).

Temperatura do ar

Foi elaborada uma planilha eletrônica com os dados e foram preenchidos os faltantes com os dados da temperatura média do ar estimados pelo software Estima_T (CAVALCANTI & SILVA, 1994; CAVALCANTI *et al.*, 2006). Após foram calculadas as médias mensais, anuais e dos trimestres mais quentes e mais frias de temperatura do ar.

O modelo empírico de estimativa da temperatura do ar é uma superfície quadrática para as temperaturas média, máxima e mínima mensal, em função das coordenadas locais: longitude, latitude e altitude de acordo com Cavalcanti *et al.* (2006), dadas por:

$$T = C_0 + C_1 \lambda + C_2 \varnothing + C_3 h + C_4 \lambda^2 + C_5 \varnothing^2 + C_6 h^2 + C_7 \lambda \varnothing + C_8 \lambda h + C_9 \varnothing h$$

Em que: $C_0, C_1, \dots, C_9$ são as constantes; $\lambda, \lambda^2, \lambda \varnothing, \lambda h$ longitude; $\varnothing, \varnothing^2, \lambda \varnothing$ latitude; $h, h^2, \lambda h, \varnothing h$ altura.

Foi elaborada uma planilha eletrônica com os dados obtidos e foram calculadas as médias mensais e anuais. Utilizando o software Surfer 9.0, foi realizada a estatística utilizando a krigagem e foram produzidos os mapas mensais e o mapa anual das médias, todos recortados utilizando-se o limite do Estado da Paraíba, conforme IBGE (2009).

Pluviosidade

Foram utilizados os valores históricos pluviométricos de 51 a 102 anos de dados, onde na metodologia utilizada, calculou-se a média mensal de cada ano. Com os valores obtidos, determinaram-se valores médios de precipitação mensal e anual, desvio padrão, coeficiente de variância, mediana, precipitação máxima e mínima absoluta. Essas séries foram selecionadas com base no critério de análise apenas daquelas sem falhas e contínuas, bem como distribuídas homogeneamente na área de estudo.

Não foi possível adotar, neste trabalho, um período de observação comum a todas as localidades, haja vista a drástica diferença do número de anos e/ou mesmo do número de postos que tal procedimento acarretaria, devido à diferença de início da operação desses postos. Assim, para cada localidade com série de observação igual ou superior a trinta anos, foi considerado para o período disponível, independentemente do início.

Foi elaborada uma planilha eletrônica com os dados obtidos e foram calculadas as médias mensais e anuais. Utilizando o software Surfer 9.0, foi elaborada a estatística utilizando a krigagem e, posteriormente, foram produzidos os mapas mensais e o mapa anual das médias, todos recortados utilizando-se o limite do Estado da Paraíba (IBGE, 2009).

Balanço Hídrico

A partir de dados de precipitação pluviométrica e temperatura do ar, os valores da evapotranspiração de referência foram estimados pelo método de cálculo do balanço hídrico climatológico (BHC), proposto por Thornthwaite e Mather (1948; 1955), para cada posto pluviométrico. O balanço hídrico é a contabilidade de entrada e saída de água no solo. Sua interpretação permite obter informações de ganho e perda e armazenamento de água no solo. Para tal, utilizou-se o software desenvolvido em planilhas eletrônicas por Rolim *et al.* (1998). Obtiveram-se os valores normais de evaporação real e evapotranspiração potencial, além dos valores de excedente e deficiência hídrica.

Nos cálculos para a obtenção do balanço hídrico climatológico, foi utilizado o valor de CAD de 100mm. Com base no balanço hídrico climatológico, foram utilizadas as metodologias de Thornthwaite (1948) e Thornthwaite e Mather (1955) para a classificação climática de acordo com o valor do CAD predeterminado.

Após foi elaborada uma planilha eletrônica com os dados e foram calculadas as médias mensais, anuais e dos trimestres mais secos e úmidos da evapotranspiração de referência. Utilizando o software Surfer 9.0, foi elaborada a estatística utilizando a krigagem, em

que se confeccionaram os mapas ou cartas mensais, anuais e os do trimestre mais seco e úmido das referidas médias, todos recortados utilizando-se o limite do Estado da Paraíba (IBGE, 2009).

Evapotranspiração de Referência

A estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) mensal e anual foi efetuada a partir das equações empíricas de Thornthwaite (1948) para a estimativa da temperatura do ar para o Estado da Paraíba. Com os dados dessas séries, ajustaram-se as equações pelo método dos mínimos quadrados, obtendo equações de regressão linear múltipla e testaram o método estatístico, apresentado a seguir:

$$E(Y) = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3$$

Em que: Y - temperatura mensal do ar (média, máxima ou mínima) °C; x₁, x₂ e x₃ – latitude e longitude do local (minuto) e altitude (metro), respectivamente a₀, a₁, a₂ e a₃ - coeficientes da equação de regressão.

Evapotranspiração Potencial

A estimativa da evapotranspiração potencial (ETP) utilizada na metodologia requer apenas dados de temperatura média mensal do ar e da insolação máxima, expressos em mm/mês. Define-se a evapotranspiração potencial da seguinte forma, de acordo com Thornthwaite e Mather (1948; 1955).

$$(ETP)_j = F_j \cdot E_j$$

Em que: E_j representa a evapotranspiração potencial (mm/dia) não ajustada, resumida da seguinte forma:

$$Ej = 0,553 \left(\frac{10 \cdot Tj}{I} \right)^a$$

Em que: Tj representa a temperatura média mensal do ar do mês ($^{\circ}\text{C}$); I é o índice anual de calor definido através de:

$$I = \sum_{j=1}^{12} ij$$

Sendo o índice térmico de calor no mês dado por:

$$ij = \left(\frac{Tj}{5} \right)^{1,514}$$

Por fim, o expoente “a” da equação (2) é uma função cúbica desse índice anual de calor, expresso da seguinte forma:

$$a = 6,75 \times 10^{-7} - 7,71 \times 10^{-5} I^2 + 1,79 \times 10^{-2} I + 0,49$$

O fator de correção da equação (1) é definido em função do número de dias do mês Dj (em janeiro, $Dj= 31$; em fevereiro $Dj=28$; etc.) e da insolação máxima do dia 15 do mês J (Nj), considerado representativo da média desse mês, definido por:

$$Fj = \frac{Dj \cdot Nj}{12}$$

Para o cálculo da insolação máxima do dia 15, utilizou-se a seguinte expressão:

$$Nj = \left(\frac{2}{15} \right) [\text{arc. cos}(-\text{tag}\phi \cdot \text{tag}\delta)]$$

Em que: ϕ Latitude do local; δ Declinação do Sol em graus, para o dia considerado, definido por:

$$\delta = 23,45^\circ \sin[360(284 + d)/365]$$

Em que: “d” é o número de ordem no ano do dia considerado (dia Juliano).

A estimativa da evapotranspiração potencial por meio da equação (1) só é válida para valor de temperatura média do ar do mês inferior a 26,5°C. Quando a temperatura média desse mês for igual ou superior a 26,5°C, Thornthwaite e Mather (1948, 1955) assumiram que E_j independe do índice anual de calor e utiliza-se para sua estimativa de uma tabela apropriada.

Classificação climática

Conforme Rolim *et al.* (2007), o clima pode ser entendido como as condições atmosféricas médias de uma região. Os sistemas de classificações climáticas são de grande importância, pois analisam e definem os climas levando em consideração vários elementos climáticos ao mesmo tempo, facilitando a troca de informações e análises posteriores para diferentes objetivos (BARROS *et al.*, 2012).

Índices Climáticos

Uma das finalidades dos índices climáticos de aridez, umidade e hídricos é a caracterização climática de uma região. A utilização dos referidos índices tem a finalidade de verificar possíveis alterações em função das CADs, assim como também a sua classificação

climática. O índice de aridez caracteriza-se por indicar a deficiência hídrica expressa em percentagem da evapotranspiração potencial. É definido em função da deficiência de evapotranspiração potencial, expresso da seguinte forma:

$$I_a = 100 \cdot DEF/ETP$$

O índice de umidade representa o excesso hídrico expresso em percentagem da necessidade que é representada pela evapotranspiração potencial, ambas anuais, segundo a expressão:

$$I_u = 100 \cdot EXC/ETP$$

Geralmente tem-se durante o ano estações de excesso e falta da água. Por isso, define-se o índice hídrico da seguinte maneira:

$$I_h = I_u - 0,6 \cdot I_a$$

Köppen-Geiger

Conforme Barros *et al.* (2012), a classificação de Köppen-Geiger é o sistema mais utilizado em geografia, climatologia e ecologia. A classificação é baseada no pressuposto, com origem na fitossociologia e na ecologia, de que a vegetação natural de cada grande região da Terra é essencialmente uma expressão do clima nela prevalecente. Assim, as regiões climáticas são caracterizadas para corresponder às áreas de predominância de cada tipo de vegetação. No entanto, essa classificação em certos casos não distingue regiões com biomas muito distintos (KÖPPEN & GEIGER, 1928).

Ainda de acordo com Barros *et al.* (2012), entre os métodos de classificação de regiões bioclimáticas, o de Köppen é o de maior utilização no Brasil, em virtude de se preocupar unicamente com as grandes divisões da vegetação e devido à menor rigidez da fórmula para determinação do mês úmido ou seco. Além disso, foi adaptado para algumas situações da América do Sul por Knoch em 1930 e James em 1930.

A Classificação climática de Köppen-Geiger é baseada principalmente na quantidade e distribuição de precipitação e temperatura, anual e mensal. Os elementos de temperatura e precipitação constituem um critério inicial para a divisão dos tipos de clima. Por ser uma classificação climática com mais de um século, a classificação de Köppen passou por algumas adaptações de outros autores, como a de Setzer (1966), que simplificou a classificação criando uma chave classificatória.

A Classificação climática foi realizada utilizando a metodologia de Köppen-Geiger, adaptada por Setzer (1966) (Tabela 1).

Tabela 1. Chave para a classificação climática de Köppen, simplificada por Setzer (1966) e modificada para a inclusão do tipo climático “Am” (Tropical Monçônico)

Temperatura Média Normal		Total de chuva do mês mais seco (Pms)	Total de chuva anual (P)	Descrição do Tipo de Clima segundo Köppen		Símbolo	
do mês mais frio	do mês mais quente						
>= 18°C	>= 22°C	= 60 mm	< 2500 - 27,27. Pms	TROPICAL	sem estação seca	Af	
		< 60 mm		TROPICAL com chuvas excessivas	Inverno Seco	Aw	
			= 2500 - 27,27. Pms			SUBTROPICAL	Quente
< 18°C	< 22°C	< 30 mm	>= 30 mm	SUBTROPICAL	Quente	sem estação seca	Cwa
		>= 22°C					Temperado
		>= 22°C	Temperado		sem estação seca	Cfa	
		< 22°C				Cfb	

Fonte: Rolim *et al.* (2007).

Tabela 2. Tipos climáticos em função do índice de umidade (Im)

Tipo climático	Índice efetivo de umidade (Im)
A – Superúmido	≥ 100
B4 – Úmido	$100 > Im \geq 80$
B3 – Úmido	$80 > Im \geq 60$
B2 – Úmido	$60 > Im \geq 40$
B1 – Úmido	$40 > Im \geq 20$
C2 – Úmido e subúmido	$20 > Im \geq 0$
C1 – Seco e subúmido	$0 > Im \geq -20$
D – Semiárido	$-20 > Im \geq -40$
E – Árido	$-40 > Im \geq -60$

Fonte: Barros *et al.* (2012).

Tabela 3. Subtipos climáticos em função dos valores do índice de aridez (Ia), de umidade (Iu) e em função da distribuição estacional das precipitações pluviométricas

Climas úmidos		Índice de Aridez (Ia)	Climas úmidos		Índice de umidade (Iu)
r	Pequena ou nenhuma deficiência	$0 < Ia \leq 16,7$	d	Pequeno ou nenhum excesso hídrico	$0 < Iu \leq 10$
S	Moderada deficiência	$16,7 < Ia \leq 33,3$	S	Moderado excesso hídrico no inverno	$10 < Iu \leq 20$
W	Moderada deficiência	$16,7 < Ia \leq 33,3$	W	Moderado excesso hídrico no verão	$10 < Iu \leq 20$
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).

Tabela 4. Tipos climáticos segundo a Evapotranspiração Potencial (ETp) em função da temperatura e do comprimento do dia

Tipos de Clima	Símbolos	Evapotranspiração Potencial Anual (ETp)
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

Tabela 5. Subtipos climáticos segundo o Cv

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

Thornthwaite

De acordo com Barros *et al.* (202), Thornthwaite deu uma grande contribuição ao introduzir ainda, além da precipitação pluviométrica e temperatura do ar, a evapotranspiração potencial como elemento de classificação climática. Para ele, não seria possível caracterizar o clima em seco ou úmido, analisando apenas a pluviometria, mas também a relacionando com as necessidades hídricas ou

água necessária para suprir a demanda de evapotranspiração. Além disso, tinha a preocupação comum de Köppen, de levar em conta o clima ecológico, mas representa um maior esforço de sistematização por meio de fórmulas de evapotranspiração potencial e real, constituindo aspecto inovador e construtivo para a classificação climática. Portanto, a classificação climática de Thornthwaite apoia-se em duas grandezas principais que são funções diretas da evapotranspiração potencial: o índice efetivo de umidade e o índice de eficiência térmica (OMETTO, 1981).

De acordo com Pereira *et al.* (2002), os índices de umidade, hídrico e aridez são calculados a partir do balanço hídrico climatológico, que fornece informações da disponibilidade hídrica ao longo do ano, pelo cálculo do excedente hídrico (EXC), deficiência hídrica (DEF) e armazenamento (ARM), retirada e reposição de água no solo. A partir desses valores anuais, são definidos os índices que expressam a disponibilidade hídrica.

Conforme os índices climáticos de Thornthwaite (1955), os tipos e os subtipos climáticos podem ser definidos de acordo com as tabelas 6 e 7.

Tabela 6. Tipos climáticos em função do índice de umidade (Im) com base na classificação de Thornthwaite (1955)

Tipo climático	Índice efetivo de umidade (Im)
A – Superúmido	≥ 100
B4 – Úmido	$100 > Im \geq 80$
B3 – Úmido	$80 > Im \geq 60$
B2 – Úmido	$60 > Im \geq 40$
B1 – Úmido	$40 > Im \geq 20$
C2 – Úmido e subúmido	$20 > Im \geq 0$
C1 – Seco e subúmido	$0 > Im \geq -20$
D – Semiárido	$-20 > Im \geq -40$
E – Árido	$-40 > Im \geq -60$

Fonte: Barros *et al.* (2012).

Tabela 7. Subtipos climáticos em função dos valores do índice de aridez (Ia), de umidade (Iu) e em função da distribuição estacional das precipitações pluviométricas

	Climas úmidos	Índice de Aridez (Ia)		Climas úmidos	Índice de umidade (Iu)
r	Pequena ou nenhuma deficiência	$0 < Ia \leq 16,7$	d	Pequeno ou nenhum excesso hídrico	$0 < Iu \leq 10$
S	Moderada deficiência	$16,7 < Ia \leq 33,3$	S	Moderado excesso hídrico no inverno	$10 < Iu \leq 20$
W	Moderada deficiência	$16,7 < Ia \leq 33,3$	W	Moderado excesso hídrico no verão	$10 < Iu \leq 20$
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).

Resultados e Discussão

Temperatura do ar

Na distribuição espacial da temperatura média mensal do ar de janeiro a dezembro no Estado da Paraíba (Figura 4), observa-se que os menores valores de temperatura estão nas áreas de altitudes mais elevadas, destacando-se, assim, a microrregião do Brejo e grande parte do Planalto da Borborema. No Litoral (setor Leste) e em grande parte da mesorregião do Sertão (setor Oeste) da Paraíba, onde as altitudes são baixas, observam-se os maiores valores de temperatura média ao longo do ano. Os meses com temperaturas mais baixas são os meses de junho, julho e agosto, enquanto os meses mais quentes são outubro, novembro e dezembro, no Estado como um todo, sendo estes os meses com os menores índices de precipitação pluviométrica, pois é o período mais seco da região.

Destacam-se dois núcleos ativos durante os 12 meses estudados, núcleos estes localizados no extremo oeste do Estado e o outro núcleo se localiza nas proximidades do município de Areia, onde estes núcleos aparecem todos os meses devido à orografia provocada pelo relevo da região.

Na distribuição temporal da temperatura do ar médio anual para a área estudada (Figura 5), observa-se que sua variabilidade oscila entre 21,5 e 26°C, e que as menores flutuações ocorrem na circunvizinhança do Estado de Pernambuco e na região central da área em estudo, assim como o destaque de menores oscilações dos parâmetros referenciados em torno do município de Areia, nos setores leste e noroeste tem os valores mais elevados. Tal elevação deve-se aos fatores atuantes na atmosfera, como alta intensidade dos raios solares e baixas coberturas de nuvens, flutuações irregulares da umidade relativa do ar e oscilação da pressão atmosférica.

A Figura 6 representa o trimestre mais frio (junho, julho e agosto) e a Figura 7 representa o trimestre mais quente (outubro, novembro e dezembro). A variabilidade da temperatura média do ar no trimestre mais frio oscila entre 19,6 e 24,6°C, com uma média de 22,4°C. Observa-se que, no setor leste e no setor noroeste, centram-se as maiores oscilações de temperatura médias; na parte central e na nordeste e sudeste, tem-se as menores oscilações de temperatura. Destaca-se uma área de menor ocorrência de temperatura média em torno do município de Areia e em áreas isoladas na divisa com o Estado de Pernambuco.

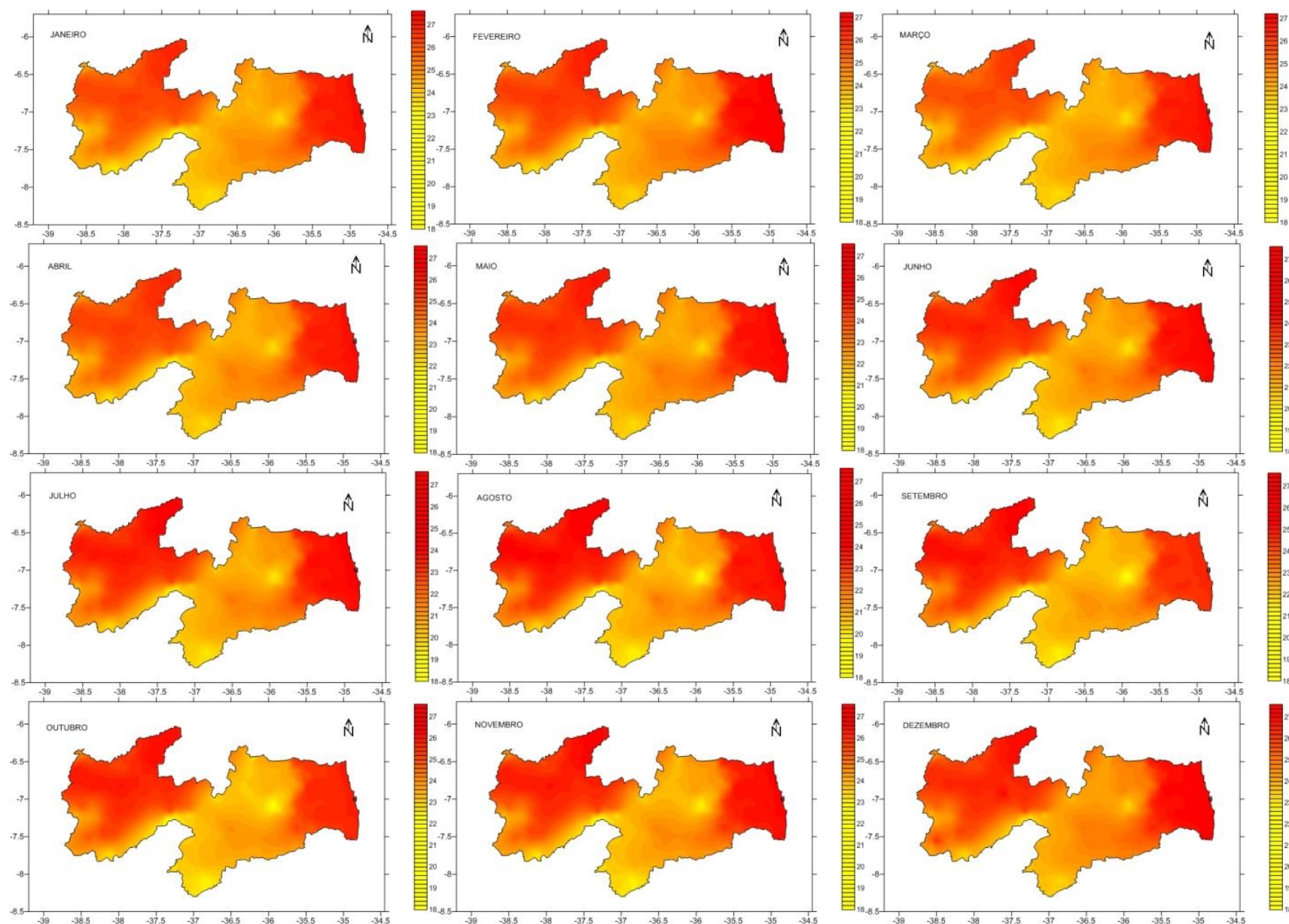


Figura 4. Temperatura média mensal do Estado da Paraíba (°C).

