

# UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO

# METEOROLOGIA



CENTRO DE CIÊNCIAS  
E  
TECNOLOGIA



DEPARTAMENTO  
DE CIÊNCIAS  
ATMOSFÉRICAS

Dissertação de Mestrado

Previsão da distribuição espacial dos casos de  
Dengue no estado de Alagoas a partir da precipitação  
obtida por modelos atmosféricos regionais

Autora: Edivania de Araújo Lima

Março - 2005



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS**  
**MESTRADO EM METEOROLOGIA**



**PREVISÃO DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS CASOS DE DENGUE NO  
ESTADO DE ALAGOAS A PARTIR DA PRECIPITAÇÃO OBTIDA POR  
MODELOS ATMOSFÉRICOS REGIONAIS**

**EDIVANIA DE ARAÚJO LIMA**

Campina Grande, PB  
Março, 2005.

**DIGITALIZAÇÃO:**  
**SISTEMOTECA - UFCG**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS**  
**MESTRADO EM METEOROLOGIA**



**PREVISÃO DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS CASOS DE DENGUE NO  
ESTADO DE ALAGOAS A PARTIR DA PRECIPITAÇÃO OBTIDA POR  
MODELOS ATMOSFÉRICOS REGIONAIS**

**por**

**EDIVANIA DE ARAÚJO LIMA**

Dissertação apresentada ao curso de Pós –  
Graduação em Meteorologia da Universidade  
Federal de Campina Grande – UFCG, como  
parte dos requisitos necessários à obtenção do  
grau de Mestre em Meteorologia.

Área de Concentração: Meteorologia de Meso e Grande Escala

Sub – área: Climatologia

Orientador: Dr. Manoel Francisco Gomes Filho

Campina Grande, PB.

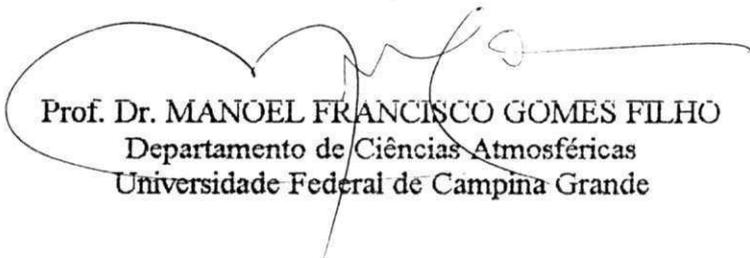
Março, 2005.

EDIVANIA DE ARAÚJO LIMA

PREVISÃO DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS CASOS DE DENGUE NO ESTADO DE ALAGOAS A PARTIR DA PRECIPITAÇÃO OBTIDA POR MODELOS ATMOSFÉRICOS REGIONAIS.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 22/03/2005

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. MANOEL FRANCISCO GOMES FILHO  
Departamento de Ciências Atmosféricas  
Universidade Federal de Campina Grande



Prof. Dr. ENILSON PALMEIRA CAVALCANTI  
Departamento de Ciências Atmosféricas  
Universidade Federal de Campina Grande



Prof. Dra. VERA LÚCIA ANTUNES DE LIMA  
Departamento de Engenharia Agrícola  
Universidade Federal de Campina Grande

“Quem quer que deseje exercer corretamente a ciência da medicina deve proceder desta maneira: primeiro deve considerar os efeitos que cada estação do ano pode produzir; as estações não são iguais, diferem muito entre elas, e em suas mudanças, deve-se estar especialmente prevenido contra as mais violentas variações nas estações, e ainda, a menos que obrigado, não se deve expurgar ou aplicar cauterização ou faca aos intestinos, até que no mínimo dez dias tenham se passado”.

(HIPÓCRATES, 400 a.C.)

Diplomas, títulos, Phds! A natureza, ao fazer um ser humano competente, por acaso consulta faculdades?

(MILLÒR FERNANDES)

Aos meus pais *José e Maria Edilza de Araújo Lima*, meus irmãos *Elba, Erivelton e Anny Caroline*; pelo apoio e por todo o amor mesmo à distância.

## **DEDICO**

A *Anna Katharina e João Lucas (minha VIDA)*, por todos os risos, lágrimas, brilhos nos olhos e momentos lindos. Por me fazerem entender o verdadeiro sentido da vida!

## **OFEREÇO**

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a *Deus*, por mais uma etapa cumprida em minha vida;

Aos *meus pais*, por suportarem minha ausência, e ao mesmo tempo pelas presenças mesmo distantes.

A minha *VOZINHA*, só por sua existência; aos tios *Antônio* e *Ederaldo*, pelo incentivo;

Ao *tio BETO*, mais uma vez, muito obrigada!

Ao *vozinho Ageu (In Memoriam)*, pela presença espiritual, nos momentos de maior solidão;

A todos os amigos, que conquistei ao longo desta jornada. Em especial a *Carlos, Juli, Joseni, Wendell* (por todo carinho e pela amizade sincera), *Janne Lúcia* (pelos risos, loucuras e agonias), *Zilurdes*, ao *menino Daniel e Alcides*.

Aos professores e funcionários do Departamento de Meteorologia, em especial ao *Dr. Manoel Gomes Filho*, pela orientação e pelos cafezinhos e torradas!

A CAPES pela concessão da bolsa de estudo, durante todo o período de estudo de mestrado.

A Secretaria de Vigilância Epidemiológica de Alagoas, em especial a senhora *Rosalva Alves*; e a Secretaria de Recursos Hídricos de Alagoas, em especial a *Gino e Puffy*, pela concessão dos dados para a realização desta pesquisa.

**AGRADEÇO**

## SUMARIO

	Pág.
Lista de Tabelas	i
Lista de Figuras	ii
Lista de Gráficos	iii
Lista de Siglas e Abreviaturas	iv
RESUMO	v
ABSTRACT	vi
1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISAO BIBLIOGRÁFICA	03
2.1. Clima e a saúde humana	03
2.2 Dengue	04
2.2.1 Etiologia e relação agente – hospedeiro	06
2.2.2 Condições climáticas e o dengue	09
2.2.3 Dengue nas Américas	10
2.2.4 Dengue no Brasil	12
2.2.5 Dengue em Alagoas	14
2.3 Regime pluviométrico do NEB	15
2.3.1 Massas de ar atuantes no NEB	16
2.4 Condições térmicas dos oceanos e sua interação com a precipitação no NEB	18
2.4.1 Dipolo do oceano Atlântico	19
2.4.2 Oscilação Sul	21
2.5 Os modelos atmosféricos e a previsão da precipitação sobre o nordeste do Brasil.	25

3	METODOLOGIA E DADOS	28
3.1	Dados	28
3.2	Área de estudo	29
3.2.1	A região do Nordeste Brasileiro e o Estado de Alagoas	29
3.3.2.	O Estado de Alagoas	30
3.3	Método	33
3.3.1	Previsão da precipitação pluviométrica	33
3.3.2	Redução de Escala	34
3.3.3	Cálculos estatísticos realizados com os dados	37
3.3.3.1	Regressão Linear Múltipla	37
3.3.3.1.1	Determinação da equação de regressão linear múltipla:	38
3.3.3..2	Cálculo dos desvios da previsão em relação aos valores observados	39
3.3.4	Localidades escolhidas	40
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
4.1	Distribuição espacial da precipitação e casos de dengue previstos no Estado de Alagoas em 2000.	42
4.2	Distribuição espacial da precipitação e casos de dengue previstos no Estado de Alagoas em 2001.	51
4.3	Distribuição espacial da precipitação e casos de dengue previstos no Estado de Alagoas em 2002.	58
4.4	Distribuição sazonal da precipitação e casos de dengue previstos nos anos de 2000 a 2002.	63
4.4.1	Variação sazonal dos totais pluviométricos e dengue previsto no ano de 2000.	64
4.5	Totais pluviométricos e dengue previstos para as estações de inverno e verão de 2001.	67
4.6	Totais pluviométricos e dengue previstos para as estações de inverno e verão de 2002.	71

4.7	Comparação entre os valores de dengue previsto e observado para o Estado de Alagoas durante os anos de 2000 a 2002.	73
4.8	Análise dos desvios da previsão em relação aos valores observados	75
5	CONCLUSÕES	81
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83

**LISTA DE TABELAS**

	Pág.
1 Casos de dengue confirmados em Alagoas (1998-2003).	15
2 Divisão do Estado de Alagoas em Mesorregião, Zona Fisiográfica e Microrregiões.	31
3 Tabela das cidades alagoanas	41
4 Comparação da precipitação prevista pelo modelo, nos três primeiros meses dos anos de 2000 e 2001.	52

**LISTA DE FIGURAS**

		Pág.
1	Mosquito <i>Aedes aegypti</i>	7
2	Distribuição mundial de localidades infestadas com dengue	12
3	Introdução dos vírus do dengue tipos 1 e 2 no Brasil e sua disseminação pelo país.	13
4	Distribuição dos Regimes pluviométricos no NEB.	17
5	(a) Dipolo Positivo do Oceano Atlântico. (b) Dipolo Negativo do Oceano Atlântico	19
6	Representação esquemática da circulação na fase negativa do Índice de Oscilação Sul.	23
7	Representação esquemática da circulação na fase do Índice de Oscilação Sul positiva.	23
8	Mapa da Região Nordeste do Brasil.	29
9	Mapa do Estado de Alagoas	30
10	Distribuição geográfica das mesorregiões e microrregiões homogêneas em Alagoas	31
11	Modelo esquemático da técnica de <i>downscaling</i>	34
12	Possibilidade de redução de escala (método estatístico) para a área de estudo	36
13	Ilustração da técnica <i>downscaling</i> utilizada no Modelo Global.	36
14	Distribuição espacial dos totais de precipitação mensais previstos pelo modelo regional, no Estado de Alagoas durante o mês de janeiro de 2000.	43
15	Distribuição espacial dos casos mensais de dengue previstos no Estado de Alagoas durante o mês de Janeiro de 2000.	45

16	Distribuição espacial dos totais de precipitação mensais previstos pelo modelo regional, no Estado de Alagoas durante o mês de fevereiro de 2000.	45
17	Distribuição espacial dos casos mensais de dengue previstos no Estado de Alagoas durante o mês de Fevereiro de 2000.	47
18	Distribuição espacial dos totais de precipitação mensais previstos pelo modelo regional, no Estado de Alagoas durante o mês de março de 2000.	48
19	Distribuição espacial dos casos mensais de dengue previstos no Estado de Alagoas durante o mês de março de 2000.	49
20	Distribuição espacial dos totais de precipitação mensais previstos pelo modelo regional, no Estado de Alagoas durante o mês de outubro de 2000.	50
21	Distribuição espacial dos casos mensais de dengue previstos no Estado de Alagoas durante o mês de outubro de 2000.	51
22	Distribuição espacial dos totais de precipitação mensais previstos pelo modelo regional, no Estado de Alagoas durante o mês de janeiro de 2001.	53
23	Distribuição espacial dos casos mensais de dengue previstos no Estado de Alagoas durante o mês de Janeiro 2001.	53
24	(a) Distribuição espacial dos totais de precipitação mensais previstos pelo modelo regional, no Estado de Alagoas durante o mês de fevereiro de 2001. (b) Distribuição espacial dos casos de dengue previstos no Estado de Alagoas durante o mês de fevereiro de 2001.	55
25	Distribuição espacial dos totais de precipitação mensais previstos pelo modelo regional, no Estado de Alagoas durante o mês de março de 2001.	57
26	Distribuição espacial dos casos de dengue mensal previstos no Estado de Alagoas durante o mês de março de 2001.	58
27	(a) Distribuição espacial dos totais de precipitação mensais previstos pelo modelo regional, no Estado de Alagoas durante o mês de janeiro de 2002. (b) Distribuição espacial dos casos de dengue mensal previstos no Estado de Alagoas durante o mês de janeiro de 2002.	60

- 28 (a) Distribuição espacial dos totais de precipitação mensal previsto pelo modelo regional, no Estado de Alagoas durante o mês de fevereiro de 2002. (b) Distribuição espacial dos casos de dengue mensal previstos no Estado de Alagoas durante o mês de fevereiro de 2002.. 62
- 29 Distribuição espacial mensal de precipitação prevista pelo modelo regional, no Estado de Alagoas durante os meses de abril, maio junho e julho de 2000. (b): Distribuição espacial mensal de precipitação prevista pelo modelo regional, no Estado de Alagoas durante os meses de outubro, novembro, dezembro de 2000 e janeiro de 2001. 65
- 30 (a): Distribuição espacial mensal de casos de dengue previstos a partir da precipitação prevista pelo modelo regional, no Estado de Alagoas durante os meses de abril, maio junho e julho de 2000. 66
- (b): Distribuição espacial mensal de casos de dengue previstos a partir da precipitação prevista pelo modelo regional, no Estado de Alagoas durante os meses de outubro, novembro, dezembro de 2000 e janeiro de 2001. 67
- 31 (a) Distribuição espacial mensal de precipitação prevista pelo modelo regional, no Estado de Alagoas durante os meses de abril, maio junho e julho de 2001. 68
- (b) Distribuição espacial da mensal de precipitação prevista pelo modelo regional, no Estado de Alagoas durante os meses de outubro, novembro, dezembro de 2000 e janeiro de 2002. 69
- 32 (a) Distribuição espacial da média mensal de casos de dengue previstos a partir da precipitação prevista pelo modelo regional, no Estado de Alagoas durante os meses de abril, maio junho e julho de 2001, (b) Distribuição espacial da média mensal de casos de dengue previstos a partir da precipitação prevista pelo modelo regional, no Estado de Alagoas durante os meses de outubro, novembro, dezembro de 2001 e janeiro de 2002. 70
- 33 (a) Distribuição espacial mensal de precipitação prevista pelo modelo regional, no Estado de Alagoas durante os meses de abril, maio junho e julho de 2002, (b) Distribuição espacial mensal de precipitação prevista pelo modelo regional, no Estado de Alagoas durante os meses de outubro, novembro, dezembro de 2002. 72
- 34 Distribuição espacial dos desvios da previsão durante o mês de abril de (a) 2000, (b) 2001, (c) 2002, respectivamente, no Estado de Alagoas. 77
- 35 Distribuição espacial dos desvios da previsão durante o mês de maio de (a) 2000, (b) 2001, (c) 2002, respectivamente, no Estado de Alagoas. 78

- .36 Distribuição espacial dos desvios da previsão durante o mês de junho de 79  
(a) 2000, (b) 2001, (c) 2002, respectivamente, no Estado de Alagoas.
- 37 Distribuição espacial dos desvios da previsão durante o mês de julho de 73  
2000, 2001, 2002, respectivamente, no Estado de Alagoas.

**LISTA DE GRÁFICOS**

	Pág.
1 Comparação dos valores de precipitação prevista e observada para a cidade de Maceió, localizada no Litoral leste alagoano.	44
2 Comparação entre os valores de dengue previstos e observado na cidade de Boca da Mata durante o período de janeiro de 2000 a dezembro de 2002.	73
3 Comparação entre os valores de dengue previstos e observado na cidade de Delmiro Gouveia durante o período de janeiro de 2000 a dezembro de 2002.	74

**LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIACÕES**

CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
DHM/AL	Diretoria de Hidrometeorologia de Alagoas
DH/SCD	Dengue Hemorrágica / Síndrome do Choque do Dengue
ECHAM	European Centres Hamburg Model
ECMWF	Centro Europeu de Previsão do Tempo de Médio e Longo Prazo
ENOS	El Niño – Oscilação Sul
FDC	Febre do Dengue Clássico
FHD	Febre Hemorrágica do Dengue
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia
GrADS	Grid Analysis and Display System
HN	Hemisfério Norte
HS	Hemisfério Sul
IRI	International Research Institute for Climate Prediction
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPA	Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária
IOS	Índice de Oscilação Sul
MCGA	Modelo de Circulação Geral da Atmosfera
mEc	Massa de ar Equatorial Continental
mEm	Massa de ar Equatorial Marítima
mPm	Massa de ar Polar Marítima
MRE	Modelo Regional Espectral

mTm	Massa de Tropical Marítima
NCAR	National Center for Atmospheric Research
NCEP	National Centres for Environmental Prediction
NEB	Nordeste Brasileiro
OS	Oscilação Sul
PNM	Pressão ao Nível Médio de Mar
PROVEP	Projeto de Vigilância Epidemiológica
RSM	Regional Spectral Model
SCD	Síndrome de Choque do Dengue
SESAU	Secretária de Saúde
SPSS	Statistical Analysis Software, Predictive Analysis, Predictive Analytics
SUS	Sistema Único de Saúde
TSM	Temperatura da Superfície do Mar
VCAS	Vórtice Ciclônico de Ar Superior
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

PREVISÃO DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS CASOS DE DENGUE NO ESTADO  
DE ALAGOAS A PARTIR DA PRECIPITAÇÃO OBTIDA POR MODELOS  
ATMOSFÉRICOS REGIONAIS

Autor: EDIVANIA DE ARAÚJO LIMA

Orientador: Prof. Dr. MANOEL GOMES FILHO

**RESUMO**

Ao longo dos tempos tem-se registrado uma estreita relação entre as condições climáticas e sua interferência na saúde do homem. Sabe-se que existe uma ligação entre diferentes situações meteorológicas e o aparecimento de certas doenças como o dengue, que é uma doença viral de curta duração, gravidade variável, que ocorre nas áreas tropicais e subtropicais, onde há condições para o desenvolvimento do mosquito transmissor. O objetivo deste trabalho é estabelecer um sistema que permite prever a distribuição espacial de casos de dengue no Estado de Alagoas, para o qual, a previsão da precipitação sazonal é realizada com sucesso pelos modelos atmosféricos. Para a realização do modelo de previsão da distribuição espacial de casos de dengue foi feita uma regressão múltipla utilizando os totais mensais de precipitação observados no Estado de Alagoas, totais diários e mensais de casos notificados de dengue no estado e Valores mensais do Índice de Oscilação Sul (IOS), Temperatura da Superfície do Mar (TSM) do Atlântico Norte e Sul, estes últimos extraídos da *Climate Diagnostics Bulletin Near Real - Time analyses Ocean/Atmosphere*, além dos dados descritos acima, tornou-se necessário à utilização de valores de precipitação prevista a partir da redução de escala de precipitação do modelo global ECHAM 4.5, para a escala regional através do modelo RSM (*downscaling*), posteriormente concluiu-se que a distribuição espacial da precipitação mensal e os casos de dengue previstos nas mesorregiões de Alagoas durante o período do estudo evidenciaram a relação existente entre essa variável meteorológica e esta doença que é transmitida por vetores que estão ligados às variações climáticas. Notou-se também que eventos extremos como La Niña, observado durante o ano de 2000, influenciam nos totais pluviométricos observados sobre o Nordeste Brasileiro como um todo, e indiretamente estão ligados na quantidade e distribuição dos casos notificados e previstos da doença. A previsão da precipitação utilizando o modelo RSM aproximou-se bastante aos valores observados sobre Alagoas durante o período de estudo, apenas em algumas localidades do Agreste e Sertão alagoano, percebeu-se uma sobre-estimação dos valores previstos. Com o intuito de analisar o erro cometido pelo modelo de previsão da distribuição espacial dos casos de dengue, foram calculados os erros cometidos na previsão utilizando-se para isso, o desvio médio previsto e observado dos casos de dengue. Concluiu-se também que o modelo utilizado para a previsão da distribuição espacial da dengue também se assemelhou a realidade observada nesta região, entretanto além das variáveis utilizadas para a elaboração da regressão múltipla, também seria conveniente a utilização de outras variáveis meteorológicas como temperatura e umidade relativa do ar para se alcançar uma melhor exatidão nas previsões futuras.

PREVISÃO DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS CASOS DE DENGUE NO ESTADO  
DE ALAGOAS A PARTIR DA PRECIPITAÇÃO OBTIDA POR MODELOS  
ATMOSFÉRICOS REGIONAIS

Autor: EDIVANIA DE ARAÚJO LIMA

Orientador: Prof. Dr. MANOEL GOMES FILHO

**ABSTRACT**

Along the times it has been registering her a narrow relationship between the climatic conditions and her interference in the man's health. It is known that a connection exists between different meteorological situations and the emergence of certain diseases as the primness, that is a disease viral of short duration, variable gravity, that it happens in the tropical and subtropical areas, where there are conditions for the development of the mosquito transmitter. The objective of this work is to establish a system that allows to foresee the space distribution of cases of primness in the State of Alagoas, for which, the forecast of the seasonal precipitation is accomplished with success by the atmospheric models. For the accomplishment of the model of forecast of the space distribution of cases of primness it was made a multiple regression using the monthly totals of precipitation observed in the State of Alagoas, daily and monthly totals of notified cases of primness in the state and monthly Values of Southern Oscillation Index (SOI), Temperature of the Surface of the Sea (TSM) of Atlântico Ocean Norte and South, these last ones extracted of *Climate Diagnostics Bulletin Near Real - Team analyses Ocean/Atmosphere*, besides the data described above, she became necessary to the use of precipitation values foreseen starting from the reduction of scale of precipitation of the global model ECHAM 4.5, for the regional scale through the model RSM (*downscaling*), later it was ended that the space distribution of the monthly precipitation and the cases of primness foreseen in the mesoregion of Alagoas during the period of the study evidenced the existent relationship among that meteorological variable and this disease that it is transmitted by vectors that are linked to the climatic variations. It was also noticed that extreme events like La Niña, observed during the year of 2000, influence in the totals pluviométricos observed on the Brazilian Northeast as a whole, and indirectly they are linked in the amount and distribution of the notified cases and foreseen of the disease. The forecast of the precipitation using the model RSM approached enough to the values observed on Alagoas during the study period, just in some places of the Rural and Interior from Alagoas, it was noticed an on-estimate of the foreseen values. With the intention of analyzing the mistake committed by the model of forecast of the space distribution of the cases of primness, the mistakes were made calculations committed in the forecast being used for that, the foreseen and observed medium deviation of the cases of primness. It was also concluded that the model used for the forecast of the space distribution of the primness resembled each other also the reality observed in this area, meantime besides the variables used for the elaboration of the multiple regression, it would be also convenient the use of another varied meteorological as temperature and relative humidity of the air to reach a better accuracy in the future forecasts.

## 1. INTRODUÇÃO

Ao longo dos tempos tem-se registrado uma estreita relação existente entre as condições climáticas e sua interferência na saúde do homem. Hipócrates no ano de 460 a 337 a.C. foi quem desenvolveu as primeiras pesquisas voltadas a esta temática. Desde que escreveu seu livro “Ares, Águas e Lugares” passaram-se quase 2300 anos até que o primeiro estudo científico dos efeitos do tempo e do clima na saúde do homem fosse publicado.

Um dos ramos da meteorologia menos explorado até o presente momento no Brasil é o que trata da influência dos parâmetros atmosférico-meteorológicos sobre o organismo dos seres vivos denominado de Biometeorologia. Ainda sim, os poucos grupos que estão trabalhando nesta direção, tem explorado muito mais essa influência sobre as plantas e os animais que sobre os seres humanos.

A fisiologia humana pode suportar a maioria das variações meteorológicas, dentro de certos limites, mas flutuações meteorológicas pronunciadas de curta duração podem causar efeitos adversos à saúde humana. O clima apresenta influência direta sobre o meio ambiente e no desenvolvimento da vida em geral. Atua sobre organismos, regula a velocidade do metabolismo influenciado principalmente pelo aumento da temperatura e umidade e conseqüentemente, estimula maior atividade das enzimas e necessidades energéticas dos organismos (Czuy, *et al.*, 1999).

O dengue é considerado a mais importante flavivirose (anteriormente chamado de arbovirose) que afeta o homem em termos de morbi-mortalidade. Acredita-se que, anualmente mais de 100 milhões de indivíduos, habitantes de 61 países tropicais de todo o mundo se infectam com este vírus (Veronesi & Focacia, 1999).

As primeiras referências sobre o dengue no Brasil são do século XIX. Mariano (1917), citado em Veronesi & Focacia (1999), menciona uma epidemia que teria ocorrido no Rio de Janeiro, em 1846. A primeira epidemia documentada clínica e laboratorialmente ocorreu em 1981, em Boa Vista, Roraima, causada pelos sorotipos 1 e 4. Porém, as epidemias vêm ocorrendo em quase todo o país desde 1986, incluindo casos de dengue hemorrágico (Veronesi & Focacia, 1999).

As causas da influência do tempo e clima sobre o organismo humano estão longe de serem totalmente conhecidas, logo é de grande relevância para a Biometeorologia a elaboração de estudos relacionando clima e saúde humana, pois, esta é uma área de crescente preocupação por parte de médicos e climatologistas, à medida que aparecem mais evidências, de que o aquecimento global, possa aumentar as possibilidades de que vetores ampliem suas áreas de influência ao propagarem vírus e outros microorganismos.

Nesta perspectiva, o objetivo deste trabalho é estabelecer um sistema que permite prever a distribuição espacial de casos de dengue no Estado de Alagoas, para o qual, a previsão da precipitação sazonal é realizada com sucesso pelos modelos atmosféricos. Tal sistema de previsão será possível a partir da redução de escala (*downscaling*) da previsão de precipitação do modelo global para a escala regional que inclui a região em estudo. Posteriormente será realizada a regressão múltipla, utilizando as condições térmicas do oceano Atlântico, os números de casos de dengue notificados no Estado e a precipitação prevista e observada em alagoas durante o período de janeiro de 2000 a dezembro de 2002.

## **2.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Clima e a saúde humana**

Segundo Bellusci (1995), citado em Sousa (2003), no século V a.C. Hipócrates, considerado o pai da medicina, sugeriu que o desenvolvimento de certas doenças no ser humano poderia estar relacionado a fatores externos ao indivíduo. Ele considerou aspectos ambientais, como estações do ano, ventos, temperatura e a presença de pântanos ou montanhas, se eram comuns a todos os lugares ou próprios de determinado lugar. E ficou constatado que a variação sazonal é importante no controle e vigilância de doenças, em especial às que dependem de vetores cuja população varia de acordo com as condições climáticas. Variações cíclicas, de caráter meteorológico, são variações irregulares que independem das estações do ano e interferem abruptamente, nas condições do tempo, favorecendo ou dificultando, a manutenção do tamanho da população. A chuva, por exemplo, pode favorecer a natalidade de uma espécie e dificultar a de outra.

De acordo com Rouquaryol (1994), no campo epidemiológico, o clima é o aspecto do ambiente físico que tem concentrado maior atenção. O clima é a resultante de toda variedade de fenômenos meteorológicos específicos, que caracterizam a situação média da atmosfera, em uma região limitada da superfície terrestre. Estudam-se os fatores climáticos para que através deles, possam ser inferidas hipóteses de casualidade quanto a agentes infecciosos, transmissores e reservatórios, e mesmo, possivelmente, quanto a algum fator de risco cuja variação na natureza dependa da variação de algum fator climático. Ainda segundo o mesmo autor, os aspectos do clima que mais influenciam a biocenese, dos seres vivos implicados no processo de transmissão de doenças são: temperatura, umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica.

A variabilidade climática, por exemplo, El Niño – Oscilação Sul, e mudanças no clima em longo prazo, desempenham um papel relevante na modificação de ocorrências e transmissão de doenças infecciosas, através de múltiplos efeitos diretos e indiretos em microorganismos patogênicos, vetores, reservatórios e hospedeiros (Colwell & Patz, 1988).

O clima apresenta uma influência direta com o meio ambiente e no desenvolvimento da vida de uma maneira geral. Atua sobre os organismos, regula a velocidade do metabolismo influenciado principalmente pelo aumento da temperatura, umidade que conseqüentemente, estimula maior atividade das enzimas e necessidade energética dos organismos (Czuy, *et al.* 1999).

Segundo Obasi (1999) e Andrade (2003), o ser humano reage fisiologicamente às condições atmosféricas, principalmente, temperatura, umidade do ar, vento e radiação solar.

Em estudos epidemiológicos, é difícil estimar o papel desempenhado pelo clima, assim como, as alterações no estado geral da saúde. Para se realizar investigações epidemiológicas, mediante dados obtidos “in situ” sobre a influência do clima na causa de enfermidades, necessita-se de um volume de informações que permitam discernir, quais efeitos percebidos se devem a fatores climáticos e não climáticos (Mc Michael & Kovats, 2000).

## 2.2. Dengue

Dengue é uma patologia causada por vírus que aparece nos trópicos, transmitido por mosquitos do gênero *Aedes* e da espécie *aegypti* e *albopictus*. A doença é notificada em mais de 100 países, onde vivem aproximadamente 2 bilhões de pessoas em risco. Anualmente, existem milhões de pessoas com infecções e, ocasionalmente, dezenas de milhares de mortes. Atualmente no mundo inteiro, a dengue é a mais importante virose transmitida por mosquitos, afetando igualmente jovens e idosos

ricos e pobres, especialmente pessoas vivendo em áreas urbanas densamente habitadas na região tropical (Organização Mundial de Saúde, 2002).

As primeiras epidemias de uma doença semelhante com o dengue, referidas na literatura, datam de 1779 em Jacarta e no Cairo. No ano seguinte, 1780, surge a primeira descrição clínica dessa enfermidade, feita por Benjamin Rush, durante uma epidemia na Filadélfia. No Século XIX e primeiras décadas do Século XX, foram registradas em diversas partes do mundo várias epidemias atribuídas ao dengue 1 e 4: Zanzibar nos anos de 1823 e 1870, Calcutá em 1824; 1825, 1871; e 1905, nas Antilhas no ano de 1827, Hong Kong em 1901, nos Estados Unidos no ano de 1922, Austrália no período de 1925 à 1926; e no ano de 1942, na Grécia entre 1927 e 1928, e no Japão durante os anos de 1942-1945 (Veronesi & Focacia, 1999).

A década de 50 é marcada por importante acontecimento na epidemiologia do dengue. É reconhecida e descrita pela primeira vez uma nova e grave entidade clínica associada ao vírus do dengue. De acordo com, Quintos e Col (1954) citados por Johnson *et.al*, (1967), relataram em Luzon (Filipinas) uma doença febril hemorrágica grave em crianças, freqüentemente fatal, que foi chamada febre hemorrágica das Filipinas. Posteriormente, em 1956, outra epidemia dessa febre hemorrágica ocorreu em Manila (Filipinas). Novamente em 1958, volta a ocorrer, agora em Bangkok e proximidades (Tailândia), epidemia semelhante, febre hemorrágica da Tailândia (Pontes & Rufino Netto, 1994).

Progressos importantes no estudo do dengue ocorreram durante a Segunda Guerra Mundial, em epidemias no oceano Pacífico, as quais, muitas vezes, acometeram simultaneamente soldados japoneses e norte-americanos (Veronesi & Focacia, 1999).

Segundo a Secretaria Nacional de Saúde no ano de 2004 foram notificados 32.048 casos em todo o Nordeste Brasileiro, esses valores representam uma redução de 81,4% quando comparados ao ano de 2003. Os estados com maior número de casos são: Alagoas com 6.547 casos, Bahia com 6.276 casos, Pernambuco com 5.819, Ceará com 3.088 casos (confirmados), Rio Grande do Norte com 3.142. O Estado de Alagoas apresentou o menor percentual de redução no número de casos (34,05%), registrou 11 casos de FHD com um óbito. Os municípios de Maceió, Palmeira dos Índios, Rio Largo e Santana do Ipanema concentraram 64 % dos casos.

