

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS**  
**DEPARTAMENTO DE METEOROLOGIA**  
**COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA**

MET-UFAL-MS-010

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA PLUVIOMETRIA EM ALAGOAS  
COM ÊNFASE À VARIABILIDADE CAUSADA PELOS PADRÕES DE  
TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR**

**JOSÉ OTÁVIO GOUVEIA DE ROLEMBERG FIGUEIREDO**

Dissertação de Mestrado apresentada a Universidade Federal de Alagoas,  
para obtenção do título de Mestre em Meteorologia.

Maceió-AL  
2002



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS**  
**DEPARTAMENTO DE METEOROLOGIA**  
**COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA**

MET-UFAL-MS-010

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA PLUVIOMETRIA EM ALAGOAS**  
**COM ÊNFASE À VARIABILIDADE CAUSADA PELOS PADRÕES DE**  
**TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR**

**JOSÉ OTÁVIO GOUVEIA DE ROLEMBERG FIGUEIREDO**

Dissertação de Mestrado apresentada a Universidade Federal de Alagoas,  
para obtenção do título de Mestre em Meteorologia, aprovada em 15 de agosto de 2002.

Macció-AL  
2002



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS**  
**DEPARTAMENTO DE METEOROLOGIA**  
**COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA**

**MET-UFAL-MS-010**

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA PLUVIOMETRIA EM ALAGOAS**  
**COM ÊNFASE À VARIABILIDADE CAUSADA PELOS PADRÕES DE**  
**TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR**

**por**

**JOSÉ OTÁVIO GOUVEIA DE ROLEMBERG FIGUEIREDO**

Orientador: Prof. Dr. Marcos Antônio Lima Moura  
Co - Orientador: Prof. Dr. Ricardo Sarmento Tenório

Maceió-AL  
2002

**Catálogo na fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Central**  
**Divisão de Tratamento Técnico**

F475d Figueiredo, José Otávio Gouveia de Rolemberg.  
Distribuição espacial da pluviometria em Alagoas com ênfase à variabilidade causada pelos padrões de temperatura da superfície do mar / José Otávio Gouveia de Rolemberg Figueiredo. – Maceió, 2002.  
xix, 148f. : il.

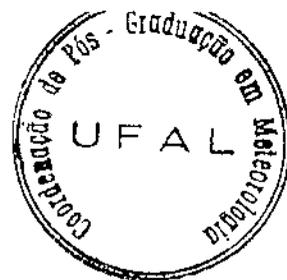
Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Universidade Federal de Alagoas. Centro de Ciências Exatas e Naturais. Departamento de Meteorologia. Maceió, 2002.

Bibliografia: f. 124-134.

Apêndice: f. 135-148.

1. Meteorologia - Brasil, Nordeste. 2. Pluviometria - Alagoas. 3. Padrões térmicos oceânicos. 4. Atlântico, Oceano. 5. Dipolo do Atlântico. 6. Pacífico, Oceano. 6. El Niño. 7. La Niña. I. Título

CDU: 551.58:631(812/813)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS  
DEPARTAMENTO DE METEOROLOGIA  
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA

### CERTIFICADO DE APRESENTAÇÃO

“DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA PLUVIOMETRIA EM ALAGOAS COM ÊNFASE À  
VARIABILIDADE CAUSADA PELOS PADRÕES DE TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE  
DO MAR”

**JOSÉ OTÁVIO GOUVEIA DE ROLEMBERG FIGUEIREDO**

Dissertação submetida ao colegiado do Curso de Pós-Graduação em Meteorologia da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Meteorologia. N.º de ordem: **MET-UFAL-MS-010**

Aprovada pela banca examinadora composta por:

Prof. Dr. Marcos Antônio Lima Moura  
(Orientador)

Prof. Dr. Manoel Francisco Gomes Filho  
(Membro)

Prof. Dr. Manoel da Rocha Toledo Filho  
(Membro)

Prof. Dr. Ricardo Sarmiento Tenório  
(Co-Orientador)

Maceió - AL  
Agosto - 2002

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Marcos Antônio Lima Moura e Prof. Dr. Ricardo Sarmiento Tenório, pela orientação, confiança, amizade e acessibilidade, fundamentais para elaboração deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Manoel Toledo, pela revisão, valiosas sugestões na elaboração final do trabalho e participação na banca examinadora.

Ao Prof. Dr. Manoel F. Gomes Filho, pela sua importante participação na banca examinadora e sugestões.