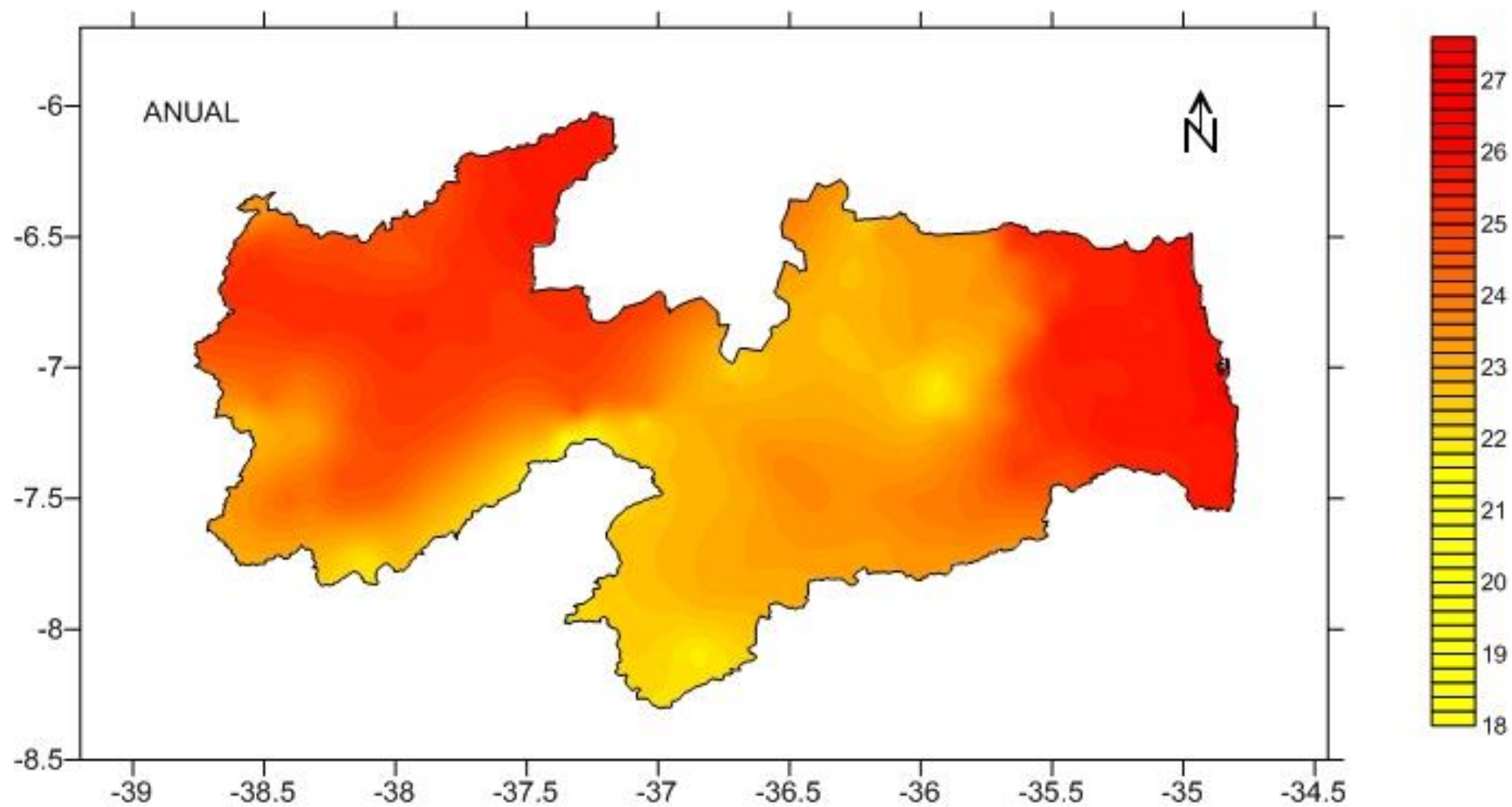


Figura 5. Temperatura média anual (°C).

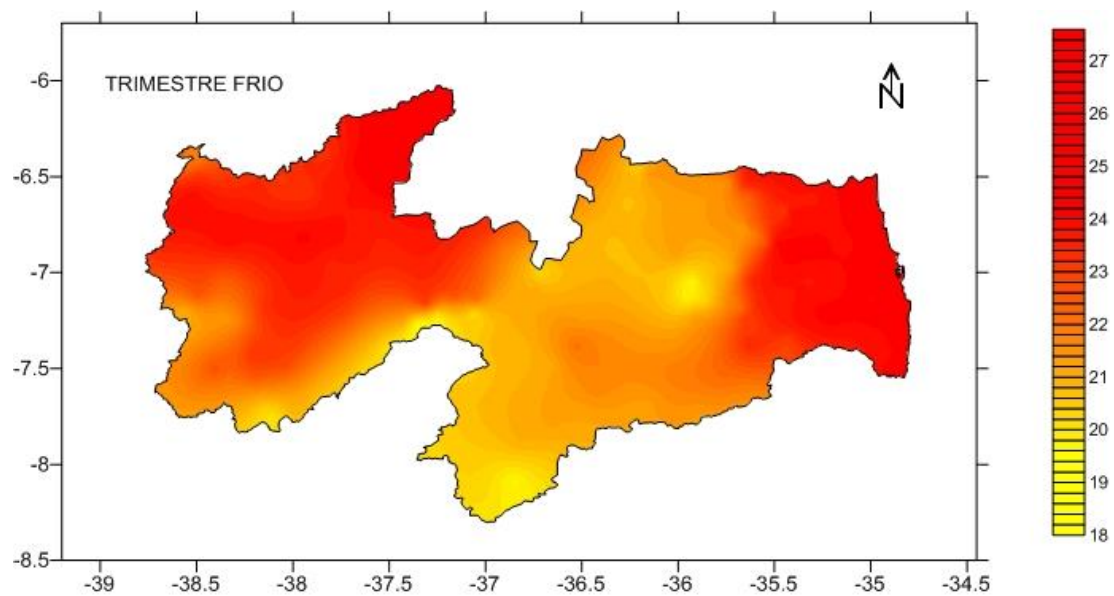


Figura 6. Trimestre frio (°C).

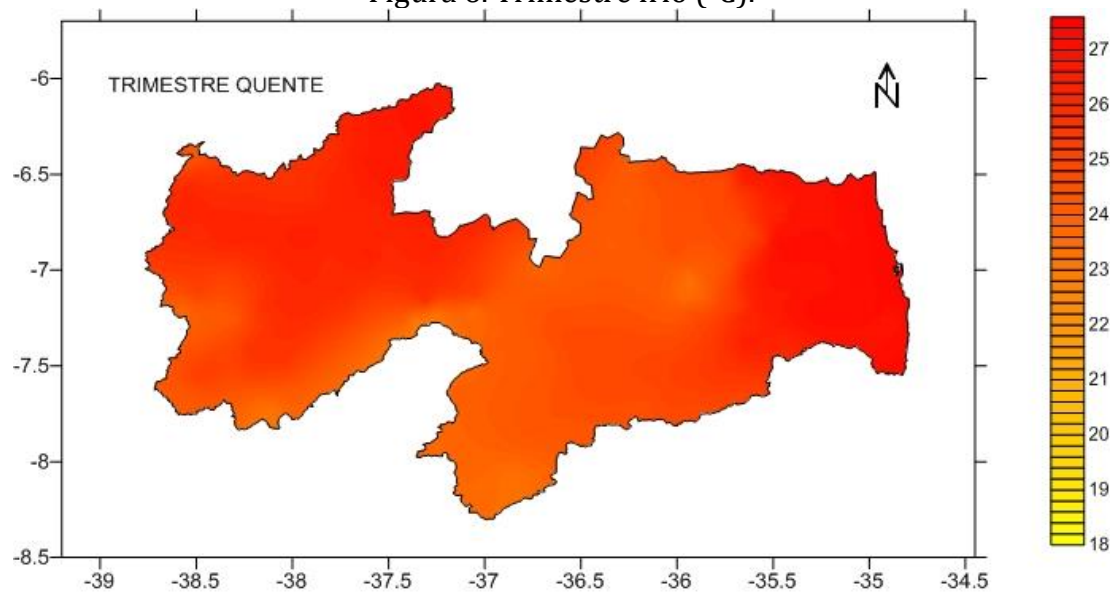


Figura 7. Trimestre quente (°C).

Na Figura 7, observa-se a homogeneidade da distribuição da temperatura média no trimestre mais quente, e destaca-se uma mancha de flutuações menos elevadas no setor central e no setor leste. Na Tabela 8, tem-se as variabilidades estatísticas dos parâmetros médios da temperatura do ar para o Estado da Paraíba, onde se observa que as oscilações da temperatura mínima mensal fluem entre 19,3 e 23,2°C, com uma média anual de 21,7°C. A temperatura máxima oscila entre 24,3 e 27,4°C, e sua média é de 26,1°C; a temperatura média apresenta uma flutuação entre 22,2 e 25,6°C, e sua média é de 24,2°C.

A mediana tem um comportamento análogo ao da temperatura média, exceto para os meses de junho a novembro, e as maiores flutuações do desvio padrão ocorrem nos meses de fevereiro, abril a setembro e dezembro. Estas flutuações podem estar relacionadas com os fatores provocadores e/ou inibidores dos índices pluviométricos intermunicipais. Estatisticamente os coeficientes de variâncias não foram observados nos índices expressivos de mudanças mensais; já no parâmetro variância, as suas flutuações mensais apresentam valores com altas significâncias de ocorrências mensais.

Tabela 8. Variabilidade estatística dos parâmetros da temperatura média do ar

Mês	Variabilidade dos parâmetros (°C)						
	Mínimo	Mediana	Máxima	Média	Desvio Padrão	Variância	Coeficiente Variância
Janeiro	23,2	25,7	27,4	25,6	1,05	1,10	0,04
Fevereiro	22,8	25,4	25,7	25,4	1,13	1,28	0,04
Março	22,6	25,1	27,1	25,0	1,08	1,16	0,04
Abril	21,9	24,6	26,5	24,5	1,15	1,34	0,04
Mai	21,0	23,7	25,7	23,6	1,22	1,49	0,05
Junho	19,8	22,8	24,8	22,7	1,32	1,75	0,02
Julho	19,3	22,4	24,3	22,2	1,34	1,81	0,06
Agosto	19,6	22,8	24,4	22,4	1,31	1,72	0,05
Setembro	21,1	23,9	25,3	23,5	1,14	1,30	0,04
Outubro	22,3	24,9	26,2	24,6	1,08	1,17	0,04
Novembro	22,9	25,9	26,8	25,2	1,05	1,12	0,04
Dezembro	23,0	25,5	27,4	25,5	1,12	1,25	0,04
Anual	21,7	24,3	26,1	24,2	1,15	1,33	0,04

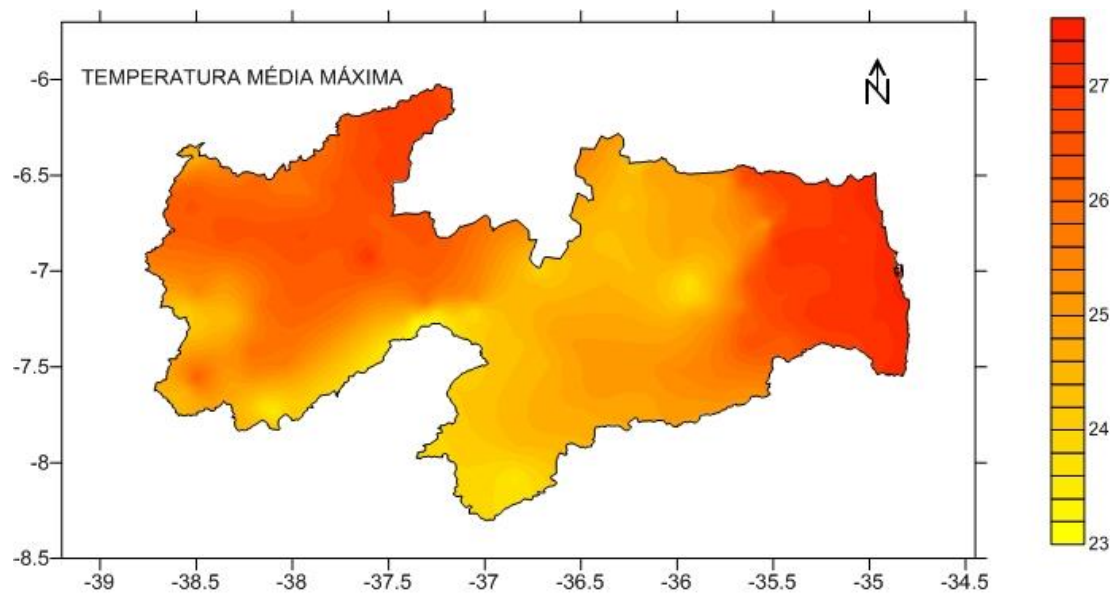


Figura 8. Temperatura média máxima (°C).

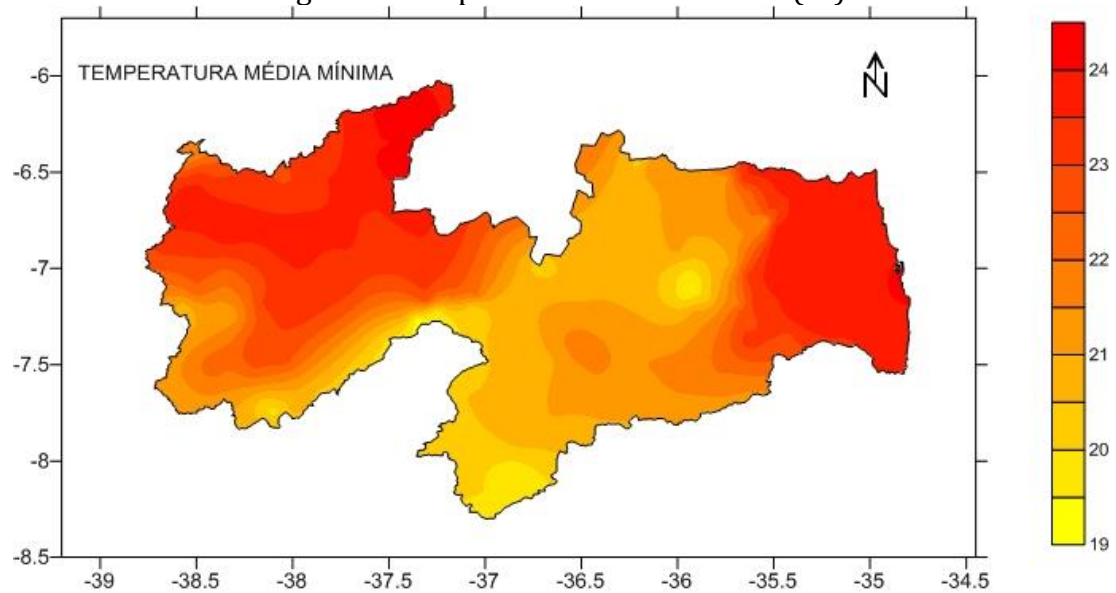


Figura 9. Temperatura média mínima (°C).

Pluviosidade

Nos valores médios mensais da precipitação obtidos para o Estado da Paraíba (Figura 10), observa-se que as chuvas concentram-se nas estações verão/outono; além da contribuição da orografia, observa-se um acréscimo na pluviosidade no sentido oeste/leste em todo o decorrer do ano. Observa-se também que a quadra chuvosa compreende os meses de janeiro a abril no Sertão do Estado (setor Oeste), sendo março o mês em que ocorrem as pluviometrias mais elevadas. Pode-se observar ainda que, no mês de dezembro, começam as primeiras chuvas na região, que é conhecido como pré-estação chuvosa. Nota-se que o período chuvoso no Estado desloca-se temporalmente de oeste para leste, assim o Cariri e o Curimataú, setor central da Paraíba, têm suas quadras chuvosas iniciando em fevereiro e ocorrendo até maio, sendo abril o mês em que ocorrem os maiores índices pluviométricos.

No Agreste, o período das chuvas inicia-se em março e estende-se até junho, que é o mês de maior precipitação. O Litoral é o setor onde ocorrem os maiores índices pluviométricos do Estado. O período chuvoso inicia-se em abril e vai até julho, tendo maio como o mês em que advêm os mais elevados índices de precipitação. Observa-se ainda que, durante todos os meses do ano, os totais pluviométricos mais elevados ocorrem no Litoral Sul da Paraíba.

De acordo com a distribuição espacial e temporal das precipitações (Figura 10), observa-se a alta variabilidade da precipitação, tanto espacial como temporal. No mês de janeiro, observam-se chuvas mais significativas e de forma isolada nas regiões do Sertão e Alto Sertão da Paraíba. No mês de fevereiro, esta distribuição já se torna mais homogênea. Os meses de março e abril são os meses mais chuvosos em praticamente todo o Estado da Paraíba, e nos meses de maio a agosto tem-se os maiores totais e que se concentram na faixa leste, principalmente no Litoral Sul. Setembro é considerado o mês mais seco e, no restante do ano, as chuvas ocorridas são de forma isolada.

Com relação à distribuição anual, observa-se a alta variabilidade espacial de precipitação no setor central do Estado, região do Cariri/Curimataú, com os menores valores de precipitação entre 300 e 500mm; no Sertão e Alto Sertão, em torno de 700 a 900mm. Já no Brejo e Agreste, apresentam-se valores de 700 a 1.200mm; e no Litoral, uma média de 1.200 a 1.600mm.

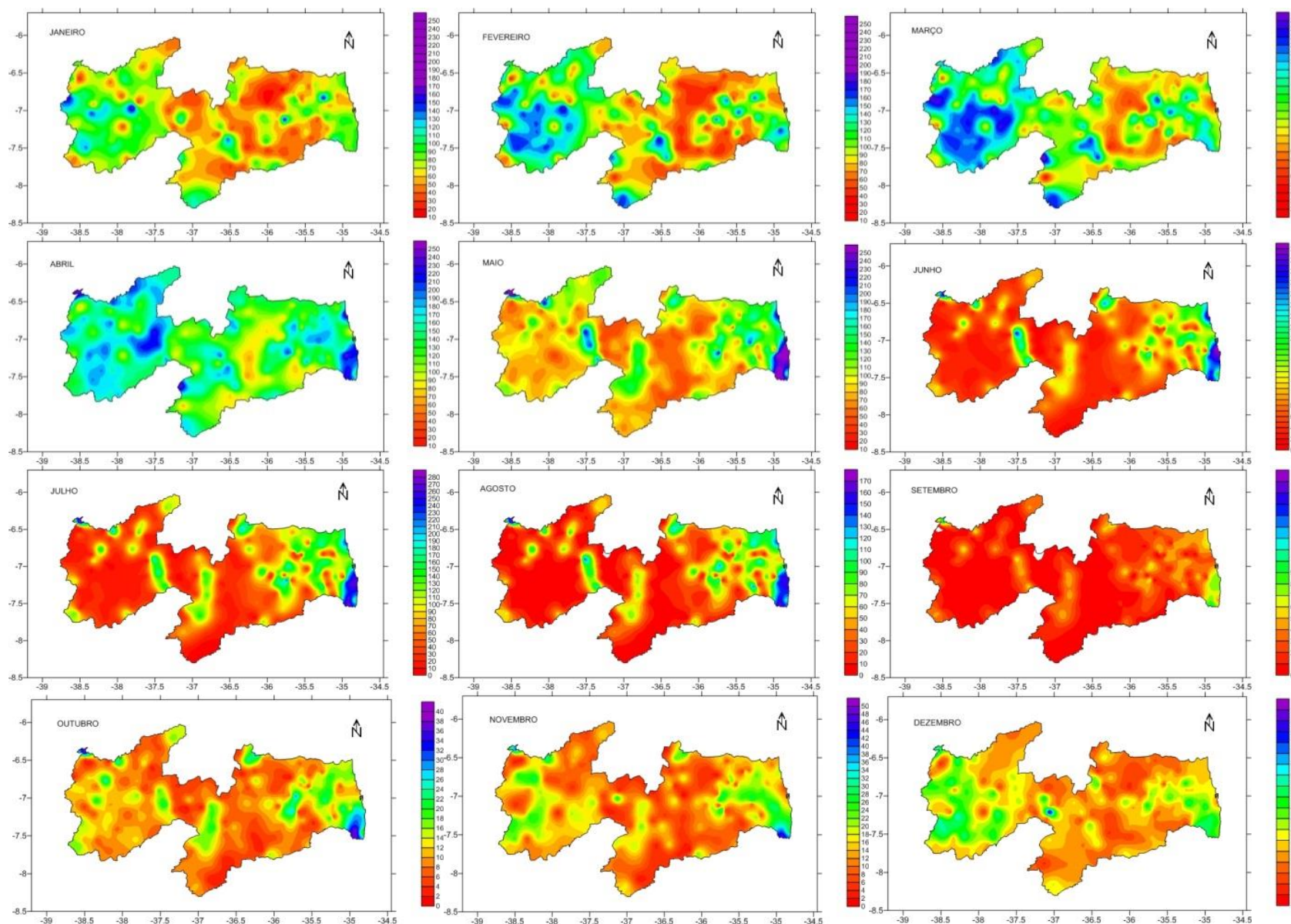


Figura 10. Pluviosidade mensal média (mm).