### 2.2.1 Etiologia e relação agente - hospedeiro

A dengue é uma doença viral de curta duração, gravidade variável, que ocorre nas áreas tropicais e subtropicais, onde há condições para o desenvolvimento do mosquito transmissor. Apresenta-se sob as formas de Febre do Dengue Clássico (FDC) e Febre Hemorrágico do Dengue (FHD)/Síndrome de Choque do dengue (SCD). São conhecidos 4 sorotipos de vírus causadores do dengue como 1, 2, 3 e 4, identificados apenas em laboratório. A etiologia viral do dengue foi determinada em 1906, quando Ashburn e Craig encontraram um agente infeccioso filtrável em sangue humano. Bancroft descreveu a transmissão do dengue pelo *Aedes aegypti* em 1906. Posteriormente, Siler et al., (1926) e Simmons et al., (1931) citado em Pontes & Rufino Netto, (1994) conseguiram transmitir a doença em voluntários. Importantes investigações realizadas por Sabin e Schlesinger, durante a Segunda Guerra Mundial, resultaram no isolamento dos dois primeiros sorotipos do vírus do dengue, em 1944 - os sorotipos 1 e 2. Na década de 50, Hammon et al, citado em Pontes & Rufino Netto, (1994), isolaram mais dois sorotipos (os sorotipos 3 e 4) quando estudavam a epidemia de dengue hemorrágico ocorrida em Manila (Filipinas), em 1956.

O agente etiológico do dengue é representado por um complexo de quatro sorotipos de vírus da família Flaviviridae, gênero *Flavivirus*, todos causando a mesma síndrome clínica: são eles o Dengue-1 (Den-1), Dengue-2 (Den-2), Dengue-3 (Den-3) e Dengue-4 (Den-4). Cada um desses sorotipos possui várias cepas diferentes difundidas na mesma região ou em diversas partes do mundo (Pontes & Rufino Netto, 1994).

O dengue manifesta-se como uma enfermidade infecciosa aguda caracterizada por um amplo espectro clínico que varia desde formas de infecção assintomática ou febre indiferenciada, até as graves formas de hemorragia e/ou choque. Os casos típicos do dengue podem ser agrupados em duas categorias principais (Veronesi & Focacia, 1999).

Febre do Dengue Clássico (FDC): o quadro clínico pode ser muito variável, geralmente a primeira manifestação é a febre (39° a 40°C), de início abrupto, seguido de cefaléia, prostração, artralgia (dor nas articulações), anorexia (perda de apetite), astenia, dor retroorbital, náuseas, vômitos, exantema e prurido cutâneo. Pode ocorrer, ocasionalmente hepatomegalia dolorosa. Alguns aspectos podem estar relacionados com a idade do paciente. A dor abdominal generalizada pode ocorrer, principalmente nas

crianças; os adultos podem apresentar pequenas manifestações hemorrágicas como: petequias, epistaxe, gengivorragia, sangramento gastrointestinal, hematuria e metrorragia. A duração da doença varia de 5 a 7 dias, geralmente com o desaparecimento da febre ocorre a regressão dos sinais e dos sintomas, podendo ainda persistir a fadiga (Souza *et. al* 2002).

Febre do Dengue Hemorrágico (FDH)/ Síndrome de choque do dengue - SCD. Os sintomas iniciais são semelhantes aos do dengue clássico, porém rapidamente evoluem para manifestações hemorrágicas; os casos típicos da FHD são caracterizados por febre alta, fenômenos hemorrágicos e insuficiência circulatória (Souza *et. al* 2002).

O vírus do dengue persiste na natureza mediante o ciclo de transmissão homem-mosquito-homem. Esse período de transmissibilidade da doença compreende dois ciclos: um intrínseco ao homem que ocorre enquanto houver a presença do vírus no organismo – um dia antes do aparecimento da febre até o sexto dia após o início dos sintomas e um ciclo extrínseco, que ocorre no vetor – tempo decorrido entre a infecção do *Aedes* e o momento no qual ele é capaz de infectar pessoas, a partir da picada, este ciclo é de 8 a 12 dias (Morais, *et. al.* 1996; Patz, *et. al.*, 1996).



Figura 1: Mosquito *Aedes aegypti*. Fonte: Instituto Virtual do dengue no Estado do Rio de Janeiro.

O *Aedes aegypti* é provavelmente originário da África, região da Etiópia, acreditando-se que tenha sido introduzido na América em época precoce da colonização, por meio das embarcações provenientes daquele continente. Distribuiu-se amplamente nas regiões tropicais e subtropicais do globo terrestre, principalmente entre os paralelos 45° de latitude norte e 35° de latitude sul, não se adaptando bem a grandes altitudes. Trata-se de um mosquito de hábitos essencialmente doméstico e dotado de grande antropofilia, embora

existam subespécies com alguma afinidade por ambientes silvestres. Seu habitat está intimamente ligado às condições domiciliares ou peridomiciliares a ele ofertadas pelo modo de vida das populações humanas. Sua preferência pelos depósitos artificiais como local de oviposição, faz com que a concentração populacional advinda com a urbanização, ao lado da larga utilização moderna de recipientes artificiais, seja fator determinante na sua crescente proliferação nos centros urbanos das regiões tropicais e subtropicais do planeta. Várias outras características biológicas do *Aedes aegypti* têm importância na densidade populacional desse vetor. Dentre as principais delas está a influência favorável das temperaturas mais elevadas e das precipitações pluviométricas abundantes. Os ovos constituem-se a principal forma de resistência do *Aedes aegypti*, podendo permanecer viáveis por cerca de um ano. O período de vida do mosquito adulto é de poucas semanas, podendo chegar a 45 dias, a longevidade segundo Consoli e Oliveira (1994), depende de fatores intrínsecos e extrínsecos. Os fatores extrínsecos mais determinantes são temperatura, umidade e disponibilidade de carboidratos adequados para a nutrição do mosquito. O tempo transcorrido entre a eclosão do ovo e a forma adulta, em condições favoráveis varia em torno de 10 dias (Pontes & Rufino Netto, 1994).

Segundo Veronesi & Focacia, (1999), nem todo mosquito *Aedes aegypti* transmite o vírus do dengue, é necessário que o mesmo esteja contaminado. A contaminação se dá por fêmeas do mosquito *Aedes aegypti* que ao se alimentarem de sangue para suprir necessidades protéicas da oviposição, infectam-se picando indivíduos virêmicos. Os vírus do dengue multiplicam-se no aparelho digestivo do mosquito disseminando-se por diferentes tecidos do inseto. A chegada do vírus às glândulas salivares, após um período de incubação (7 a 11 dias), determina o início da transmissão viral pelo mosquito, que passa a transmiti-lo por toda a vida.

Outra forma importante de transmissão que ocorre entre os mosquitos é transovariana. Os *Aedes* podem transmitir os vírus do dengue de forma transovariana, diretamente para a prole. A transmissão transovariana, mesmo em baixos níveis, poderia manter os vírus durante estações secas ou frias, quando os mosquitos adultos ou reservatórios estão em menor número (Veronesi & Focacia, 1999).

O *Aedes aegypti* tem sua densidade populacional diretamente influenciada pela presença de chuvas, podendo manter uma população considerável durante as estações menos chuvosas, devido aos criadouros semipermanentes (latões, pratos de vasos, pneus,

etc), mas é durante a estação chuvosa que sua população alcança níveis elevados (Czuy, 1999).

A proliferação desse vetor ocorre em água limpa e acumulada de alguma maneira. Pode-se constatar que essas águas são pobres em matéria orgânica, em decomposição e em sais e, geralmente, devem estar em locais sombreados para provocar o aumento significativo desses mosquitos (Czuy, 1999).

Os criadouros preferenciais do *Aedes aegypti* são os recipientes artificiais, tanto aqueles abandonados pelo homem a céu aberto e preenchidos pelas águas das chuvas, como aqueles utilizados para armazenar água para uso doméstico. Também são encontrados em recipientes naturais como bambu, buracos em árvores, e bromélias (Consoli & Oliveira, 1994).

### 2.2.2 Condições climáticas e o dengue

Nos países tropicais, as epidemias de dengue costumam ocorrer no verão, quando o calor úmido acelera a ovoposição e aumenta a voracidade do mosquito (Veronesi & Focacia, 1999).

Glasser (1997) constatou que quanto menor a temperatura, mais lento é o processo de expansão da espécie *Aedes aegypti*. Através de análise fatorial, verificou-se que o principal fator determinante da ocorrência de fases imaturas do mosquito é aquela que leva em consideração os fatores meteorológicos. Nos meses que foram verificados maiores índices de umidade relativa do ar, ou logo após estes, foram notados as maiores médias de números de criadouros positivos. As temperaturas máximas e mínimas tiveram suas médias em torno de 30.4°C e 20.3°C, respectivamente, acredita-se que apenas os extremos tenham o efeito diferenciado sob populações de larvas. Contudo, deve ser levado em consideração que o *Aedes aegypti* pode reproduzir-se dentro das residências, e que mesmo nos períodos com menor pluviosidade, pode-se encontrar no intro-domicílio um ambiente propício para o desenvolvimento de larvas do mosquito (Souza, 1999). Ainda segundo o mesmo autor, nos meses de verão os fatores climáticos são responsáveis pela ocorrência das fases imaturas do *Aedes aegypti*.

Segundo Glasser e Gomes (2002), a temperatura tem influência direta na distribuição geográfica de populações vetores de doenças, permitindo estabelecer limites para a ocorrência de espécies como o *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*.

De acordo com Medronho (1995), Instituto Europeu de Medicina (2000) e O Povo (2002), as epidemias em áreas urbanas, freqüentemente começam durante as estações chuvosas, quando o vetor existe em maior quantidade. Nos países de clima Tropical, o acúmulo de água em reservatórios durante os períodos sem chuvas, associado à ocorrência de temperaturas elevadas, torna favorável a reprodução do vetor.

Os modelos preditivos para a transmissão do dengue têm enfatizado a importância da temperatura, precipitação, umidade relativa do ar e radiação solar sobre a distribuição do *Aedes aegypti*, e na ocorrência de surtos de dengue, sendo que a temperatura e as chuvas são considerados os fatores climáticos mais importantes para esses modelos (Koopman *et. al.*, 1991; Hoop & Foley, 2001).

Bouma *et. al.* (1997); Epstein (2000), em estudo sobre a interação de fatores climáticos e a incidência de doenças transmitidas por vetores, considerando-se a influência das variáveis climáticas nos diferentes períodos do ciclo de vida do vetor e do patógeno, observaram que as doenças infecciosas transmitidas por vetores principalmente insetos e roedores, são muito sensíveis às condições de temperatura, umidade do ar, precipitação e vento. Os patógenos responsáveis pelas doenças são também sensíveis ao clima.

Segundo Sabbatini (1997), temperaturas mais elevadas, associadas a uma maior umidade do ar, aumentam consideravelmente o número de mosquitos transmissores de doenças. Cowell & Patz (1998), Epstein (2000) apud Sousa (2003), afirmam que doenças transmitidas por vetores como Dengue e Malária, são doenças susceptíveis as condições meteorológicas e conseqüentemente tem suas taxas de distribuição e transmissão sazonais, afetada pelas flutuações dos fatores climáticos.

### 2.2.3. Dengue nas Américas

Segundo Pontes e Rufino Netto (1994), nas Américas, o dengue como entidade clínica é conhecido há pelo menos 200 anos. A primeira pandemia registrada na região, tomando como referência critérios clínicos e epidemiológicos, ocorreu nas Antilhas-Golfo do México-Atlântico, em 1827-28. A partir daí, até a década de 1950,

várias outras se sucederam na mesma área, intercaladas por longos anos de silêncio: pandemias de 1850-51, 1879-80, 1897-99, 1905-07, 1922, 1934-38, 1941-46. Depois da década de 50 até os dias atuais, observou-se intensificação da atividade do dengue no continente americano, verificando-se intervalos mais curtos entre os períodos pandêmicos, e o envolvimento de novas áreas geográficas anteriormente não atingidas, como a América do Sul: são momentos de grande atividade epidêmica nesse espaço de tempo, por exemplo, os anos de 1963-64, 1968-69, 1977-80, 1981-82, 1986-91, 27,31 (Pontes & Rufino Netto, 1994).

O advento de técnicas laboratoriais de identificação, a partir da década de 50, possibilitou a realização de estudos a respeito da circulação dos diversos sorotipos do vírus do dengue nessa área. Assim, nas Antilhas, foi identificado o sorotipo 2 em Trinidad (1952). Estudos sorológicos retrospectivos mostraram que houve circulação desse sorotipo no Panamá em 1941-42. Na década de 60, isolou-se o sorotipo 3 em Porto Rico (1964-65). Até a década de 70 apenas esses dois sorotipos tinham circulado na região (Pontes & Rufino Netto, 1994). Ainda segundo o mesmo autor o aspecto mais relevante da epidemiologia do dengue nas Américas, nos anos mais recentes, foi a ocorrência do primeiro processo epidêmico de DH/SCD na região, em Cuba, no ano de 1981. Cuba estivera livre do dengue desde 1945 até 1977, quando foi atingida pela pandemia que ocorreu nas Antilhas, a partir da introdução do sorotipo 1 naquela área. Foram registrados em Cuba, na ocasião, perto de meio milhão de casos de dengue clássico.

O aparecimento de epidemias de DH/SCD nas Américas sugere que o dengue esteja evoluindo nesse continente tal como o fez na região asiática a partir da década de 50. De fato, observa-se no Continente Americano a circulação simultânea de vários sorotipos virais, a ocorrência endemo-epidêmica do dengue clássico em um número crescente de países, a intensificação da infestação por *Aedes aegypti* nos centros urbanos, o surgimento das primeiras epidemias de DH/SCD, circunstâncias também verificadas nos países do sudeste asiático nos anos 50 (Pontes & Rufino Netto, 1994).

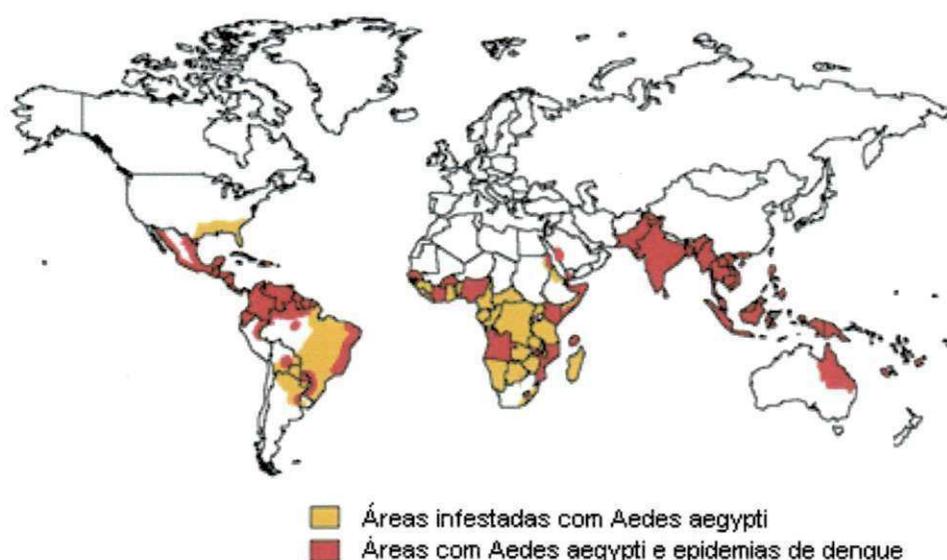


Figura 2: Distribuição mundial de localidades infestadas com *Aedes aegypti* e dengue. Fonte: Instituto Virtual do dengue no Estado do Rio de Janeiro.

#### 2.2.4. Dengue no Brasil

No Brasil as primeiras referências são do século XIX. Mariano (1917), citado em Veronesi & Focacia (1999). A doença era denominada *polka* por causa dos trejeitos característicos de uma dança típica do continente Africano. Provavelmente epidemias de dengue assolaram o Rio de Janeiro por mais de uma vez durante o século XIX, também teria ocorrido no Nordeste e no Sul do País (Veronesi & Focacia, 1999).

No Brasil, o *Aedes aegypti* é o principal vetor encontrado devido a sua antropofilia, condições ambientais e, sobretudo seus hábitos domésticos (domiciliares e peridomiciliares). A campanha brasileira de erradicação do *Aedes aegypti* começou com Emílio Ribas em 1903 e Oswaldo Cruz em 1904, com o intuito de combater a febre amarela. Provavelmente, esta é a razão para a ausência de surtos de dengue no Brasil entre 1923 e 1981 (Veronesi & Focacia, 1999).

O reaparecimento do *Aedes aegypti* no Brasil, provavelmente está ligado com o reinício das epidemias de dengue no país. O primeiro sinal de reinfestação pelo mosquito foi observado em Belém, em 1967. Posteriormente, em 1976, o *Aedes aegypti* foi detectado em Salvador e, em 1977, no Rio de Janeiro (DEN-1). A partir do Rio de Janeiro,

o dengue do tipo 1 espalhou-se pelo Nordeste com epidemias em Alagoas, em junho de 1986, e Ceará, em setembro de 1987 e posteriormente em Pernambuco e Bahia (Biosaúde, 2004).

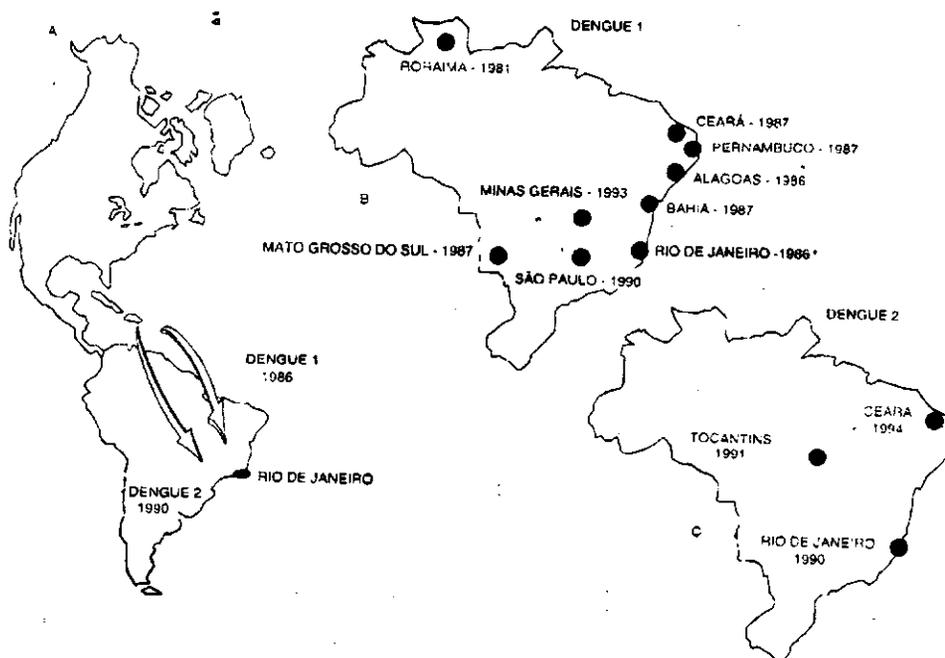


Figura 3: Introdução dos vírus do dengue tipos 1 e 2 no Brasil e sua disseminação pelo país. Fonte: Veronesi, *et al.*, 1999.

Merece referência especial nessa seqüência de eventos, pelo seu significado epidemiológico, o isolamento em 1990, pela primeira vez no Brasil, do sorotipo 2 do dengue, no Estado do Rio de Janeiro. A introdução desse sorotipo provocou a primeira epidemia de dengue hemorrágico no país, no mesmo Estado, em 1990-91. Além do Rio de Janeiro, também se verificou a circulação do sorotipo 2 nos estados do Tocantins e Alagoas. Atualmente existe transmissão de dengue em 20 Estados, com circulação simultânea dos sorotipos DEN- 1 e DEN- 2 em 14 deles (Veronesi & Focacia, 1999).

De acordo com a FUNASA (2002), no Brasil o dengue apresenta variação sazonal com maior incidência de casos nos primeiros cinco meses do ano, que corresponde ao período mais quente e úmido, típico dos climas tropicais.

Em estudo realizado nos anos de 1995 e 1996 na cidade de Salvador-Ba foi observada duas ondas epidêmicas de dengue de grande magnitude, geradas pela densidade e dispersão do *Aedes aegypti*. Estas ondas epidêmicas iniciaram-se no mês de dezembro,

sugerindo que a circulação viral está estreitamente relacionada com o início da estação mais quente do ano e que a transmissão do agente pode ter sido iniciada meses antes de ser detectada pela Vigilância Epidemiológica (Teixeira, *et. al.*, 2001).

Similar ao estudo citado anteriormente, Sousa (2003), realizou pesquisa para as cidades de Campina Grande e João Pessoa (localizadas no estado da Paraíba), e observou que durante os meses de março a maio ocorreu uma maior incidência de dengue; neste período ocorre a estação chuvosa para as duas localidades, e as temperaturas médias mensais estão com valores mais elevados. Conforme o mesmo autor, o mês mais crítico, no qual se verificou uma maior incidência da doença, foi o mês de abril com 410 casos para cada 10.000 habitantes. A partir de maio, mês em que as temperaturas de forma geral começam a diminuir mais sensivelmente e a umidade relativa do ar continua aumentando, o número de casos incidentes da doença começa a declinar.

#### 2.2.5. Dengue em Alagoas

Atualmente em Alagoas, existem os vírus 1, 2 e 3. O tipo 3 é um novo vírus que deixa a população que já teve dengue pelos vírus 1 e 2, susceptível à forma hemorrágica, ao contraí-lo. Segundo informações do Projeto de Vigilância Epidemiológica (PROVEP), da SESAU, atualmente 60% da área geográfica de Alagoas está sob controle, ou seja, com um índice de infestação predial pelo *Aedes* abaixo de 1%, considerada de baixo risco para a dengue. Um total de 32 municípios apresenta médio risco, por ter uma infestação predial de 1% a 3%, situação em que podem surgir surtos controláveis da doença e 10 municípios têm alto risco para dengue, com infestações acima de 3%. Nesse caso, há elevadas possibilidade de ocorrerem epidemias (FUNASA, 2002).

A tabela abaixo mostra o histórico de casos confirmados no estado de Alagoas, onde estão expostas as frequências por ano da notificação e o mês da notificação, no período compreendido de janeiro de 1998 a dezembro de 2003.

Tabela 1: Casos de dengue confirmados em Alagoas (1998-2003).

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1998	92	94	364	891	682	693	252	125	23	37	34	40	3.327
1999	45	24	70	38	97	91	51	10	15	19	16	32	508
2000	13	32	131	170	120	51	32	21	22	13	12	13	630
2001	113	108	271	718	50	35	31	32	36	24	26	18	1.462
2002	156	776	1.693	1.133	617	384	342	164	119	85	79	112	5.660
2003	117	212	228	413	1.061	1.212	896	266	230	234	156	106	5.131

Fonte: Secretária de Vigilância Epidemiológica de Alagoas.

### 2.3. Regime pluviométrico do Nordeste do Brasil

A precipitação é a variável meteorológica mais importante nos trópicos. Apesar da simplicidade de sua medida, é uma das variáveis mais difíceis de serem observadas com acurácia, uma vez que apresenta erros instrumentais, de exposição e localização (Molion & Bernado, 2002).

Por ser uma região de grande extensão territorial, o NEB está sujeito a diferenciados regimes de precipitação, onde se encontra sobre o mesmo, uma alta variabilidade climática, no qual pode se observar o clima semi-árido, no interior da região, com valores acumulados de precipitação inferiores a 500 mm/ano e o clima chuvoso, definido principalmente na costa leste com valores acumulados de precipitação superiores a 1500 mm/ano (Kousky & Chu, 1978), e no litoral norte da região com totais acumulados variando de 1000 a 1200 mm/ano (Hasternrath & Heller, 1977).

A variabilidade interanual da distribuição das chuvas sobre o Nordeste Brasileiro, tanto em nível espacial como temporal está diretamente relacionada com as configurações, em grande escala, da circulação atmosférica e oceânica sobre os trópicos. Alguns dos fenômenos climáticos observados e que apresentam influência na região relacionam-se com a interação oceano-atmosfera (El Niño, La Nina, Dipolo do Atlântico) (Lacerda, *et al.*, 1996).

Do ponto de vista climatológico um importante aspecto que difere as sub-regiões que compõem o NEB de outras regiões tropicais, é a alta variabilidade de chuvas

(Namias, 1972; Kousky, 1979; Moura & Kagano, 1982; Hastenrath, 1984) citado em Figueredo (2002). Em parte essa alta variabilidade é explicada pela forma como os regimes pluviométricos distribuem-se no NEB influenciados pelas correntes atmosféricas e, conseqüentemente, pela atuação das massas de ar.

As três principais fontes para as massas de ar que afetam a América do Sul e que tem influência no clima do NEB, e conseqüentemente em Alagoas, de acordo com a classificação de Nimer (1979) e Barry & Chorley (1987) são: oceano Atlântico sul (massa de ar Tropical Marítima); Zona equatorial (massa de ar Equatorial Continental e massa de ar Equatorial Marítima) e continente Antártico (massa de ar Polar).

### 2.3.1. Massas de ar atuantes no NEB

Com relação à costa leste do NEB, onde se situa o Estado de Alagoas, a massa de ar Tropical Marítima (mTm), forma-se sobre os oceanos Atlântico sul e do Pacífico sul. É formada por duas camadas: uma inferior fria e úmida, e outra superior, quente e seca. A umidade que se acumula na parte inferior da mTm dá origem a formação de nuvens do tipo Cumulus, provocando poucas chuvas. Essa mesma formação de nuvens também é observada à medida que a massa desloca-se sobre o continente, desta forma associada à orografia. A massa Tropical Marítima domina o setor leste do Nordeste Brasileiro. Segundo Strang (1972), 50% da precipitação anual que ocorre no NEB de maio a julho, tem origem da mTm.

A massa de ar Equatorial Marítima (mEm) é resultante da convergência dos Alísios, ocorrendo sobre os oceanos Atlântico e Pacífico. No oceano Atlântico, desloca-se ao longo do ano atingindo latitudes de até 8°S no verão, influenciando, deste modo, na distribuição de chuvas em grande parte do NEB. No inverno retorna ao Hemisfério Norte (HN), atuando inclusive sobre o extremo norte do continente sul-americano (Vianello & Alves, 1991).

Os máximos de precipitação originados da mEm, ocorrem durante o outono, enquanto os menores índices ocorrem na primavera. Este regime de chuvas é o principal responsável pelas chuvas que afetam o setor norte do NEB (Tenório, 1989).

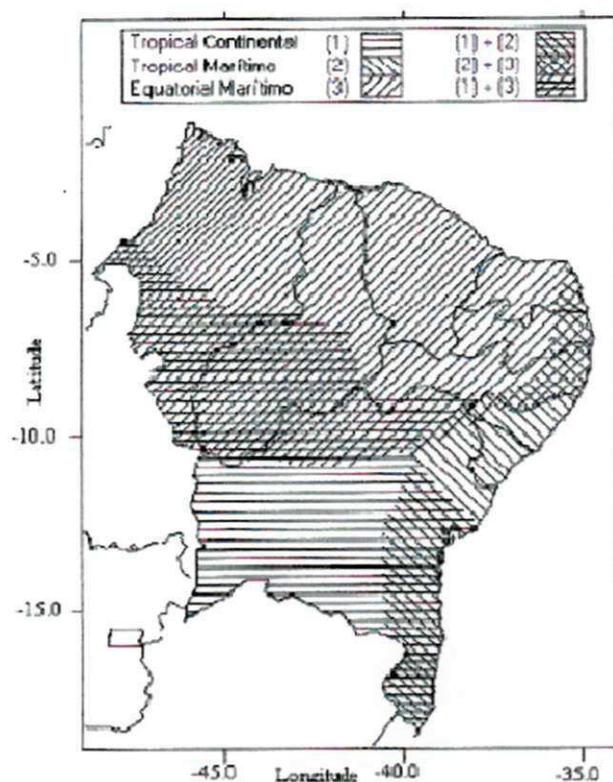


Figura 4: Distribuição dos Regimes pluviométricos no NEB. Fonte: Strang, 1972 e Tenório, 1989.

Já a massa de ar Equatorial Continental (mEc), que também afeta o NEB, origina-se sobre a imensa área vegetada da bacia Amazônica (Vianello & Alves, 1991). Durante o verão, quando o anticiclone semi-estacionário do Atlântico sul se desloca em direção oeste o ar úmido move-se para leste e sudeste, penetrando na parte sudoeste do NEB.

A massa de ar Polar Marítima (mPm) está relacionada aos anticiclones migratórios localizados na região sub-antártica. De acordo com Vianello e Alves (1991), essa massa de ar é originariamente muito estável em virtude dos mecanismos de subsidência associados, entretanto, ao deslocar-se para o norte ou nordeste a inversão desaparece passando a ser instável. Sua maior intensidade no inverno faz com que nesta estação desempenhe maior destaque, uma vez que suas incursões atingem latitudes baixas. Normalmente a penetração da mPm está associada à formação de frentes frias em latitudes médias, entretanto, Kousky (1979), observou que quando as condições são favoráveis os

sistemas frontais ou seus “restos”, que atingem o sul da Bahia, podem influenciar o regime de chuvas no norte e leste do NEB.

#### 2.4. Condições térmicas dos oceanos e sua interação com a precipitação no NEB

Estudos já realizados evidenciam o papel dos oceanos na variabilidade climática. Isto é um indicativo muito forte de que, em um longo prazo, as circulações oceânicas influenciam fortemente a distribuição horizontal de calor nos oceanos, e conseqüentemente, o gradiente vertical de temperatura do ar, devido à interação termodinâmica oceano-atmosfera. Desta forma, os oceanos desempenham um papel fundamental na variabilidade climática de muitas regiões do globo (Silva, 2000).

Markham & Maclain (1977) citados em Lucena (2001), apresentaram evidências observacionais de uma possível relação entre as anomalias de TSM sobre o Atlântico Intertropical e as precipitações sobre o NEB. Ainda segundo os autores, há uma relação entre a TSM no Atlântico sul e a precipitação em Fortaleza e Quixeramobim, ambas no estado do Ceará, localizadas na parte mais ao norte do NEB. O mecanismo dinâmico sugerido por eles é que a TSM afeta a altura da camada de inversão dos ventos Alísios, a altura da camada úmida, com a conseqüente variação na precipitação e na liberação do calor latente de condensação para atmosfera modificando a circulação. Os resultados deles também sugerem uma associação entre TSM abaixo do normal no Atlântico sul (precipitação abaixo do normal em Fortaleza e Quixeramobim) e o fenômeno ENOS. De acordo com esses autores, metade da precipitação do período de janeiro a março em Fortaleza pode ser prevista usando a TSM média de dezembro do ano anterior no Atlântico sul.

De acordo com Rao, *et al.* (1993), um importante parâmetro que influencia na variação interanual de precipitação sobre o leste do NEB é a TSM do Atlântico sul. Eles observaram uma correlação positiva entre as anomalias de TSM do Atlântico sudeste com a precipitação no leste do NEB para os meses de janeiro, fevereiro, março e abril.

### 2.4.1. Dipolo do oceano Atlântico

As condições oceânicas e atmosféricas sobre as águas da bacia do oceano Atlântico Tropical tendem a influenciar substancialmente a variabilidade interanual do clima sobre o continente Americano (Hastenrath & Heller, 1977; Chu, 1984). Sobre o Brasil as regiões mais influenciadas fortemente pela circulação oceânica e atmosférica do Atlântico Tropical são o leste da Amazônia (Molion, 1987; Molion, 1993) e a região do NEB (Namias, 1972; Alves *et al.*, 1993; Nobre & Shukla, 1996).