Ao Prof. Dr. Roberto Fernando da Fonseca Lyra, pelo apoio inicial, sugestões e cessão de informações utilizadas neste trabalho.

Ao Prof. Dr. Manoel Ferreira do Nascimento Filho, pelo apoio inicial e incentivo durante a realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Luiz Carlos Baldicero Molion, pela revisão do Abstract e importantes sugestões na fase final do trabalho.

Ao Ms. Edel Guilherme Silva Pontes e aos colegas Rômulo de Araújo Abreu e José Gino de Oliveira, da Diretoria de Hidrometeorologia da Secretaria de Recursos Hídricos e Irrigação de Alagoas, pela ajuda na obtenção dos dados pluviométricos.

A todos os professores que ministraram as disciplinas e seminários do curso.

A todos os colegas do Departamento de Meteorologia da UFAL, especialmente aos integrantes dessa turma de mestrado (Alessandro, Ana Beatriz, Humberto, Geórgenes, Júnior, Roselene, Sérgio e Tarcísio), pelo companheirismo.

Aos demais amigos e companheiros, que de uma forma ou de outra deu sua contribuição para que este trabalho fosse concluído.

Ao meu filho Lucas e esposa Gorete, pela compreensão e paciência na execução deste trabalho.

## SUMÁRIO

	Pág.
Lista de Tabelas.....	viii
Lista de Figuras.....	x
Lista de Quadros em Apêndice.....	xiv
Figura em Apêndice.....	xv
Lista de Siglas e Abreviaturas.....	xvi
<u>RESUMO</u> .....	xviii
<u>ABSTRACT</u> .....	xix
1. <u>INTRODUÇÃO</u> .....	1
2. <u>REVISÃO DA LITERATURA</u> .....	4
2.1 O NEB e o Estado de Alagoas.....	4
2.2 Massas de Ar com Influência no Clima de Alagoas.....	5
2.3 Regime Pluviométrico.....	7
2.4 Distribuição Espacial e Temporal da Precipitação.....	8
2.5 Atuação de Sistemas Meteorológicos no NEB.....	11
2.5.1 Zona de Convergência Intertropical.....	12
2.5.2 Brisas Marítimas e Terrestres.....	12
2.5.3 Distúrbios de Leste.....	13
2.5.4 Vórtices ciclônicos.....	15
2.5.5 Sistemas Frontais.....	17
2.6 Condições Térmicas dos Oceanos.....	17
2.6.1 Oceano Pacífico-Oscilação Sul (ENOS).....	18
2.6.2 Circulação Padrão em Anos de El Niño e La Niña.....	24
2.6.3 Eventos ENOS (Fases Positiva e Negativa) e o NEB.....	24
2.6.4 Oceano Atlântico- Padrão Dipolo.....	25
2.6.5 ENOS Associado ao Dipolo do Atlântico.....	27
3. <u>METODOLOGIA</u> .....	29
3.1 Descrição da Área em Estudo.....	29
3.1.1 As Microrregiões Homogêneas em Alagoas.....	29
3.1.2 Aspectos Físicos.....	31

3.2	Dados.....	32
3.2.1	Preenchimento de Falhas e Consistência dos Dados.....	34
3.2.2	Definição das Séries.....	35
3.3	Aspectos Metodológicos Para Caracterização da Precipitação em Alagoas.....	36
3.3.1	Regime Pluviométrico.....	36
3.3.2	Variabilidade Pluviométrica.....	37
3.3.3	Identificação de Áreas Pluviometricamente Homogêneas.....	38
3.3.4	El Niño, La Niña, Dípolo do Atlântico X Padrão Pluviométrico.....	40
3.3.4.1	Critérios Para Análise Pluviométrica em Anos de Eventos El Niño e La Niña.....	42
3.3.4.2	Critérios Para Análise Pluviométrica em Anos de Padrão Dípolo do Atlântico.....	43
4.	<u>RESULTADOS E DISCUSSÕES</u> .....	44
4.1	Caracterização Espacial/Temporal da Pluviometria em Alagoas.....	44
4.1.1	Distribuição da Precipitação Média Anual.....	44
4.1.2	O Relevo e a Distribuição Espacial da Precipitação.....	47
4.1.3	Distribuição da Precipitação Média Mensal.....	50
4.1.4	Distribuição Sazonal da Precipitação.....	54
4.1.5	Percentual de Contribuição de Meses Consecutivos Mais Chuvosos e Mais secos.....	55
4.1.5.1	Períodos de Meses Consecutivos Mais Chuvosos.....	55
4.1.5.2	Períodos de Meses Consecutivos Mais Secos.....	59
4.2	Caracterização da Variabilidade Pluviométrica.....	62
4.2.1	Variabilidade Pluviométrica nas Mesorregiões.....	62
4.2.2	Variabilidade Pluviométrica nas Microrregiões.....	65
4.2.3	Distribuição Espacial da Variabilidade Interanual.....	68
4.2.3.1	Desvio Padrão.....	68
4.2.3.2	Coefficiente de Variação.....	69
4.3	Classificação em Grupos Pluviometricamente Homogêneos.....	70
4.4	Análise da Precipitação em Alagoas.....	75
4.5	Padrões Térmicos Oceânicos .....	77
4.5.1	Características Pluviométricas em Alagoas – Evento El Niño.....	77
4.5.1.1	Distribuição Pluviométrica Interanual.....	77
4.5.1.2	Distribuição Espacial da Precipitação Média Anual.....	79