Na Figura 11, observa-se a distribuição temporal da precipitação média anual para a área de estudo. Sua variabilidade oscila entre 300 e 1.900mm, os menores índices pluviométricos ocorrem na área oeste e na região central, assim como o destaque de maiores oscilações do parâmetro referenciado no setor litorâneo. Observam-se valores mais elevados em áreas isoladas, e tais elevações devem-se aos fatores atuantes na atmosfera, como baixa intensidade dos raios solares, alta cobertura de nuvens, flutuações irregulares da umidade relativa do ar e oscilação da pressão atmosférica.

Na Tabela 9, tem-se as variabilidades estatísticas dos parâmetros médios da precipitação para o Estado da Paraíba, onde se observa que as oscilações da precipitação mínima mensal fluem entre 0,1 e 60,77mm, com uma média anual de 332mm; a precipitação máxima oscila entre 38,5 e 369,4mm e sua média é de 1.979,3mm; e a precipitação média apresenta uma flutuação entre 11,5 e 152,1mm, com média de 854,6mm.

Tabela 9. Variação da pluviosidade

Mês	Variação (mm)						Coef. de Variação
	Mínimo	Mediana	Máxima	Média	Desvio Padrão	Variância	
Janeiro	13,2	71,0	176,1	71,4	30,5	931,9	0,42
Fevereiro	33,2	94,6	191,9	99,8	38,5	1482,6	0,38
Março	40,5	145,5	272,9	152,1	51,8	2684,7	0,84
Abril	60,8	153,8	254,0	148,9	41,9	1762,5	0,28
Maio	36,5	89,9	305,1	103,1	53,3	2846,7	0,51
Junho	14,8	48,5	369,4	91,3	81,2	6592,9	0,88
Julho	1,8	32,0	298,0	73,1	69,6	4844,0	0,95
Agosto	1,0	13,0	179,2	39,5	43,9	1932,1	1,11
Setembro	0,1	7,1	103,4	20,3	22,5	506,2	1,10
Outubro	1,1	9,9	38,5	11,5	7,2	51,8	0,62
Novembro	0,6	13,7	48,1	14,2	8,5	72,4	0,59
Dezembro	6,8	26,1	93,9	29,3	13,3	176,3	0,45
Anual	332,00	843,10	1.979,30	854,60	315,66	99.644,00	0,37

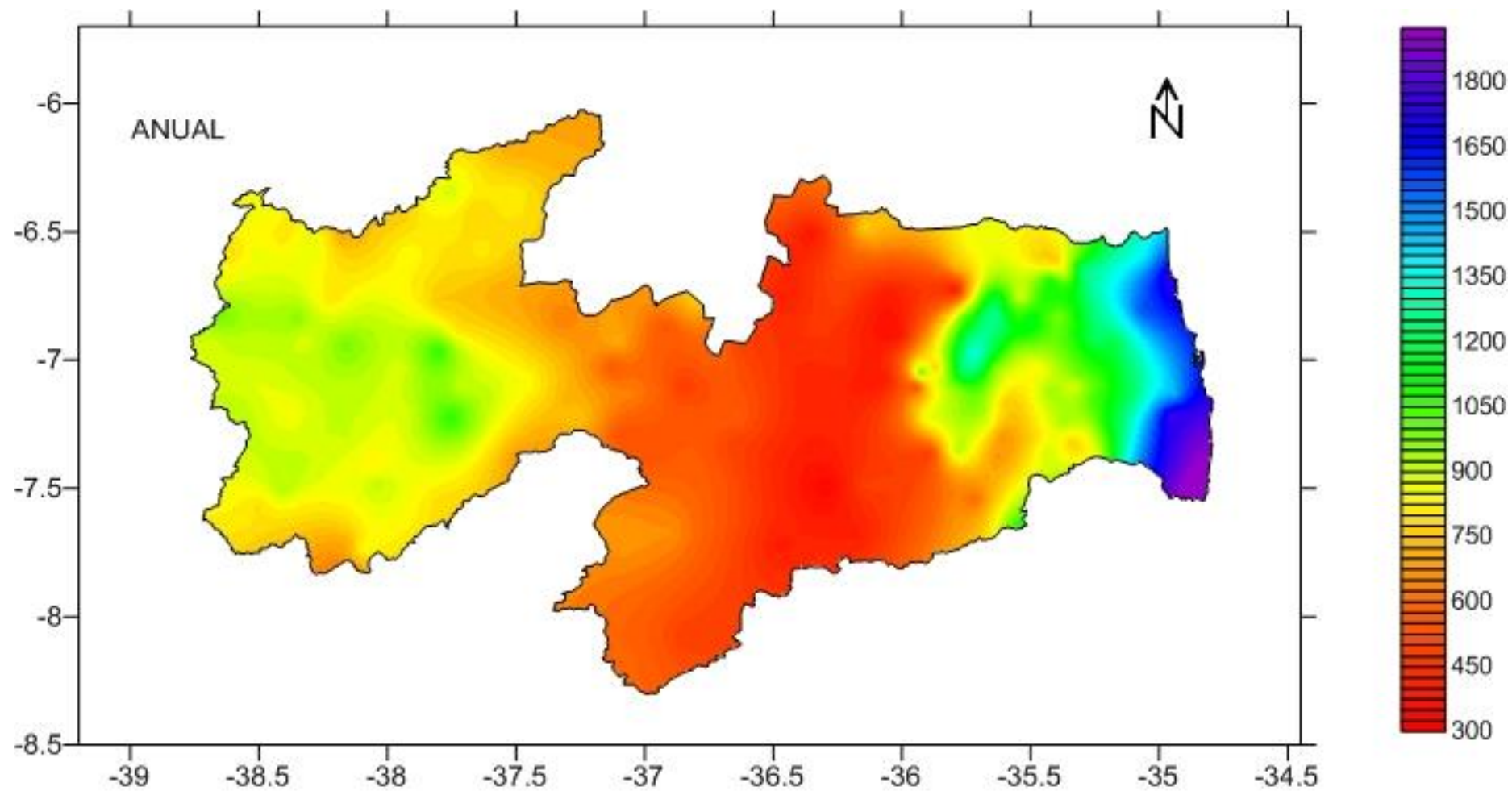


Figura 11. Pluviosidade anual média (mm).

A mediana tem um comportamento análogo ao da precipitação média, exceto para os meses de junho a outubro. As maiores flutuações do desvio padrão ocorrem nos meses de março a agosto, e estas flutuações podem estar relacionadas com os fatores provocadores e/ou inibidores dos índices pluviométricos intermunicipais. Estatisticamente os coeficientes de variâncias não têm índices expressivos de mudanças mensais; já no parâmetro variância, as suas flutuações mensais apresentam valores com altas significâncias de ocorrências mensais.

A variabilidade da precipitação média no trimestre mais úmido (Figura 12) oscila entre 0 e 260mm com uma média de 66,9mm. Observa-se que, no setor leste e no setor noroeste, centram-se as maiores oscilações de precipitações médias; e na parte central e na nordeste e sudeste, tem-se as menores oscilações de precipitação. Destaca-se uma área de menor ocorrência de precipitação média em torno do município de Itapororoca e em áreas isoladas na divisa com o Estado de Pernambuco.

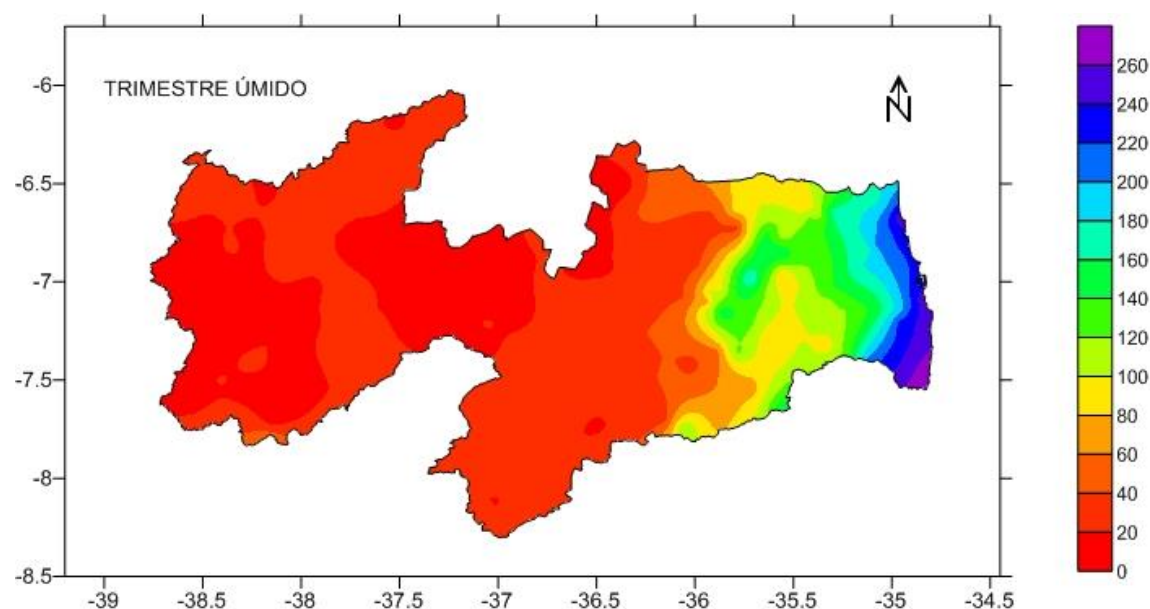


Figura 12. Pluviosidade média do trimestre úmido (mm).

Na Figura 13, observa-se a homogeneidade da distribuição da chuva média no trimestre seco, e destaca-se uma mancha de flutuações menos elevada no setor central.

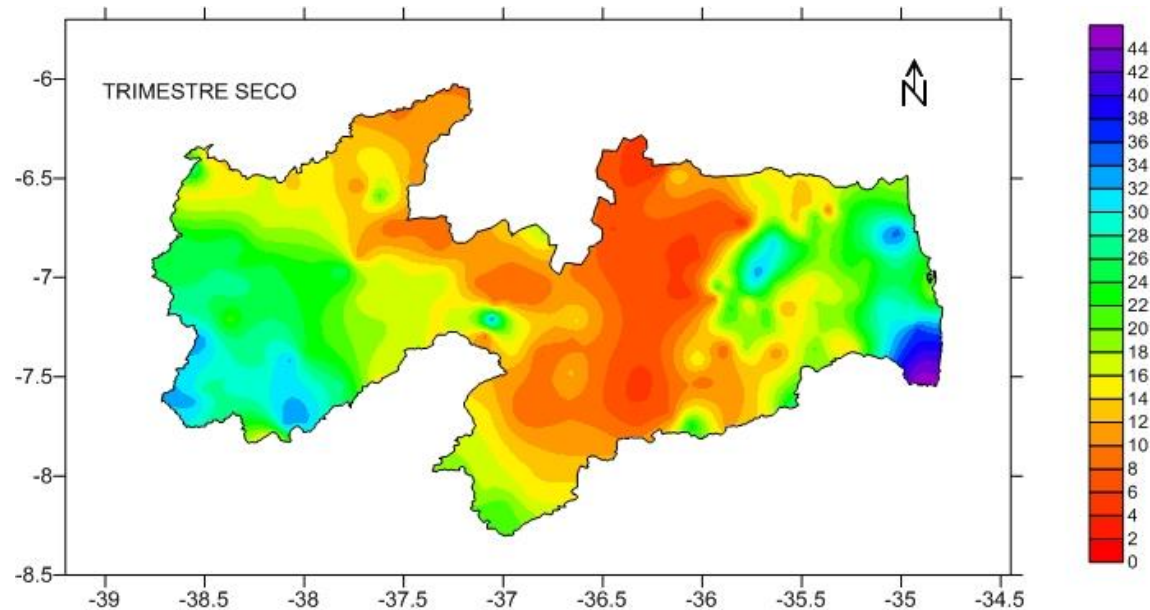


Figura 13. Pluviosidade média do trimestre seco (mm).

A distribuição dos valores pluviométricos da média anual, com base nos dados da série climatológica, apresentou uma variação significativa da precipitação para as regiões do Litoral, Agreste, Brejo, Cariri/Curimataú, Sertão e Alto Sertão, conforme se observa na Figura 14.

Os maiores índices pluviométricos registrados nos municípios para a série pluviométrica ocorreram nos municípios de Olho D'água, 1.076,5 mm.ano⁻¹; Bom Jesus, 1.013 mm.ano⁻¹; Catolé do Rocha, 1.071,6 mm.ano⁻¹; Amparo, 1.023,5 mm.ano⁻¹; Alcantil, 1.054,5 mm.ano⁻¹; Sertãozinho, 1.091,3 mm.ano⁻¹; Serraria, 1.285 mm.ano⁻¹; Pedro Régis, 1.262,9 mm.ano⁻¹; Curral de Cima, 1.266 mm.ano⁻¹;

Alagoa Nova, 1.241,8 mm.ano⁻¹; Rio Tinto, 1.559,6 mm.ano⁻¹; Pitimbu, 1.979,3 mm.ano⁻¹; Pedra de Fogo, 1.406,1 mm.ano⁻¹; Marcação, 1.609,9 mm.ano⁻¹; Lucena, 1.623 mm.ano⁻¹; João Pessoa, 1.778,2 mm.ano⁻¹; e Alhandra, 1.840,6 mm.ano⁻¹.

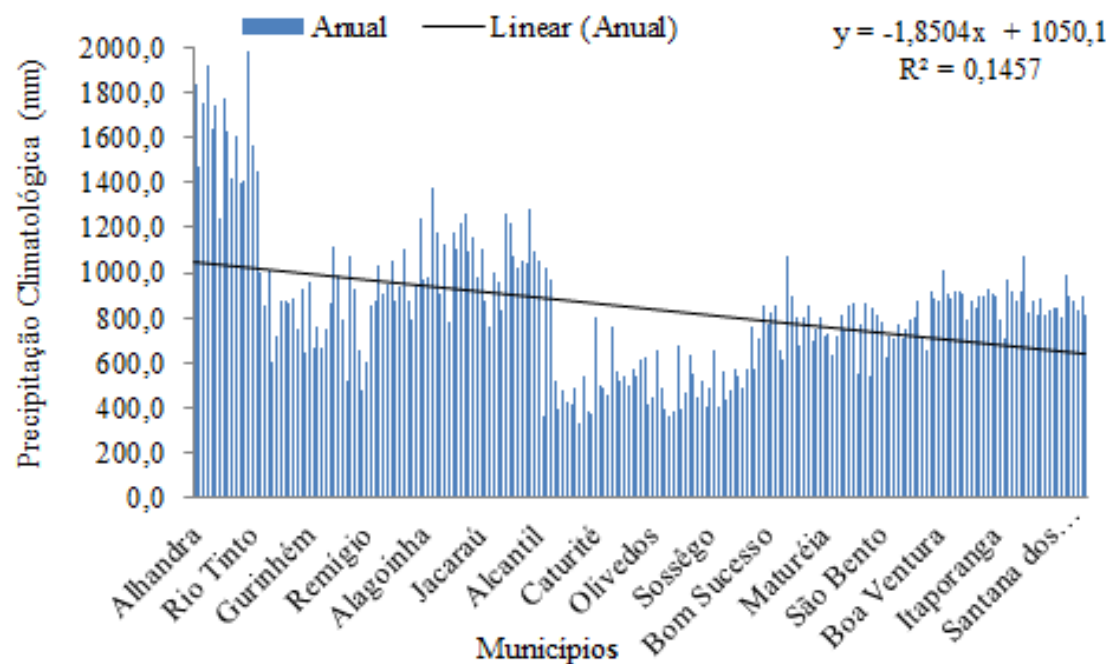


Figura 14. Distribuição espaço-temporal e análise de regressão linear da precipitação anual.

Os menores índices pluviométricos registrados foram nos municípios de Aroeira, 600,9 mm.ano⁻¹; Montadas, 519,5 mm.ano⁻¹; Queimadas, 478,5 mm.ano⁻¹; Algodão de Jandaíra, 363,6 mm.ano⁻¹; Barra de Santa Rosa, 392,9 mm.ano⁻¹; Barra de Santana, 483 mm.ano⁻¹; Cabaceiras, 332 mm.ano⁻¹; Caraúbas, 389 mm.ano⁻¹; Casserengue, 375,2 mm.ano⁻¹; Pedra Lavrada, 391,4 mm.ano⁻¹; Picuí, 362,6 mm.ano⁻¹ e Pocinhos, 385,3 mm.ano⁻¹. Estas variabilidades são decorrentes dos sistemas meteorológicos de grandes escalas atuantes nos referidos locais.

Para a área do Estado da Paraíba em estudo, não é observada tendência de longo prazo, apenas verifica-se variabilidade interdecenal, com décadas mais secas precedidas de décadas mais chuvosas e vice-versa. O teste aplicado à área de estudo nos fornece um nível de boa confiabilidade e tendência bastante significativo, crescente ou decrescente, de chuvas para todos os 223 postos analisados.

Verifica-se uma elevada variabilidade espacial e temporal da precipitação pluvial nos meses de janeiro, fevereiro, março, abril e dezembro (Figura 15). As baixas variabilidades pluviométricas concentram-se nos meses de junho, julho, agosto e setembro; e as moderadas variabilidades ocorrem nos meses de maio, outubro e novembro. O período chuvoso inicia-se na segunda quinzena do mês de dezembro, com chuva de pré-estação; sua caracterização ocorre nos primeiros dias de janeiro e prolonga-se até o mês de agosto, tendo como trimestre mais chuvoso os meses de abril, maio e junho; e trimestre mais seco, os meses de setembro, outubro e novembro.

Na série de precipitação estudada, observa-se que o regime de chuvas é muito complexo, sendo bastante diversificado sazonalmente e apresentando grande variabilidade interanual, interdecenal e intermunicipal.

Na Tabela 10, verifica-se que os melhores coeficientes de determinação da regressão, $R^2 = 0,106$; $0,0342$ e $0,0369$, foram para os meses de dezembro, novembro e abril respectivamente; e os piores coeficientes de determinação da regressão foram os meses de janeiro e outubro, com $R^2 = 0,2244$ e $0,2103$ respectivamente. Pode-se observar que, quando o valor obtido é maior, indica o grau de aproximação do modelo às médias; já quando o valor obtido é menor, indica o grau de distanciamento do modelo às médias.