A presença de um dipolo norte-sul no Atlântico Tropical norte e sul foi estudado por Moura e Shukla (1981), Nobre e Shukla (1996) entre outros, observaram que uma vez as águas do Atlântico norte apresentam anomalias positivas de temperatura e as do Atlântico sul anomalias negativas configura-se o Dipolo Positivo, ocorrendo o inverso, configura-se o Dipolo Negativo.

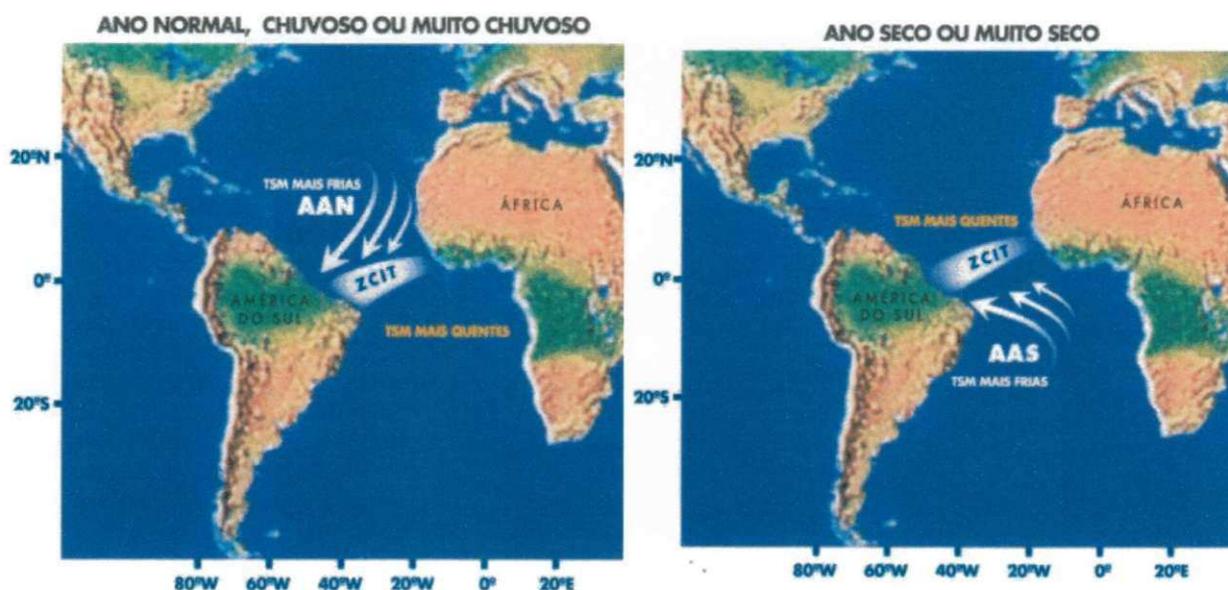


Figura 5: (a) Dipolo Positivo do Oceano Atlântico. (b) Dipolo Negativo do Oceano Atlântico. Fonte: IPA

O dipolo é a variabilidade térmica de larga escala, que ocorre entre as bacias oceânicas do Atlântico norte, com centro aproximadamente a 15°N e 45°W e bacia Sul, aproximadamente a 5°S e 15°W. Sua caracterização se dá pelo aparecimento de um padrão de anomalias de temperatura da superfície do mar (TSM), configurado pelo sinal oposto sobre um gradiente térmico no sentido norte/sul, abrangendo um campo inter-hemisférico

com predominância no hemisfério Sul no período de outono (março – abril - maio) (Silva, 2000).

Mudanças na célula de Hadley, com movimentos ascendentes ou subsidentes sobre o NEB estariam associados a variações de precipitação. No dipolo positivo haverá déficit de precipitação, enquanto no dipolo negativo ocorre chuvas acima da média em diversas localidades do Nordeste Brasileiro.

Segundo Hastenrath (1984), a variabilidade interanual dos ventos e da TSM na bacia do oceano Atlântico seria formada através do ciclo anual do aquecimento solar.

Hastenrath e Heller (1977), sugeriram que o prognóstico do comportamento da pluviometria em períodos chuvosos extremos no nordeste pode ser possível a partir de sinais antecedentes no Atlântico, de aproximadamente 6 meses.

Um grande número de trabalhos científicos utilizando análises observacionais e estatísticas (Lough, 1986; Servain, 1991; Ward & Folland, 1991; Nobre, 1993, Hastenrath & Greischar, 1993; Uvo *et al.*, 1994) citados em Souza e Nobre (1998), bem como simulações numéricas obtidas com Modelos de Circulação Geral da Atmosfera (MCGA) (Moura & Shukla, 1981; Carton *et al.*, 1995; Huang & Shukla, 1996), reportaram evidências de que o Dipolo é o modo de variabilidade oceano-atmosfera de grande escala mais importante sobre a bacia do Atlântico Tropical, durante os meses do outono austral.

As análises observacionais conduzidas por Hastenrath (1976); Hastenrath & Heller, (1977) e Hastenrath (1978), foi uma das primeiras tentativas de se investigar as configurações da circulação atmosférica sobre o Atlântico Tropical, concomitante com os eventos climáticos regionais extremos (secas e enchentes) observados sobre as regiões da América Central, Caribe e o NEB, resultaram na descoberta do importante modo de variabilidade oceano-atmosfera dominante no Atlântico Tropical, o qual é conhecido na literatura atual como Padrão Dipolo.

Moura & Shukla, (1981) citados em Souza & Nobre (1998), utilizando um MCGA (com resolução espacial de 4° x 5° de latitude-longitude e 9 níveis na vertical), integrado por 3 meses com a condição de contorno inferior dada pelo campo de TSM em configuração de Dipolo, encontraram resultados que levaram os autores a postularem a existência de uma circulação anômala termicamente direta, no sentido meridional, com movimento anômalo ascendente sobre a região, contendo TSM anormalmente positiva

(Fonte de calor) e em contra partida, movimento anômalo descendente sobre a região, contendo TSM anormalmente negativa (Sumidouro de calor).

O padrão inverso de anomalias de TSM característico do Dipolo gera a manifestação de um gradiente térmico meridional e inter-hemisférico nos baixos níveis troposféricos sobre o Atlântico Equatorial (Wagner, 1996). Esse gradiente térmico, agindo em conjunto com os padrões anômalos de vento e pressão à superfície, influencia a intensidade e migração norte-sul da ZCIT sobre o Atlântico Tropical (Nobre, 1993; Nobre & Shukla, 1996) e, portanto, influenciam o clima e a distribuição espacial e temporal da precipitação de algumas áreas continentais adjacentes, tais como: as regiões do Sahel (Parker *et al.*, 1988) e Ghana (Ankomah & Cordery, 1994) localizadas na África e ainda, o leste da Amazônia (Alves & Repelli, 1994; Nobre & Shukla, 1996) e a região do NEB (Hastenrath & Heller, 1977).

O propósito de falar-se sobre o dipolo do Atlântico é observar sua correlação com os totais pluviométricos observados sobre a região do NEB, possibilitando posteriormente a previsão espacial de casos de dengue em Alagoas, que é o objetivo deste trabalho.

#### 2.4.2. Oscilação Sul

O NEB é uma das regiões no mundo em que se observa uma marcante variabilidade interanual da pluviometria associada aos baixos (mais freqüentemente) e elevados totais anuais pluviométricos. As existências dessas anomalias pluviométricas estão relacionadas a complicados mecanismos gerais de circulação dos ventos no planeta pela interação oceano-atmosfera (Figueredo, 2002). O mais importante é composto pelas áreas de baixa e alta pressão atmosférica no oceano Pacífico Equatorial, descrito por Walker (1923, 1924, 1928) citado em Figueredo (2002).

O conhecimento científico a respeito da circulação geral da atmosfera, sugere que o fenômeno denominado de Oscilação sul (OS), está relacionada com as anomalias de precipitação em várias regiões tropicais, A “OS” é uma flutuação na Pressão ao Nível do Mar (PNM) entre a alta subtropical do oceano Pacífico Sul e a baixa em uma faixa do oceano Índico, que vai desde a África até o norte da Austrália (Filho Melo, 2000).

Segundo Trenberth, (1976), o sinal desse fenômeno varia na escala temporal de alguns meses a alguns anos (2 a 7). Este sinal pode ser evidenciado em vários campos meteorológicos e oceanográficos por um índice de Oscilação Sul (IOS). O mesmo autor conceituou a Oscilação Sul como sendo uma mudança na intensidade da célula de Walker. Posteriormente, Stoeckenius (1981), confirmou este fato, observando que as mudanças da célula de Walker na troposfera tropical ocorre em fase com as mudanças da Oscilação sul, ao estudar as anomalias anuais e sazonais da precipitação nos trópicos.

O Índice de Oscilação Sul (IOS) é a medida da variação da OS. Este índice é identificado por meio da diferença entre a PNM em Tahiti (17° 33' S; 149° 31' W) e Darwin (12° 20' S; 130° 52' E), que se localizam na região acima mencionada (Varejão, 2001), e geralmente é normalizado pelo desvio padrão.

$$IOS = \Delta P_{TAHITI} - \Delta P_{DARWIN}$$

Assim, sendo quando a PNM em Tahiti apresenta anomalias negativas e em Darwin positivas, o IOS é negativo (Figura 6), logo a atmosfera está sob a influência do fenômeno El Niño, a pressão tende a valores mais baixos no Pacífico e aumenta no restante da região tropical. Os valores baixos da pressão, o aumento da evaporação no Pacífico e a mudança dos ventos Alísios aumentam os movimentos ascendentes, formam mais nuvens e produzem mais chuva. Os movimentos ascendentes acelerados e o calor latente de condensação (liberado no processo de formação das nuvens) modificam a circulação geral (Walker), causando movimentos descendentes anômalos em outras partes da atmosfera tropical, principalmente no sentido zonal. Esses movimentos descendentes inibem a formação de nuvens e reduzem a precipitação (com secas em eventos moderados a fortes), como no caso do norte do Nordeste do Brasil e da Indonésia. Nas regiões extra-tropicais, a circulação da atmosfera (corrente de jato) também é alterada, causando o fenômeno de bloqueio e mudando a trajetória e intensidade dos sistemas frontais, causando mais chuvas (e enchentes nos episódios moderados e fortes), como no caso do Sul do Brasil (Aragão, 1987).

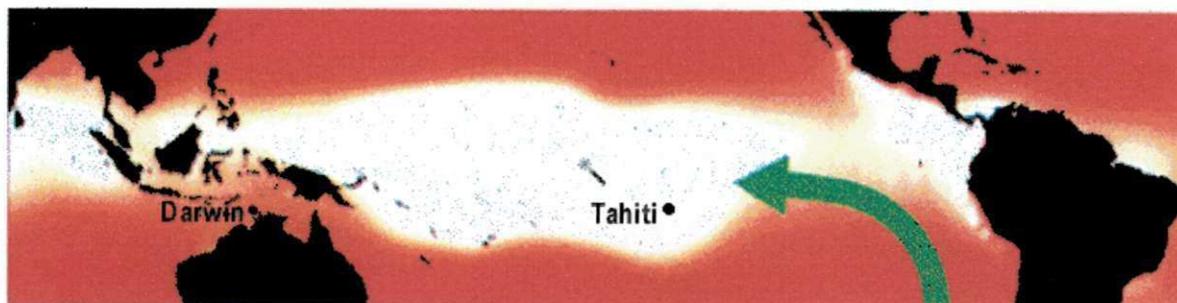


Figura 6: Representação esquemática da circulação na fase negativa do Índice de Oscilação Sul. Fonte: Secretária de Recursos Hídricos da Bahia.

A fase positiva da Oscilação Sul (condições normais e/ou La Niña, Figura 7) ocorre quando a pressão atmosférica é maior no Pacífico Sudeste (perto e leste do Tahiti) do que a pressão no norte da Austrália (oeste e perto de Darwin). A diferença da pressão nessas duas localidades (leste - oeste) ao longo do equador faz com que o ar da superfície flua para o oeste, como indicado pela seta longa, Figura 7. Essas condições proporcionam uma intensificação dos movimentos ascendentes, aumento da atividade convectiva e precipitação sobre a Indonésia e norte da Austrália. Esta configuração também contribui para o aumento da atividade convectiva sobre a Amazônia e Nordeste do Brasil. O ar ascendente nestas regiões desce sobre o Pacífico Oriental, contribuindo para o aumento da pressão naquela região, e sobre todo o Atlântico subtropical até a costa da África (Aragão, 1987).

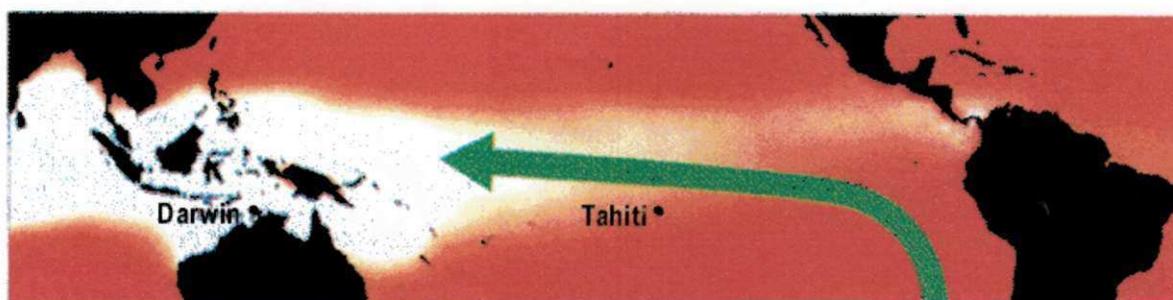


Figura 7: Representação esquemática da circulação na fase do Índice de Oscilação Sul positiva. Fonte: Secretária de Recursos Hídricos da Bahia.

Bjerknes (1969), após várias pesquisas confirmou a ocorrência da relação entre a Oscilação Sul (fases negativa e positiva), anomalias de TSM do mar Equatorial e circulação extra tropical, fundamentando assim as relações entre a variação na estrutura

termal dos oceanos na circulação de grande escala no Pacífico. Variações na TSM e na precipitação estão associadas com as variações de larga escala no sistema de ventos Alísios Equatoriais que por sua vez refletem as principais variações do padrão de Pressão ao Nível do Mar (PNM).

De acordo com Ropelewski e Jones (1987), a Oscilação Sul é um complexo fenômeno o qual inclui em suas fases extremas o evento El Niño (fase negativa) e o La Niña (fase positiva), associando-se as condições de anomalias negativas e positivas de precipitação nas mais variadas regiões da Terra.

Segundo Kousky *et al.* (1984) e Kousky & Cavalcanti (1984) citados em Figueredo (2002), nos anos em que foi observado um aquecimento no Pacífico Central-Leste, certas ocorrências de anomalias de precipitação no Brasil mostraram-se relacionadas à variabilidade de chuvas convectivas em diferentes regiões do globo.

Hastenrath (1976) sugeriu que há uma forte ligação entre eventos El Niño e anomalias negativas de precipitação do NEB. Essa ligação é provavelmente segundo o autor, caracterizado por uma variação inversa de pressão sobre o Pacífico sul e o Atlântico. Segundo Rao & Hada (1990) e Studzinski (1995), durante a fase quente há uma tendência de chuvas abaixo da média esperada, enquanto na fase fria ocorrem chuvas acima da média.

Brito (1984) apud Figueredo (2002), comentou que para o ano de 1967, onde a anomalia de pressão do Pacífico sul foi positiva e anomalia ao norte da Austrália foi negativa, favorecendo dessa forma a ocorrência de La Niña, houve conseqüentemente chuvas no NEB, ficando configurada a influência deste evento, uma vez que outro mecanismo responsável pelas secas /enchentes na região, nesse ano, se deu no Pacífico.

Aceituno (1988) concluiu que o fenômeno El Niño - Oscilação Sul (ENOS) parece ser um fator importante para a variabilidade interanual do clima da América do Sul e, principalmente durante o verão do Hemisfério sul, este fenômeno se manifesta em anomalias de precipitação sobre a maior parte do Nordeste Brasileiro.

Segundo Aragão, (1986), as anomalias climáticas relacionadas ao ENOS são persistentes e duram por vários meses, principalmente na atmosfera tropical, exemplos são as secas na Indonésia, Austrália e norte do Nordeste do Brasil. Chuvas acima da normal ocorrem no Peru, Equador e Ilhas do Pacífico central e leste.

## 2.5. Os modelos atmosféricos e a previsão da precipitação sobre o nordeste do Brasil.

O Nordeste do Brasil se distingue do ponto de vista climático das demais regiões brasileiras não somente por suas secas recorrentes e pela baixa pluviometria média anual em sua porção semi-árida, mas principalmente pelo alto grau de previsibilidade da pluviometria média sazonal sobre a região (Nobre *et al* 2004.).

Segundo Nobre *et al* (2004), o NEB é uma das regiões continentais onde as correlações entre as anomalias pluviométricas, simuladas pelo Modelo de Circulação Geral da Atmosfera (MCGA) do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do INPE, e observadas sobre o NEB é máxima.

Para a previsão de precipitação de curto prazo podem ser utilizados modelos numéricos do tempo, que simulam o estado da atmosfera, por meio de modelos físico-matemáticos resolvidos numericamente, através de técnicas computacionais avançadas. Neste caso, estações meteorológicas automáticas de superfície e de ar superior, sistemas de detecção de raios e imagens de radares e satélites transmitem dados eletronicamente a um centro computacional de alto desempenho onde sofisticados programas computacionais simulam o comportamento futuro da atmosfera.

Os modelos numéricos do tempo estão relacionados a duas escalas espaciais dentro da qual a previsão pode ser feita:

- ✓ Global – apresentam resolução espacial da ordem de 200 km, visa identificar o comportamento geral da atmosfera sobre uma extensa área, utilizando-se de dados e modelos com cobertura global, capazes de identificar somente fenômenos meteorológicos de grande escala (sinóticos);
- ✓ Regional ou local - com resolução espacial variando de alguns metros a cerca de 40 km, visa identificar com maior riqueza de detalhes o comportamento da atmosfera sobre uma região específica, utilizando-se de dados intensivos e modelos com cobertura limitada sobre a região, sendo capazes de identificar fenômenos meteorológicos de escala menores (ditos de mesoescala ou microescala).

Vários centros de previsão do tempo no mundo executam rotineiramente modelos globais, dentre eles pode-se citar: NCEP (*National Centers for Environmental Prediction*), ECMWF (*European Centre for Medium Weather Forecasting*), JMA (*Japan*

*Meteorological Agency*) e no Brasil CPTEC (*Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos*).

Os modelos regionais são também conhecidos como modelos de área limitada. Esses modelos podem ser utilizados para a previsão do tempo em até 72 horas. Também são utilizados para a previsão climática com boa precisão, com três a quatro meses de antecedência dependendo das condições iniciais do modelo. Assim vários parâmetros atmosféricos e oceânicos podem ser previstos com esses modelos, inclusive a TSM e a precipitação, com seus desvios com relação à normal climática e à distribuição espacial dessas variáveis (Aragão, 2004).

Segundo Aragão 2004, modelos atmosféricos globais e de área limitada já estão operacionais há pelo menos 15 anos e conseguem uma ótima previsão de tempo e do clima, dependendo do período do ano e da região.

MCGAs têm sido utilizados para reproduzirem a resposta da atmosfera a variações de TSM nos oceanos tropicais, principalmente no oceano Pacífico. Uma série de experimentos foi realizada com um MCGA do *National Center for Atmospheric Research* (NCAR), localizado em Boulder, Colorado, na qual anomalias de TSM do oceano Pacífico foram utilizadas para simular respostas da atmosfera aos eventos de El Niño (Aragão 1986).

De acordo (Ward & Folland, 1991), a confiabilidade de uma previsão de anomalias sazonais de precipitação sobre o NEB será tanto maior quanto melhores forem as previsões das anomalias de TSM sobre os oceanos Tropicais.

Nobre & Melo, (2001), mostraram que por meio de modelagem climática regional é possível prever não somente totais pluviométricos sazonais sobre o Nordeste com maior acerto do que modelos globais, mas também e principalmente momentos estatísticos mais altos, como a variância temporal diária das precipitações pluviométricas, a função densidade de probabilidade da frequência de dias com chuvas leves, medias e fortes, ou o número de dias sem chuva no mês, particularmente sobre o Nordeste do Brasil.

Moura e Shukla (1981), utilizando um MCGA para simular o efeito do campo de anomalias de TSM no Atlântico sobre as precipitações sobre o NEB, apresentaram evidências observacionais e de modelagem numérica de que gradientes meridionais de TSM sobre o Atlântico Tropical tem efeito direto e mensurável na pluviosidade sobre o NEB.

Modelos atmosféricos experimentais foram utilizados para a previsão climática ao longo de 1997, 1998 e início de 1999. Os modelos dinâmicos do NCEP (Estados Unidos), CPTEC (INPE, Brasil), ECMWF (União Européia) e outros indicaram uma redução substancial de precipitação no norte do NEB no período de fevereiro a maio de 1998. Entretanto, três modelos estatísticos (SIMOC, XAVIER e HASTENRATH) indicaram que as precipitações iriam ficar acima da normal climatológica. No entanto, esses três últimos modelos são estatísticos e não consideram os sistemas atmosféricos transientes (como VCANS), resultados da variação geral da circulação da atmosfera, variação induzida, principalmente, pelas anomalias de TSM no Pacífico. Assim, o modelo do CPTEC, as observações dos sistemas atuantes nos trópicos e no NEB, e as análises climáticas globais tiveram um peso maior na previsão climática que foi feita a partir de dezembro de 1997 (Aragão, 2004).

### 3. METODOLOGIA E DADOS

#### 3.1. Dados

Os dados utilizados neste trabalho foram:

- ✓ Totais mensais de precipitação registrados nos postos pluviométricos do Estado de Alagoas, adquiridos através da Diretoria de Hidrometeorologia de Alagoas – DHM/AL;
- ✓ Totais diários e mensais de casos notificados de dengue no Estado de Alagoas, obtidos através da Secretária Estadual de Saúde no setor de vigilância epidemiológica do SUS (*Sistema Único de Saúde*);
- ✓ Valores mensais do Índice de Oscilação Sul (IOS), Anomalias de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) do Atlântico Norte e Sul, extraídos da *Climate Diagnostics Bulletin Near Real – Time analyses Ocean/Atmosphere*.

Para a realização do modelo de previsão da distribuição espacial de casos de dengue, além dos dados descritos a cima, tornou-se necessário à utilização de valores de precipitação prevista a partir da redução de escala de precipitação do modelo global ECHAM 4. 5 (*European Centres Hamburg Model*), para a escala regional através do modelo RSM (*Regional Spectral Model*) do NCEP (*National Centres for Enviromemntal Prediction*) disponibilizado pela FUNCEME.

Foram utilizados os aplicativos gráficos SURFER 7.0, na confecção de mapas que permitiram uma melhor visualização da distribuição espacial dos dados acima descritos, e o GrADS – *Grid Analysis and Display System*, que será utilizado para a obtenção dos valores numéricos da precipitação prevista pelo modelo.

O período de análise considerado para este estudo está compreendido entre janeiro de 2000 a dezembro de 2002.

### 3.2. Área de estudo

#### 3.2.1. A região do Nordeste Brasileiro e o Estado de Alagoas

A região do Nordeste Brasileiro (NEB) compreende os Estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia como também o Distrito Estadual de Fernando de Noronha. O NEB está situado logo abaixo da linha do Equador, ocupando a posição norte oriental do Brasil, estendendo-se da latitude 1°S a 18°S e longitude 35°W a 47°W, cobrindo cerca de 1.600.000 Km<sup>2</sup>, o que representa 18,27% do território brasileiro.



Figura 8: Mapa da Região Nordeste do Brasil. Fonte: Brasil República

A faixa da costa leste do NEB que se estende do Rio Grande do Norte ao sul da Bahia, apresentando um clima quente e úmido, é a região do NEB denominada de Litoral Leste (onde está localizado o Estado de Alagoas).

### 3.2.2. O Estado de Alagoas

Alagoas tem sua localização definida pelos paralelos  $8^{\circ} 12'S$  e  $10^{\circ} 12'S$  e pelos meridianos  $35^{\circ} 09'W$  e  $38^{\circ} 13'W$ . Possui uma superfície de  $27.731 \text{ Km}^2$  e em sua parte norte limita-se com o Estado de Pernambuco, a leste com o oceano Atlântico, a oeste com um pequeno trecho do Estado da Bahia e parte de Pernambuco, ao sul com o rio São Francisco, o qual serve de divisa com o Estado de Sergipe.

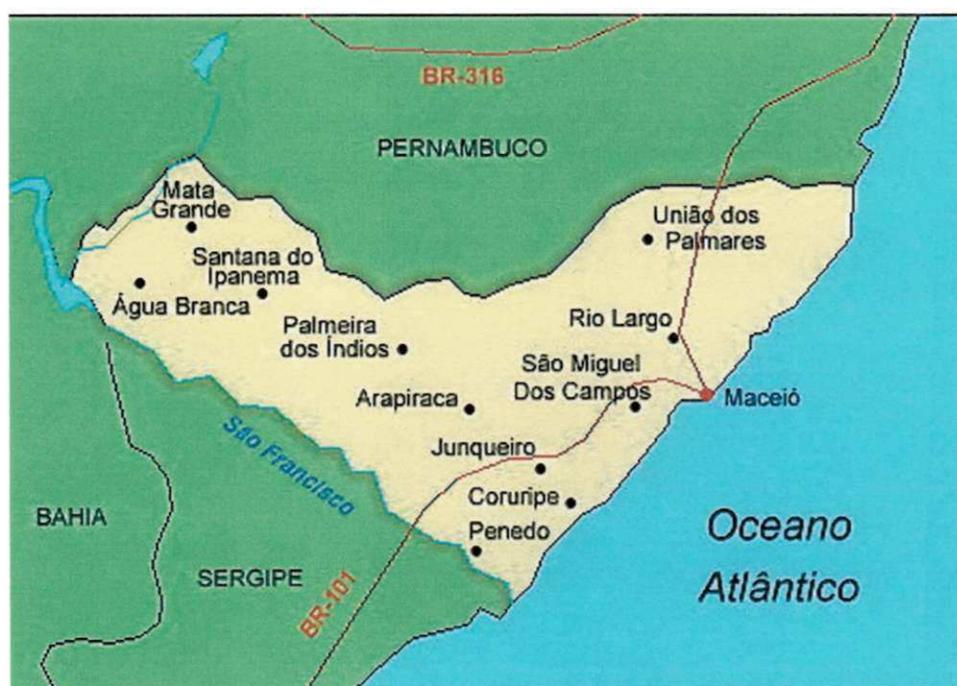


Figura 9: Mapa do Estado de Alagoas. Fonte: Brasil Republica

O Estado de Alagoas possui nove microrregiões ou áreas homogêneas, nas quais o caráter predominante dessas áreas é a constância de elementos específicos sobre toda a extensão do território, cinco dessas áreas homogêneas localizam-se na parte oriental, abrangendo as chamadas zonas fisiográficas do litoral e da zona da mata (Mesorregião do Leste Alagoano), duas na zona fisiográfica do agreste alagoano (Mesorregião do Agreste Alagoano) e duas na zona fisiográfica do sertão alagoano (Mesorregião do Sertão Alagoano) (Lima, 1972).

Tabela 2: Divisão do Estado de Alagoas em Mesorregião, Zona Fisiográfica e Microrregiões.  
Fonte: Figueredo (2002).

Mesorregião	Zonas Fisiográficas	Microrregiões
Leste alagoano	Zona da Mata	Mata Alagoana
	Litoral	Litoral Norte
		São Miguel dos Campos
		Maceió
		Penedo
Agreste alagoano	Agreste e Baixo	Palmeira dos Índios
Sertão alagoano	São Francisco	Arapiraca
	Sertão e Sertão do São Francisco	Sertão Alagoano
		Batalha

Fonte: Figueredo 2002.

Em Alagoas, cento e um municípios estão agrupados, nas nove áreas homogêneas do Estado. A Figura 11 apresenta a distribuição geográfica das mesorregiões e microrregiões.

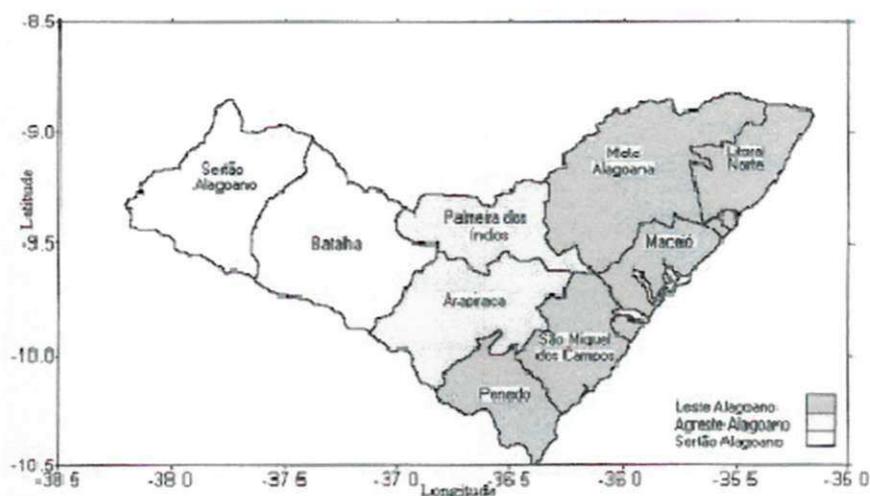


Figura 10: Distribuição geográfica das mesorregiões e microrregiões homogêneas em Alagoas.

Fonte: Figueredo, 2002.

Segundo Lima (1972) citado em Figueiredo (2002), quarenta e seis por cento (46%) da área do Estado está compreendida nas zonas fisiográficas do Litoral e da Mata ou mesorregião do Leste alagoano. As microrregiões do Litoral Norte, Maceió, Tabuleiros de São Miguel dos Campos, da Mata Alagoana e de Penedo, integram esta parte do Estado. As Microrregiões do Leste alagoano compreende a parte do território alagoano fundamentalmente agrícola, onde a cana-de-açúcar representa o maior interesse econômico da região.

A microrregião de Palmeira dos Índios e Arapiraca está contida na zona fisiográfica do Agreste e parte da zona do baixo São Francisco ou mesorregião do Agreste alagoano, espaço intermediário entre o leste e o Sertão alagoano, o qual abrange vinte e três (23%) por cento da área total do Estado. No extremo oeste do Estado, encontra-se a zona fisiográfica do Sertão alagoano e Sertão do São Francisco ou mesorregião do Sertão alagoano que corresponde a trinta e dois por cento (32%) do território alagoano, com as microrregiões de Batalha e Sertão alagoano (Figueiredo, 2002).

Em virtude da baixa latitude o regime climático em Alagoas é determinado por duas estações: a chuvosa e a seca, o que faz com que o conhecimento das características pluviométricas quanto à distribuição espacial média e das causas que promovem variabilidade espacial e temporal da precipitação tornem-se necessários para várias atividades. O Estado também está sujeito ao fenômeno cíclico das secas à semelhança dos demais Estados do NEB, sendo sua área atingida pela estiagem de cerca de 43% de seu território (Figueiredo, 2002). Ainda de acordo com o autor os principais fatores responsáveis pela forma como a precipitação se apresenta em Alagoas e pelas diferenças entre suas microrregiões e mesorregiões são: a altitude e a posição em relação à zona de origem das chuvas que lhe atingem.

Durante o verão, o Estado apresenta uma variabilidade espacial marcante, cujas regiões com índices inferiores de precipitação estão na faixa Nordeste do NEB, as quais são influenciadas pela subsidência das células de Walker-Hadley (Climanálise, 1986).

### 3.3. Método

A princípio, com os dados de longitude e latitude das localidades escolhidas no Estado de Alagoas foi elaborada a previsão da precipitação mensal pelo modelo regional RSM, e para a visualização numérica dos dados utilizou-se o GrADS.

Posteriormente, através da análise de regressão múltipla, que utilizou como variáveis independentes (Precipitação prevista no modelo, Índice de Oscilação Sul e Anomalias de Temperatura da Superfície do Mar do Atlântico norte e sul), foram feitas as previsões dos casos de dengue (que é a variável dependente da regressão) para cada cidade. Estas previsões foram realizadas com a intenção de se observar a distribuição espacial da ocorrência da enfermidade nos períodos de verão, que são menos chuvosos e mais quente e nos períodos mais chuvosos nos quais as temperaturas são mais baixas, de um mesmo ano. Espera-se que durante os períodos com menores totais pluviométricos a ocorrência da enfermidade seja maior, pois temperaturas mais elevadas favorecem a evolução do mosquito transmissor.

A partir dos valores de precipitação e dengue prevista, foram plotados no aplicativo gráfico SURFER 7.0, mapas que possibilitaram uma melhor visualização da distribuição dessas variáveis no Estado.

#### 3.3.1. Previsão da precipitação pluviométrica.

Para a obtenção dos valores mensais de precipitação para o Estado de Alagoas, foram utilizadas as saídas do modelo global ECHAM 4.5, da Universidade de Hamburgo. Este modelo é disponibilizado através do Centro Europeu de Previsão do Tempo de Médio Prazo (ECMWF). As saídas desse modelo global são utilizadas para inicializar o modelo regional RSM do NCEP dos Estados Unidos.

O modelo regional RSM teve sua resolução espacial delimitada sobre o Estado de Alagoas, isto foi possível a partir da utilização da técnica do “*downscaling*” da previsão do modelo global para a escala regional.

### Downscaling Forecast System

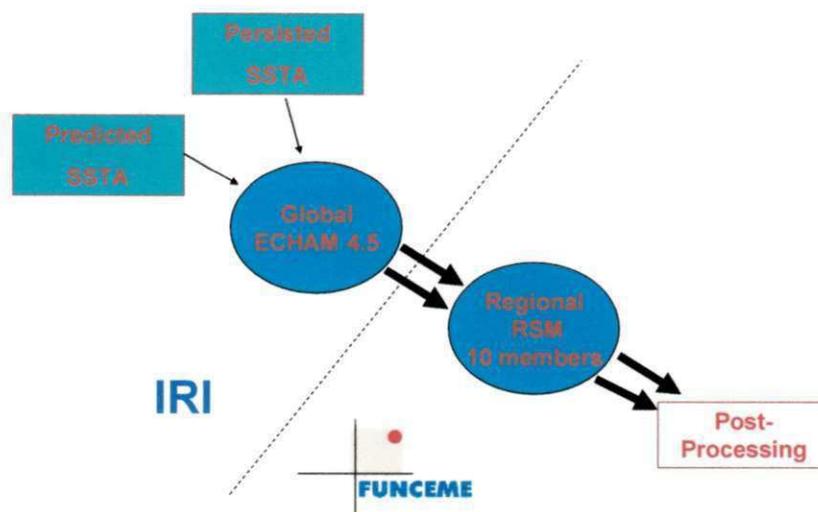


Figura 11: Modelo esquemático da técnica de *downscaling*. Fonte: FUNCEME

#### 3.3.2. Redução de Escala

Os modelos atmosféricos são executados com resolução espacial de centenas de quilômetros, gerando previsões de totais pluviométricos sobre o NEB como um todo, ou seja, a precipitação em geral é prevista em escala maior que a da região em estudo. Com o intuito de se obter uma melhor resolução espacial, de dezenas de quilômetros e resolução temporal diária, utiliza-se o método de redução de escala “*downscaling*”.

As técnicas de “*downscaling*” podem ser enquadradas em duas abordagens distintas conceitualmente:

- ✓ *Downscaling* dinâmico – utilizam resultados de simulações dos MCGA, sendo com uma resolução mais fina (Giorgi, 1990).
- ✓ *Downscaling* estatístico - utilizam-se transferências de funções estatísticas (em geral os de regressão múltipla tem sido os mais utilizados (Wigley *et al.*, 1990).) entre os dados dos campos de larga escala e a variável de interesse na superfície (Wilby *et al.*; 1998), citado em Galvão (2003).

As técnicas de *downscaling* possibilitam a identificação das variáveis do modelo de previsão climática que podem ser relacionadas à precipitação na região de estudo podendo incluir a própria precipitação do modelo, se por ele for adequadamente simulada; a estimativa dos parâmetros deste método, utilizando séries históricas das variáveis nas duas escalas; a validação do método, utilizando dados não empregados na sua construção. A variabilidade espacial do regime climático intra-regional, normalmente determinada por acidentes topográficos ou proximidade do mar, deve balizar todo o processo de desenvolvimento do modelo de redução de escala (Nobre *et al*, 2004.).

A técnica “*downscaling*” consiste na associação de modelos numéricos dinâmicos de previsão, em particular, no aninhamento do Modelo Regional Espectral (MRE) com um MGCA, sendo o MRE alimentado pelas informações geradas no MGCA. O modelo regional é executado com uma grade de 60 x 60 km, o que implica em uma ampliação da resolução de 25 vezes. A diminuição do tamanho da grade também implica numa melhor definição dos processos físicos, já que o *downscaling* incorpora melhor o efeito da topografia, vegetação, contrastes entre continente e oceano e outros.

Os métodos dinâmicos, apesar de tenderem a se estabelecer no futuro, ainda sofrem por inexatidão e pelo custo computacional, o que tem impedido sua utilização mais ampla (Hewitson & Crane, 1996). Assim, os métodos estatísticos têm sido largamente utilizados, por serem uma solução viável em curto prazo.

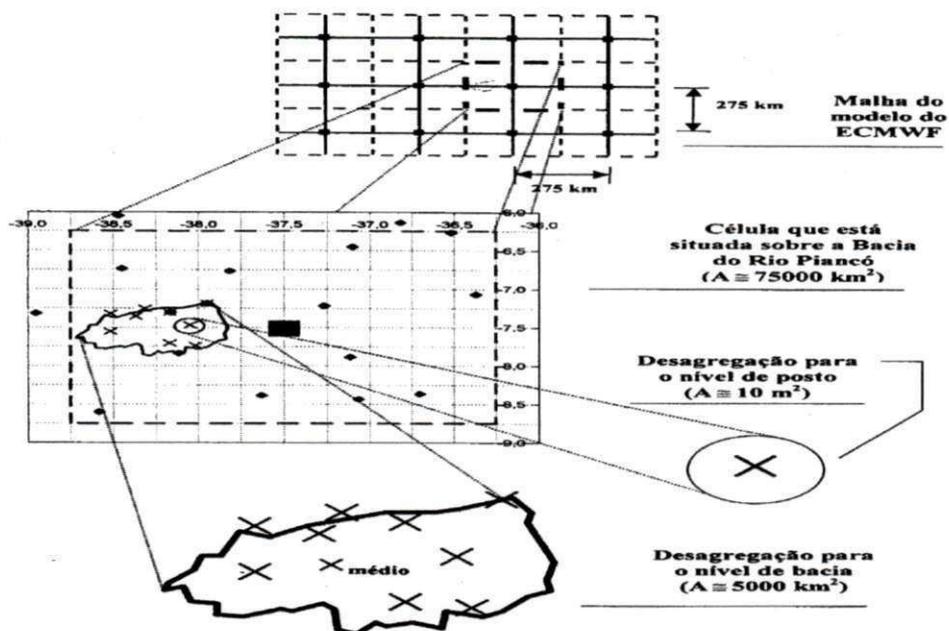


Figura 12: Possibilidade de redução de escala (método estatístico) para a área de estudo.

Fonte: Ramos, 2000.

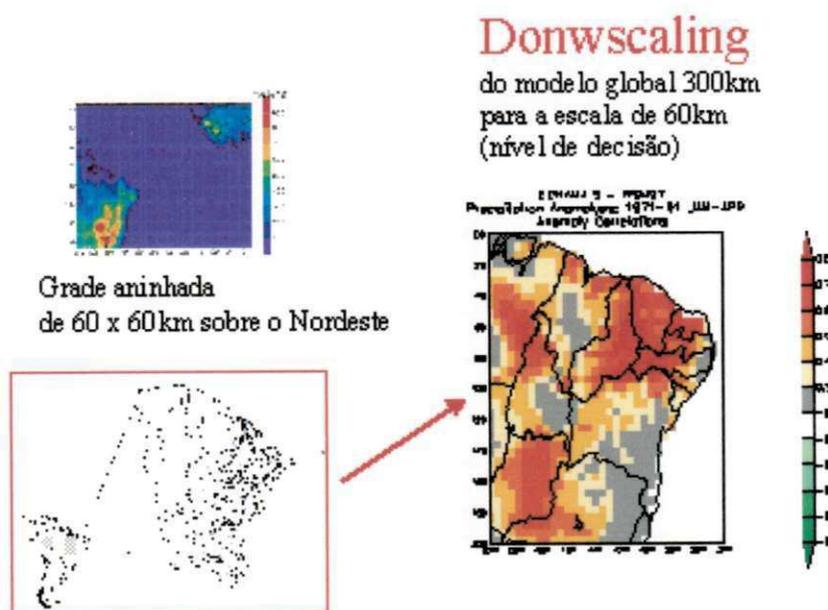


Figura 13: Ilustração da técnica *downscaling* dinâmico utilizado no Modelo Global. Fonte:

FUNCEME

### 3.3.3. Cálculos estatísticos realizados com os dados

#### 3.3.3.1. Regressão Linear Múltipla

A análise de correlações matemáticas é muito utilizada quando se quer descobrir se uma determinada variável possui algum tipo de relação com uma outra. (Spigel, 1985).

A análise de regressão múltipla envolve o uso de duas ou mais variáveis independentes. Conceitualmente, a regressão múltipla nada mais é que uma extensão da regressão linear simples. Porém, os cálculos são consideravelmente mais complexos.

O objetivo da regressão múltipla é determinar as relações entre a variável dependente (Dengue previsto) e um conjunto de variáveis independentes (Índice de Oscilação Sul, anomalias de Temperatura da Superfície do Mar do Atlântico) através do método de mínimos quadrados, é produzida uma equação que prevê valores de Y (Dengue previsto), sob certos valores das variáveis independentes.

Nesta pesquisa buscou-se através da regressão múltipla, observar as possíveis influências das variáveis meteorológicas (Temperatura da Superfície do Mar, Índice de Oscilação Sul e Precipitação prevista pelo modelo) sobre a previsão da distribuição espacial dos casos de dengue no Estado de Alagoas (que é a variável dependente).

A regressão múltipla é usada, portanto, para testar dependências cumulativas de uma única variável dependente em relação a diversas variáveis independentes. Cada variável é isolada e mantida constante enquanto as variáveis restantes variam sistematicamente, sendo observados os seus efeitos sobre a variável dependente. A variável a ser inicialmente mantida constante é aquela que ocasiona a maior influência na variabilidade da variável dependente.

A fórmula da regressão linear múltipla pode ser representada da seguinte maneira:

$$y_i = e_1 + b_0x_0 + b_1x_{1i} + b_2x_{2i} + b_3x_{3i} + b_4x_{4i} + \dots b_nx_{ni}$$

Onde:  $y_i$  é a variável dependente (Casos de dengue previsto)

$x_j$  são as variáveis independentes (IOS, anomalias do Atlântico Norte e Sul);

$b_i$  são as contribuições de cada variável independente,  
 $e_i$  é o erro aleatório do modelo.

### 3.3.3.1.1. Determinação da equação de regressão linear múltipla:

Utiliza-se o método dos mínimos quadrados para encontrar a reta que melhor se ajusta aos pontos.

Quanto maior o número de variáveis independentes, mais complexos se torna o cálculo, fazendo-se necessários o uso de software específico (SPSS, SAS, IDAMS, MINITAB), neste estudo foi utilizado o *Stat Soft '99 Edition*.

A condição inicial, como na regressão linear simples, é descrita por

$$y = a_0 + a_1x_1 + e_1$$

Onde  $x_1$  é a variável independente, responsável pela maior variabilidade,  $a_0$  e  $a_1$  são os coeficientes e  $e_1$  é o erro, isto é, a variabilidade em Y não explicada pela relação linear. A variável que, em seguida, mais reduz a variabilidade do erro é em seqüência adicionada de tal modo que:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + e_2$$

Sendo  $b_0$ ,  $b_1$  e  $b_2$ , calculados e  $e_2 < e_1$ . O processo segue por etapas até que o comportamento de todas as variáveis independentes em relação à dependente seja verificado. Os coeficientes “bi” são conhecidos como parciais de regressão porque cada um deles fornece a taxa de mudança na variável dependente correspondente à respectiva variável independente, mantendo constantes as demais variáveis independentes.

As equações normais que fornecem os valores de  $a_0$  e  $a_1$  são:

$$\sum_{i=1}^n y_i = a_0 n + a_1 \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^n x_i y_i = a_0 \sum_{i=1}^n x_i + a_1 \sum_{i=1}^n x_i^2 \quad (2)$$

Uma das mais importantes aplicações da análise de regressão múltipla é a escolha, entre diversas variáveis independentes, daquelas mais úteis na previsão de Y e, para tanto, o método “passo a passo” (*stepwise multiple regression*) é o mais recomendado.

Segundo Tabachnick & Fidell, (2001), antes de se realizar uma análise de regressão múltipla deve-se calcular os coeficientes de correlação de todas as variáveis tomadas aos pares, pois, se houver duas ou mais variáveis com coeficientes de correlação muito altos (r igual ou superior a 0,95) elas interferirão nos cálculos de regressão múltipla. Se forem encontradas 2 ou mais variáveis nessa condição deve-se escolher apenas uma delas para o processamento da análise de regressão múltipla.

Dentre as vantagens da utilização de métodos de regressão múltipla, a mais notável está na relativa simplicidade de sua aplicação, requerendo somente a disponibilidade de índices atmosféricos e oceânicos utilizados nas equações de regressão para se obter um resultado (Nobre *et al.*2004).

### 3.3.3.2. Cálculo dos desvios da previsão em relação aos valores observados

Foram utilizados os cálculos dos desvios médios das variáveis (dengue prevista e dengue observada) para se observar a incerteza do modelo que realizou previsão da distribuição espacial da distribuição espacial dos casos de dengue no Estado de Alagoas.

Não se pode afirmar que o valor mais provável seja o valor real da grandeza. Assim, representando-se uma medida qualquer da grandeza X por  $X_i$ , não se pode dizer que a diferença  $(X_i - \bar{X})$  seja o erro da medida  $X_i$ . Neste caso quando se conhece o valor mais provável, não se fala em “erro”, mas sim em Desvio ou Discrepância da medida. Desvio é a diferença entre um valor medido e o valor adotado que mais se aproxima do valor real (em geral o valor médio).

$$d_1 = x_1 - \bar{X}$$

$$d_2 = x_2 - \bar{X}$$

---


$$d_i = x_i - \bar{X}$$

A incerteza da previsão será calculada com sendo a diferença entre o valor do desvio médio experimental e o desvio médio real dos casos de dengue.

$$D_{prev} - D_{obs} = Erro$$

Onde:  $D_{prev}$  é o desvio médio do dengue previsto.

$D_{obs}$  é o desvio médio do dengue observado.

#### 3.3.4. Localidades escolhidas

Devido à insuficiência de dados referentes à pluviometria do Estado de Alagoas, foram escolhidas 17 cidades no Estado, para se realizar a previsão da distribuição espacial dos casos de dengue, levando-se em consideração alguns aspectos considerados básicos:

- ✓ As cidades deveriam ter uma distribuição espacial que melhor representa-se à região em estudo;
- ✓ As localidades selecionadas não poderiam apresentar, valores de dengue observados inferiores a 5 durante meses consecutivos, pois em análise preliminar observou-se que os resultados das previsões para a distribuição espacial da enfermidade não apresentaram resultados satisfatórios.

Tabela 3: Tabela das cidades alagoanas.

CIDADES	LONGITUDE	LATITUDE
Anadia	36° 18'15" W	9° 41'04" S
Arapiraca	36° 39'40" W	9° 45'09" S
Boca da Mata	36° 13'13" W	9° 38'29" S
Coruripe	36° 10'32" W	10° 07'32" S
Delmiro Gouveia	37° 59'57" W	9° 23'19" S
Lagoa da Canoa	36° 44'16" W	9° 49'47" S
Limoeiro de Anadia	36° 30'10" W	9° 44'26" S
Maceió	35° 44'07" W	9° 39'57" S
Palmeira dos Índios	36° 37'39" W	9° 24'26" S
Pão de Açúcar	37° 26'12" W	9° 44'54" S
Penedo	36° 35'11" W	10° 17'25" S
Piaçabuçu	36° 26'04" W	10° 24'20" S
Piranhas	37° 45'24" W	9° 37'25" S
Rio Largo	35° 51'12" W	9° 28'42" S
São José da Laje	36° 03'30" W	9° 00'35" S
São Miguel dos Campos	36° 05'37" W	9° 46'52" S
Teotônio Vilela	36° 21'10" W	9° 54'19" S

Fonte: IBGE

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

##### **4.1. Distribuição espacial da precipitação e casos de dengue previstos no Estado de Alagoas em 2000.**

Na Figura 14, observa-se a distribuição espacial dos totais pluviométricos previstos no Estado de Alagoas durante o mês de janeiro de 2000, considerado como um período seco no Estado. Foram observados valores previstos que mostraram uma variação de 15 a 70 mm de chuva. Na faixa litorânea da mesorregião do Leste alagoano, do extremo norte ao sul, os totais pluviométricos mensais, apresentaram os maiores valores, atingindo 70 mm nas latitudes de 9,5°S e 10,0°S (aproximadamente) e longitudes de 35,6°W e 36,4°W.

Entre as longitudes de 37, 0°W e 37, 8°W aproximadamente, onde estão localizadas as cidades de São José da Tapera (37, 38°W), Pão de Açúcar (37, 44°W) e Piranhas (37, 76°W), foram verificados os menores valores pluviométricos (15 a 30 mm).

Como era de se esperar a distribuição espacial da precipitação prevista no Estado vai diminuindo gradativamente no sentido de leste para oeste, entretanto, nesse ano, observa-se que no extremo oeste do Sertão alagoano os valores de precipitação voltam a subir (atingindo aproximadamente 60 mm).

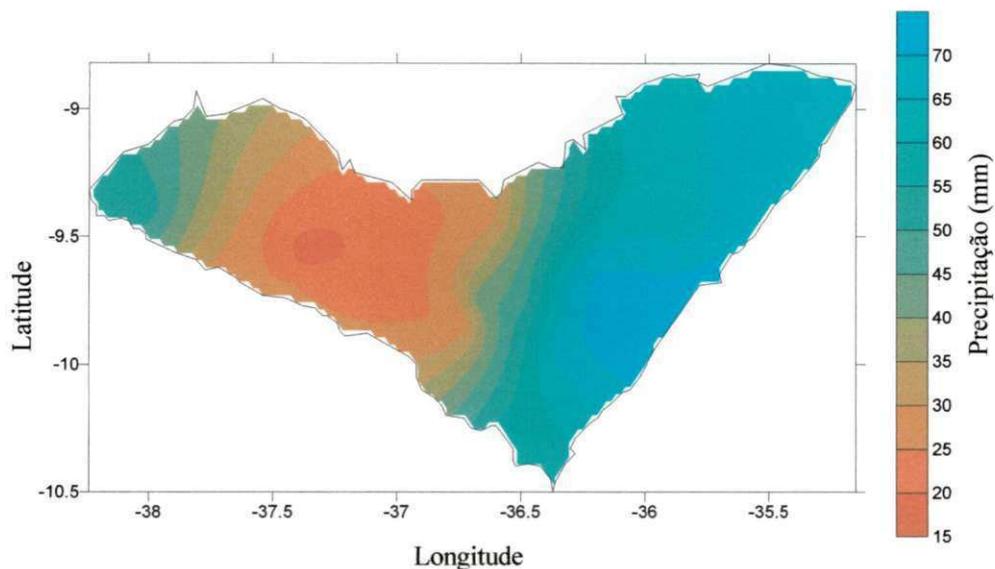


Figura 14: Distribuição espacial dos totais de precipitação mensais previstos pelo modelo regional, no Estado de Alagoas durante o mês de janeiro de 2000.

No Gráfico 1 foi realizada uma comparação entre os valores da precipitação prevista e da observada na cidade de Maceió (localizada no litoral Leste alagoano) no ano de 2000, no qual pode-se observar que os valores de precipitação previstos pelo Modelo Regional se assemelham aos valores observados. Logo se pode esperar que os valores de dengue previstos a partir da precipitação prevista possa se aproximar dos valores observados nas localidades, visto que a quantidade de chuvas influencia diretamente na quantidade e distribuição da doença, porém é conveniente salientar que além da precipitação pluviométrica outras variáveis meteorológicas como temperatura e umidade relativa do ar podem interferir na ocorrência da doença.

O período mais chuvoso da região está bem destacado no Gráfico 1, onde se observa que durante os meses abril a julho, ocorreram os maiores totais pluviométricos, enquanto que nos meses de outubro a dezembro ocorreu a estação seca para a cidade.

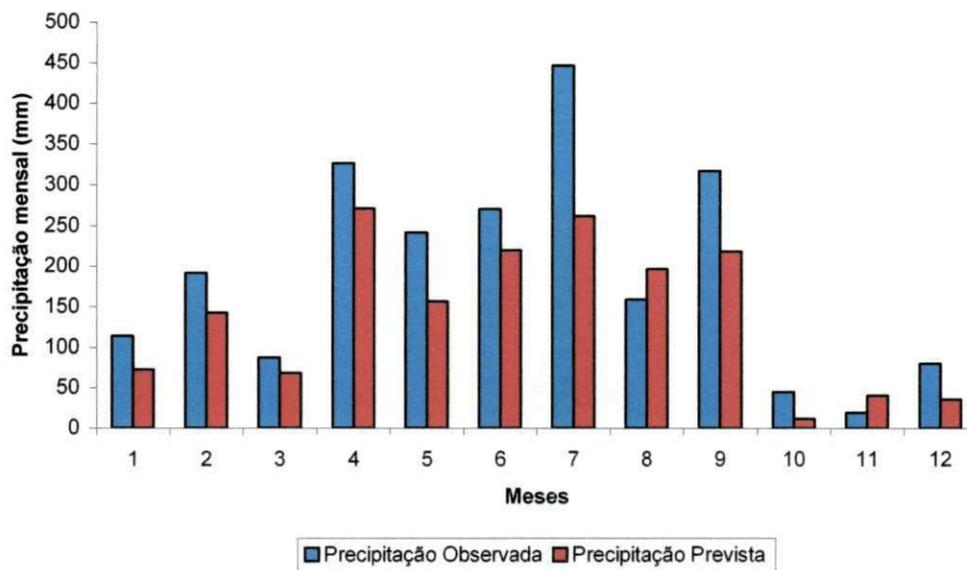


Gráfico 1: Comparação dos valores de precipitação prevista e observada para a cidade de Maceió, localizada no Litoral leste alagoano.

A Figura 15 apresenta a distribuição espacial dos casos de dengue previstos, nota-se que a maior parte dos casos previstos da enfermidade encontra-se no Leste alagoano (onde valores numéricos evidenciam uma variação de 0 a 190 casos previstos).

Verifica-se a presença de um centro de máxima concentração de dengue na faixa de transição da Mata e do Agreste alagoano, com núcleo localizado entre as longitudes 36,5°E e 36,0°E e latitudes 9,5°S e 9,9°S. Este núcleo estendeu-se do litoral passando pelas microrregiões de Arapiraca e Palmeira dos Índios atingindo até o extremo norte do Estado. Nas microrregiões do Agreste e Sertão alagoano, houve uma menor incidência da doença, por isso, a distribuição espacial dos casos de dengue foi relativamente pequena, e a precipitação por sua vez, apresentou valores grandes, logo, seria necessário observar a temperatura dessas localidades durante o período, pois, de acordo com Glasser & Gomes (2002), a temperatura de uma região influencia diretamente na distribuição geográfica do vetor transmissor da doença. Desse modo, pode-se esperar que esta região apresente uma maior concentração de casos nos meses subsequentes, que é o período de sobrevivência do vetor transmissor.

De uma maneira geral, exceto a região comentada no parágrafo anterior, pode-se afirmar que no mês de janeiro a distribuição espacial do dengue, seguiu a distribuição espacial de precipitação, ou seja, nas localidades onde foram apresentados maiores totais pluviométricos, ocorreram as maiores concentrações da enfermidade.

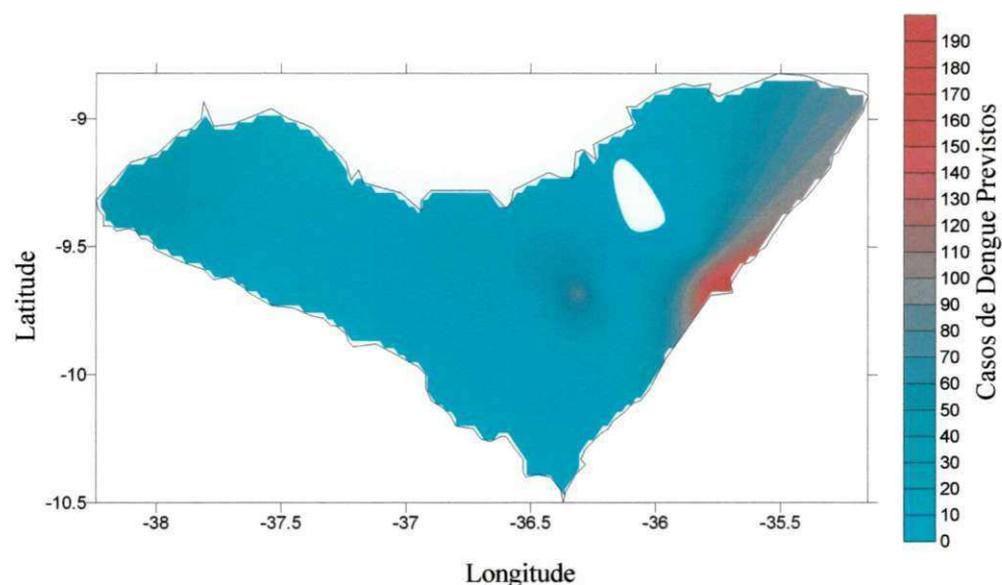


Figura 15: Distribuição espacial dos casos mensais de dengue previstos no Estado de Alagoas durante o mês de Janeiro de 2000.

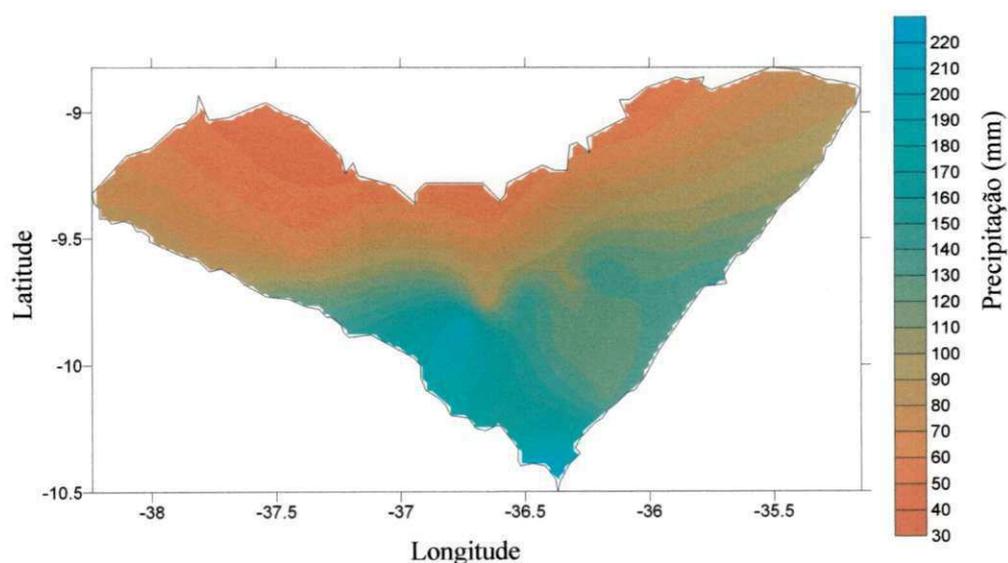


Figura 16: Distribuição espacial dos totais de precipitação mensais previstos pelo modelo regional, no Estado de Alagoas durante o mês de fevereiro de 2000.

Os dados pluviométricos do mês de fevereiro de 2000, representado pela Figura 16, mostram que os totais pluviométricos previstos para o Estado de Alagoas, foram maiores que os do mês de janeiro do mesmo ano. Os valores previstos para o mês de fevereiro apresentaram um valor mínimo de 30 mm e máximo 220 mm, enquanto que durante o mês de janeiro a mínima precipitação foi de 15 mm e a máxima 70 mm, e sua distribuição espacial mostrou-se mais uniforme.

Em fevereiro, os menores valores concentraram-se entre as latitudes de 9,5°S e 9,0°S em toda faixa longitudinal do Estado. Pode-se observar que a região do extremo oeste do Sertão alagoano apresentou valores baixos de precipitação, diferindo do mês anterior.

Na Figura 17, o comportamento da distribuição dos casos de dengue, mostrou-se semelhante ao mês anterior onde se observa que a costa leste continua a apresentar os maiores valores (0 a 200 casos previstos). Nesta Figura nota-se ainda a presença do núcleo de máximos valores, porém um pouco menos intenso se comparado ao mês anterior, entretanto a região na qual ele encontra-se localizado apresenta-se melhor distribuída, indo do litoral leste e interligando-se com regiões localizadas no alto Agreste e Sertão.

Nos meses subseqüentes foi observado que o núcleo, no qual ocorriam as maiores concentração da enfermidade, foi se desintensificando, sugerindo que as maiores incidências de dengue ocorrem nos períodos em que o volume de chuvas é menor, ou seja, os mosquitos transmissores depositam seus ovos durante o período mais chuvoso e os mesmos eclodem quando os totais pluviométricos diminuem e as temperaturas se elevam.

Entre as longitudes de 37,5 °W até o extremo norte do Litoral alagoano e latitude 9,5° S e 9,0 °S observa-se que a distribuição espacial de dengue mostra indícios de uma nova intensificação durante este mês.

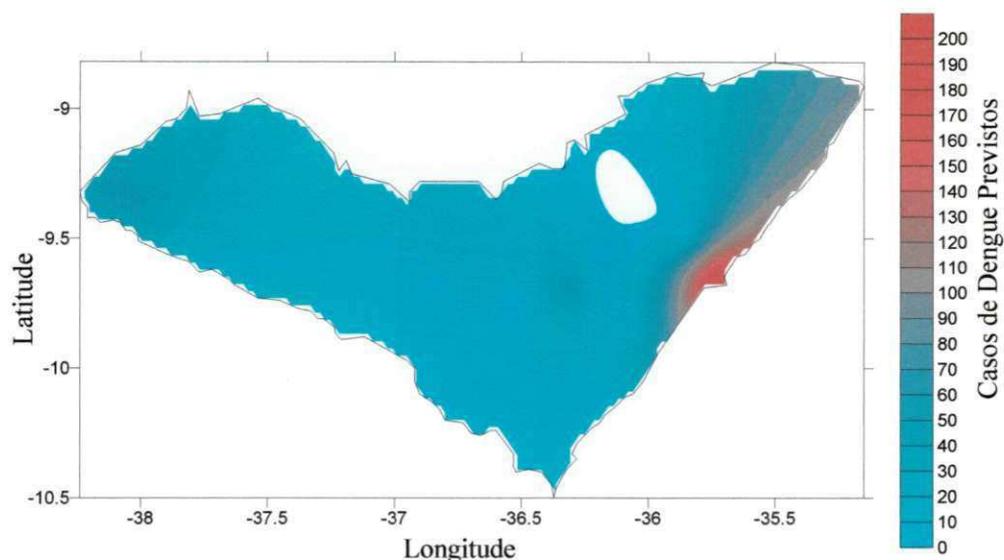


Figura 17: Distribuição espacial dos casos mensais de dengue previstos no Estado de Alagoas durante o mês de Fevereiro de 2000.