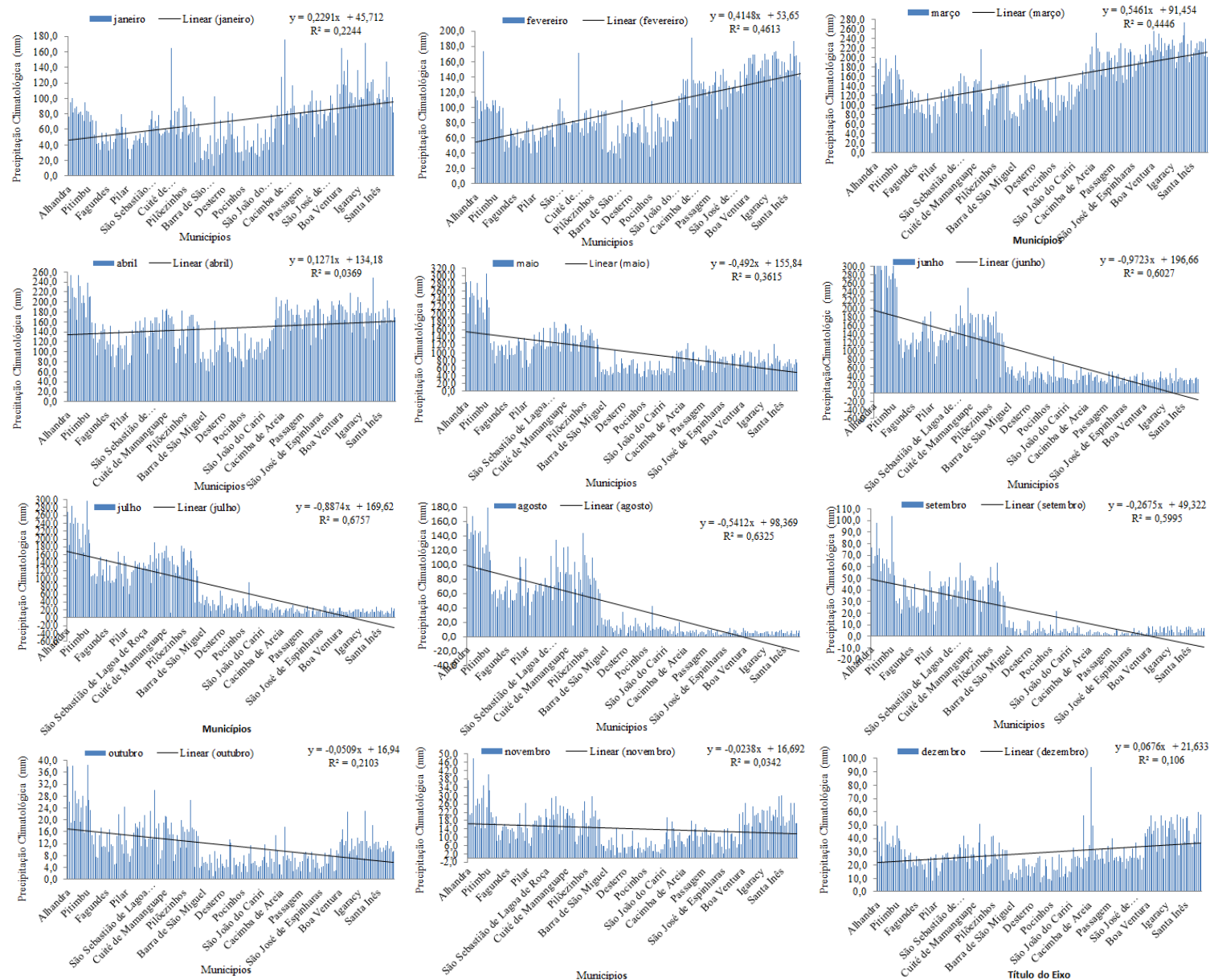


Figura 15. Distribuição espaço-temporal das precipitações pluviais mensais.

Tabela 10. Equação linear, coeficiente de determinação da regressão, média histórica mensal da precipitação pluvial

Mês	Equação linear	R²	Média
Janeiro	$Y=0,2291x+45,712$	0,2244	70,9
Fevereiro	$Y=0,4148x+53,650$	0,4613	99,3
Março	$Y=0,5461x+91,454$	0,4446	151,5
Abril	$Y=0,1271x+134,180$	0,0369	148,2
Maio	$Y=-0,492x+155,840$	0,3615	101,7
Junho	$Y=-0,9723x+166,660$	0,6027	89,7
Julho	$Y=-0,8874x+169,620$	0,6752	72,0
Agosto	$Y=-0,5412x+98,369$	0,6325	38,8
Setembro	$Y=-0,2675x+0,5995$	0,5995	19,9
Outubro	$Y=-0,0509x+16,940$	0,2103	11,3
Novembro	$Y=-0,0238x+16,692$	0,0342	14,1
Dezembro	$Y=0,0676x+21,633$	0,1060	29,1

Observa-se, na Figura 16, que nos meses de fevereiro a maio concentram-se os maiores índices mensais médios de precipitação, com valor médio do período de 500,7mm, correspondendo a 59% da precipitação anual. Os meses com os menores índices pluviométricos são setembro, outubro e novembro, que correspondem a 5% do total anual, demonstrando, ao longo do tempo, uma variabilidade espaço-temporal característica das regiões Litoral, Agreste, Brejo, Cariri/Curimataú, Sertão e Alto Sertão.

Na Tabela 11, verifica-se que os valores da média e da mediana são desconexos, demonstrando que houve a presença de valores extremos discordantes na amostra. O mês de máximo índice pluviométrico foi março, com 151,9mm. Os menores índices ocorrem entre os meses de setembro, outubro e novembro, com 19,9; 11,3 e 14,1mm respectivamente. Destaca-se que as medianas apresentaram valores inferiores à média para os meses de setembro e novembro. Destaca-se ainda que os valores máximos ocorridos em quase todos os meses tiveram uma variação menor que a média anual, indicando uma dispersão no índice pluviométrico.

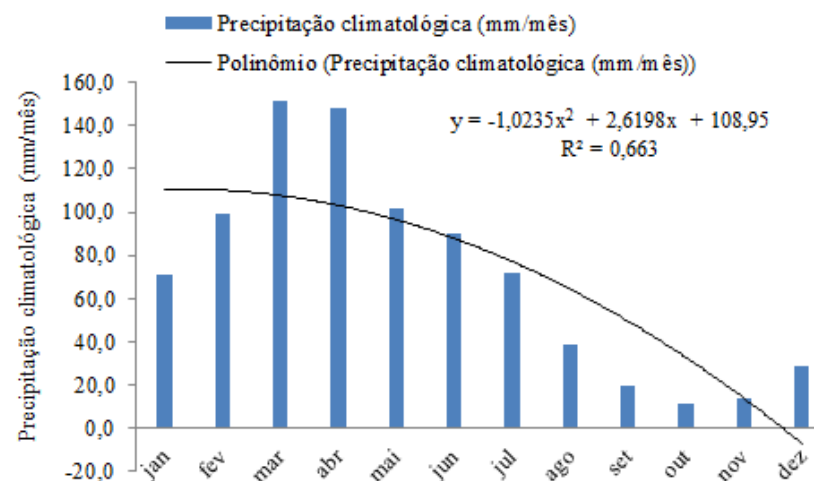


Figura 16. Histograma da média pluviométrica climatológica e tendência polinomial.

Tabela 11. Medidas de tendência central e de dispersão

Meses	Média (mm)	Desvio Padrão (mm)	Mediana (mm)	Coef. Variância (%)	Prec. Máxima (mm)	Prec. Mínima (mm)
Janeiro	70,9	30,6	67,2	0,4322	176,1	13,2
Fevereiro	99,3	38,7	74,5	0,3898	191,5	33,2
Março	151,5	51,9	130,1	0,3425	272,9	40,5
Abril	148,2	41,9	79,2	0,283	254,0	60,8
Maio	101,7	51,8	67,2	0,5097	305,1	36,5
Junho	89,7	79,4	36,8	0,8846	369,4	14,9
Julho	72,0	68,4	25,5	0,9499	298,0	1,8
Agosto	38,8	43,1	8,8	1,1101	179,2	1,0
Setembro	19,9	21,9	2,6	1,1003	103,4	0,0
Outubro	11,3	7,0	13,4	0,6201	38,5	1,2
Novembro	14,1	8,2	5,8	0,5804	48,1	0,6
Dezembro	29,1	13,1	25,5	0,4524	93,9	6,8
Anual	846,50	307,10	536,60	0,363	1.979,30	332,00

No desvio padrão, observa-se a influência dos menores desvios nos meses de outubro e novembro, com flutuação de 7 e 8,2mm, sendo o mês de junho o de maior desvio, com 79,4mm, mostrando a dispersão contundente dos dados. As variabilidades mensais na mediana indicam que esta medida de tendência central pode não ser o valor mais provável de ocorrer nesse tipo de distribuição. Observa-se ainda que as médias mensais superam os valores medianos. Dessa forma, os modelos de distribuição de chuvas mensais são assimétricos, com coeficiente de assimetria positivo. Assim, a mediana tem maior probabilidade de ocorrência do que a média.

Observa-se, nas Figuras 17 e 18, que as oscilações da chuva se estabelecem como uma das características principais dos regimes pluviométricos no Estado da Paraíba, tratando-se de uma área onde se distinguem três tipos climáticos – o Aw, tropical quente e úmido, com chuvas no verão e seca no inverno; o Bsh, semiárido quente, com chuvas de verão e inverno seco; e o AS', tropical quente e úmido com chuvas de outono-inverno; possuindo uma pluviosidade irregular, com sua magnitude alterando-se entre inter e intramunicípios.

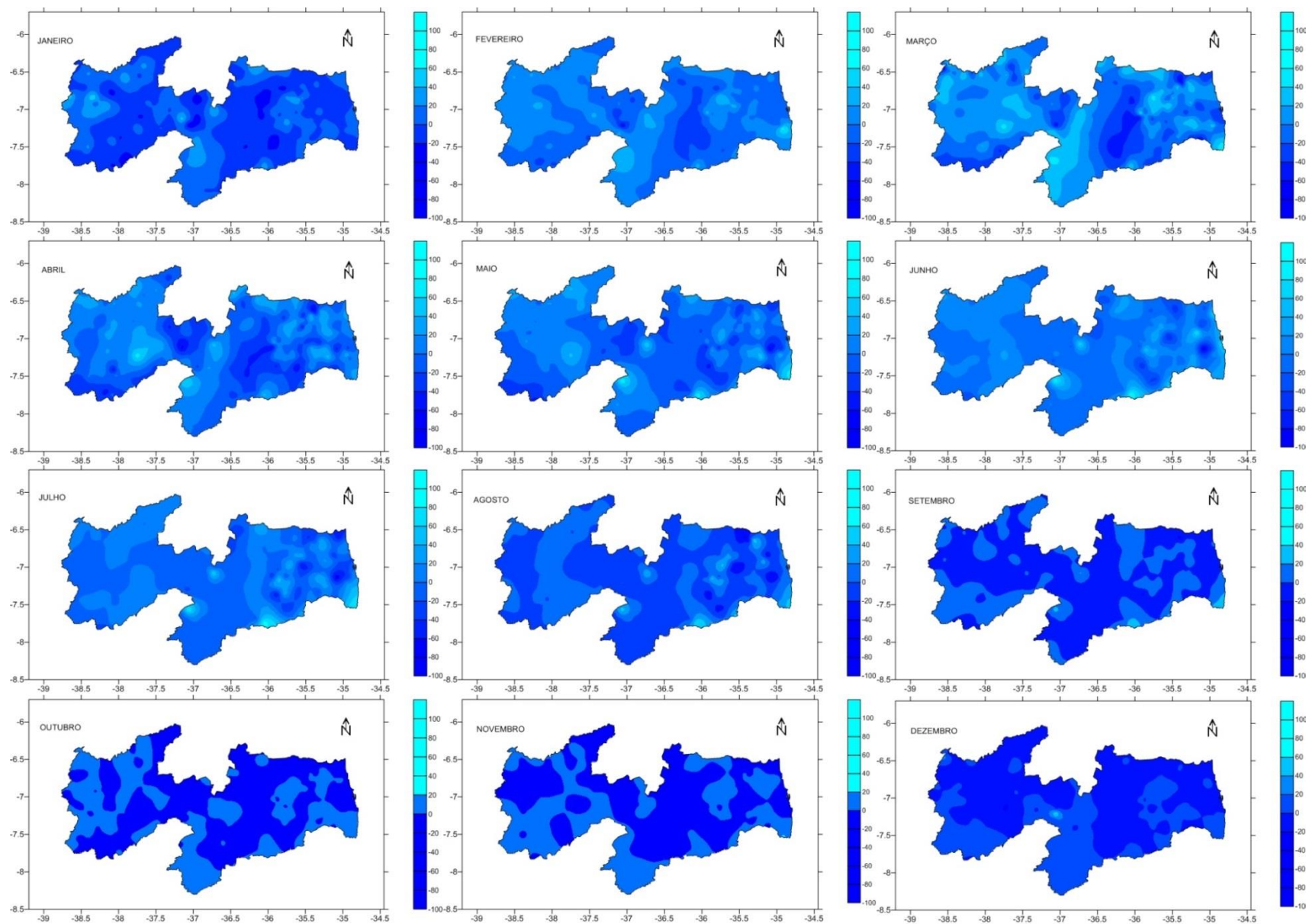


Figura 17. Flutuação mensal da precipitação.

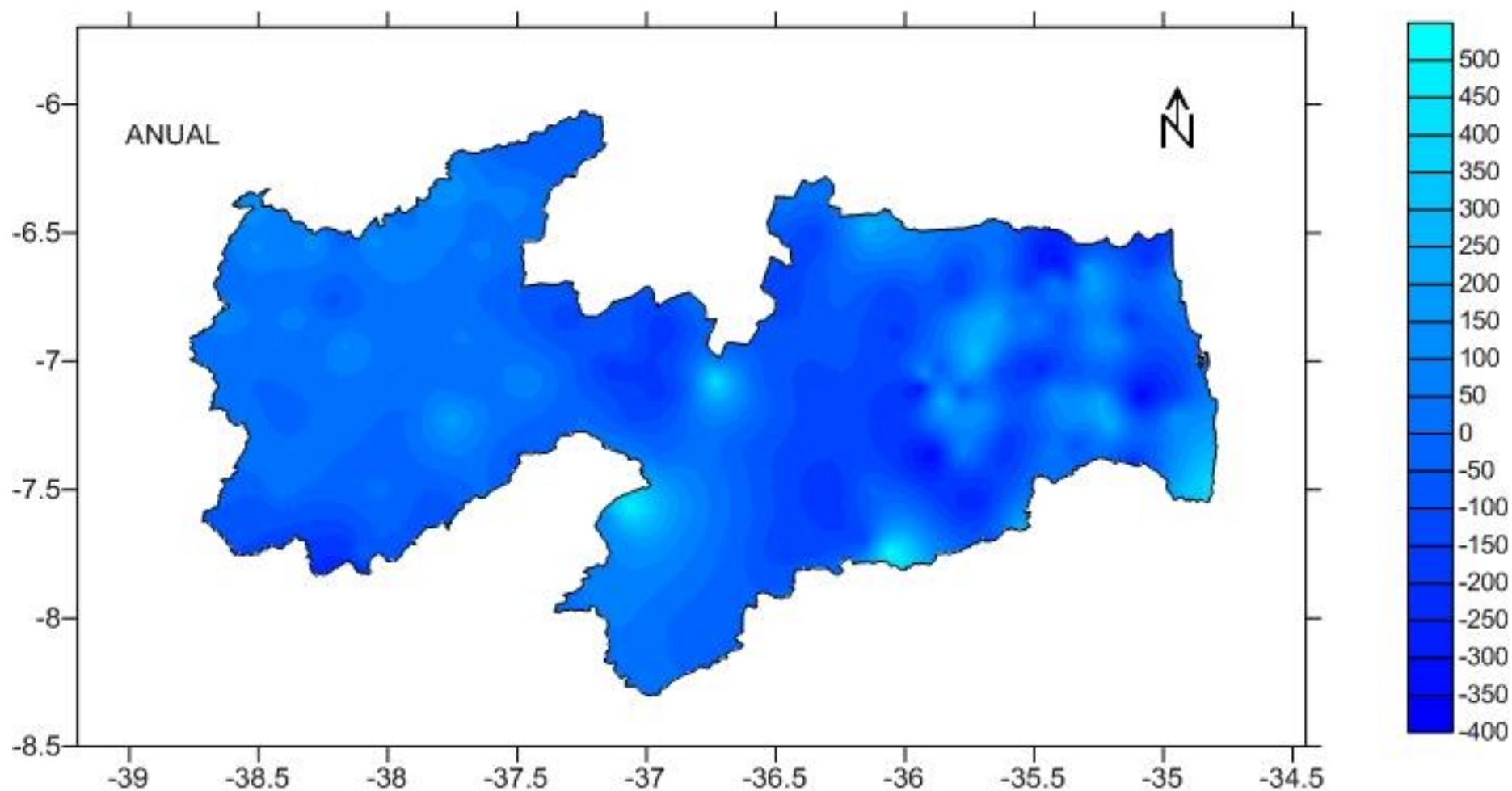


Figura 18. Flutuação anual da precipitação.

Na Figura 19, observa-se a distribuição da precipitação anual com flutuação de número de anos variando entre 52 e 102, em que a média anual histórica foi de 846,5mm. Os índices de precipitação oscilam entre 300 e 2000mm, com flutuação entre os municípios estudados.

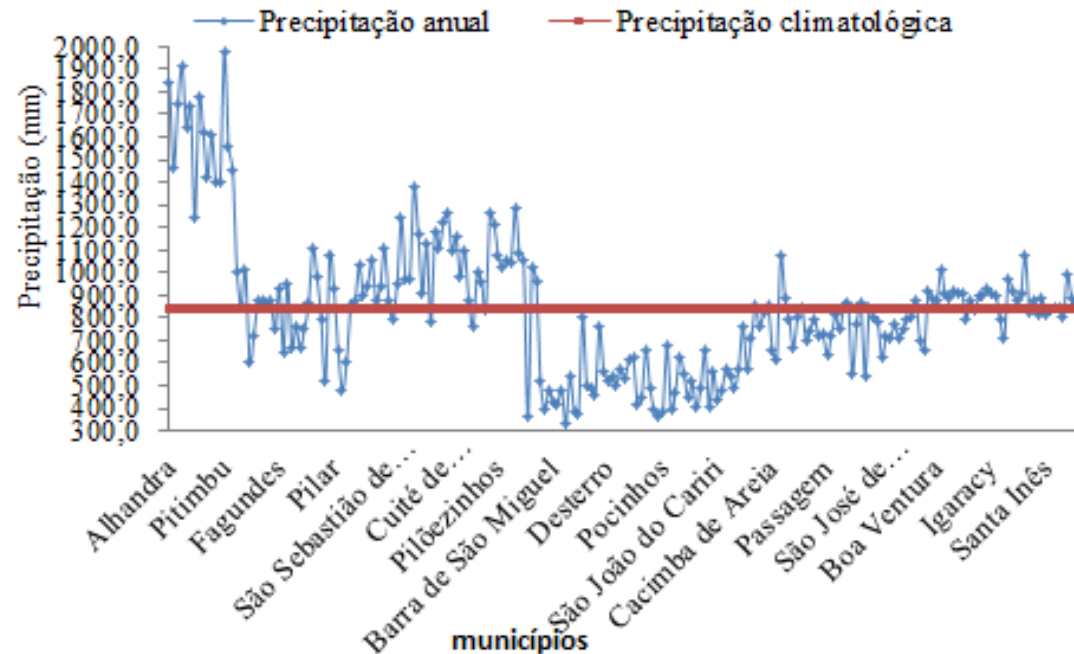


Figura 19. Distribuição temporal da precipitação anual e da média climatológica.

O diagnóstico da variabilidade dos índices pluviométricos no Estado da Paraíba indica leve tendência de decréscimo desses totais anuais ao longo dos 52 e 102 anos, com um decréscimo de $0,5 \text{ mm.ano}^{-1}$, totalizando 100mm em toda a série. Contudo, não é possível afirmar que se trata de alguma mudança climática, pois, como já se mencionou anteriormente, a variabilidade pluviométrica pode alterar essa tendência nos próximos anos.

A expressiva variabilidade pluviométrica que ocorre na área em estudo resulta em observáveis desvios anuais. Como se observa na Figura 20, durante os anos referidos, o que apresentou o maior índice anual foram as referidas microrregiões: Litoral, Agreste, Brejo e Alto Sertão, com desvio positivo em relação à normal. Os mais secos registrados nas microrregiões do Cariri/Curimataú e Sertão. O

fenômeno El Niño, que ocorreu nos anos de 1997/1998, influenciou a 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.