A precipitação pluviométrica mostrou-se mais concentrada em todo Litoral leste e parte do Agreste alagoano, durante o mês de março de 2000, nota-se que ocorre um decréscimo nos valores na direção oeste, onde se localiza o Sertão alagoano (Figura 18).

Para o Estado de Alagoas, março é considerado o mês de transição entre a estação seca e chuvosa do Estado, conforme descrito em Figueredo (2002), entretanto ao fazer-se uma comparação entre os valores obtidos pelo modelo para o mês de fevereiro (30 mm a 220 mm) e para o mês de março (20 a 85 mm) observa-se que os valores previstos para março contradizem a afirmação do autor, entretanto vale salientar que o ano de 2000 foi considerado um ano de La Niña, logo os totais pluviométricos são maiores sobre o NEB.

As regiões de máxima e mínima precipitação mensal, como também o elevado gradiente pluviométrico entre os setores leste e oeste do Estado se apresentam de forma análoga.

Segundo Figueredo (2002), em anos de ocorrência do evento La Niña, confirma-se à tendência de acréscimo pluviométrico em Alagoas.

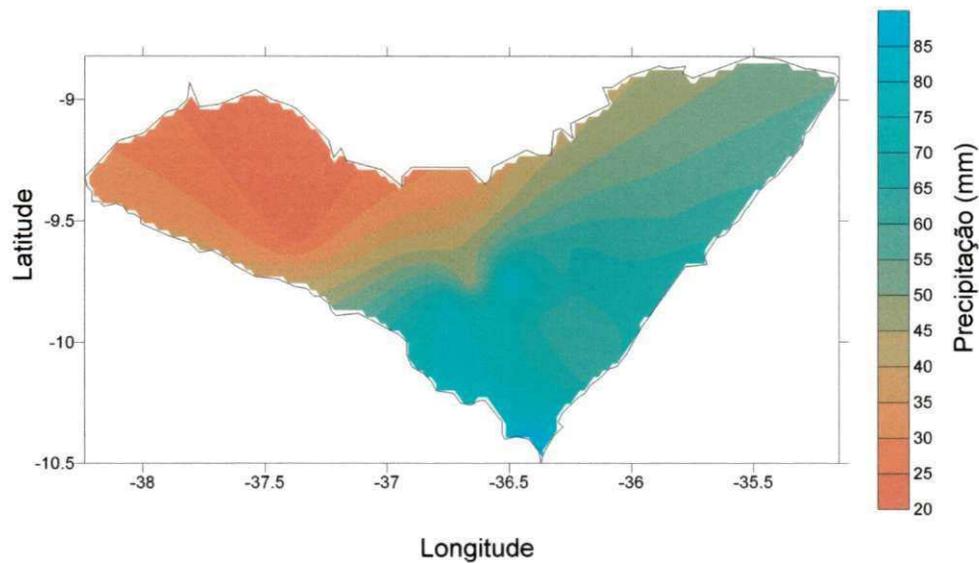


Figura 18: Distribuição espacial dos totais de precipitação mensais previstos pelo modelo regional, no Estado de Alagoas durante o mês de março de 2000.

Durante o mês de março a distribuição espacial dos casos de dengue (Figura 19) mostrou-se mais concentrada no litoral alagoano mais ao norte. Entre a longitude de  $36^{\circ}\text{W}$  e latitude de  $9,5^{\circ}\text{S}$  e aproximadamente  $9,2^{\circ}\text{S}$  observa-se o núcleo onde os casos de dengue tendem a desaparecer, porém observou-se que a distribuição espacial da pluviometria nesta localidade apresenta-se com um volume elevado, entretanto é válido mencionar que epidemias de dengue podem ocorrer após um período chuvoso.

O núcleo de máximos valores apresentou-se menos intenso e individualizado, em geral a distribuição espacial da doença foi decrescendo do litoral até microrregião da zona da Mata alagoana, porém na região onde se observou uma menor concentração de precipitação (norte do Agreste alagoano, a distribuição de dengue voltou a crescer), esta elevação pode ser explicada pelo fato da temperatura na região está mais alta, logo o aparecimento de casos de dengue nesta localidade tende a se elevar.

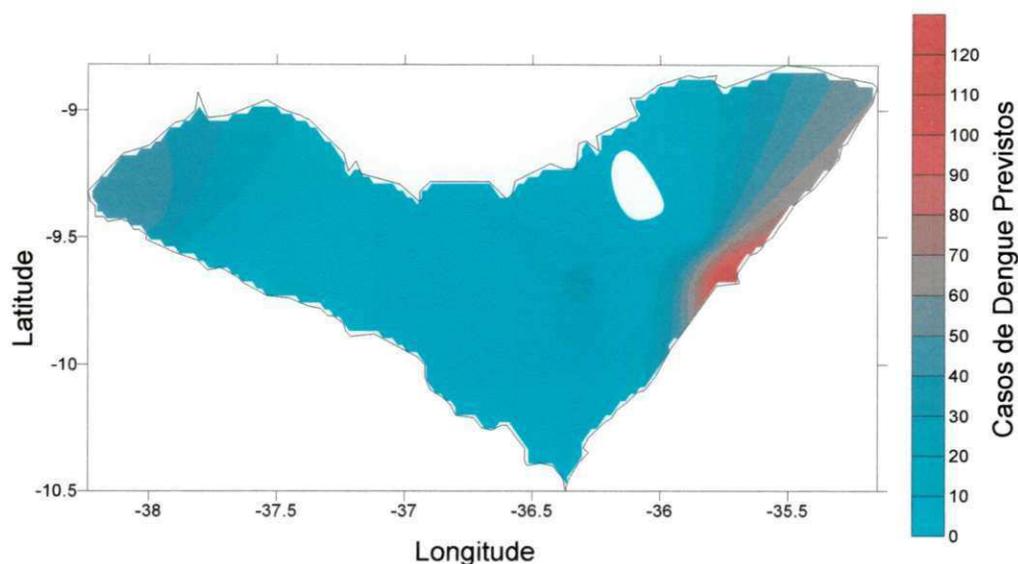


Figura 19: Distribuição espacial dos casos mensais de dengue previstos no Estado de Alagoas durante o mês de março de 2000.

Iniciado o trimestre mais chuvoso para o Estado, que segue do mês de abril a junho, observou-se que a distribuição espacial dos casos da enfermidade mostrou-se mais concentrada próxima ao litoral e menos intensa. A partir do mês de agosto com a elevação da temperatura, os casos da doença tendem a se apresentarem mais concentrados e aparecer como núcleos individualizados. Percebeu-se também que durante o período mais chuvoso as evidências de ocorrência da doença não foram tão nítidas como as observadas durante os meses de verão.

Durante o período de agosto a outubro foi observado que a distribuição de dengue voltou a aumentar, apresentando núcleos onde ocorreram maiores incidências da doença. O núcleo com máximos valores, que se mostrou visível durante o período menos chuvoso, e que tinha desaparecido durante os meses de abril a julho, voltou a aparecer a partir do mês de agosto e intensificou-se no mês de outubro.

A Figura 20 mostra a distribuição espacial de precipitação para o Estado de Alagoas durante o mês de outubro de 2000, na qual se pode observar que os totais pluviométricos previstos são baixos com valores variando de 1 mm a 16mm. Na região do litoral entre as longitudes de 35,7°W a 36,5°W e o intervalo de latitude de 9,4°S a aproximadamente 9,3°S, e 10,3°S a 9,3°S observam-se regiões nas quais os valores de

precipitação apresentaram um decréscimo, em relação às áreas circunvizinhas. Os totais pluviométricos decresceram na região do agreste atingindo a 1 mm/mês, entretanto em direção ao alto sertão os valores apresentaram uma elevação.

Outubro é considerado como um dos meses mais secos para o Estado de Alagoas (Figueredo, 2000), pois durante este mês a atmosfera sobre a região mostra-se com uma nebulosidade menor, logo a atenuação da radiação solar pelas mesmas torna-se menor e o caminho óptico percorrido pelos raios solares pequeno, favorecendo uma maior incidência de radiação no solo, resultando em uma maior elevação das temperaturas (Lima, 2002), de tal forma espera-se que durante o mês de outubro a probabilidade de ocorrências da doença seja maior.

Na maior parte do Estado a distribuição dos casos de dengue apresentou-se pequena (Figura 21), porém notou-se que o número de possibilidades de ocorrências aumentou (máximo de 240 casos), em relação aos meses anteriores.

Os meses de novembro e dezembro comportaram-se semelhantes ao mês de outubro, porém o número de casos previstos decresceu de 240 para 200 casos.

De um modo geral os totais pluviométricos previstos para o ano de 2000, mostraram-se mais elevados durante os períodos considerados mais secos para a região, resultando numa menor incidência nos casos previstos para a dengue para o Estado durante o ano de 2000.

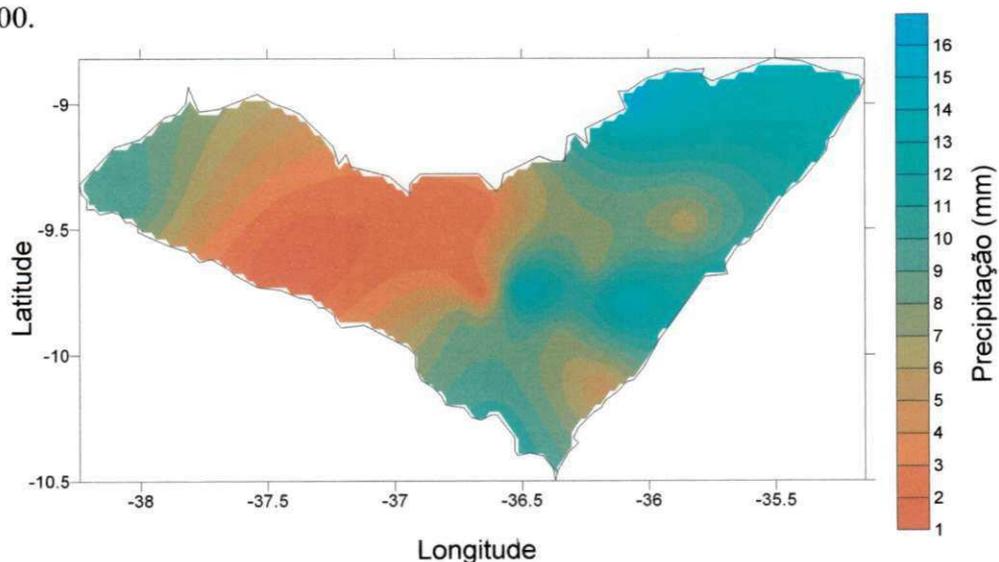


Figura 20: Distribuição espacial dos totais de precipitação mensais previstos pelo modelo regional, no Estado de Alagoas durante o mês de outubro de 2000.

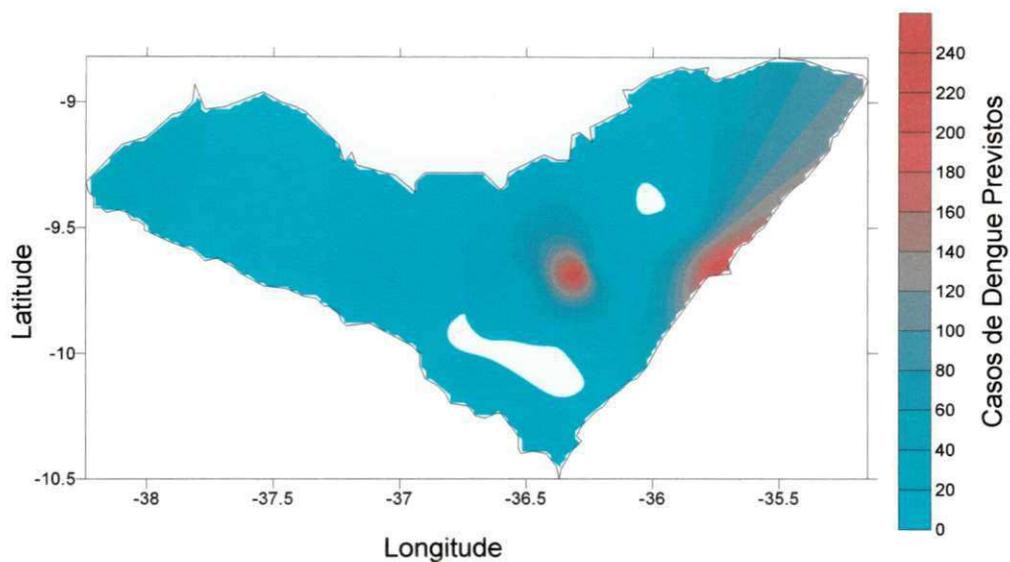


Figura 21: Distribuição espacial dos casos mensais de dengue previstos no Estado de Alagoas durante o mês de outubro de 2000.

#### **4.2. Distribuição espacial da precipitação e casos de dengue previstos no Estado de Alagoas em 2001.**

Os totais pluviométricos previstos para o ano de 2001, mostraram-se diferentes em relação aos valores do ano anterior. Comparando-se o ano de 2000 com o de 2001, percebe-se que o ano de La Niña (2000) apresentou-se mais úmido que o ano normal (2001), como pode ser observado a partir da comparação entre os 3 primeiros meses do ano que apresentaram os seguintes valores.

Tabela 4: Comparação da precipitação prevista pelo modelo, nos três primeiros meses dos anos de 2000 e 2001.

Ano	Mês	Precipitação Prevista (mm)
2000	Janeiro	15 – 70 mm
	Fevereiro	30 – 220 mm
	Março	20-85 mm
2001	Janeiro	0 – 38 mm
	Fevereiro	0 – 34 mm
	Março	20 -110 mm

A Figura 22 apresenta a distribuição espacial da precipitação para o mês de janeiro de 2001, observa-se que a mesorregião do leste alagoano apresenta valores previstos que variaram de 14 mm (região sul da costa leste) a 38 mm (em grande parte de todo litoral), nota-se que a distribuição espacial dos totais pluviométricos vai decrescendo em direção oeste do Estado atingindo seu mínimo (0 mm) no extremo oeste do Sertão alagoano.

A mesoregião do Agreste alagoano, onde se encontram as cidades de Arapiraca e Palmeira dos Índios, apresentou valores que variaram de 6 a 38 mm, diferentemente do comportamento da precipitação prevista para o mês de janeiro do ano anterior, durante o ano de 2001 esta região não apresentou os menores totais pluviométricos do Estado.

Durante o ano de 2001, como ocorreu uma diminuição nos totais pluviométricos espera-se que a distribuição espacial de dengue mostre-se mais intensa, pois períodos com temperaturas mais elevadas favorecem o aumento da população do mosquito, contudo, é válido mencionar que a precipitação pluviométrica é uma das variáveis meteorológicas mais importantes para o desenvolvimento do *Aedes aegypti*, que é o principal vetor de transmissão da doença nas localidades tropicais.

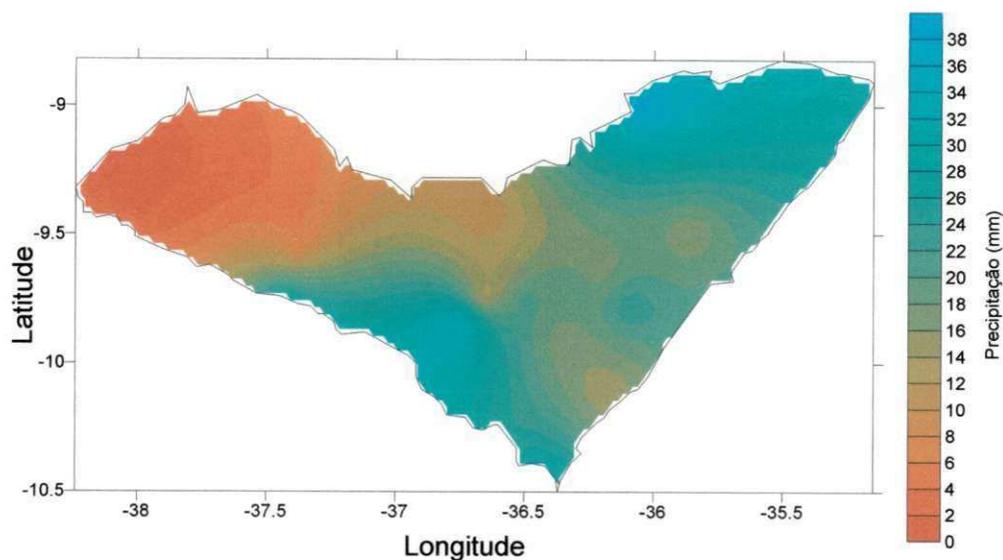


Figura 22: Distribuição espacial dos totais de precipitação mensais previstos pelo modelo regional, no Estado de Alagoas durante o mês de janeiro de 2001.

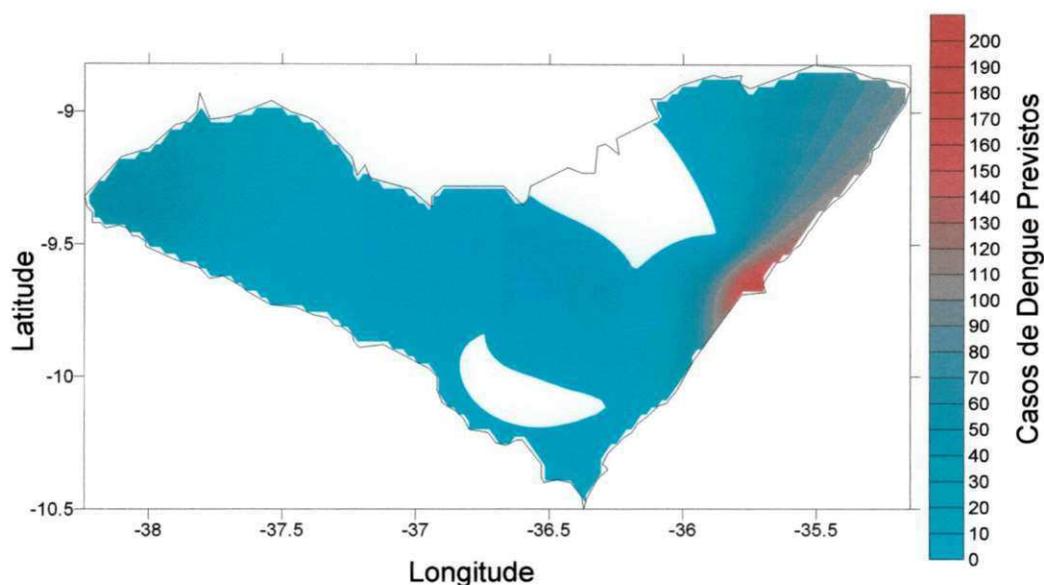


Figura 23: Distribuição espacial dos casos mensais de dengue previstos no Estado de Alagoas durante o mês de Janeiro 2001.

A distribuição espacial de dengue no Estado de Alagoas durante o mês de janeiro de 2001, representada na Figura 24, mostra que similar ao ano anterior a mesorregião do Leste alagoano apresentou as maiores probabilidades da ocorrência da doença, sendo que a

microrregião do Litoral norte apresentou os maiores valores, com a possibilidade de ocorrerem até 200 casos da doença (na cidade de Maceió) durante este mês. Percebe-se que entre as latitudes de aproximadamente  $9,6^{\circ}\text{S}$  e  $9,5^{\circ}\text{S}$ , e longitudes de  $36,3^{\circ}\text{W}$  e  $36,5^{\circ}\text{W}$  começa a aparecer um núcleo com maiores possibilidades de ocorrências da doença.

Os números de casos vão diminuindo em direção ao extremo oeste do Estado, e a mesorregião do agreste alagoano não apresentou indícios da doença, porém percebeu-se que a mesorregião do Sertão alagoano a distribuição espacial dos casos de dengue apresentou-se maior (80 casos da doença) que a distribuição observada no Agreste (nenhum caso previsto).

Na Figura 24 (a) observa-se a distribuição espacial da precipitação prevista pelo modelo para o Estado de Alagoas durante o mês de fevereiro de 2001. Na mesorregião do Leste alagoano nota-se que o decréscimo de precipitação é mais acentuado em direção norte, na qual são previstos valores de 20 mm aproximadamente, e ao sul percebeu-se o máximo de precipitação prevista para todo o Estado (38 mm). Observa-se também que nas localidades mais para o interior do Estado, ainda no Leste alagoano, ocorre uma pluviometria prevista inferior quando comparada com as localidades da estreita faixa litorânea. Já no Agreste alagoano o decréscimo é mais evidente em direção norte, assim, as localidades do Agreste com maiores valores pluviométricos estão localizadas em setores mais a leste e sul, enquanto as que apresentam o inverso estão mais a oeste. Pode-se observar que se trata de uma região de transição entre o leste úmido, e oeste, mais seco, no Estado de Alagoas. Entretanto observou-se que a mesorregião do Sertão alagoano apresentou uma distribuição espacial da precipitação maior em relação ao mês anterior com valores variando de 10 a 28 mm aproximadamente. No setor oeste dessa mesorregião encontra-se os maiores totais pluviométricos (28 mm).

Avaliando a distribuição espacial pluviométrica para o Estado de Alagoas correspondente ao fevereiro de 2001, observa-se de um modo geral que a região do Leste alagoano apresenta os maiores totais, dentre as mesorregiões estudadas, conferindo-lhe valor de 38 mm. O Agreste apresenta-se com valor de 12 mm aproximadamente e o Sertão com 28 mm.

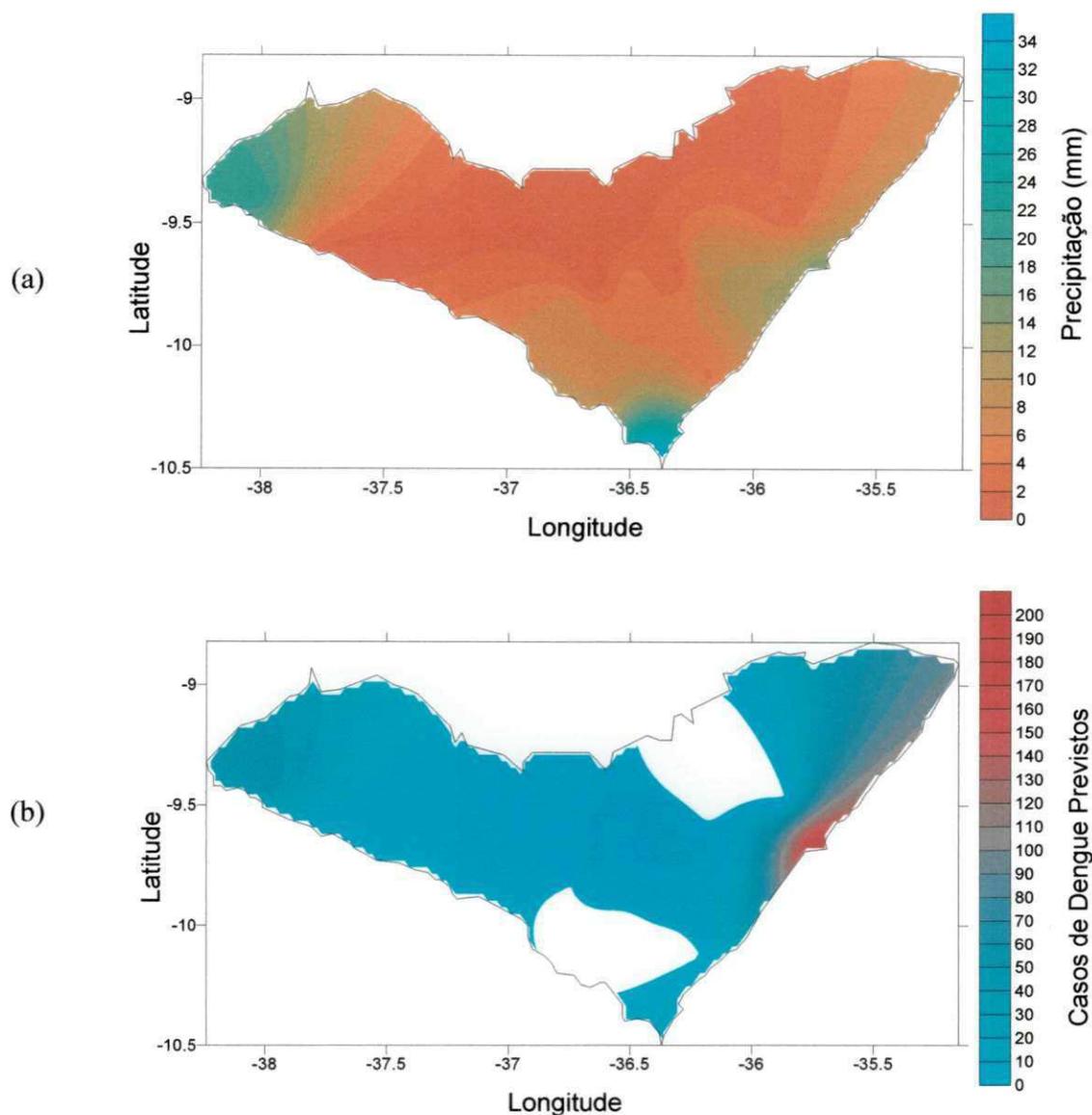


Figura 24: (a) Distribuição espacial dos totais de precipitação mensais previstos pelo modelo regional, no Estado de Alagoas durante o mês de fevereiro de 2001. (b) Distribuição espacial dos casos de dengue previstos no Estado de Alagoas durante o mês de fevereiro de 2001.

A distribuição espacial dos casos de dengue prevista para o mês de fevereiro de 2001 (Figura 24(b)), apresentou-se semelhante ao mês anterior, inclusive em termos quantitativos (alcançando 200 casos previstos). A faixa litorânea concentrou as maiores possibilidades de ocorrência da doença e similar a distribuição espacial dos totais pluviométricos os casos de dengue foram diminuindo em direção oeste do Estado e voltando a

aumentar no extremo oeste da mesorregião do Sertão alagoano. É notório que durante os meses de janeiro e fevereiro, a distribuição espacial dos casos de dengue seguiu a distribuição pluviométrica, ou seja, nas localidades onde há previsão de maiores totais pluviométricos, surge a possibilidade de ocorrência da doença, exceto na região ao sul do leste alagoano no mês de janeiro

Na Figura 25 observa-se que a distribuição espacial da precipitação obteve valores previstos que variaram de 20 a 110 mm, durante o mês de março de 2001.

Analisando a distribuição pluviométrica nota-se que diferentemente do ano anterior o mês de março apresentou-se mais úmido que o mês de fevereiro. Na faixa litorânea do Leste alagoano, os valores previstos para precipitação são superiores a 25 a 110 mm, onde se observou núcleos com mínimos valores de precipitação entre as latitudes de 9,4°S e 9,5°S aproximadamente e longitudes 35,4°W e aproximadamente 35,5°W, e 9,8°S e 10,4°S aproximadamente e longitudes 36,4°W e aproximadamente 36,5°W onde foi observado um núcleo de mínimos valores de chuva (20 mm).

Um núcleo com máximos valores (110 mm) foi observado entre as latitudes de 9,5°S e aproximadamente 9,8°S e longitudes 36,7°W a 36,5°W. O extremo sul do Estado também obteve valores previstos superiores a 100 mm.

Durante o mês de março a microrregião de Arapiraca (latitude de 9,5°S e 10,0°S e longitude de 36,4°W a 37,4°W), contida dentro da mesorregião do Agreste alagoano apresentou totais pluviométricos previstos que variaram de 25 a 110 mm..

A partir da microrregião de Batalha (localizada na mesorregião do Sertão alagoano) a distribuição espacial da precipitação foi aumentando gradativamente alcançando valores superiores a 100 mm.

Em relação à distribuição espacial dos casos previstos de dengue para o Estado de Alagoas durante o mês de março do ano de 2001 (Figura 26), observou-se que a faixa litorânea do Estado (a parti de Maceió até o norte da mesorregião leste do Estado) apresentou uma maior concentração dos casos previstos da doença.

Em termos quantitativos os casos de dengue diminuíram em relação ao mês de fevereiro do mesmo ano (máximo de 130 casos previstos). A partir do mês de abril com o início da estação chuvosa do Estado os casos de dengue tendem a diminuir, pois, normalmente os mosquitos transmissores da doença instalam-se em locais propícios a sua oviposição, ou

seja, locais onde exista água para que o mesmo possa depositar seus ovos e iniciarem o processo de contaminação. Muitas vezes essa oviposição, inicia-se durante os períodos mais chuvosos, e com a diminuição da precipitação eles se desenvolvem.

A mesorregião do Sertão alagoano apresentou indícios de ocorrências da doença, durante este mês. Esta distribuição mostrou-se semelhante ao longo de toda estação chuvosa.

Da mesma que o ano anterior a partir do mês de agosto com a diminuição das chuvas e elevação das temperaturas, os casos de dengue previstos voltaram a se elevar, e a partir do mês de outubro estes atingiram seus máximos.

De um modo geral, é conveniente lembrar que a precipitação pluviométrica é um fator necessário para a proliferação da doença, entretanto os casos da doença necessariamente não ocorrem no mesmo período das chuvas, podendo aparecer com uma defasagem de até alguns meses em relação ao período chuvoso, bem como estas chuvas podem levar os ovos dos mosquitos para outras localidades próximas.

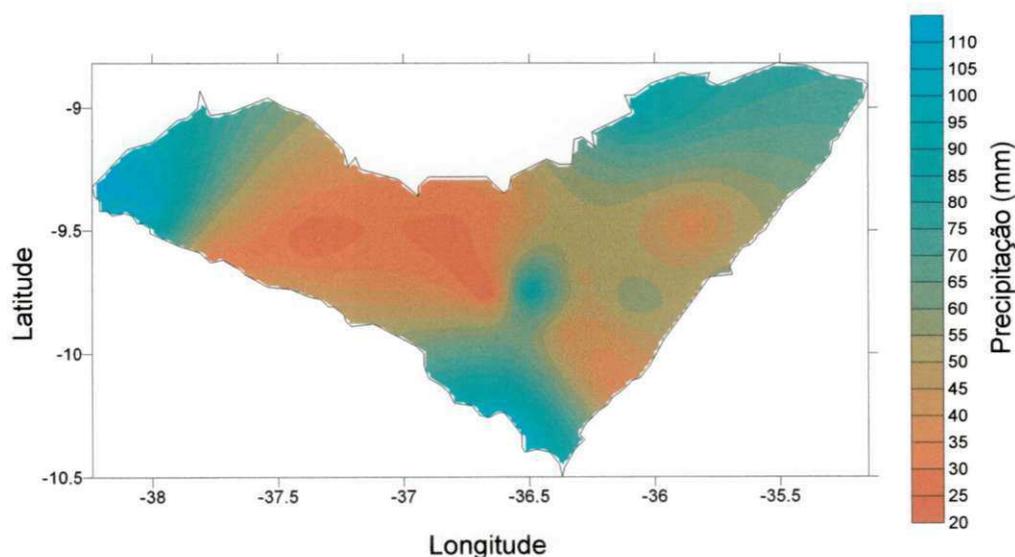


Figura 25: Distribuição espacial dos totais de precipitação mensais previstos pelo modelo regional, no Estado de Alagoas durante o mês de março de 2001.