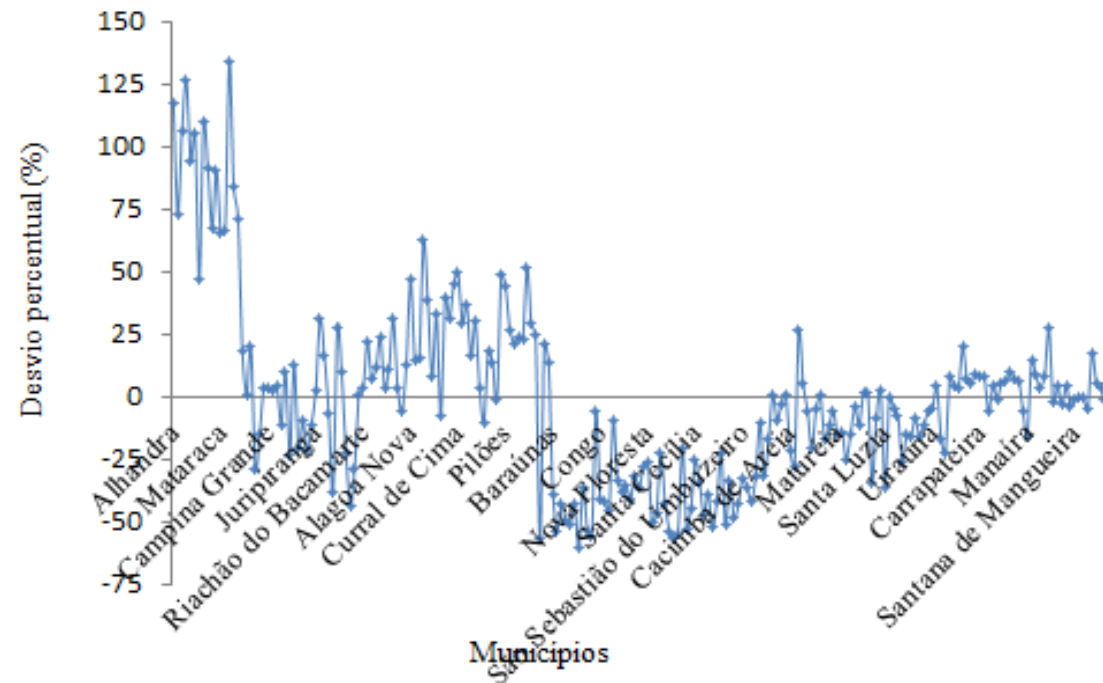


Figura 20. Desvio percentual anual da precipitação em relação à média histórica.

Observa-se que a variabilidade também foi expressa na caracterização do ano normal, seco, chuvoso, muito seco, muito chuvoso, extremamente seco e extremamente chuvoso, de acordo com o desvio em relação à média, sendo a série amostral um período de dados com grande significância, possuindo um período variável entre 52 e 102 anos, e sendo necessário ser ampliada a série dos dados para uma avaliação futura mais precisa.

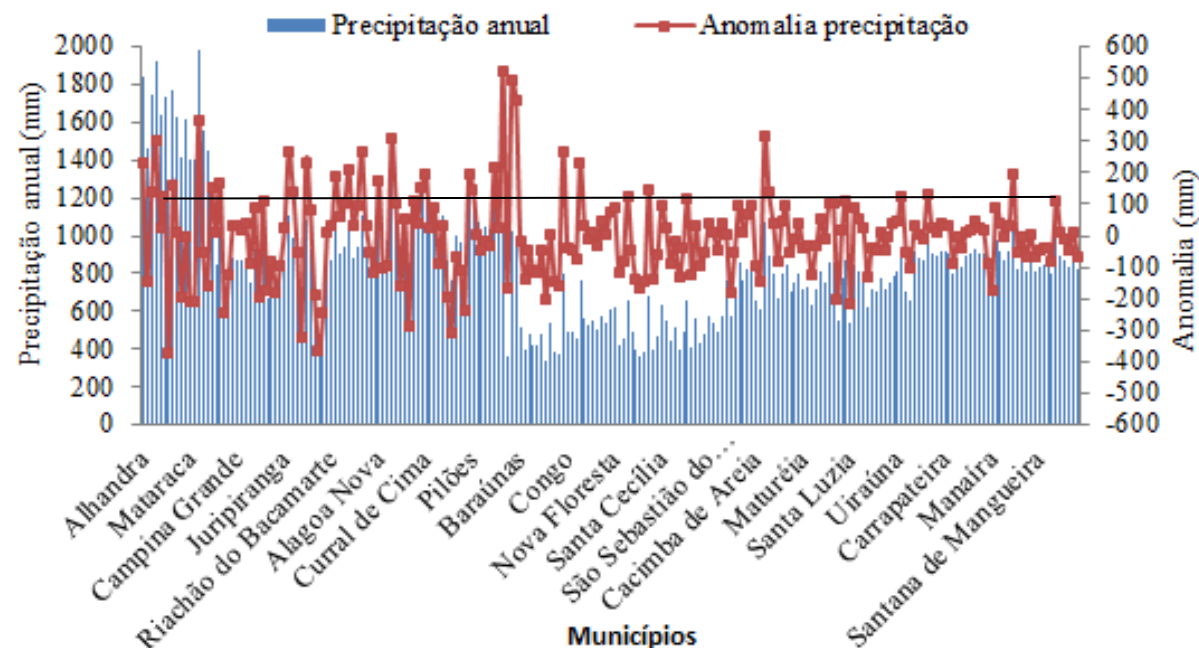


Figura 21. Precipitação anual e anomalia.

Em relação às anomalias, observou-se uma predominância de anomalias negativas, que apresentaram uma variação em relação à normal. As anomalias negativas, no período, foram encontradas em 106 municípios; e as anomalias positivas, em 117 municípios. Quanto à análise realizada, esta permitiu identificar os municípios mais chuvosos e secos, apresentando, também, os municípios mais variáveis e, por isso, difíceis quanto à previsão, bem como à probabilidade de recorrência no decorrer do tempo.

Balanço Hídrico

Evapotranspiração Potencial

A Figura 22 representa a distribuição espacial da ETP de janeiro a dezembro no Estado da Paraíba. O Estado da Paraíba encontra-se dividido em seis mesorregiões, as quais apresentam grandes variabilidades climáticas entre elas, sendo classificadas como: Litoral, Brejo, Agreste, Cariri/Curimataú, Sertão e Alto Sertão Paraibano. O clima desta região é muito diversificado em função das condições topográficas e da influência dos índices pluviométricos irregulares dentro do Estado. Outros fatores que influenciam a evapotranspiração da região são a vegetação e os tipos de solos muitos diversificados. Verifica-se, no mês de janeiro, que ocorre uma alta taxa evapotranspiratória no Litoral, Brejo e Sertão, principalmente na divisa com o Rio Grande do Norte. Este índice pode estar atribuído à disponibilidade hídrica da região, além das condições de solo e vegetação locais. Nestas mesmas regiões, é possível verificar que, no mês de fevereiro, a ETo começa a decrescer no sentido Litoral e Rio Grande do Norte.

Nas mesorregiões Agreste, Cariri/Curimataú e Alto Sertão, evidenciou-se uma tonalidade mais escura de janeiro a fevereiro, ou seja, houve um decréscimo na ETo, sendo que, no mês de março, ocorreu um pequeno aumento, voltando a diminuir no mês de abril e se estendendo até agosto. Observa-se que a evapotranspiração vai diminuindo no sentido da divisa com Pernambuco e avançando no sentido Rio Grande do Norte e Litoral Paraibano. O baixo índice evapotranspirativo nos meses de maio a setembro está associado à época de chuvas do Estado em estudo. Sendo que, no mês de setembro, é possível verificar que a ETo começa a aumentar e se intensificar até o mês de dezembro. Observa-se que o índice evapotranspiratório é crescente de setembro a dezembro, avançando do Litoral e da divisa do Rio Grande do Norte no sentido da divisa com Pernambuco. Ressalta-se, através da Figura 2, que os seis meses de ETo mais intensa se estende de outubro a março; e os meses menos intensos, de abril a setembro. Verifica-se que, em todos os meses do ano, as mesorregiões do Litoral, Brejo e Sertão demandam as maiores taxas evapotranspiratórias, e as menores taxas ocorrem no Agreste, Cariri/Curimataú e Alto Sertão.

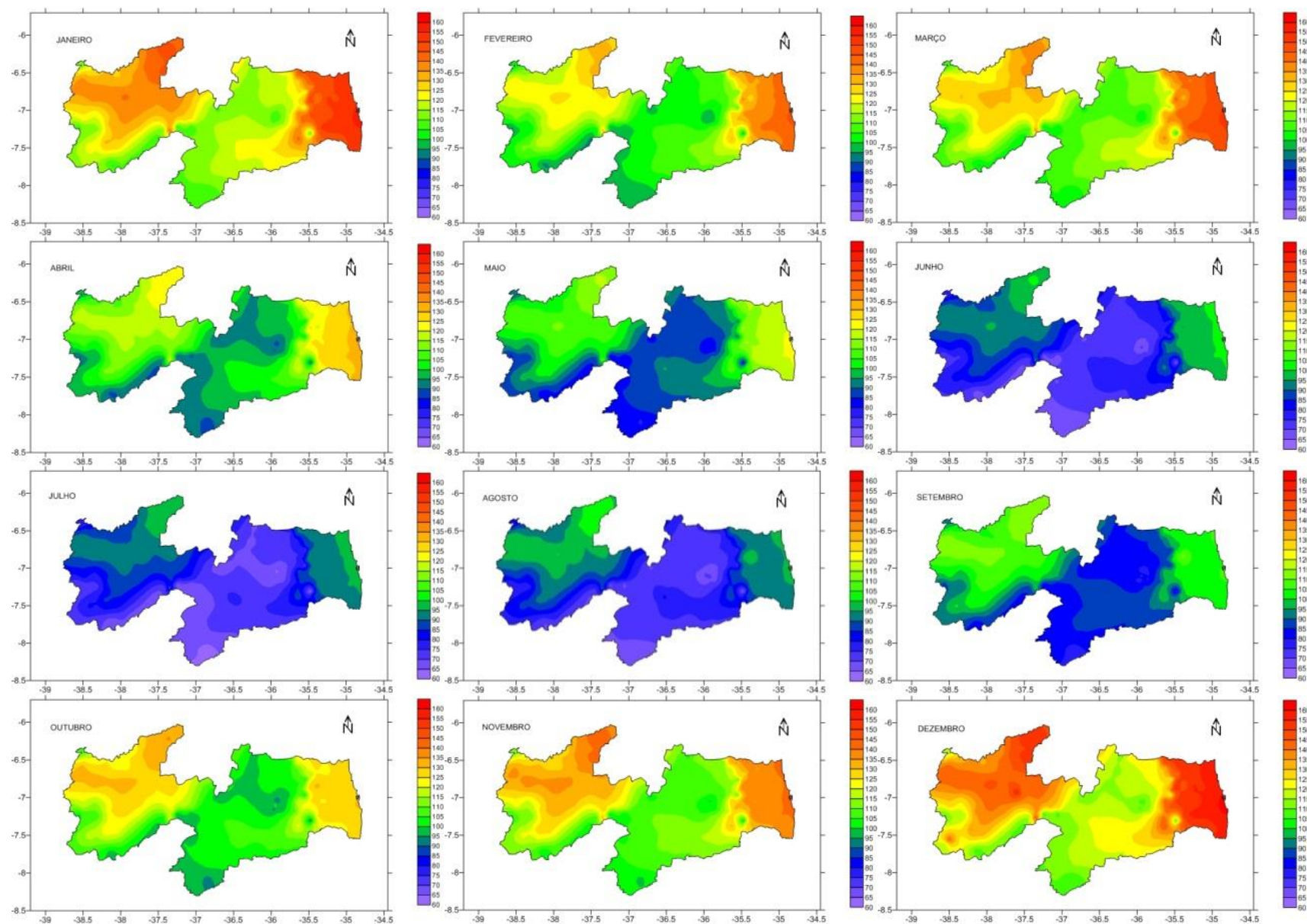


Figura 22. ETP mensal.

Na evapotranspiração de referência anual (Figura 23), pode-se observar que no Litoral ocorre uma média de ETo de aproximadamente 1.500 mm.ano⁻¹; já na região do Brejo, a evapotranspiração cai para 1.450 mm.ano⁻¹, diminuindo significativamente no Agreste em torno de 1.150 mm.ano⁻¹, sendo as menores taxas advindas no Cariri/Curimataú e parte do Alto Sertão, entre 1.000 e 1.100 mm.ano⁻¹, e tornando a crescer no Sertão e parte do Alto Sertão, intensificando no sentido do Estado do Rio Grande do Norte.

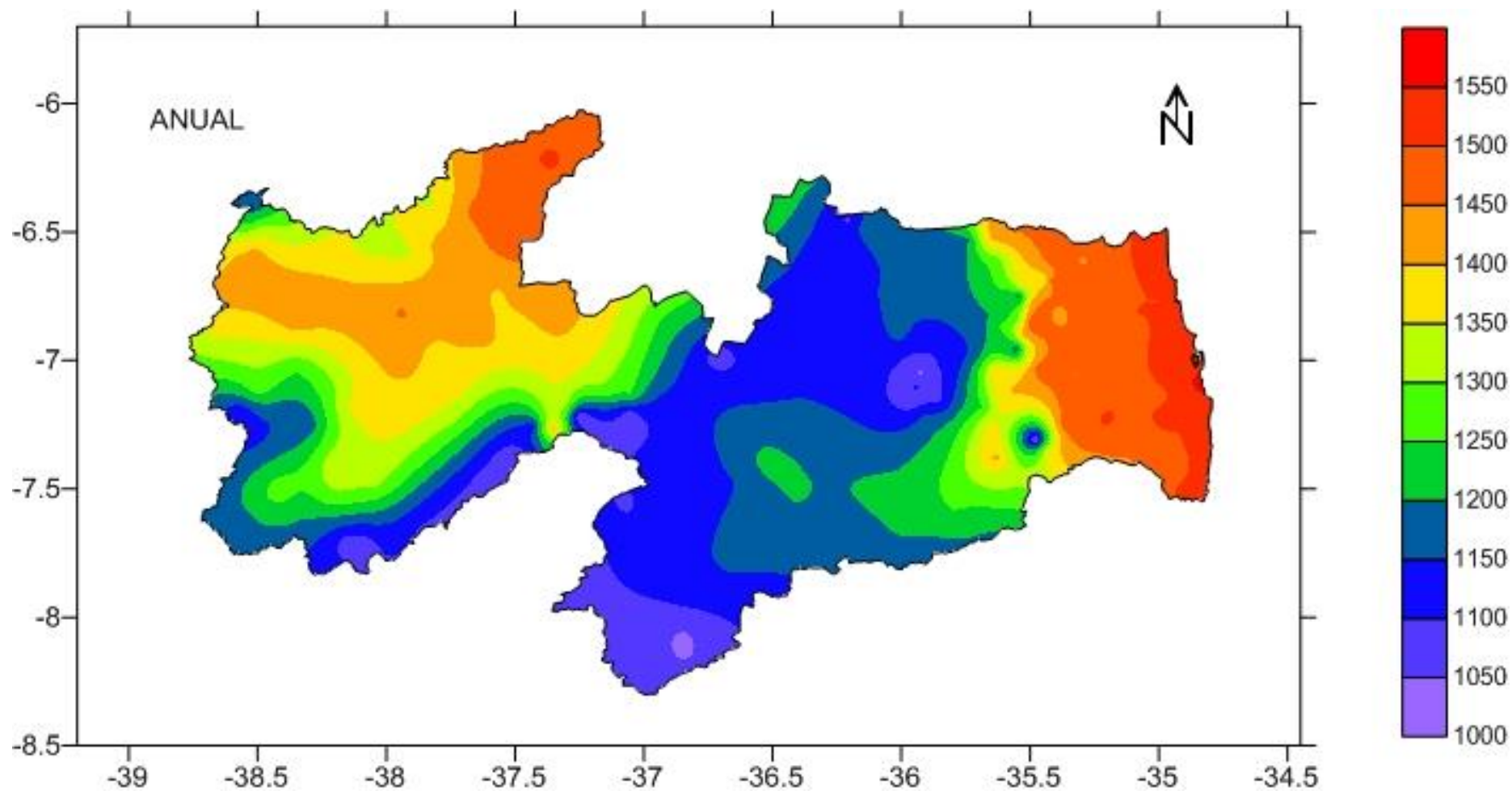


Figura 23. ETP anual.

Na Tabela 12, observam-se as variabilidades estatísticas dos parâmetros médios da evapotranspiração potencial mensal e anual para o Estado da Paraíba, onde as oscilações da evapotranspiração mínima mensal fluem entre 62,75 e 105,79mm, com um valor anual de 1.281,93mm; a evapotranspiração máxima oscila entre 99,09 e 162,76mm, com valor anual de 1.556,58mm e a evapotranspiração média apresenta uma flutuação entre 81,43 a 132,18mm e o valor anual é de 1.288,8mm.

Tabela 12. Variação da evapotranspiração potencial mensal e anual

Mês	Variação (mm)						
	Mínimo	Mediana	Máxima	Média	Desvio Padrão	Variância	Coef. de Variação
Janeiro	104,08	127,89	157,60	128,60	14,23	202,59	0,11
Fevereiro	92,76	115,36	146,72	115,47	14,13	199,77	0,12
Março	99,11	121,29	152,16	122,59	13,87	192,44	0,11
Abril	87,36	108,02	134,63	108,39	12,71	161,63	0,11
Maio	79,39	98,48	123,22	99,66	11,85	140,64	0,11
Junho	65,06	83,44	103,49	84,04	10,54	111,28	0,12
Julho	62,75	81,61	99,09	81,43	10,17	103,44	0,12
Agosto	64,75	85,66	103,15	84,01	10,21	104,35	0,12
Setembro	76,03	96,88	114,81	95,49	10,17	103,62	0,10
Outubro	91,64	116,79	135,34	114,36	11,97	143,37	0,10
Novembro	98,68	122,01	143,42	121,52	12,89	166,34	0,10
Dezembro	105,79	132,32	162,76	132,18	15,58	243,00	0,11
Anual	1.038,61	1.281,93	1.556,58	1.288,80	144,78	2.0962,70	0,11

A Figura 24 representa o trimestre de menor evapotranspiração, que corresponde aos meses de junho, julho e agosto. A variabilidade do trimestre de menor evapotranspiração oscila entre 64,5 e 145,7mm entre os municípios que cobrem o Estado da Paraíba, com uma média de 83,2mm. Observa-se que, na área do Cariri setentrional e ocidental, ocorrem os menores índices evaporativos. Destacam-se áreas de menor ocorrência na divisa com o Estado de Pernambuco. Nas regiões do Sertão, Alto Sertão, Litoral e em parte da região do Agreste, os valores da evapotranspiração de referência fluem entre 90 e 115mm.

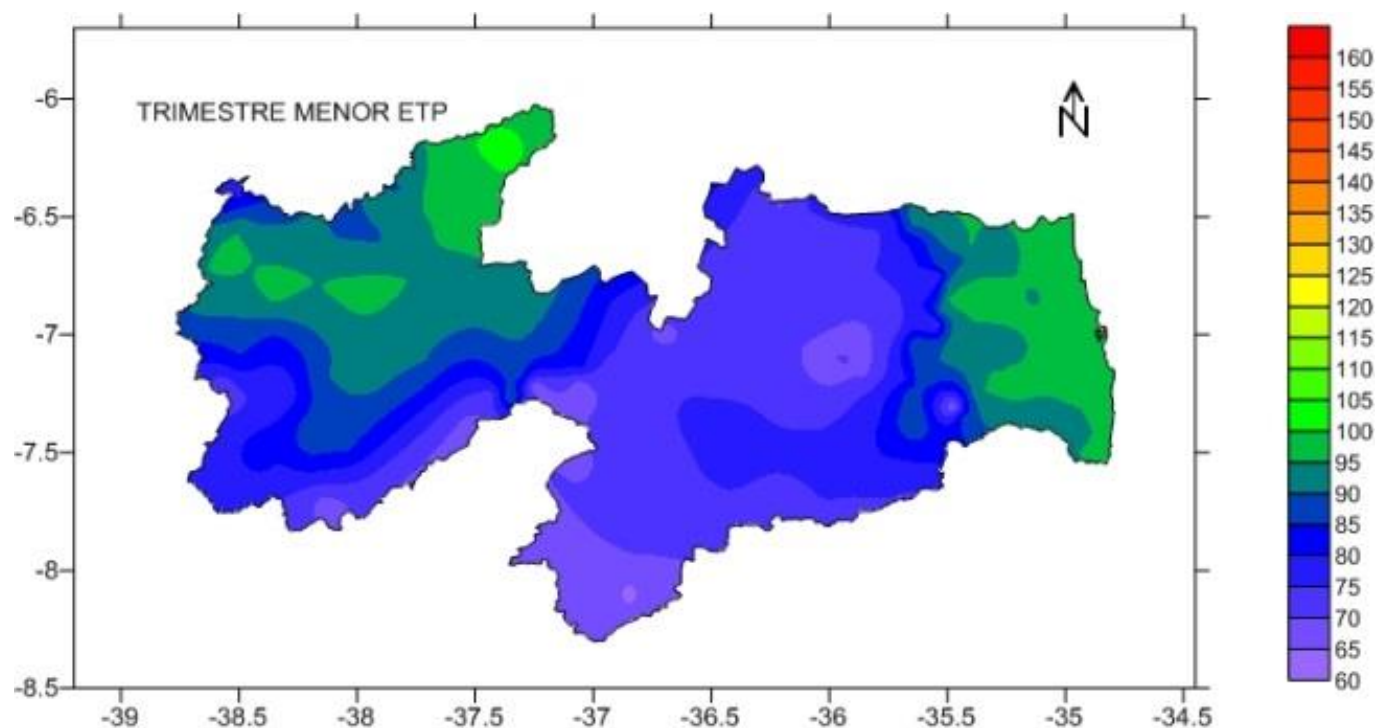


Figura 24. Trimestre de menor ETP.

Na Figura 25, observa-se a variabilidade espacial dos valores evaporativos ocorridos no trimestre de maior evapotranspiração, que corresponde aos meses de outubro, novembro e dezembro, com flutuações intermunicipais de 99,2 a 145,7mm, ocorrendo na área Litorânea e no setor norte do Sertão. Os menores índices evaporativos ocorrem na faixa do Cariri/Curimataú e na divisa com o Estado de Pernambuco, devido aos efeitos dos ventos e do relevo. Na região do Brejo, Agreste e Alto Sertão, tem-se flutuações intermediárias entre as demais áreas.

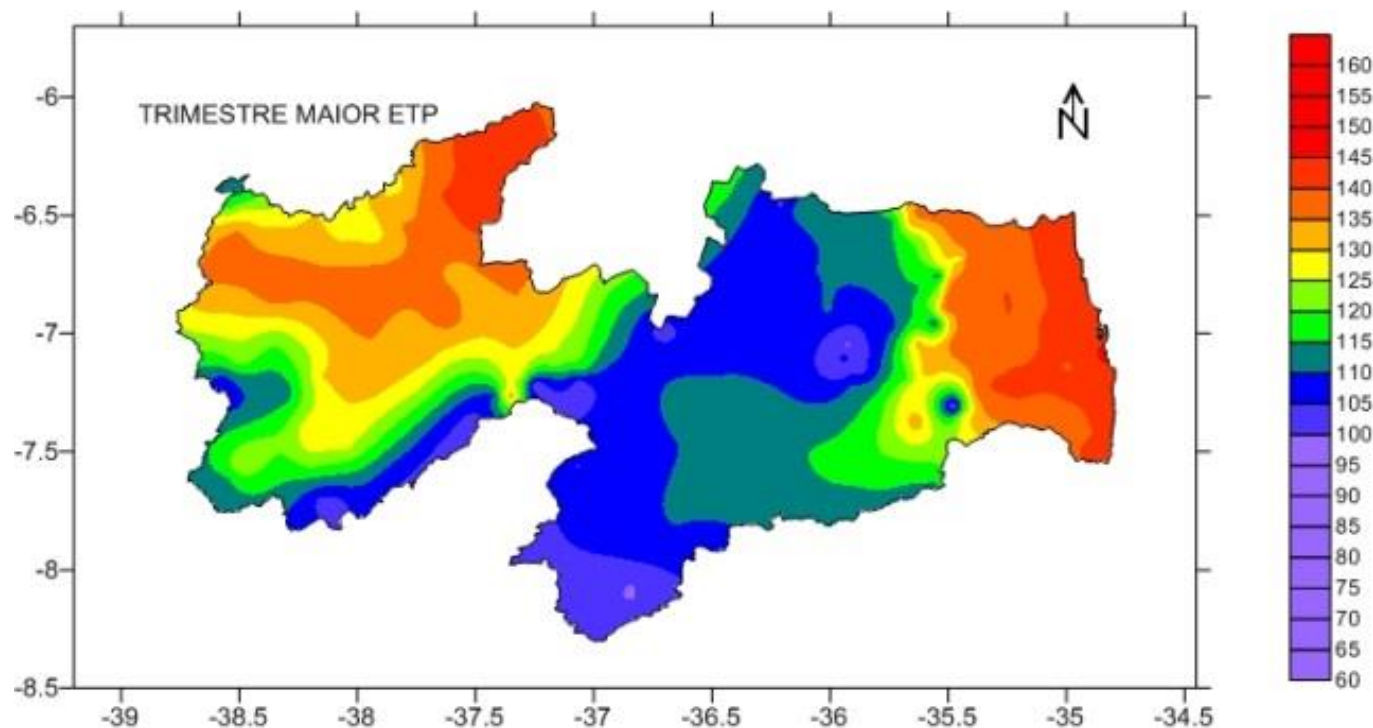


Figura 25. Trimestre de maior ETP.

Evaporação Real

A Figura 26 representa a distribuição espacial da evaporação mensal de janeiro a dezembro no Estado da Paraíba. Observa-se que, de janeiro a junho, os índices evaporativos possuem elevação no sentido oeste-leste. De julho a setembro, ocorre redução nos índices evaporativos no mesmo sentido. O Estado da Paraíba encontra-se dividido em quatro mesorregiões, as quais apresentam grandes variabilidades climáticas entre elas, sendo classificadas como: Sertão, Borborema, Agreste e Litoral Paraibano.

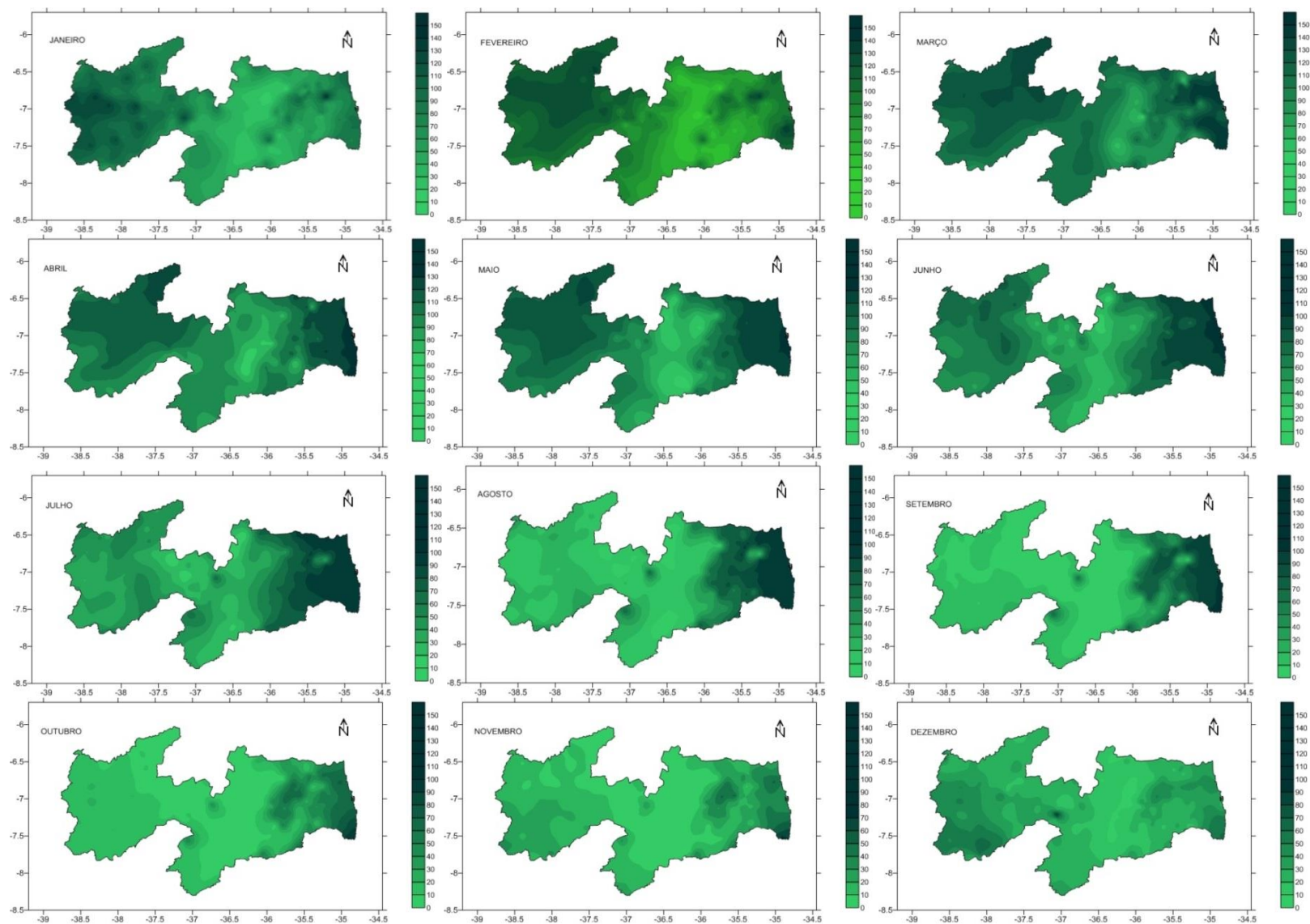


Figura 26. Distribuição mensal da evaporação no Estado da Paraíba.

Verifica-se que, para todos os meses do ano, a mesorregião conhecida como Agreste paraibano, localizada nos paralelos de 35,5 a 36,5° S aproximadamente, permanece com uma tonalidade clara durante o ano todo, ou seja, esta região apresenta os menores índices evaporativos quando comparada com as demais regiões do Estado. Isso possivelmente está relacionado ao tipo de vegetação que ocupa esta área, que não proporciona as condições favoráveis de armazenamento de água, para que seja evaporada aos poucos, e ao baixo índice de precipitação ocorrido na região, que não permite que haja um maior volume de água evaporado por mais tempo.

A região do Litoral Paraibano, localizada entre os paralelos de 35,5 a 35° S aproximadamente, apresenta altos índices evaporativos que se estendem de março a setembro, coincidindo com os meses chuvosos da região. Já de outubro a fevereiro, ocorrem os mínimos valores hídricos evaporados.

No semestre composto pelos meses de janeiro a junho, é possível verificar que a mesorregião do sertão paraibano apresenta os maiores valores de evaporação. O volume evaporado nos meses de agosto, setembro e outubro nesta região é aproximadamente nulo.

Observa-se que, na mesorregião da Borborema, a tonalidade mais intensa, indicando aumento na evaporação, inicia-se no mês de fevereiro, atingindo valores máximos no mês de março, diminuindo a intensidade no mês de abril e ficando aproximadamente nulo em maio.

Na Figura 27, observa-se a distribuição anual da evaporação, onde se destacam as áreas do Litoral, Agreste e Brejo, com evaporação anual oscilando entre 900 e 1200mm; a região do Cariri/Curimataú, com flutuação entre 0 e 500mm; e na região do Sertão e Alto Sertão, a flutuabilidade anual ocorre na faixa de 500 a 900mm.

Em suma, tem-se que a região do Litoral, Agreste e Brejo tem altas taxas evaporativas anuais; as regiões do Sertão e Alto Sertão, com taxas moderadas de evaporação; e a região do Cariri/Curimataú, com baixa taxa evaporativa. Essas flutuações estão interligadas aos lençóis de água, à incidência da radiação solar, ao índice de precipitação pluviométrica e à distribuição dos ventos, seguidos do seu relevo.

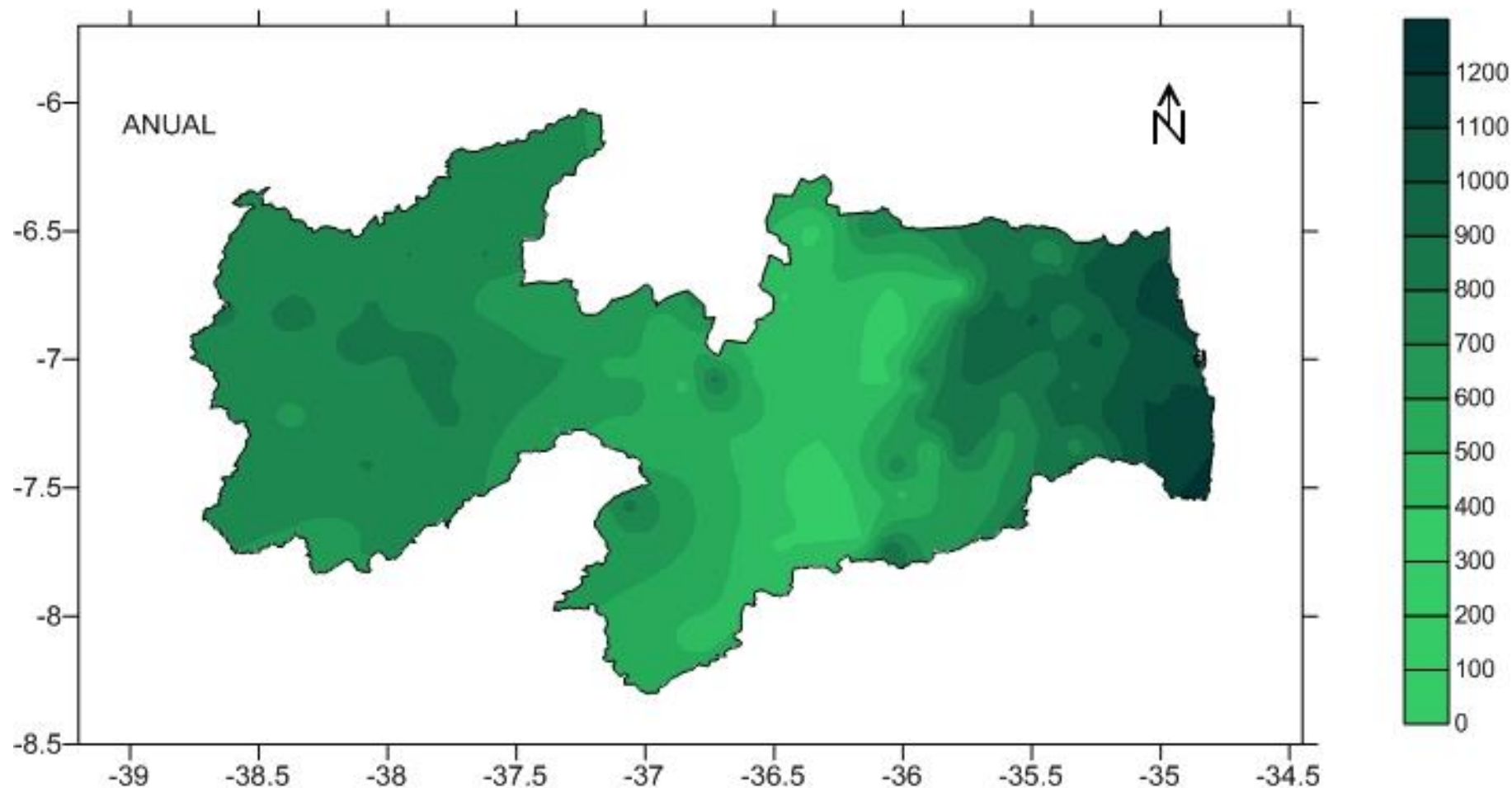


Figura 27. Distribuição anual da evaporação no Estado da Paraíba.

Os mínimos e máximos valores evapotranspirados encontram-se na Figura 28 (a, b). Observa-se que os mínimos valores ocorridos no Litoral Paraibano são aproximadamente iguais aos valores máximos ocorridos na região do Agreste e da Borborema. Já parte da mesorregião do Sertão apresenta índices evaporativos máximos aproximadamente iguais aos valores obtidos no Litoral da Paraíba.

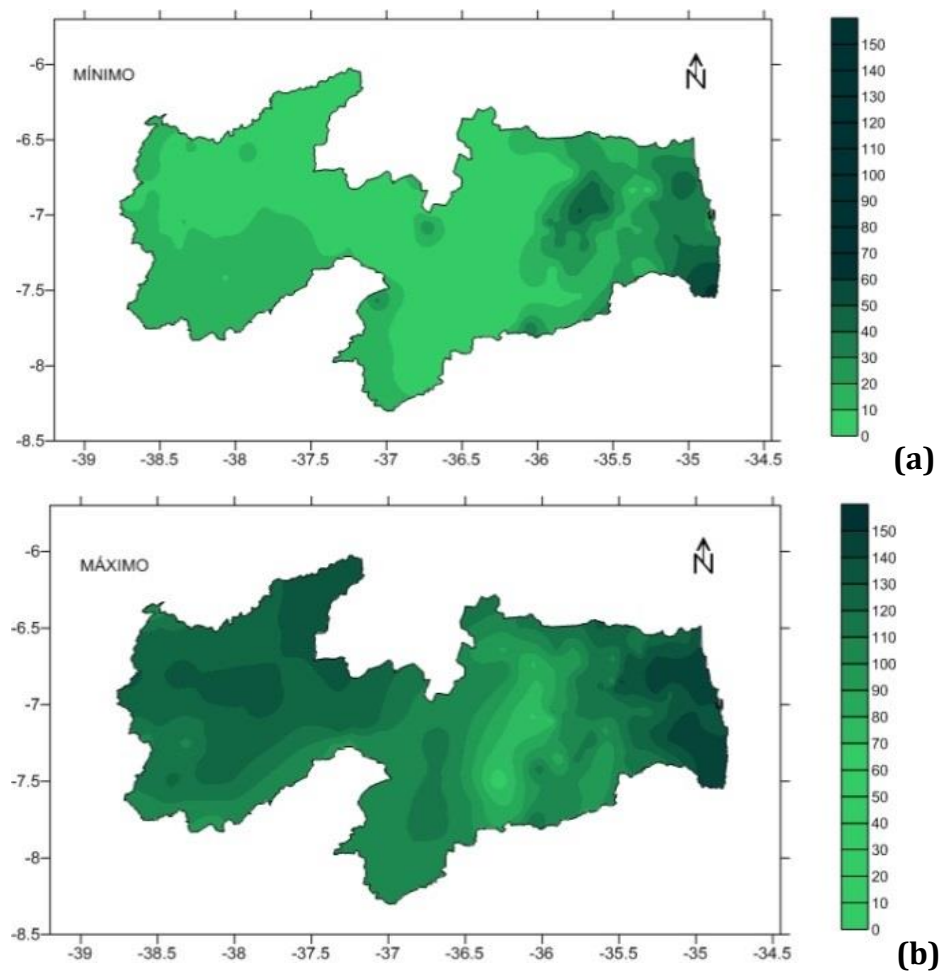


Figura 28. Distribuição mínima (a) e máxima (b) da evaporação no Estado da Paraíba.

A Figura 29 (a, b) representa os trimestres de maiores e menores taxas evaporativas para o Estado da Paraíba. O trimestre de maior taxa evaporativa centra-se nos meses de junho, julho e agosto (Figura 29b), que coincide com o final do período chuvoso para as regiões do Litoral, Agreste e Brejo. Nas regiões do Cariri/Curimataú, Sertão e Alto Sertão, o período chuvoso termina por volta da

segunda quinzena de junho, e a incidência da radiação solar, a variabilidade da intensidade do vento e da cobertura de nuvens contribuem para a ocorrência de maiores índices evaporativos.