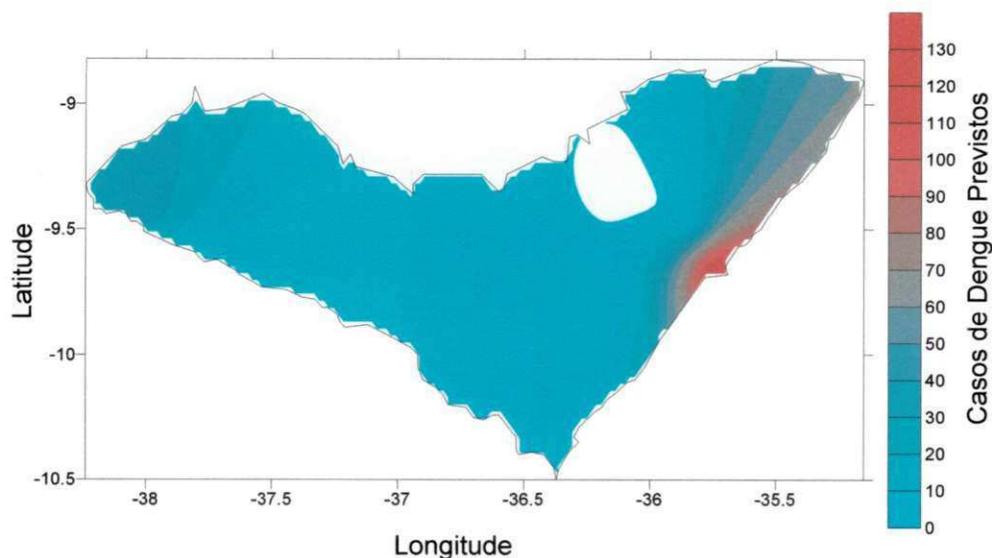


Figura 26: Distribuição espacial dos casos de dengue mensal previstos no Estado de Alagoas durante o mês de março de 2001.

#### 4.3. Distribuição espacial da precipitação e casos de dengue previstos no Estado de Alagoas em 2002.

A região do nordeste brasileiro teve no mês de janeiro de 2002, um período bastante chuvoso, no qual os totais pluviométricos observados foram considerados elevados. Segundo o CPTEC, os modelos de previsão de TSM de Centros Norte-Americanos e Europeus indicaram que o fenômeno El Niño atuaria até o início de 2003 com intensidade fraca e moderada, o que possibilitaria um decréscimo nas chuvas sobre o NEB, entretanto verificou-se a presença de VCAS que provocaram uma irregularidade temporal e espacial de precipitação, ocasionando as ocorrências de chuvas fortes; e as temperaturas elevadas neste período do ano favoreceram a ocorrência de temporais localizados.

A distribuição espacial da precipitação pluviométrica do Estado de Alagoas, prevista pelo modelo (Figura 27 (a)) apresentou uma variação, na qual o valor máximo atingiu 300 mm na cidade de Anadia ( $9^{\circ} 16'S$ . e  $36^{\circ} 03'W$ ) e a mínima de 140 mm na cidade de Pão de Açúcar.

Nota-se que as mesorregiões do Litoral leste e Agreste alagoano, apresentaram os maiores totais de precipitação previstos (260 a 300 mm), estes altos índices foram

provocados pela presença de Vórtices Ciclônicos da Atmosfera Superior, que contribuíram para a elevação dos mesmos.

Cidades como União dos Palmares ( $9^{\circ} 16'S$ . e  $36^{\circ} 03'W$ ), Atalaia ( $9^{\circ} 50'S$ . e  $36^{\circ} 02'W$ ), e Capela ( $9^{\circ} 42'S$ . e  $36^{\circ} 07'W$ ), ambas localizadas na microrregião da Mata alagoana obtiveram valores previstos superiores a 280 mm.

Nas microrregiões de Batalha e Sertão alagoano, os valores de precipitação previstos variaram de 140 a 240 mm.

De acordo com os dados obtidos na Secretária de Saúde do Estado de Alagoas os números de casos de dengue observados no Estado aumentaram em relação ao mês de janeiro do ano anterior, similar aos valores observados, os previstos a partir dos valores de precipitação também se elevaram.

No mês de janeiro de 2002 (Figura 27 (b)), a distribuição espacial dos casos previstos de dengue abrangeu toda a região da mesorregião do Litoral leste alagoano. Nota-se um centro de máximos valores entre as latitudes de  $9,5^{\circ}S$  e  $10^{\circ}S$  e longitude de  $36,0^{\circ}E$  e  $36,5^{\circ}E$ , neste mesmo período para esta localidade verificou-se o máximo de precipitação.

As mesorregiões da Mata alagoana, Palmeira dos Índios, parte de Arapiraca e Batalha, obtiveram pequenos índices de ocorrência previstos para a enfermidade. Nas microrregiões de Penedo e o Sertão alagoano não foram previstos indícios de ocorrência da doença.

O mês de janeiro (verão no Hemisfério sul) se caracteriza por apresentar altas temperaturas e uma considerável quantidade de água precipitada, o que favorece a ocorrência de doenças como a dengue, epidemias são verificadas a partir do mês de dezembro que marca o início do verão neste Hemisfério.

O ano de 2002, em Alagoas foi marcado, pela elevação de ocorrências de dengue observado (Segundo dados obtidos na Secretária de Saúde do Estado), bem como a previsão da distribuição espacial da doença também se mostrou crescente. Logo se nota que a previsão da distribuição espacial dos casos de dengue previstos se assemelha com realidade observada durante este período de estudo no Estado de Alagoas.

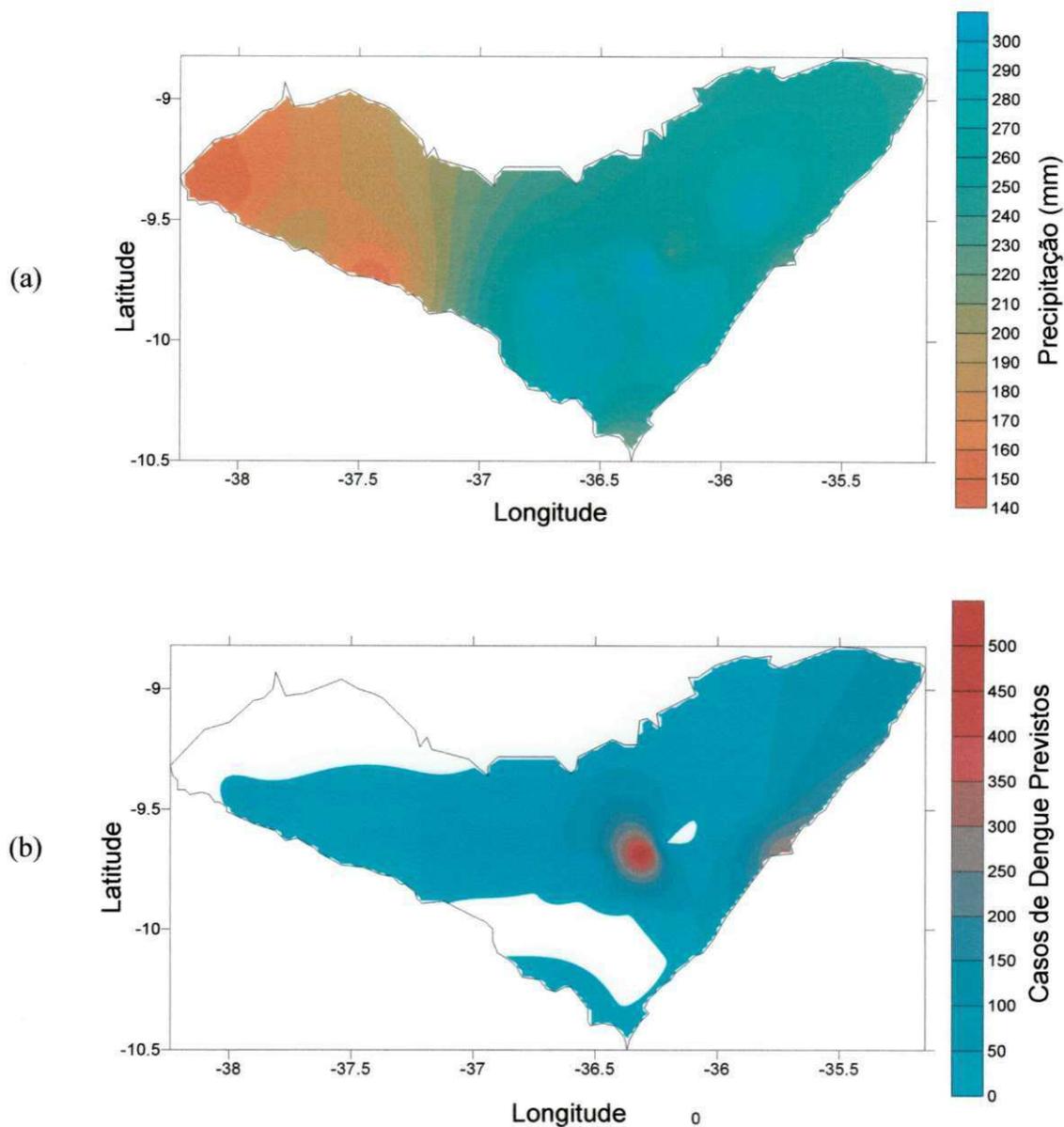


Figura 27: (a) Distribuição espacial dos totais de precipitação mensais previstos pelo modelo regional, no Estado de Alagoas durante o mês de janeiro de 2002. (b) Distribuição espacial dos casos de dengue mensal previstos no Estado de Alagoas durante o mês de janeiro de 2002.

Durante o mês de fevereiro (Figura 28 (a)), os totais pluviométricos diminuíram em relação ao mês de janeiro, entretanto observou-se que sua distribuição espacial apresentou-se contrária à observada para a região durante este mês.

Nota-se que a previsão realizada para precipitação sobre-estimou os totais pluviométricos nas mesorregiões do Sertão e Agreste alagoano, onde se observa um núcleo com máximos valores (>100 mm) entre as latitudes de 9,8°S e aproximadamente 9,0°S e longitude de 37,5°W e 38,0°W.

Contrariando as expectativas, o Litoral leste e Mata alagoana apresentaram os valores previstos de precipitação inferiores aos previstos para as mesorregiões do Agreste e Sertão alagoano.

Segundo Figueredo (2002), o período chuvoso para as mesorregiões do Agreste e Sertão alagoano inicia-se no mês de abril e segue até maio.

Foi realizada uma comparação entre os valores previstos e observados de precipitação para o Estado de Alagoas, durante o mês de fevereiro de 2002, e observou-se que os valores previstos pelo modelo sub-estimaram os valores observados em parte das localidades analisadas, exceto as cidades de Coruripe, Penedo, Piaçabuçu, Piranhas, ambas localizadas ao sul do Litoral Leste alagoano e as cidades São José da Tapera, São José da Lage, Teotônio Vilela, Limoeiro de Anadias e Delmiro Gouveia, localizadas no Agreste e Sertão alagoano respectivamente, tiveram valores de precipitação previstos que sobre-estimaram os valores observados.

Como já foi mencionado anteriormente, durante o ano de 2002, foi observada uma elevação nos números de casos de dengue notificados no Estado de Alagoas, e durante o mês de fevereiro a distribuição espacial mostrou-se inferior a observada durante o mês de janeiro.

Nos meses seguintes observou-se que os maiores totais pluviométricos estavam distribuídos de forma uniforme por toda mesorregião do Leste e Agreste alagoano, ao mesmo tempo em que as previsões realizadas para a distribuição espacial dos casos de dengue, foram mais constantes para essas regiões, entretanto apesar dos pequenos totais pluviométricos previstos para a mesorregião do Sertão alagoano, também se observou um número considerado de casos da doença, principalmente nos meses de junho, julho, novembro e dezembro.

Durante os meses de janeiro a março, percebeu-se um núcleo de máximos valores da doença, entretanto a partir de maio a junho, período chuvoso da região, observou-

se que ocorreu uma desintensificação do mesmo e a partir do início da primavera os totais previstos voltaram a se elevar.

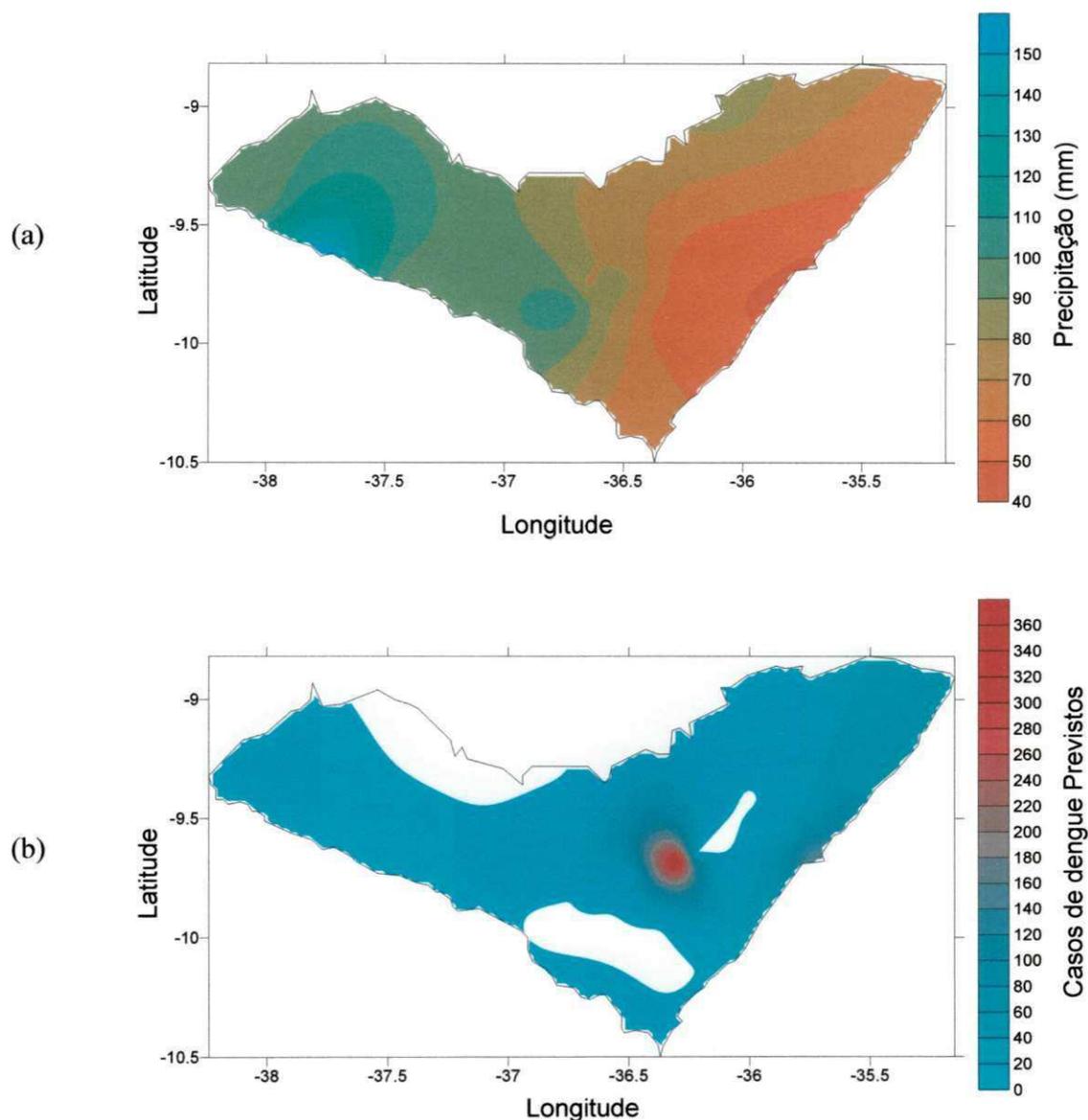


Figura 28: (a) Distribuição espacial dos totais de precipitação mensal previsto pelo modelo regional, no Estado de Alagoas durante o mês de fevereiro de 2002. (b) Distribuição espacial dos casos de dengue mensal previstos no Estado de Alagoas durante o mês de fevereiro de 2002.

#### **4.4. Distribuição sazonal da precipitação e casos de dengue previstos nos anos de 2000 a 2002.**

Conforme mencionado anteriormente, o período chuvoso em Alagoas ocorre de abril a julho (outono-inverno) e o período seco de outubro a janeiro (primavera-verão). A partir dos valores previstos pelo modelo (precipitação e dengue) para estes períodos, foi realizada a média mensal para cada estação, com o intuito de se observar o comportamento médio mensal da distribuição espacial da precipitação e casos de dengue previstos para o Estado de Alagoas, durante os anos de 2000 a 2002.

Segundo Hipócrates 460 a 337 a.C. a variação sazonal é importante no controle e vigilância de doenças, em especial às que dependem de vetores cuja população varia de acordo com as condições climáticas. De um modo geral, observou-se que a faixa litorânea do Leste alagoano apresentou durante os meses de outono-inverno, a estação em que ocorreram os maiores índices pluviométricos e que os mesmos vão decrescendo em direção Sul e Oeste do Estado. Notam-se ainda as microrregiões da Mata alagoana, Litoral norte e Maceió, ambas localizadas na mesorregião Leste do Estado obtiveram os maiores totais previstos de precipitação pelo modelo, durante a estação chuvosa para Alagoas.

O Agreste e Sertão alagoano também apresentam suas microrregiões como as que possuem os meses de abril a maio como a estação que registra os maiores índices pluviométricos do período chuvoso da região. A distribuição pluviométrica sazonal referente à estação da primavera e verão, estações estas correspondentes à época em ocorre o período mais seco para todo o Estado, observou-se que a maior parte das microrregiões do Leste alagoano apresenta o verão como a estação com menores índices pluviométricos, apenas parte das microrregiões da Mata alagoana e Litoral norte apresenta o mês de setembro como o mês que apresenta os mais baixos índices pluviométricos.

Com relação à distribuição espacial de dengue observa-se que em geral as epidemias inicia-se no mês de dezembro, sugerindo que a circulação viral está estreitamente relacionada com o início da estação mais quente do ano e que a transmissão do agente pode ter sido iniciada mesmo antes de ser detectada pela vigilância epidemiológica. Entretanto durante os meses de abril a julho ocorre um decréscimo de incidência da dengue, o que retrata a sazonalidade da doença no Estado, decorrente da redução da densidade da população de

vetores em função da queda de temperatura e elevação da umidade que se registra entre abril a julho em Alagoas.

#### 4.4.1. Variação sazonal dos totais pluviométricos e dengue previsto no ano de 2000.

De acordo com os valores de precipitação prevista durante a estação chuvosa (Figura 29(a)) do Estado de Alagoas, observou-se que a mesorregião Leste, principalmente a faixa Litorânea apresentou os maiores totais pluviométricos com valores superiores a 200 mm; entretanto durante o período de primavera-verão (Figura 29(b)), notou-se que a faixa Litorânea obteve os menores índices em relação à distribuição espacial prevista dessa variável para todo o território alagoano (valores variando de 29 a 32 mm).

Durante o inverno a distribuição espacial da precipitação vai decrescendo em direção oeste (Figura 29(a)), porém durante a estação mais seca (Figura 29(b)) as microrregiões de Palmeira dos Índios e Arapiraca (Agreste alagoano), obtiveram os maiores totais de chuvas previstos para o período (núcleo com máximos valores 40 mm).

Nota-se ainda que os valores previstos de precipitação para a mesorregião do Sertão alagoano foram superiores aos valores previstos para o Litoral. É importante lembrar que o ano de 2000 foi um ano de ocorrência do fenômeno La Niña, logo o ano é considerado como um ano chuvoso, e como foi mencionado em análise anterior, os totais previstos e observados para o ano de 2000 estiveram acima da média, comparando-os com os resultados dos obtidos para os anos seguintes.

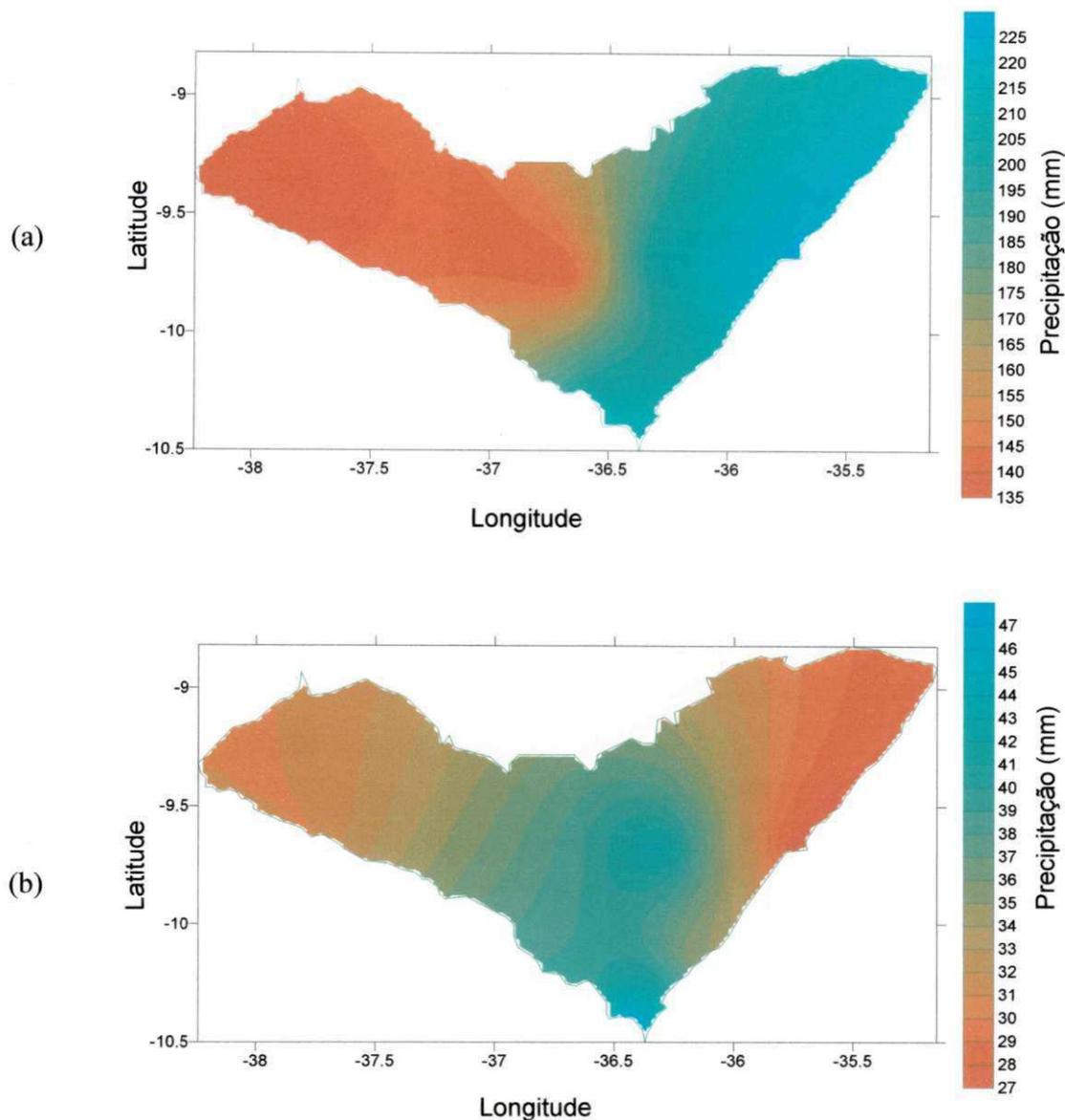


Figura 29: (a) Distribuição espacial mensal de precipitação prevista pelo modelo regional, no Estado de Alagoas durante os meses de abril, maio junho e julho de 2000. (b): Distribuição espacial mensal de precipitação prevista pelo modelo regional, no Estado de Alagoas durante os meses de outubro, novembro, dezembro de 2000 e janeiro de 2001.

Quanto à distribuição espacial dos casos de dengue previstos para diferentes estações do ano no Estado, observou-se que as maiores ocorrências observadas de dengue ocorrem principalmente no verão, devido às altas temperaturas e os menores totais

pluviométricos que ocorrem durante esta estação. Temperaturas entre 25°C e 30°C são consideradas ideais para a proliferação do mosquito, enquanto que abaixo de 18° e acima de 30°C, o *Aedes aegypti* reduz sua atividade normal e não pica mais o ser humano, e acima de 40°C o mosquito morre.

Durante os meses de abril a julho a previsão da distribuição espacial dos casos de dengue (Figura 30(a)), apresentou valores pequenos em relação aos valores previstos para os meses de outubro a dezembro de 2000 e janeiro de 2001.

Na Figura 30(b), a distribuição mostrou-se maior nas microrregiões do Litoral Norte, Mata alagoana, Maceió e extremo norte da microrregião de São Miguel dos Campos, entretanto percebe-se que a região compreendida entre as longitudes 36,4°W e o extremo oeste do território alagoano e longitudes 10,5°S e 9,3°S, não apresentou indícios de ocorrências da doença.

Durante os meses de primavera-verão (Figura 30(b)), observou-se uma elevação nos valores previstos dos casos de dengue, ao mesmo tempo em que sua distribuição espacial mostrou-se similar à observada nos meses anteriores.

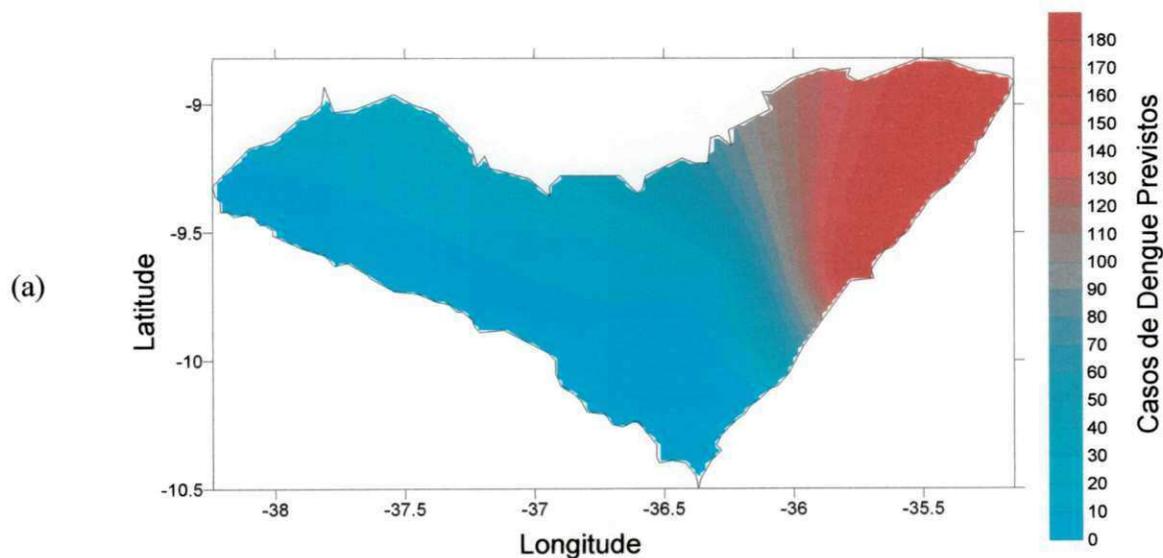


Figura 30 (a): Distribuição espacial mensal de casos de dengue previstos a partir da precipitação prevista pelo modelo regional, no Estado de Alagoas durante os meses de abril, maio junho e julho de 2000.

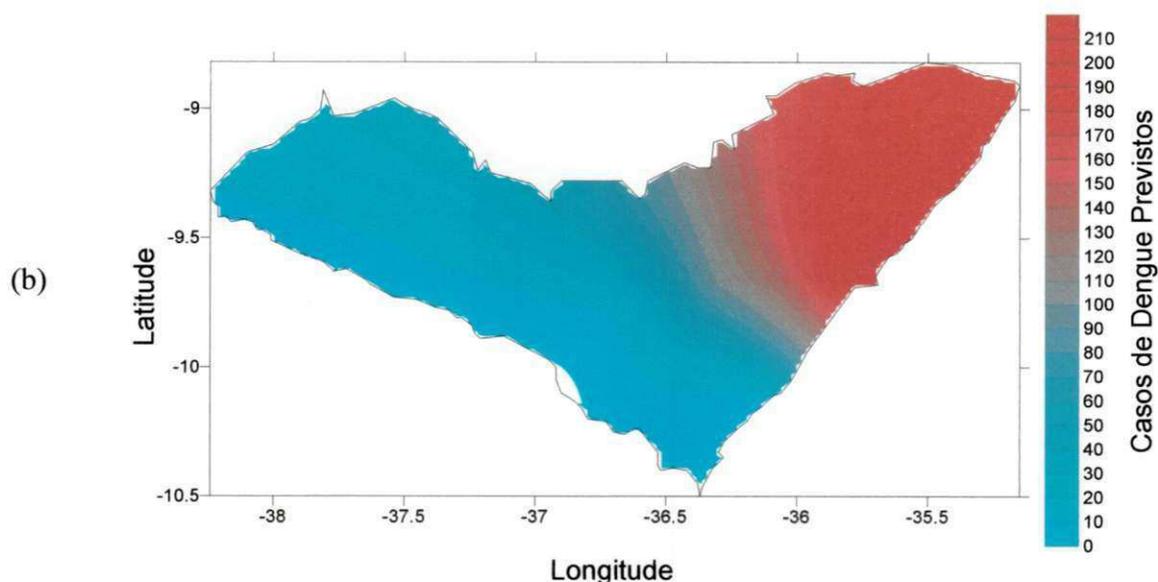


Figura 30 (b): Distribuição espacial mensal de casos de dengue previstos a partir da precipitação prevista pelo modelo regional, no Estado de Alagoas durante os meses de outubro, novembro, dezembro de 2000 e janeiro de 2001.

#### 4.5. Totais pluviométricos e dengue previstos para as estações de inverno e verão de 2001.

Os totais médios de precipitação previstos durante o período da estação chuvosa do ano de 2001 (Figura 31(a)) se aproximaram dos previstos para o mesmo período durante o ano de 2000, entretanto, observou-se que a distribuição espacial observada durante o ano de 2001, para os valores previstos, assemelhou-se mais com a distribuição dos totais pluviométricos reais, ou seja, as maiores concentrações localizaram-se mais ao norte da mesorregião do Leste alagoano e ocorreu um gradual decréscimo na direção Sul e Oeste do Estado, e o menor valor 90 mm foi previsto para o extremo oeste do Sertão alagoano.

Durante os meses de primavera-verão de 2001, os totais médios mensais previstos para todo o território alagoano foram maiores que os previstos para o ano de 2000, durante este período.

Entre as latitudes de 36,0°E e 37°W, observou-se no ano de 2000 (Figura 31(b)) um centro de mínimos valores de precipitação prevista (40 mm), entretanto analisando a

mesma localidade durante o ano de 2001 (Figura 31(b)) notou-se que os valores previstos apresentaram-se elevados atingindo um total pluviométrico superior a 100 mm.

Seguindo a distribuição espacial observada para os totais de chuva no território alagoano, as mesorregiões do Agreste e Sertão alagoano obtiveram os menores totais de chuva previstos para o período, contudo, observou-se ainda que estes valores médios foram superiores aos valores previstos para o ano anterior durante os meses de outubro a dezembro de 2001 e janeiro de 2002.

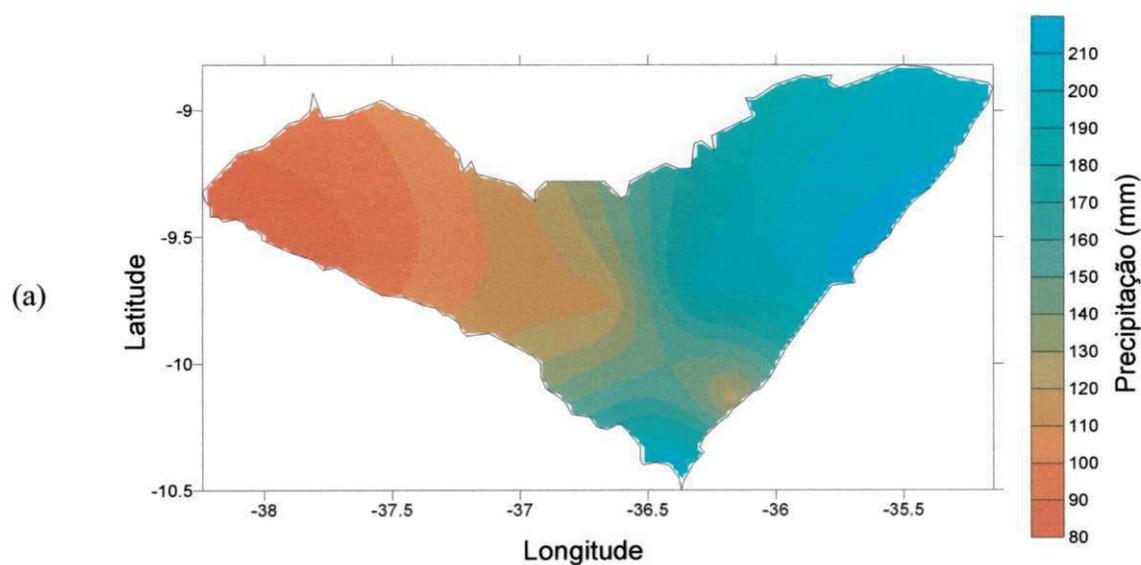


Figura 31: (a) Distribuição espacial mensal de precipitação prevista pelo modelo regional, no Estado de Alagoas durante os meses de abril, maio junho e julho de 2001,

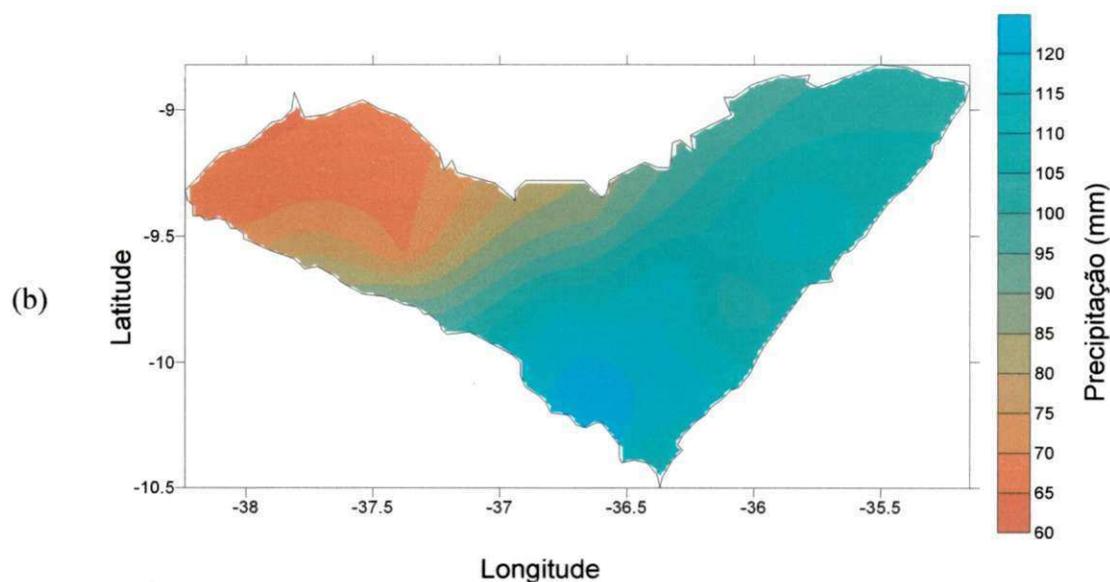


Figura 31: (b) Distribuição espacial da mensalidade de precipitação prevista pelo modelo regional, no Estado de Alagoas durante os meses de outubro, novembro, dezembro de 2000 e janeiro de 2002.

A distribuição espacial dos casos de dengue previsto mostrou-se mais intensa durante os meses de primavera-verão de 2001 (Figura 32(b)), concordando com os dados numéricos dos casos notificados no Estado, fornecidos pela Secretária de Vigilância Epidemiológica de Alagoas. As altas temperaturas características deste período e a ocorrência de chuvas propiciaram uma elevação nos casos da doença, entretanto as condições físicas e ambientais as quais as populações são expostas, também influenciam como fator decisivo na elevação dos números de ocorrência da enfermidade.

Já durante os meses de abril, maio, junho e julho as maiores concentrações de casos previstos da doença estiveram mais localizadas no extremo norte da mesorregião do Leste alagoano e as microrregiões de Penedo, parte de Arapiraca, Batalha e a mesorregião do Sertão alagoano, não apresentaram indícios da ocorrência da doença.

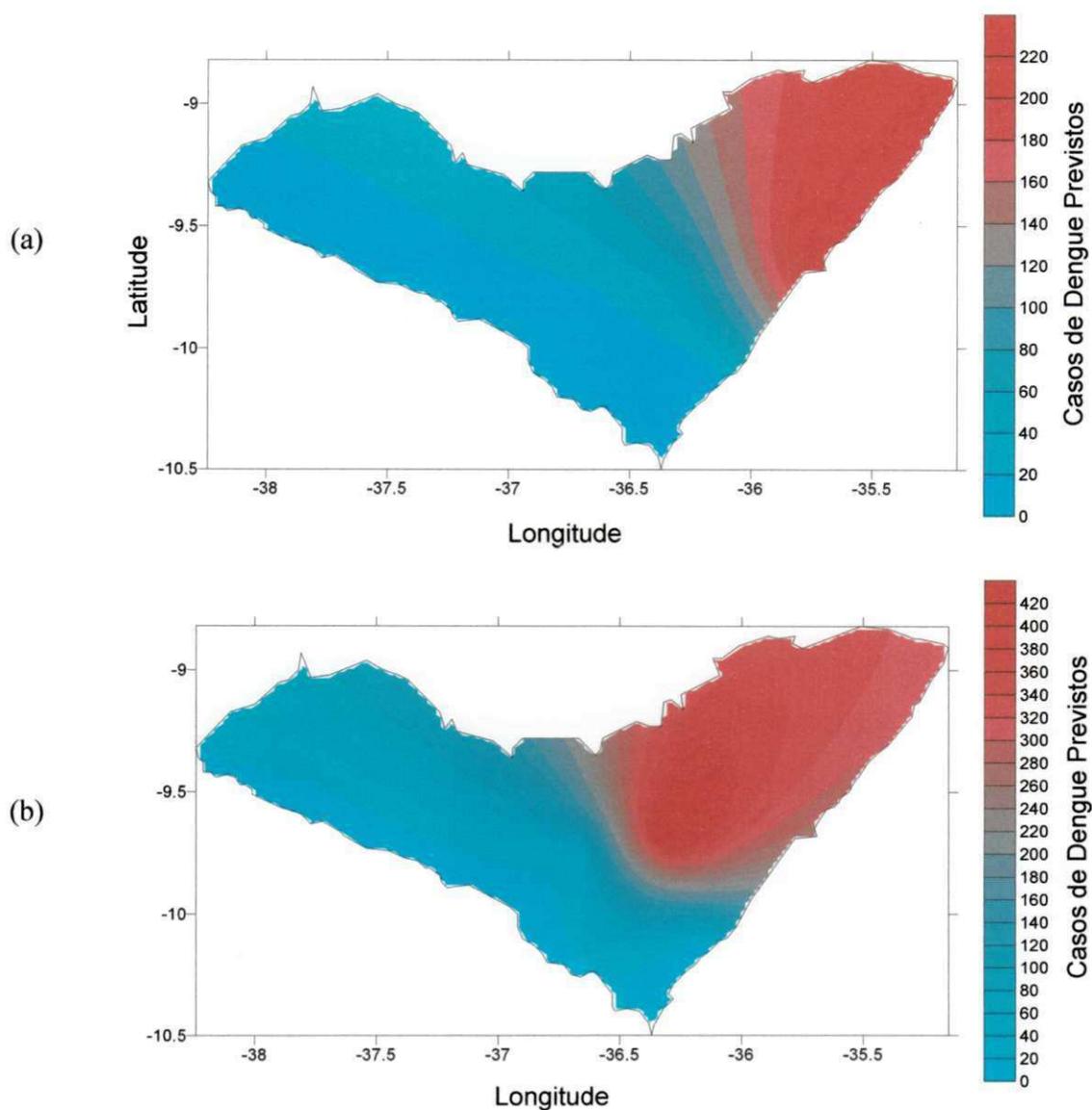


Figura 32: (a) Distribuição espacial da média mensal de casos de dengue previstos a partir da precipitação prevista pelo modelo regional, no Estado de Alagoas durante os meses de abril, maio junho e julho de 2001, (b) Distribuição espacial da média mensal de casos de dengue previstos a partir da precipitação prevista pelo modelo regional, no Estado de Alagoas durante os meses de outubro, novembro, dezembro de 2001 e janeiro de 2002.

#### **4.6. Totais pluviométricos e dengue previstos para as estações de inverno e verão de 2002.**

Os totais pluviométricos previstos para o Estado de Alagoas durante as estações de inverno e verão no ano de 2002, tiveram valores similares aos previstos para os anos de 2000 e 2001. A distribuição espacial apresentou-se mais intensa em todo o litoral leste com valores superiores a 160 mm durante os meses de abril a julho (Figura 33 (a)), e nos meses de primavera-verão os valores não ultrapassaram a 100 mm (Figura (33 (b))).

As mesorregiões do Agreste e Sertão alagoano apresentaram seus maiores valores durante o período chuvoso, com o máximo de 140 mm no Agreste alagoano e aproximadamente 90 mm no Sertão. Durante o verão, os valores previstos tiveram uma redução considerável, não só para as mesorregiões citadas a cima, mas para todo o Estado.

Segundo Figueredo (2002), o agrupamento dos meses de abril, maio, junho e julho é o mais importante, pois é o responsável pelas chuvas em quase totalidade do Estado, com uma contribuição percentual de 59% do total anual, ao mesmo tempo em que classifica os meses de outubro a janeiro como sendo os meses mais secos para todo o Estado.

De um modo geral, em termos numéricos o inverno, com os totais pluviométricos mais intensos previstos pelo modelo, ocorreu durante o ano de 2000 (ano de La Niña), no qual se observou um valor máximo de 225 mm na costa leste do Estado, e os menores valores previstos ocorreram durante o ano de 2002. Com relação à distribuição espacial dessa variável, observou-se que nos anos de 2001 e 2002 apresentou-se mais uniforme durante a estação chuvosa no Estado.

Os totais pluviométricos previstos para os meses de primavera-verão ao longo dos três anos mostraram-se mais intensos no ano de 2001 com valores superiores a 100 mm. A distribuição espacial das chuvas nos anos de 2001 e 2002, durante os meses de outubro a janeiro, foi simétrica, entretanto no ano de 2000, notaram-se as menores concentrações previstas para a costa leste do Estado de Alagoas ao longo de todo o período analisado.

Com relação à distribuição espacial de dengue durante as estações do ano em 2002, observou-se que as maiores concentrações ocorreram no litoral leste do Estado, durante os dois períodos analisados. Observou-se também em relação aos anos anteriores as previsões da doença concentraram-se mais na faixa litorânea do Estado.

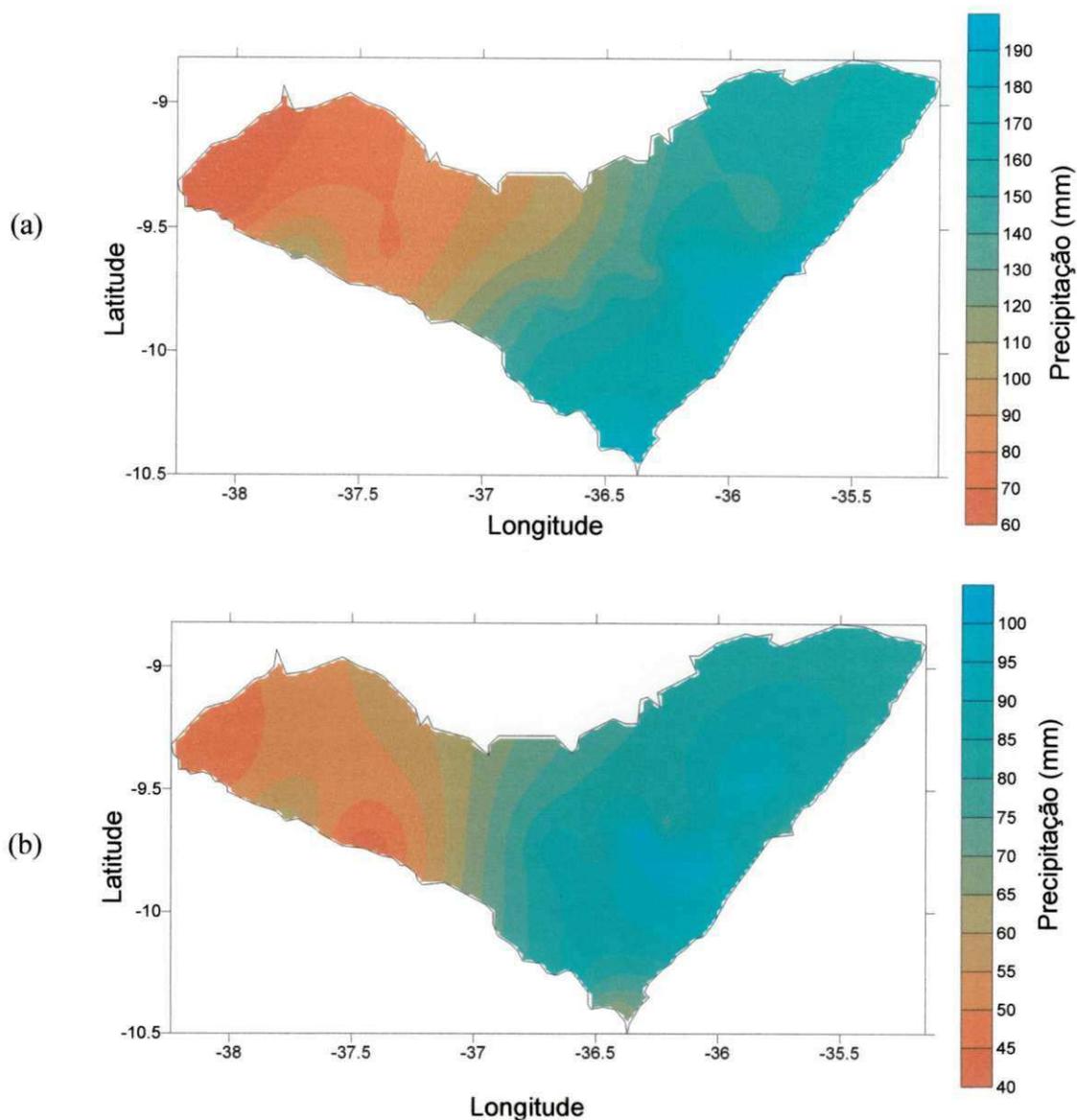


Figura 33: (a) Distribuição espacial mensal de precipitação prevista pelo modelo regional, no Estado de Alagoas durante os meses de abril, maio junho e julho de 2002, (b) Distribuição espacial mensal de precipitação prevista pelo modelo regional, no Estado de Alagoas durante os meses de outubro, novembro, dezembro de 2002.

#### 4.7. Comparação entre os valores de dengue previsto e observado para o Estado de Alagoas durante os anos de 2000 a 2002.

Conforme foi observado anteriormente, de um modo geral a previsão da distribuição espacial dos casos de dengue apresentou-se proporcional à distribuição espacial das chuvas no Estado, bem como a previsão da enfermidade aproximou-se da distribuição real da doença observada nas localidades durante o período de estudo. Notou-se que cidades localizadas entre o Agreste e Litoral Leste de Alagoas foram as que apresentaram os resultados mais significativos.

A cidade de Boca da Mata, localizada na latitude de  $9^{\circ} 38' 29''$ S e longitude de  $36^{\circ} 13' 13''$ W representada pelo gráfico abaixo, apresentou uma correlação de 42% entre a ocorrência de dengue e sua previsão durante o período de estudo. Observou-se que durante o ano de 2000, os valores previstos para dengue sobre estimaram os valores notificados da doença, entretanto os meses de fevereiro, julho e agosto do mesmo ano, os casos previstos aproximaram-se bastante as notificações registradas em Alagoas. Já durante o ano de 2001, as previsões para a doença variaram de acordo com os casos registrados no Estado, bem como o ano seguinte. O mês de abril de 2002 destacou-se com uma elevação do número de casos notificados no Estado, enquanto que os valores previstos sobre estimaram a ocorrência.

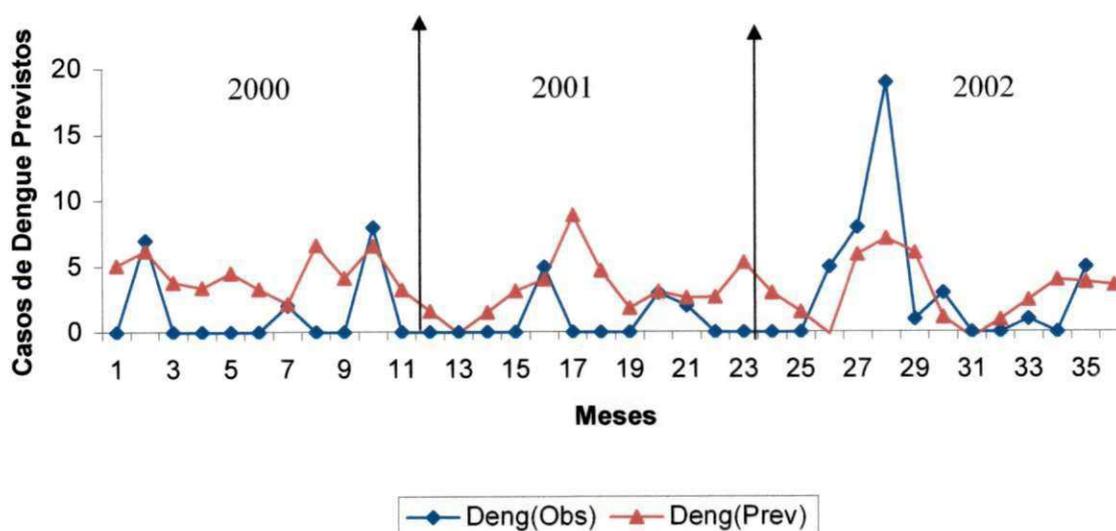


Gráfico 2. Comparação entre os valores de dengue previstos e observado na cidade de Boca da Mata durante o período de janeiro de 2000 a dezembro de 2002.

Entretanto as cidades localizadas entre as mesorregiões de Batalha e Sertão alagoano foram as que apresentaram as mais baixas correlações entre a distribuição dos casos previstos e os casos notificados na mesma. Tal fato pode ser atribuído aos menores totais pluviométricos observados nestas regiões durante o período analisado, entretanto as elevadas temperaturas também favoreçam a ocorrência da doença.

A cidade de Delmiro Gouveia localizada no alto Sertão alagoano, representada pelo gráfico abaixo, foi uma das localidades que não apresentaram uma boa relação (correlação de 14%) entre os casos previstos e observados de dengue. Percebe-se que houve uma sobre estimativa dos valores previstos em relação aos valores observados. Contudo observou-se que a Cidade de São José da Tapera ( $9^{\circ} 32'22''S$  e  $37^{\circ} 23'35''W$ ), apresentou uma correlação de aproximadamente 50% entre os valores previstos e observados de casos de dengue na cidade, logo se pode concluir que além dos fatores meteorológicos os fatores socioeconômicos também influenciam diretamente na ocorrência e intensidade da doença em qualquer localidade.

Pois São José da Tapera apresenta condições climáticas semelhante às observadas em Delmiro Gouveia, porém as condições de vida da população nesta primeira localidade são bastante precárias em relação à segunda.

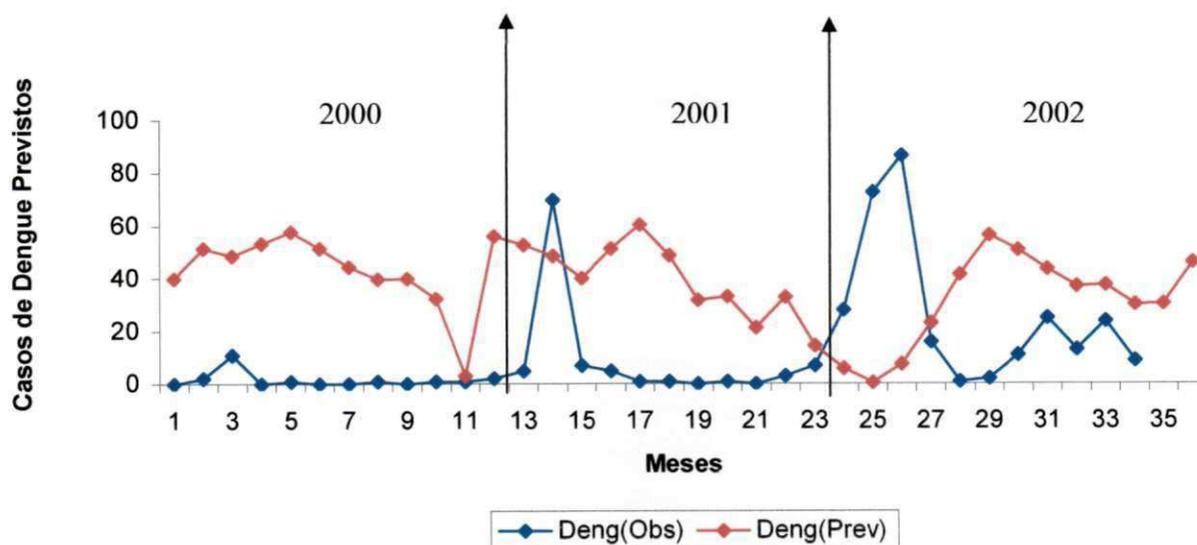


Gráfico 3. Comparação entre os valores de dengue previstos e observado na cidade de Delmiro Gouveia durante o período de janeiro de 2000 a dezembro de 2002.

De um modo geral observou-se a previsão da distribuição espacial de dengue no Estado apresentou-se satisfatória, apesar de algumas localidades acima citadas não apresentar uma boa correlação, em termos numéricos, entretanto quanto à distribuição espacial esta se mostrou conivente com a realidade local.

#### **4.8. Análise dos desvios da previsão em relação aos valores observados**

Com o intuito de analisar o erro cometido pelo modelo de previsão da distribuição espacial dos casos de dengue no Estado de Alagoas no período de janeiro de 2000 a dezembro de 2002, foram calculados os erros cometidos na previsão, utilizando-se para isso, o desvio médio previsto e o desvio médio observado do dengue.

Foram selecionados os meses representativos do quadrimestre mais chuvoso da região (abril – maio - junho e julho), buscando assim enfatizar a influência da precipitação pluviométrica na distribuição espacial do dengue no Estado.

Percebeu-se que durante o mês de abril de 2000, em maior parte do território alagoano (norte da mesoregião Leste alagoano ao extremo norte das mesoregiões do Agreste e Sertão alagoano) os desvios calculados foram bastante elevados, enquanto que ao sul do Estado, estes se apresentaram com valores iguais ou inferiores a zero, porém o fato de uma medida ter desvio nulo não significa que ela é exata, apenas que dentro da precisão da previsão realizada, não se podem perceber diferenças entre o valor provável e o valor obtido.

Já durante o ano de 2001, os desvios observados durante o mês de abril foram menores em toda a mesoregião do Leste do Estado, significando que a previsão da distribuição espacial do dengue aproximou-se mais da realidade, quando comparada a previsão do ano anterior, entretanto durante o ano de 2002, o mês de abril mostrou-se semelhante ao ano de 2000.

Os desvios da previsão observados durante o mês de maio de 2000, apresentaram sua distribuição espacial crescente na direção norte do Estado, notou-se que toda região do Leste e Mata alagoana apresentaram seus maiores desvios neste mês.

No ano de 2001, os desvios observados no mês de maio, na maior parte do território alagoano apresentaram sinais negativos, inclusive no Litoral Leste da região, exceto as localidades entre as longitudes 36.4 °E e 36.9 °E aproximadamente e latitudes de 10.55 °S e

9.5 °S aproximadamente, apresentaram valores positivos dos desvios da previsão. Também se constatou que os valores dos desvios no ano de 2001 foram inferiores aos observados durante o mês de maio de 2000.

Durante o mês de maio de 2002, as mesoregiões do Agreste e Sertão alagoano apresentaram os menores valores dos desvios da previsão (iguais ou inferiores a zero). E o Litoral Leste semelhante ao ano de 2000, voltou a apresentar os maiores desvios com relação à previsão.

Diferentemente dos meses anteriores, o mês de junho no ano de 2000, apresentou sinais negativos nos desvios da previsão em grande parte do Estado. Entretanto entre as longitudes 36.4 °E e 38.0 °E aproximadamente os valores dos desvios foram positivos.

A mesma distribuição espacial dos desvios da previsão verificada no mês de junho de 2000, repetiu-se no ano de 2001, no mesmo mês os valores permaneceram semelhantes ao ano anterior, e a região com os valores máximos, mostrou-se mais intensa e de forma isolada.

Já durante o ano de 2002, o mês de junho voltou a ter na mesoregião do Litoral Leste os maiores desvios positivos, ao mesmo tempo em que as mesoregiões do Agreste e Sertão alagoano apresentaram os menores valores.

O mês de Julho de 2000 mostrou-se semelhante ao mês anterior, onde se verificou valores negativos em grande parte do território do Estado, os valores positivos foram verificados apenas na região delimitada entre as longitudes 36.4 °E e 38.0 °E aproximadamente e latitudes de 10.50 °S e 9.0 °S aproximadamente.

Da mesma forma, julho de 2001 apresentou a distribuição espacial similar à observada durante o mês de julho do ano anterior, entretanto no ano de 2002, os desvios se apresentaram mais positivos em todo Litoral Leste.

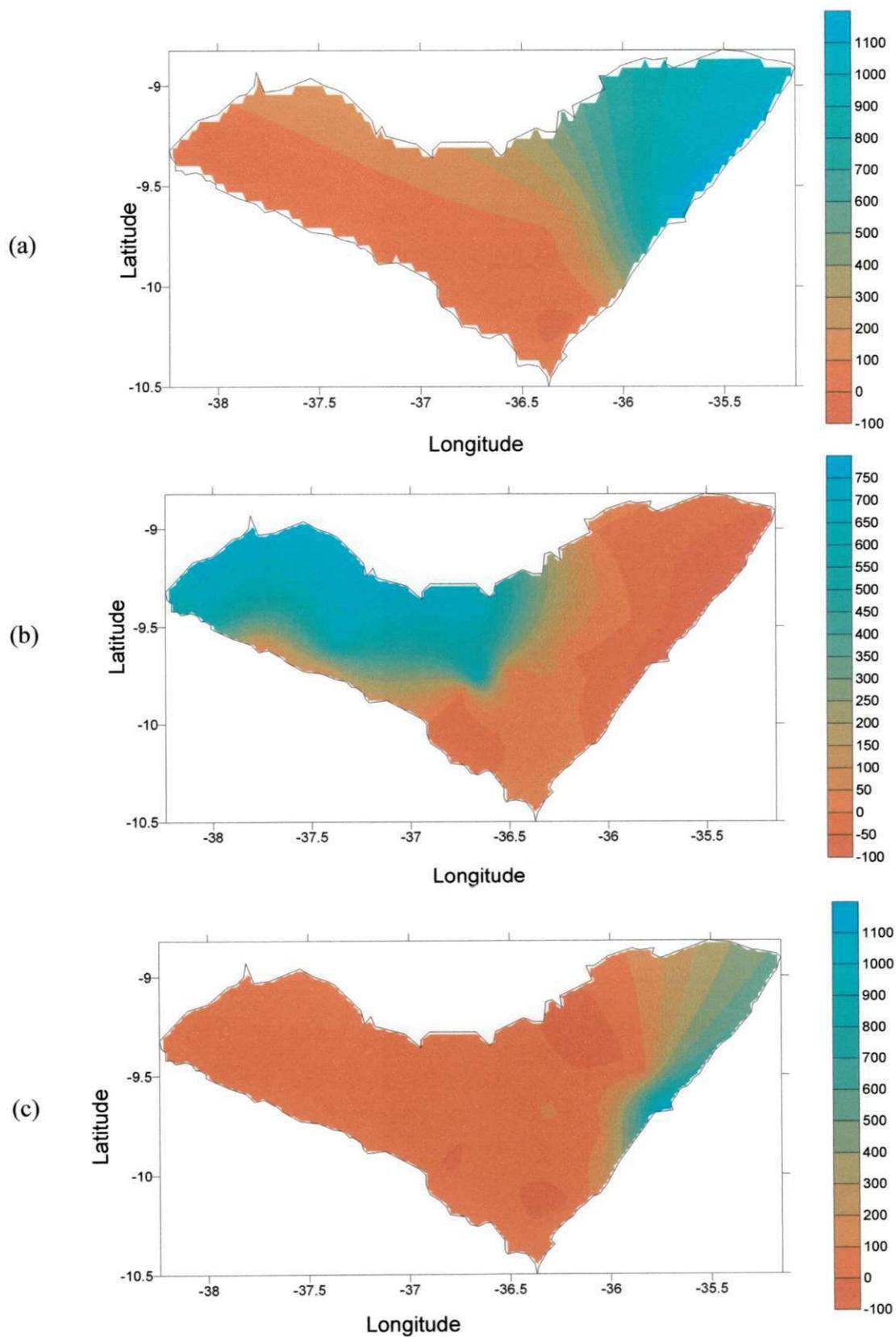


Figura 34: Distribuição espacial dos desvios da previsão durante o mês de abril de (a) 2000, (b) 2001, (c) 2002, respectivamente, no Estado de Alagoas.