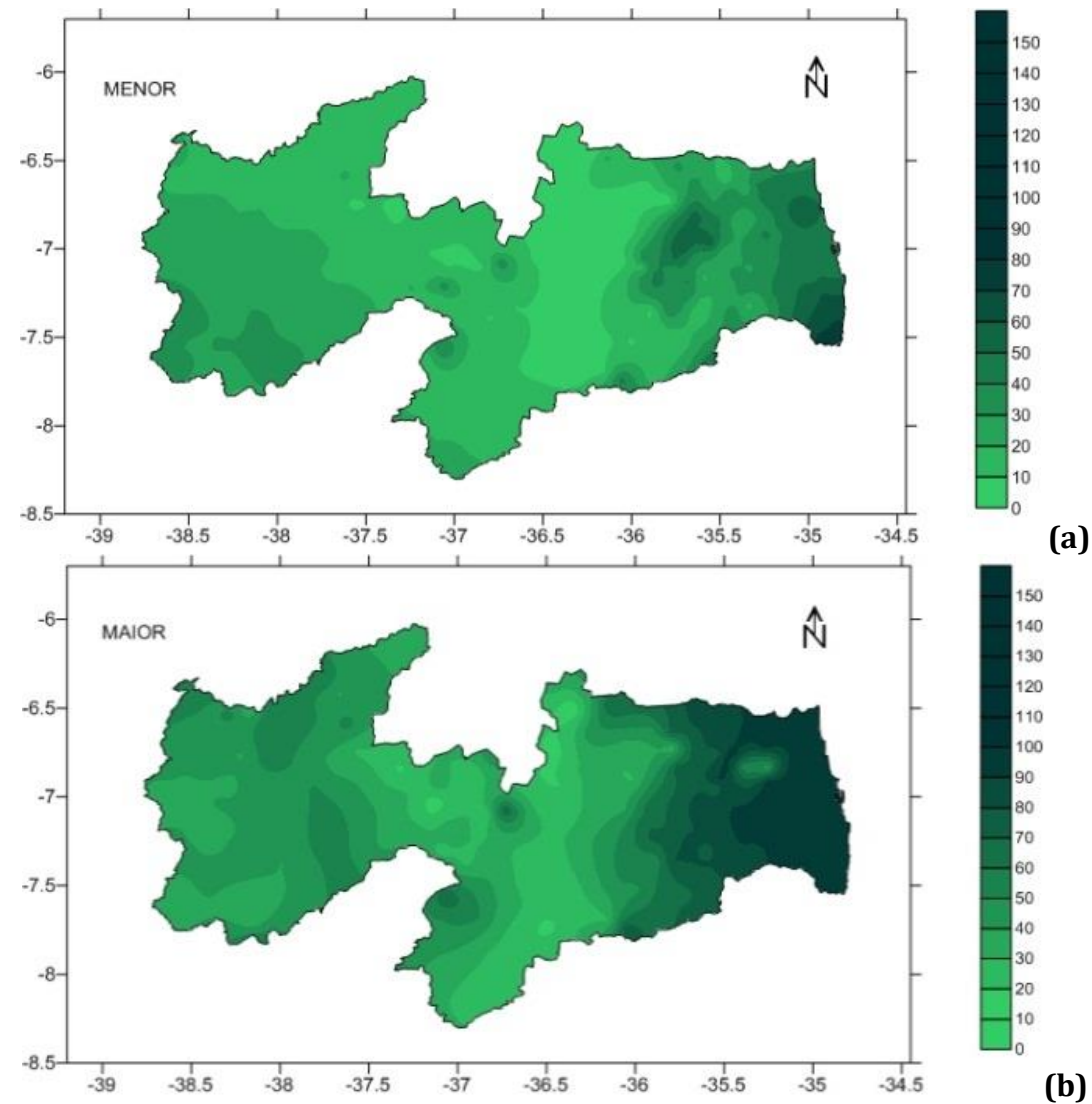


Figura 29. Distribuição do trimestre de menor (a) e maior (b) evaporação no Estado da Paraíba.

Na Figura 29a, tem-se o trimestre de menor taxa evaporativa para o Estado da Paraíba que se centra nos meses de outubro, novembro e dezembro. Observa-se que, nas regiões do Alto Sertão, Sertão, Cariri/Curimataú, tem uma flutuabilidade evaporimétrica de 10 a 60mm. Na região do Brejo, Agreste e Litoral, centram-se os índices evaporativos com variações entre 70 e 130mm.

Índices climáticos

Deficiência Hídrica

Na Figura 30, observa-se a deficiência hídrica na capacidade de campo (CAD) de 100mm para o Estado da Paraíba. As deficiências são baixas na faixa litorânea e Brejo, intermediária na faixa do Agreste e contornando a divisa com o Estado de Pernambuco. Para a região do Cariri/Curimataú e no setor norte das regiões do Sertão e Alto Sertão, tem-se os máximos valores de deficiências hídricas.

A coerência dos resultados está no fato de que as menores deficiências são localizadas predominantemente no Litoral e Brejo do Estado; já as maiores deficiências hídricas registram-se no Sertão e Alto Sertão e em algumas áreas isoladas na divisa com o Rio Grande do Norte.

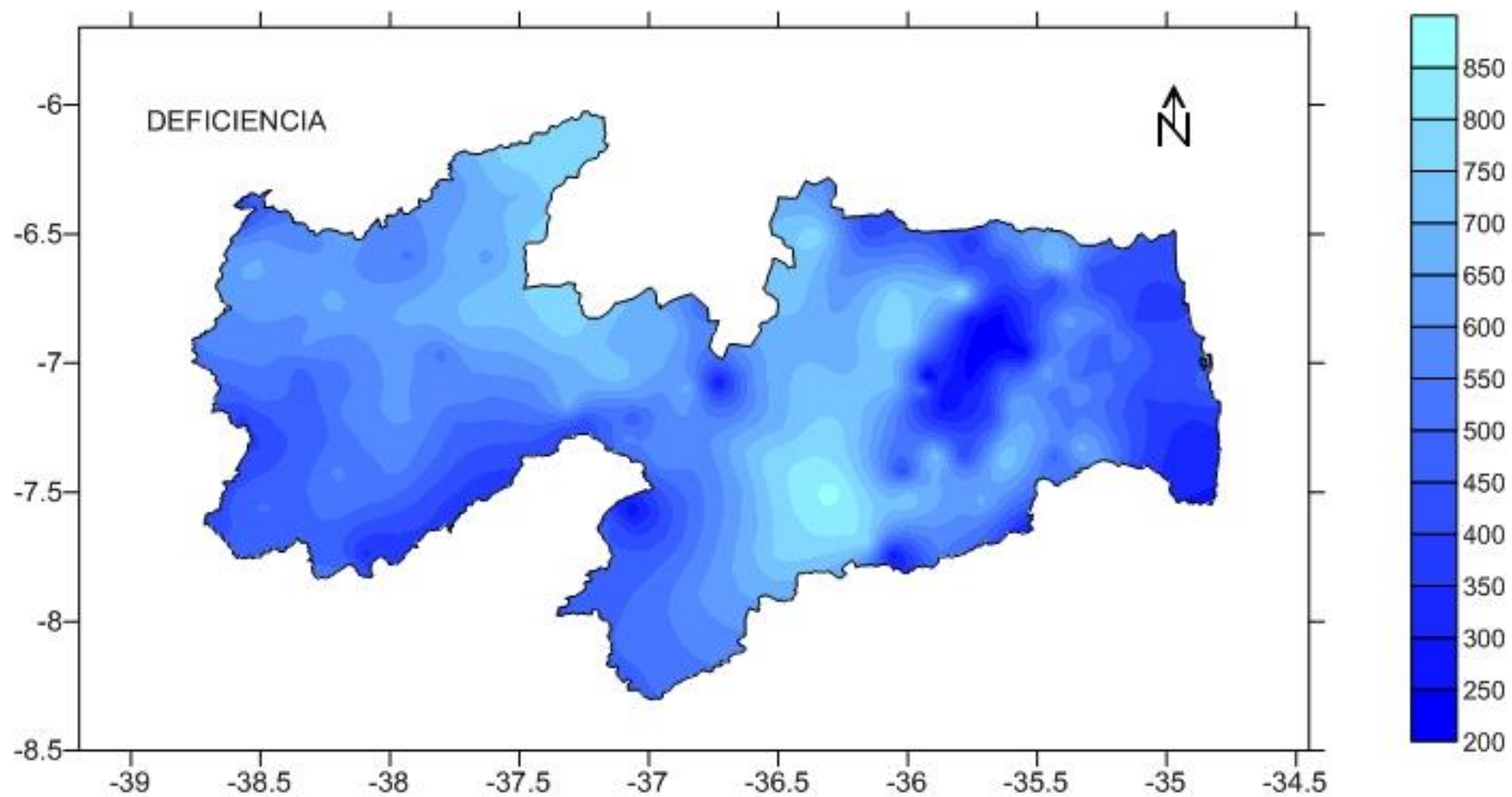


Figura 30. Deficiência hídrica.

Excedente Hídrico

Na Figura 31, observa-se a distribuição espacial do excedente hídrico. De acordo com a distribuição do excedente hídrico, observa-se que em praticamente todo o Estado da Paraíba apenas a faixa litorânea e pontos isolados do Brejo apresentam os maiores índices. Os maiores índices foram registrados no Litoral Sul, em torno de 750mm; e o menor, na região central do Sertão, Cariri e Curimataú, em torno de 50mm.

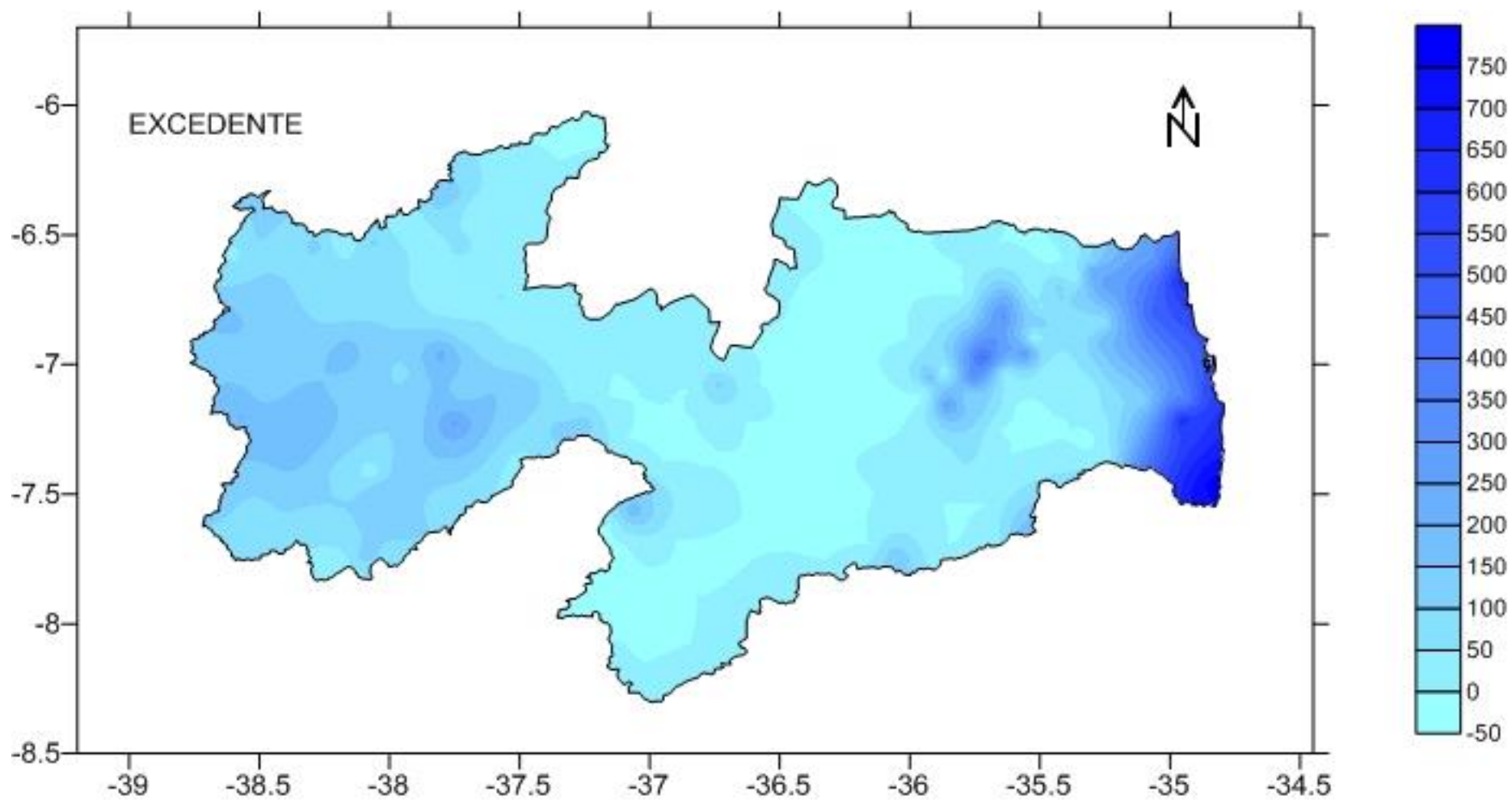


Figura 31. Excedente hídrico.

Índice de Umidade

O índice de umidade representa o excesso hídrico representado pela evapotranspiração potencial, expresso em percentagem. Na Figura 32, observa-se a variabilidade da flutuação deste índice no Estado Paraíba para os 223 postos pluviométricos estudados, definida através de limites determinados pela classificação climática de Thornthwaite (1948), para facilitar o entendimento e auxiliar nas possíveis classificações futuras. De acordo com a Figura 32, o índice de umidade no Estado reduz-se significativamente na região do Cariri/Curimataú, neste caso, por mudar de faixa de subdivisão climática. As regiões do Litoral, Agreste e Brejo são as que contêm os melhores índices de umidade; nas regiões do Cariri/Curimataú, Sertão e Alto Sertão, predomina pequeno ou nenhum excesso de água; a região do Cariri/Curimataú não apresenta variabilidade e esse resultado é devido à grande variabilidade espaço-temporal de chuva na região.

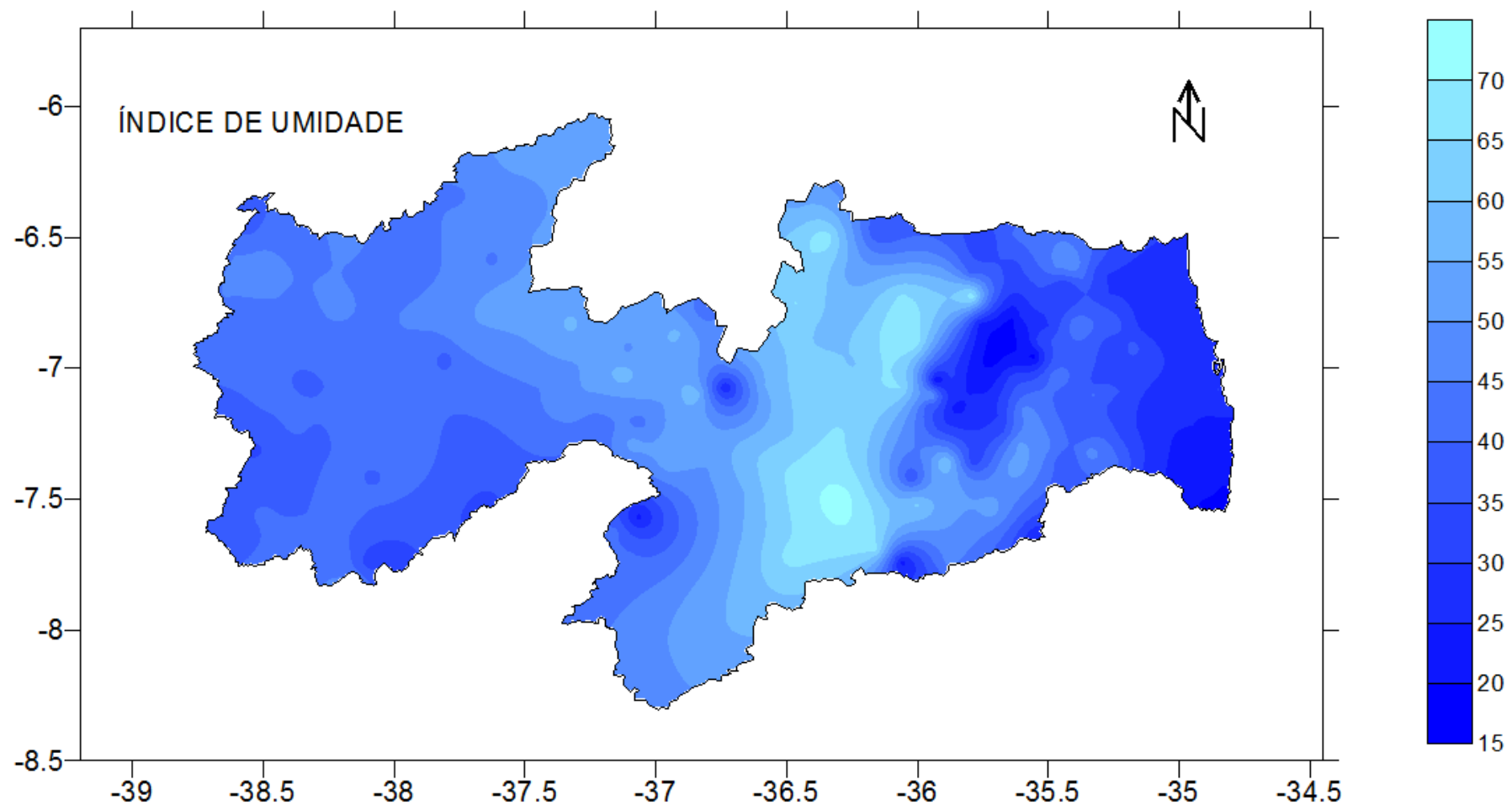


Figura 32. Índice de umidade (iu).

Índice Hídrico

O índice hídrico é função dos índices de aridez e de umidade. Na Figura 33, observa-se que difere dos outros índices abordados anteriormente e ocorrem flutuações das faixas climáticas apresentando maiores detalhes.

As maiores flutuações dos índices hídricos ocorrem na região do Litoral e parte do Agreste, e em alguns pontos isolados no Estado na divisa com o Rio Grande do Norte. Na parte central e sul do Estado da Paraíba, tem os menores índices hídricos; a região do Sertão e Alto Sertão apresenta moderado a baixo índices hídricos e estes índices estão relacionados às irregularidades pluviométricas no Estado.

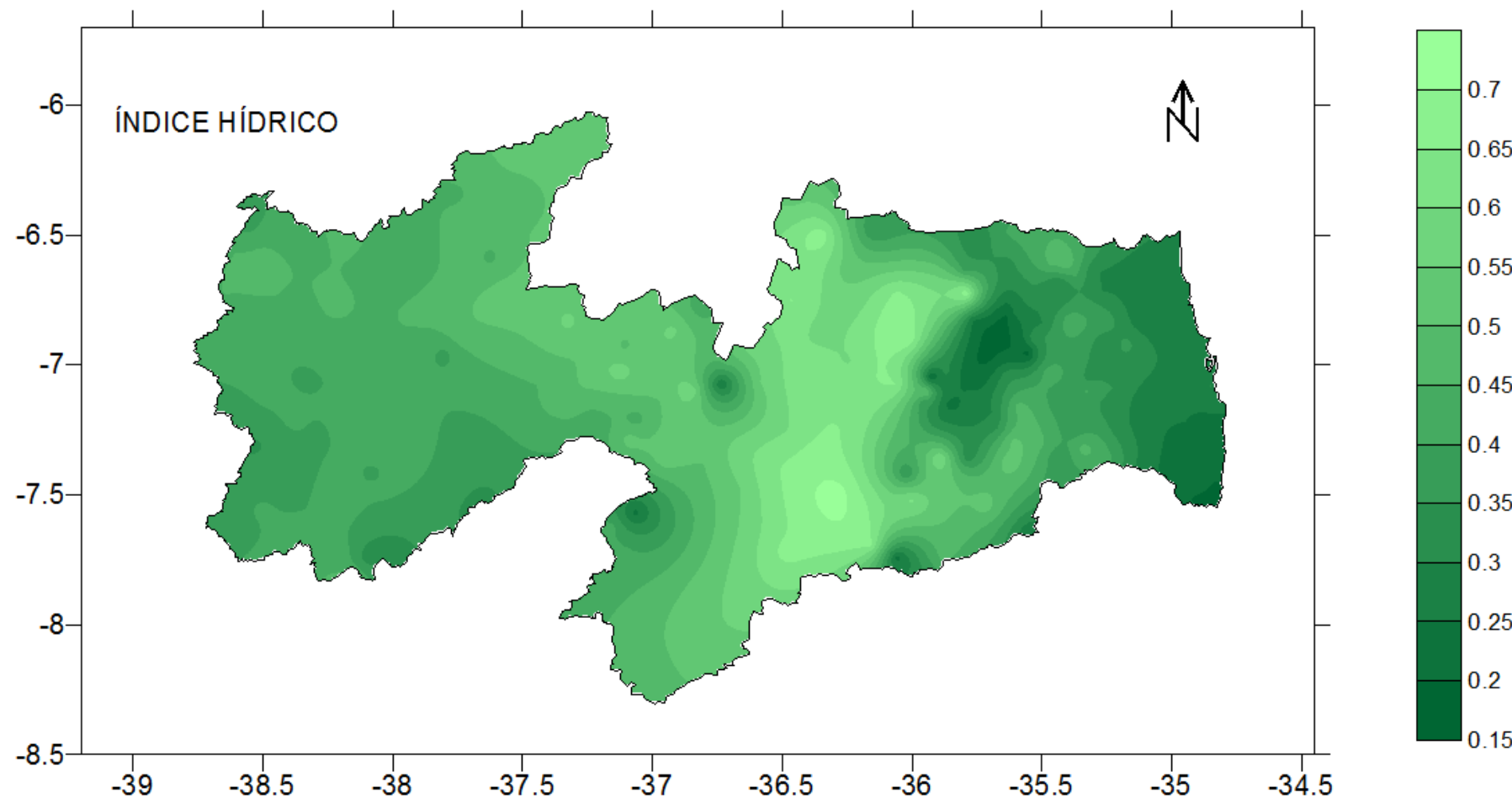


Figura 33. Índice hídrico (ih).