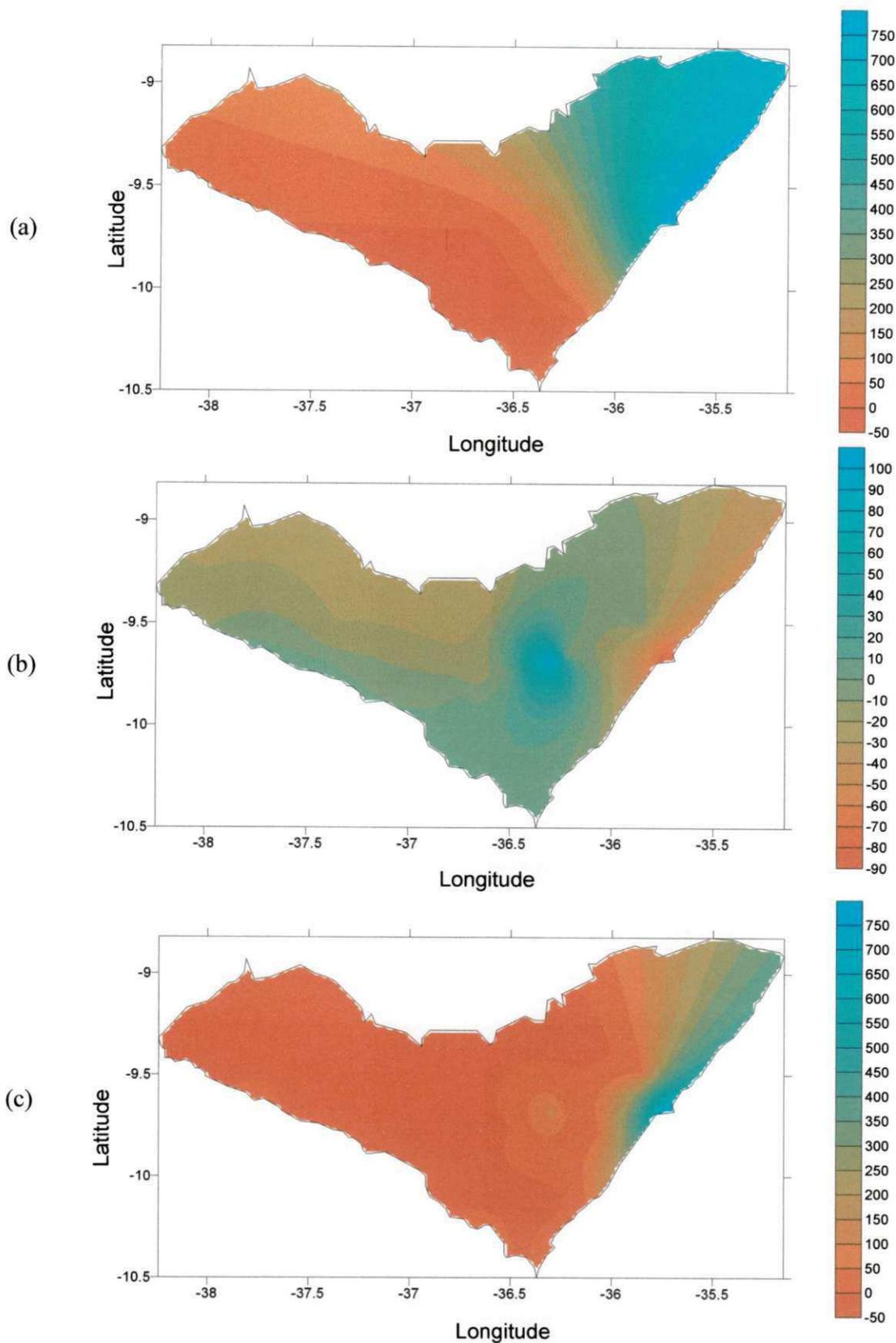


Figura 35: Distribuição espacial dos desvios da previsão durante o mês de maio de (a) 2000, (b) 2001, (c) 2002, respectivamente, no Estado de Alagoas.

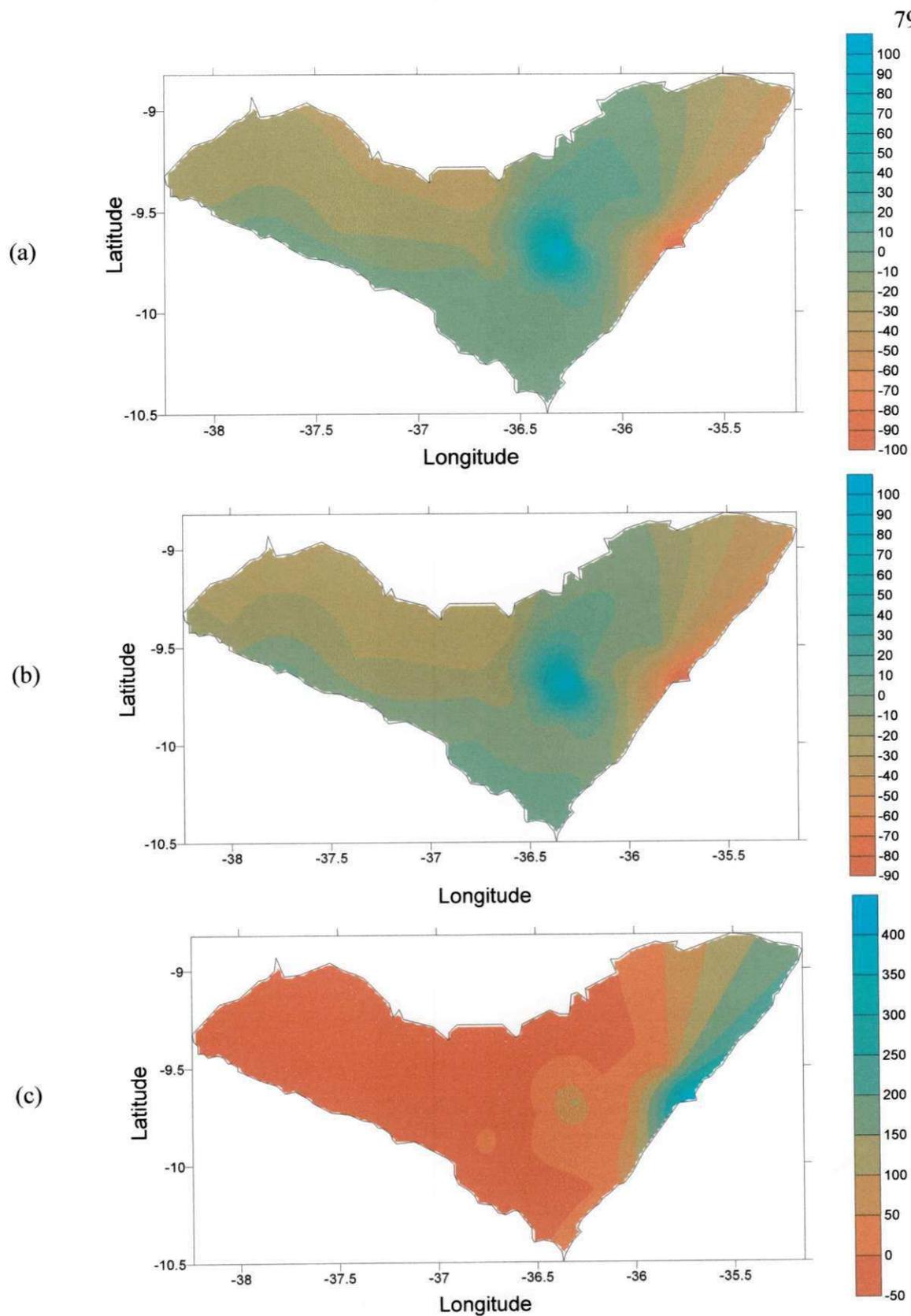


Figura 36: Distribuição espacial dos desvios da previsão durante o mês de junho de (a) 2000, (b) 2001, (c) 2002, respectivamente, no Estado de Alagoas.

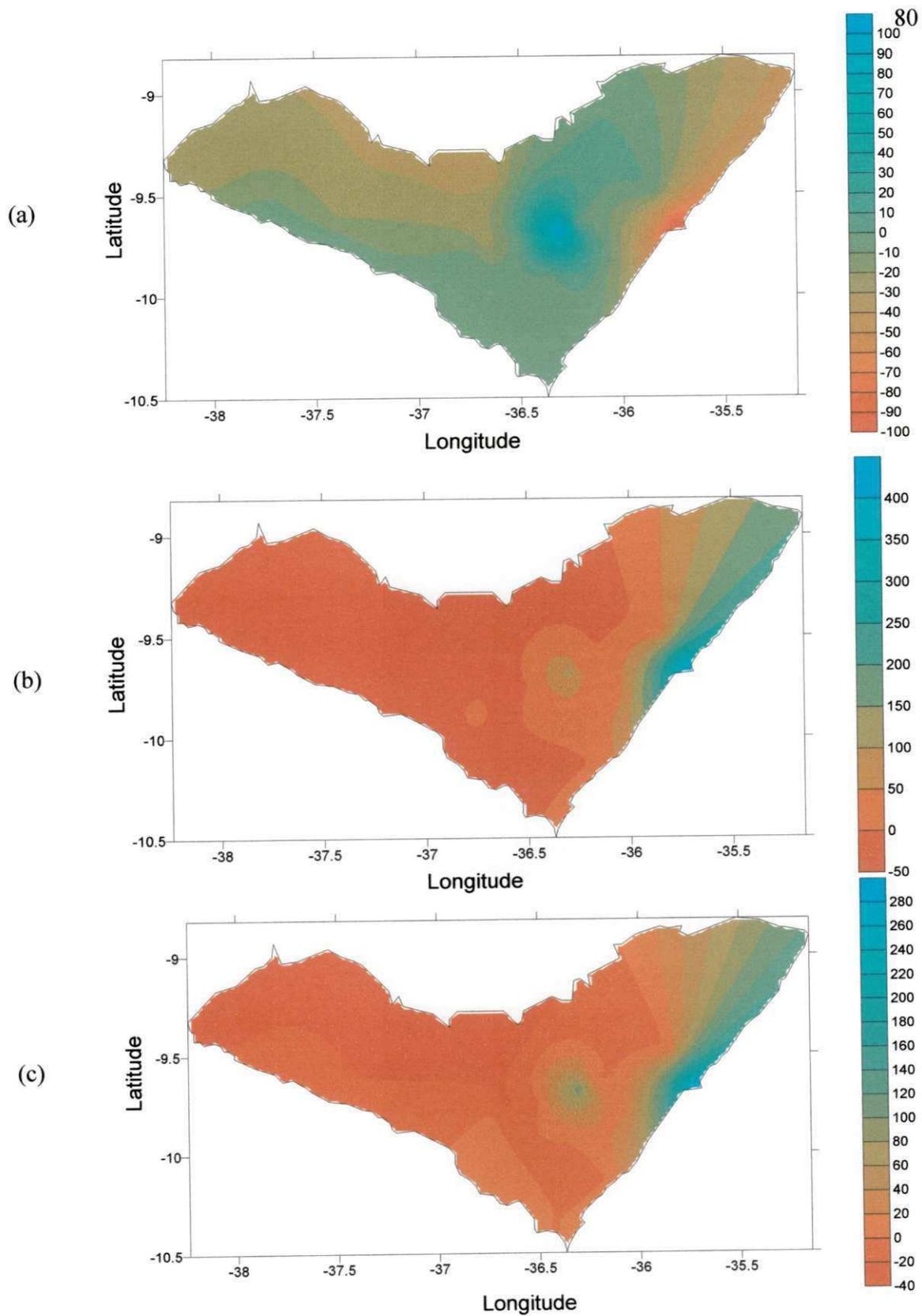


Figura 37: Distribuição espacial dos desvios da previsão durante o mês de julho de (a) 2000, (b) 2001, (c) 2002, respectivamente, no Estado de Alagoas.

## 5.CONCLUSÕES

A análise da distribuição espacial da precipitação mensal e os casos de dengue previstos nas mesorregiões de Alagoas durante o período de janeiro de 2000 a dezembro de 2002 permitiram observar a relação direta existente entre essa variável meteorológica e esta doença que é transmitida por vetores que estão intrinsecamente ligados às variações climáticas.

Percebeu-se que eventos extremos como La Niña, observado durante o ano de 2000, influenciam nos totais pluviométricos observados sobre o NEB como todo, e indiretamente estão ligados na quantidade e distribuição dos casos notificados e previstos da doença. Percebeu-se também que semelhante ao número de casos observados de dengue no Estado, a previsão da distribuição espacial da doença apresentou-se crescente ao longo do período analisado, apresentando o ano de 2000 como o ano de menor número de casos notificados e previstos.

A costa Leste do Estado, principalmente a microrregião central e norte, foram às regiões que concentraram as maiores possibilidades da ocorrência da doença, durante todo o período de estudo, destacando-se o ano de 2000, por apresentar uma maior quantidade da doença.

Durante o ano de 2001, os totais pluviométricos previstos foram menores em relação ao ano de 2000 (La Niña), porém observou-se que a distribuição espacial dos casos notificados e previstos de dengue apresentou valores mais elevados em 2001.

A previsão da distribuição espacial dos totais pluviométricos para as regiões do Sertão e Agreste alagoano sobre-estimaram os valores observados para estas regiões durante o mês de janeiro de 2002 que foi marcado pela elevação de casos de dengue previstos.

Analisando a variação sazonal da dengue, observou-se que durante os períodos mais úmidos, estação chuvosa (abril a julho) do Estado, a distribuição espacial da doença apresentou-se menos intensa, enquanto que nos períodos mais secos (outubro a janeiro) as possibilidades de ocorrência aumentaram.

De acordo com a distribuição espacial dos desvios da previsão em relação aos valores observados, percebeu-se que os maiores desvios positivos ocorreram nos meses de abril dos anos de 2000 e 2002, ou seja, durante estes meses o modelo de previsão sobreestimou os valores observados, enquanto que os meses de junho e julho de 2000 estes foram mínimos, sugerindo que os desvios da previsão diminuiram com o aumento da precipitação pluviométrica prevista para o estado.

A previsão da precipitação utilizando o modelo RSM aproximou-se bastante aos valores observados sobre Alagoas durante o período de estudo, apenas em algumas localidades já mencionadas anteriormente, percebeu-se uma sobre-estimação dos valores previstos. Percebeu-se também que o modelo utilizado para a previsão da distribuição espacial da dengue também se assemelhou a realidade observada nesta região, entretanto além das variáveis utilizadas para a elaboração da regressão múltipla, também seria conveniente a utilização de outras variáveis meteorológicas como temperatura e umidade relativa do ar para se alcançar uma melhor exatidão nas previsões futuras.

De tal forma conclui-se que a previsão da distribuição espacial de dengue utilizando-se a previsão pluviométrica a partir de modelos regionais é válida, uma vez que a distribuição espacial da precipitação influencia diretamente na distribuição e intensidade de ocorrências da doença no Estado, sugerindo que períodos menos chuvosos e com temperaturas mais elevadas propiciam uma maior incidência da doença.

Espera-se que esta pesquisa possa contribuir para um melhor controle desta enfermidade, uma vez que será possível se prever com certa antecedência quais localidades poderão sofrer epidemias da doença, facilitando assim um melhor controle epidemiológico por parte das autoridades competentes.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACEITUNO, P. On the functioning of the southern oscillation in the South American sector. Part I: Surface Climate. *Monthly Weather Review*, v. 116(3), 505—524, 1988.

ALVES, J.M.B.; REPELLI, C. A.; MELLO, N. G. A pré-estação chuvosa do setor norte do nordeste brasileiro e sua relação com a temperatura dos oceanos adjacentes. **Revista Brasileira de Meteorologia**. V. 8, 22-30, 1993.

ALVES, J.M.B.; REPELLI, C. A. As chuvas na bacia Amazônica e temperatura dos oceanos adjacentes. In: VIII Congresso Brasileiro de Meteorologia e II Congresso Latino-Americano e Ibérico de Meteorologia. **Anais Belo Horizonte**, v. 2, p. 114-118, 1994.

ANDRADE, S. I. Influência de Elementos Meteorológicos nos casos de Cólera, dengue e Meningite no estado da Paraíba. **Dissertação de Mestrado em Meteorologia**. Universidade Federal de Campina Grande- UFCG. 89p., 2003.

ANKOMAH, O. Y.; CORDERY, I. Atlantic sea surface temperature and rainfall variability in Ghana. **Journal Atmospheric Science**. V. 7, p.551-558, 1994.

ARAGÃO, J. O.R. O impacto do ENSO e do dipolo do Atlântico no Nordeste do Brasil. 1987. Disponível em: <http://www.unesco.org/uy/phi/libros/enso/oribe2.pdf>. Acesso em: 25 de maio de 2004.

\_\_\_\_\_. A general circulation model investigation of the atmospheric response to El Niño. **Cooperative Thesis** (National Center for Atmospheric Research), 144p, 1986.

\_\_\_\_\_. **Oceanografia – Um cenário Tropical. A influência dos oceanos Pacífico e Atlântico na dinâmica do tempo e do clima do Nordeste do Brasil.** Ed. Universidade Federal de Pernambuco-Recife, 2004.

BARRY, R. G.; CHORLEY, E. J. **Atmosphere, Weather and Climate Methuen.** 5<sup>th</sup> Edition. 460p. 1987.

BIOSAÚDE. **O que é o dengue.** Disponível em: <http://www.biosaude.com.br/doencas/> Acesso em: 14 de janeiro de 2004.

BJERKNES, J. Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific. **Monthly Weather Review**, Washignton, v. 115, 2161-2165, 1969.

BOUMA, M. J.; DYE, C. Cycles of Malaria associated with El Niño in Venezuela. **JAMA**, v. 278, p. 1772-1774, 1997.

CARTON, J. A. ; CAO, X. ; GIESE, B. S.; DA SILVA, A. M. Decadal and interannual SST variability in the tropical Atlantic. Accept to. **Journal Phys. Ocean**, 1995 (in press).

CHU, P. S. Time and space variability of rainfall and surface circulation in the northeast Brazil – tropical Atlantic sector. **Journal of the Meteorological Society of Japan**, v. 62, 363-370, 1984.

CLIMANÁLISE. **Boletim de Monitoramento e Análises Climáticas.** (Número especial) 2<sup>o</sup> edição. Cachoeira Paulista. INPE / CPTEC, 124p. 1986.

COLWELL, R.; PATZ, J. A. **Climate, infectious disease and health** – An Interdisciplinary Perspective. American Academy of Microbiology, 1998.

CONSOLI, R. A. G. B.; OLIVEIRA, L. **Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil**. Rio de Janeiro, Fiocruz, 1994.

CZUY, D. C.; BALDO, M. C.; MARTINS, M. L. O. F. & NERY, J. T., 1999. A incidência do *Aedes Aegypti* no município de Maringá associados às condições climáticas. In: III Congresso Brasileiro de Biometeorologia, **Anais, CD-ROM**. Maringá-PR.

EPSTEIN, P. Is Global Warming Harmful to Health. **Scientific American**, v. 283, p. 50-57, 2000.

FIGUEREDO, J. O.G.R. Distribuição espacial da pluviometria em Alagoas com ênfase a variabilidade causada pelos padrões de temperatura da superfície do mar. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal de Alagoas – UFAL. 148p. 2002.

FILHO MELO, A. C.C. **Influência dos eventos extremos da Oscilação Sul na precipitação do Nordeste de Minas Gerais**. X Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. 2000. Disponível em: <http://geografia.igeo.uerj.br/xsbgfa/cdrom/eixo3/3.4/302/302.htm>. Acesso em: 10 de maio de 2003.

FUNCEME. **Projeto Downscaling**. Disponível em: <http://www.funceme.br/demet/ds/equipe.htm>. Acesso em: 9 de março de 2004.

FUNASA. **Situação epidemiológica de dengue no Brasil (2001-2002)**. Disponível em: <http://www.saude.pr.gov.br/Seminario/Dengue/funasa.htm> . Acesso em: 14 de janeiro de 2004.

GALVÃO, O. C. **Downscaling da precipitação e temperatura de modelos de circulação global para a escala da bacia hidrográfica**, 2003.

GIORGI, F. Simulation of regional climate using a limited area model in a general circulation model. **Journal Clim.**, v. 3, p. 941-963, 1990.

GLASSER, C. M. Estudo da Infecção do estado de São Paulo por *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*. **Dissertação de Mestrado em Saúde Pública**. Faculdade de Saúde Pública da USP, São Paulo, 1997.

GLASSER, C.M.; GOMES, A. C. **Clima e Sobreposição da distribuição de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* na infestação do estado de São Paulo**. V. 36, n. 2, p. 1666-1672, 2002.

HASTENRATH, S; Variations in low-latitude circulation and extreme climatic events in the tropical Americas. **Journal Atmospheric Science**, v. 33, p. 202-215, 1976.

\_\_\_\_\_. On modes of tropical circulation climate anomalies. **Journal Atmospheric Science**, v. 35, p. 2222-2231, 1978.

\_\_\_\_\_. Interannual variability and annual cycle: Mechanisms of circulation and climate in the tropical atlantic sector. **Monthly Weather Review**, v. 112(6) 1097-1107, 1984.

HASTENRATH, S.; HELLER, L. Dynamics of climate hazards in Northeast Brazil, **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 103, 77-92, 1977.

HEWITSON, B. C. e R. G. Crane. Climate downscaling: techniques and application, **Clim, Res.**, v.7, p. 85-95, 1996.

HOOP, M.; FOLEY, J. A. Global scale relationship between Climate and Dengue fever vector *Aedes Aegypti*. **Climate Change**, v. 48, p. 441-463, 2001.

HUANG, B.; SHUKLA, J. **Characteristics of the interannual and decadal variability in a general circulation model of the tropical Atlantic ocean**. Center for ocean-land-atmosphere studies – COLA. Repot Na30. Maryland, 56p. 1996.

IPA- Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária – O que é o El Niño. Disponível em: [www.ipa.br/OUTR/elnino.htm](http://www.ipa.br/OUTR/elnino.htm) - 79k. Acesso em 10 de março de 2004.

INSTITUTO EUROPEU DE MEDICINA VIRTUAL, 2000. **Actualidad sobre Salud**. Disponível em: <http://www.worldwidehospital.com/h24h/dengue1.htm>. Acesso em: 03 de fevereiro de 2004.

INSTITUTO VIRYUAL DO DENGUE NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Vetores**. Disponível em: <http://www.ivdrj.ufrj.br/vetores.htm>. Acesso em: 03 de fevereiro de 2004.

JOHNSON, K.M., JUSTINES, G., KANG, Y. **Hemorrhagic fevers of Southeast Asia and South America: a comparative appraisal**. *Prog. Med. Virol.*, 9: 105-58, 1967.

KOOPMAN, J. S.; PREVOTS, D. R.; VACA, M.; DANTES, H.G.; ZARATE, M. L. A.; LONGINI, Jr.; SEPULVEDA, A. Determinants and predictors of Dengue infection in México. *Am Journal Epid.* V. 133, p. 1168-1178, 1991.

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

KOUSKY, V. E.; CHU, P. S. Fluctuations in annual rainfall for Northeast Brazil. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 56, 1978.

LACERDA, F. F.; MOURA, G. B.A.; RODRIGUES, R. S.; Estimativa da variabilidade espacial das chuvas nas microrregiões homogêneas de Pernambuco em 1995 – um estudo de caso. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, IX, *Anais*, v. 1, Campos de Jordão, 165-168, 1996.

LIMA, J. F. **Microrregiões Homogêneas**. Editora Abril, 1972.

LIMA, E.A. Variabilidade Interanual da profundidade óptica da atmosfera sobre a cidade de Maceió. **Trabalho de Conclusão de Curso**. Universidade Federal de Alagoas-UFAL, 82p, 2002.

LUCENA, D. B. Influência da temperatura do mar próximo à costa leste na precipitação do Nordeste do Brasil. **Dissertação de Mestrado em Meteorologia**. Universidade Federal da Paraíba-UFPB, 56p, 2001.

MEDRONHO, R. M. **Geoprocessamento e Saúde: uma nova abordagem do espaço no processo de saúde – doença**. Rio de Janeiro: Fiocruz / CICT / NECT, 135p; 1995.

Mc MICHAEL, A. J.; KOVATS, R. S. **Strategies for assessing health impacts of global environmental change**. In Crabbé p. et al; eds. *Implementing ecological integrity: Restoring regional and global environmental and human health*. Dordrecht, Kluwer. Academic Publish, p. 21117-231, 2000.

MOLION, L. C. B.; Climatologia dinâmica da Região Amazônica: mecanismos de precipitação. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 2, 107-117. 1987.

\_\_\_\_\_. **Amazonian rainfall and its variability**. In: **Hidrology and Water Management in the Humid Tropics**, Ed., Cambridge University Press, Cambridge, 99-111, 1993.

MOLION, L. C. B.; BERNADO, S. O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste Brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 17, n. 1, 1-10, 2002.

MORAIS, J. G. M., NOVAES, J. da Silva. NOVAES, G.. **Dengue: manual de orientações**. Secretaria de Saúde do estado de Pernambuco / Comissão estadual de controle do Dengue. 23p; 1996.

MOURA, A. D; SHUKLA, J. On the Dynamics of droughts in northeast Brazil: Observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. **Journal of Atmospheric Science**, v.38, p. 2653-2675, 1981.

NAMIAS, J. **Infuence of northerm hemisphere general circulation on drought in Northeast Brazil**. *Tellus*, v. 24, 336-342, 1972.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**, Rio de Janeiro, IBGE, 42p. 1979a.

NOBRE, P. On the gênesis of anomalous SST and rainfall patterns over the tropical Atlantic Basin. (**Ph.D. Thesis**)- University of Maryland at College Park, Mary;and, 151p., 1993.

NOBRE, P.; SHUKLA, J. Variations of sea surface temperature, wind stress, and rainfall over the tropical Atlantic and South America. **Journal of Climate**, in press. 1996.

NOBRE, P.; MELO, A. B. C. Variabilidade Climática intra-sazonal sobre o Nordeste do Brasil, em 1998-2000. **Climanálise**. Submetido. 2001.

NOBRE, P.; GALVÃO, C. O.; FILHO, F. G. Previsibilidade climática sobre o Nordeste e os recursos hídricos. Submetido a **Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH)**, 2004.

OBASI, G. O. P. **Weather, Climate and Health**. WMO, 1999.

O POVO. **Jornal do Ceará. Fortaleza**. Edição: 26 de fevereiro de 2002.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **A prevenção do Dengue e do Dengue Hemorrágico**. Disponível em: <http://www.reatb.com.br/prevencao.php>. Acesso em: 23 de janeiro de 2004.

PARKER, D. E.; FOLLAND, C. K.; WARD, M. N. Sea surface temperature anomaly patterns and prediction of seasonal rainfall in the Sahel region of Africa. **NATURE**, v. 310, p. 483-485, 1998.

PATZ, J. A.; EPSTEIN, P. R.; BURKE, T. A.; BALBUS, J. M. Global Climate and Emerging infectious Diseases. **JAMA**. V. 275, p. 217-223, 1996.

PONTES, R J. S. e RUFFINO-NETTO, A. Dengue in urban locality of Southeastern, Brazil: epidemiological aspects. **Revista Saúde Pública**, vol.28, n..3, p.218-227. ISSN 0034-8910, jun. 1994.

RAMOS, A. M. Uso de Downscaling na Hidrologia. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal de Campina Grande-UFCG, 2000.

RAO, V. B.; LIMA, M. C.; FRANCHITO, S. H. Seasonal and interannual variations of rainfall over eastern Northeast Brazil. **Journal Clim**. V. 6, p. 1754-1763, 1993.

RAO, V. B.; HADA, K. Characteristics of rainfall over Brazil: Annual variations and connections with the southern oscillations. **Theoretical and applied climatology**, v. 42, 81-91. 1990.

ROPELEWSKI, C. F.; JONES, P. D. An extension of the Tahiti-Darwin southern oscillation index. **Monthley Weather Review**, Washington, v. 115, 2161-2165, 1987.

ROUQUARYOL, M. Z. **Epidemiologia e Saúde**. 4º edição. Rio de Janeiro: MEDSI, 540p. 1994.

SABATTINI, R. M.E. Aquecimento Global e Saúde. **Correio Popular**. Campinas – São Paulo. Disponível em: <http://www.cpopular.com.br>. Acesso em: 15 de janeiro de 2004.

Secretaria de Meio Ambiente e recursos Hídricos da Bahia. **ENOS - El Niño/Oscilação Sul**  
Disponível em: <http://www.srh.ba.gov.br/appsrh/tempo/elnino.jsp?conteudo=2340> Acesso em:  
15 de janeiro de 2004.

SILER JF, HALL MW, HITCHENS AP. Dengue: its history, epidemiology, mechanism of transmission, etiology, clinical manifestations, immunity, and prevention. **Philipp J Sci** 29: 1-304, 1926.

SILVA, J. F. El Niño, o fenômeno climático do século. Brasília. Editora Thesaurus, 139p., 2000.

SOUZA-S., R. Fatores associados á ocorrência de formas imaturas de *Aedes aegypti* na Ilha do Governador, Rio de Janeiro, Brasil. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v.32, n.4, p.373-382, jul-ago, 1999.

SOUSA, N. M<sup>d</sup>. N. Influência de Variáveis Meteorológicas sobre a Incidência do Dengue, meningite e Pneumonia em Campina Grande e João Pessoa. **Dissertação de Mestrado em Meteorologia**. Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, 65p. il. 2003.

SOUZA, E. B.; NOBRE, P. Uma revisão sobre o padrão de dipolo no Atlântico Tropical. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.13, n.1, 31-44, 1998.

SOUZA, G. S; RAMOS, M. H. C.; MORAES, R. L.; PEDROZA, S. B.; SILVA-PELISSARI S.O; MOREIRA W. M. Q.; GUIMARÃES, E.; CARDOSO, J.I.M. Saúde e informação e cidadania epidemia de “dengue”. **Revista Hispeci & Lema** 2, v. 6 n.6, p. 32-34, 2002.

STOECKENIUS, T. Interannual variations of tropical precipitation patterns. **Monthly Weather Review**, v. 109(a), 1233-1247, 1981.

STRANG, G. M. G. D. Análise climatológica das normais pluviométrica do nordeste do Brasil. CTA, São José dos Campos, 29p, 1972.

STUDIZINSKI, C. D. S. Um estudo da precipitação na região sul e sua relação com os oceanos Pacífico e Atlântico Tropical Sul. **Dissertação de Mestrado em Meteorologia**, INPE, São José dos Campos, 1995.

SPIEGEL, M. R. **Estatística**. 2 ed. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 452p., 1985.

TABACHNICK, B. G.; FIDELL, L. S. **Using Multivariate Statistics**. HarperCollins Publishers Inc., New York., Capítulos 5 e 8, 2001.

TEIXEIRA, M. G.; NASCIMENTO C., M.C.; BARRETO, M. L.; BARRETO, F. R.. Epidemiologia do dengue em Salvador-Bahia, 1995-1999. **Revista da sociedade brasileira de medicina tropical**. V. 34, n.3, p. 269-274, mai-jun, 2001.

TENÓRIO, R. S. The meteorology of Northeast Brazil and its influence for agriculture . **Dissertação de Mestrado**, reading UK. 76p; 1989.

TRENBERTH, K. E. Spatial and temporal variations of the southern oscillation. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 102 (433), 639-653, 1976.

VAREJÃO, S. M. A. **Meteorologia e Climatologia** – Brasília: INMET. Gráfica e editora PAX, 532 p.:il., 2001.

VERONESI, R.; FOCOCCIA, R. **Tratado de infectologia**. São Paulo-Rio de Janeiro-Belo Horizonte: Editora Atheneu, v. I, p. 201-214, 1999.

VIANELO, R. L; ALVES, A. R. **Meteorologia Básica e Aplicações**. Viçosa, UFV, Impre. Univ. 449p. 1991.

WAGNER, R. G. Mechanisms controlling variability of the intermispheric sea surface temperature gradient in the tropical Atlantic. **Journal Climate**, v. 9, p. 2010—2019, 1996.

WARD, M. N., e FOLLAND, C. K. Prediction of seasonal rainfall in the north nordeste of Brazil using eigenvectors of sea-surface temperature. *Internat. J. Climatology*, **11**, 711-743, 1991.

WIGLEY, T.M.L., P.D. JONES, K. R. BRIFFA e S. SMITH. Obtaining sub-grid-scale information from coarse – resolution general circulation model output. **Journal Geophysical**. V. 95, p. 1943-1953, 1990.