Índice de Aridez

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. Este índice é um conjunto entre o índice de aridez e de umidade. Um decréscimo deste índice resulta num aumento do índice de aridez e da forma que um aumento deste índice resulta num aumento do índice de umidade.

A Figura 34 representa o índice de aridez na área de estudo e observa-se que, na região do Litoral e em um núcleo isolado na região do Brejo, os índices de aridez estão bem abaixo dos demais valores para o Estado. Destacam-se núcleos isolados de baixa aridez nas regiões do Sertão e Alto Sertão, e na região do Curimataú e Cariri. Nas divisas do Rio Grande do Norte e Pernambuco, estão centrados os maiores índices de aridez.

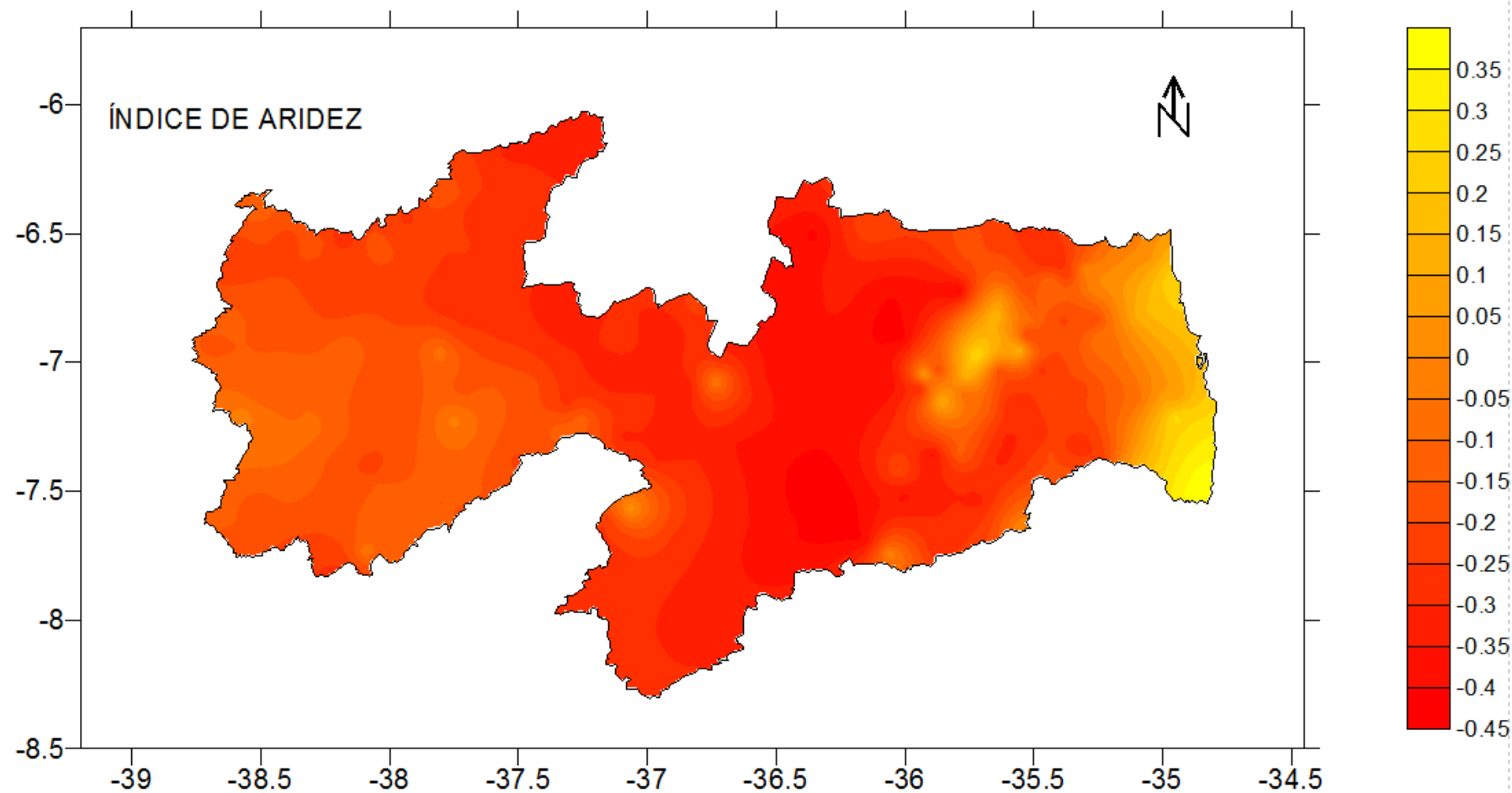


Figura 34. Índice de aridez (ia).

Na Tabela 13, observa-se a variabilidade estatística dos parâmetros: mínimo, mediana, máxima, média, desvio padrão, variância e coeficiente de variância da deficiência hídrica; excedente hídrico; índice de umidade; índice hídrico e índice de aridez.

Tabela 13. Variabilidade estatística dos parâmetros

	Variabilidade dos parâmetros (mm)						
	Mínimo	Mediana	Máxima	Média	Desvio Padrão	Variância	Coeficiente Variância
Pluviosidade	332	843,1	1979,3	854,6	315,66	99644	0,37
Temperatura	21,7	24,3	26,1	24,2	1,15	1,33	0,04
Deficiência Hídrica	213	540	865	535	141	19952	0,26
Excedente Hídrico	0	55	766	99	145	21141	1,45
Índice de Umidade	18	41	72	41	11,7	138	0,28
Índice Hídrico	0,18	0,41	0,72	0,41	0,11	0,01	0,28
Índice de Aridez	-0,43	-0,19	0,38	-0,17	0,15	0,02	0

Classificação Climática

Köppen

Na Figura 35, observa-se o mapa da classificação climática de Köppen, que apresenta quatro tipos diferentes de clima. Observa-se o clima Aw, que caracteriza essa região como Tropical, com estação seca no inverno. O aparecimento do clima Am, característico de região monçônica, foi um resultado não esperado por se tratar de um clima relacionado a regiões de alto volume anual de precipitação. Os tipos climáticos As dominam, em sua maioria, as regiões parte do Litoral, Brejo, Agreste, em pequena faixa da região do Sertão e em toda a área do Alto Sertão. O tipo climático Bsh é predominante da área do Cariri/Curimataú e de boa parte da área do Sertão.

Uma distribuição de postos pluviométricos com espacialização adequada proporciona ótima distribuição na determinação dos tipos climáticos, tanto pelo método de Köppen, de acordo com Setzer (1966), como de Thornthwaite em todas as regiões do Estado.

Observa-se que os climas Aw e Am estão presentes na região litorânea, decorrente do fato de que, nesta área, a temperatura do mês mais frio foi maior que 18°C.

Alvares *et al.* (2014), elaborando a classificação do clima para o Brasil, afirmam que na costa do Nordeste do Brasil, com clima do tipo Am, que ocorre nos Tabuleiros Costeiros de João Pessoa, e ocorrendo até a costa de Pernambuco, onde avança um pouco mais para o interior (60 km), tendo sido encontrado resultado similar neste trabalho. Alvares *et al.* (2014) também afirmam que o tipo de clima As foi mapeado na faixa que define a região Agreste do Semiárido, entre o Rio Grande do Norte e a Bahia, com resultado similar encontrado neste trabalho.

Ainda de acordo com Alvares *et al.* (2014), a Paraíba tem o clima BSh, que se estende por todo o Planalto da Borborema, onde no vale do rio Paraíba, a precipitação anual é de cerca de 400mm, considerado um dos locais mais secos do Brasil de acordo com os resultados obtidos por Guerra (1955).

De acordo com Barros *et al.* (2012), vale ressaltar 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.

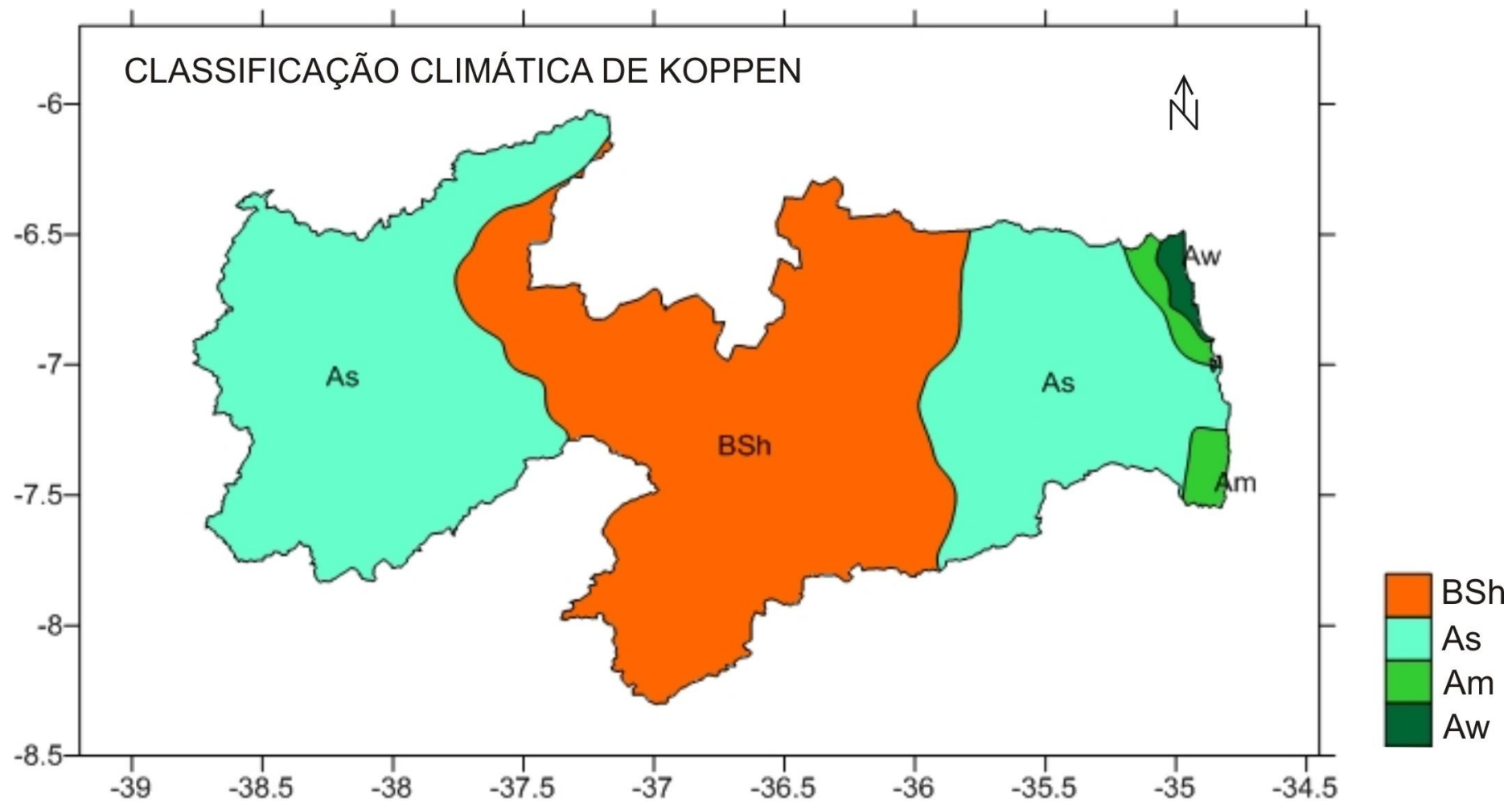


Figura 35. Classificação climática de Köppen.

Thornthwaite

Na Figura 36, observa-se a classificação climática de Thornthwaite e sua espacialização no Estado da Paraíba. O critério de classificação climática de Thornthwaite e Mather (1955) é mais restritivo que o de Thornthwaite (1948), já que preconiza escalas distintas de aridez e semiaridez. Segundo Thornthwaite (1948), os tipos climáticos E e D ficam caracterizados quando o índice de umidade (Iu) oscila na faixa de -60 a -40 e de -40 a -20, respectivamente. Entretanto, para Thornthwaite e Mather (1955), os tipos climáticos E e D só se caracterizam para uma faixa mais ampla de valores de Iu, ou seja, de -100 a -66,7 e de -66,7 a -33,3, respectivamente. Por exemplo, se um determinado município apresenta $Iu = -30$, pelo critério de Thornthwaite (1948), é considerado como pertencente ao domínio semiárido (D), enquanto que, pelo critério de Thornthwaite e Mather (1955), é tido como pertencente ao domínio subúmido seco (C1).

Observa-se que a classificação de Thornthwaite, inédita para o Estado, demonstrou ser muito mais sensível aos montantes de chuva e temperatura e ao relevo das localidades, por resultar em um número maior de tipos de clima, totalizando seis tipos.

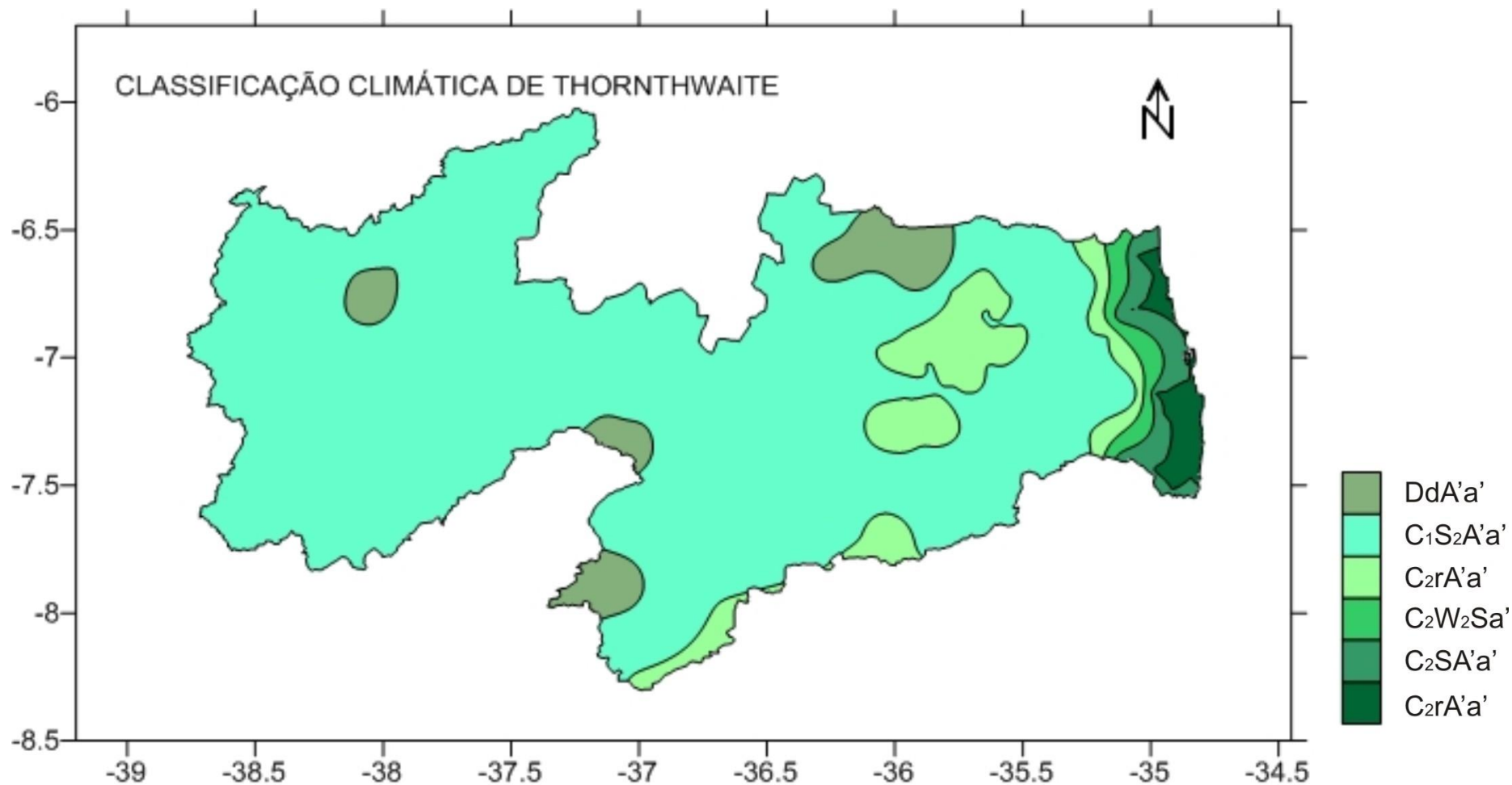


Figura 36. Classificação climática de Thornthwaite normal.

Referências Bibliográficas

- AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. 2007. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br>. Acesso em: 25 mar. 2011.
- ARAGÃO, J. O. R. Um Estudo da Estrutura das Perturbações Sinóticas no Nordeste do Brasil. Dissertação (Mestrado em Meteorologia). Instituto de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1975. 51p.
- ARAGÃO, J. O. R. O impacto do ENOS e do Dipolo do Atlântico no Nordeste do Brasil. Boll. Inst. Fr. Etudes Andines, v.27, n.3, p.839-844, 1998.
- BRAGA, C. C.; SILVA, B. B. Determinação de regiões pluviometricamente homogêneas no Estado da Paraíba. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 6, Salvador. Anais... Salvador, 1990. p.200-205.
- BARROS, A. H. C.; ARAÚJO FILHO, J. C. de; SILVA, A. B. da; SANTIAGO, G. A. C. F. Climatologia do Estado de Alagoas. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento n. 211. Recife: Embrapa Solos, 2012. 32p.
- CAVALCANTI, E. P.; SILVA, V. de P. R.; SOUSA, F. de 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.
- 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.
- FRANÇA, J. R. A.; Li, L. Z.; SILVA, F. N. R.; JUNIOR, A. R. T. Sensibilidade do Modelo de Circulação Geral do LMD às variações na Temperatura da Superfície do Mar no Pacífico Tropical. Revista Brasileira de Meteorologia, 2000.
- FRANCISCO, P. R. M. Classificação e mapeamento das terras para mecanização do Estado da Paraíba utilizando sistemas de informações geográficas. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água). Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2010.
- FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. B.; LIMA, E. R. V. de; SANTOS, D. Tecnologia da geoinformação aplicada no mapeamento das terras à mecanização agrícola. Revista Educação Agrícola Superior, v.29, n.1, p.45-51, 2014.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2009. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 12 mar. 2011.

KOUSKY, V. E. Frontal influences on Northeast Brazil. *Monthly Weather Review*, v.107, n.9, p.1140-1153, 1979.

KOUSKY, V. E.; GAN, M. A. Upper Tropospheric Cyclone Vortices in the Tropical South Atlantic. *Tellus*, v.33, p.538-550, 1981.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlagcondicionadas. Justus Perthes. 1928. n.p.

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.

ROLIM, G. S.; SENTELHAS, P. C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL TM para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 6, n.1, p.133-137, 1998.

MOLION, L. C. B. Seca, o eterno retorno. *Ciência Hoje*, v.3, n.18, p.26-32, 1985.

NOBRE, P.; SHUKLA, J. Variations of sea surface temperature, wind stress and rainfall over the Tropical Atlantic and South America. *J. Climate*, v.10, n.4, p.2464-2479, 1996.

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

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.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. Zoneamento agroclimático. In: ANGELOCCI, L. R.; PEREIRA, A. R.; SENTELHAS, P. C. *Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas*. Guaíba: Agropecuária, 2002. p.433-443.

ROLIM, G. de S.; CAMARGO, M. B. P. de; LANIA, D. G.; MORAES, J. F. L. de. 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.

SALES, M. C. L.; RAMOS, V. M. Caracterização ambiental das áreas sob influência do reservatório de Bocaina (PI) com base na compartimentação geomorfológica. In: Carta CEPRO, Teresina, 2000, v.18, n.1, p.149-161.

SILVA, A. M.; COSTA; D. L. C. R.; LINS, C. J. C. Precipitações no Nordeste Brasileiro: tendências de variação e possíveis implicações na agricultura. Anais...Semana do Meio Ambiente, 5, 2008 - Recife, PE.

THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. Geographical Review, v.38, n.1, p.55-94, 1948.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. Publications in Climatology – Drexel Institute of Technology, v.8, n.1, p.1-86, 1955.

UVO, C. A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e a Precipitação da região Norte do Nordeste do Brasil. (INPE-4887-TDL/378). Dissertação (Mestrado em Meteorologia). São José dos Campos, INPE. 1989.

VAREJÃO-SILVA, M. A. Meteorologia e Climatologia. Recife: INMET, 2006.

Apoio



Universidade Federal
de Campina Grande