4.5.1.3	Distribuição espacial dos Desvios Percentuais.....	81
4.5.1.4	Distribuição Intranual da Precipitação.....	82
4.5.1.5	Pluviometria nas Mesorregiões e Microrregiões - Evento El Niño.....	82
4.5.1.5.1	Mesorregiões.....	82
4.5.1.5.2	Microrregiões.....	85
4.5.2	Características Pluviométricas em Alagoas – Evento La Niña.....	86
4.5.2.1	Distribuição Pluviométrica Interanual.....	86
4.5.2.2	Distribuição Espacial da Precipitação Média Anual.....	88
4.5.2.3	Distribuição Espacial dos Desvios Percentuais.....	89
4.5.2.4	Distribuição Intranual da Precipitação.....	90
4.5.2.5	Pluviometria nas Mesorregiões e Microrregiões - Evento La Niña.....	90
4.5.2.5.1	Mesorregiões.....	90
4.5.2.5.2	Microrregiões.....	93
4.5.3	Análise da Influência de Eventos El Niño e La Niña na Precipitação em Alagoas.....	94
4.5.4	Características Pluviométricas em Alagoas - Padrão Dipolo (Fase Positiva).....	99
4.5.4.1	Distribuição Pluviométrica Interanual.....	99
4.5.4.2	Distribuição Espacial da Precipitação Média Anual.....	101
4.5.4.3	Distribuição Espacial dos Desvios Percentuais.....	102
4.5.4.4	Distribuição Intranual da Precipitação.....	103
4.5.4.5	Pluviometria nas Mesorregiões e Microrregiões - Padrão Dipolo (Fase Positiva).....	104
4.5.4.5.1	Mesorregiões.....	104
4.5.4.5.2	Microrregiões.....	106
4.5.5	Características Pluviométricas em Alagoas – Padrão Dipolo (Fase Negativa).....	107
4.5.5.1	Distribuição Pluviométrica Interanual.....	107
4.5.5.2	Distribuição Espacial da Precipitação Média Anual.....	109
4.5.5.3	Distribuição Espacial dos Desvios Percentuais.....	110
4.5.5.4	Distribuição Intranual da Precipitação.....	111
4.5.5.5	Pluviometria nas Mesorregiões e Microrregiões - Padrão	

Dipolo (Fase Negativa).....	112
4.5.5.5.1 Mesorregiões.....	112
4.5.5.5.2 Microrregiões.....	114
4.5.6 Análise da Influência do Padrão Dipolo do Atlântico (Fases positiva e negativa) na Precipitação em Alagoas .....	115
4.5.7 Eventos El Niño, La Niña, Dipolo do Atlântico (Fases positiva e negativa).....	119
5. <u>CONCLUSÕES</u> .....	121
6. <u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u> .....	124
<u>APÊNDICE</u> .....	135

## LISTA DE TABELAS

Tabela	Pág.
1. Freqüência mensal e média mensal dos vórtices ciclônicos em altos níveis, sobre a região Nordeste do Brasil em 1987-95.....	16
2. <i>Vórtices ciclônicos que atuaram mais de oito dias na Região Nordeste, no período 1987-1995.....</i>	16
3. Divisão de Alagoas em Mesorregião, Zona fisiográfica e Microrregião homogênea.....	29
4. Postos pluviométricos, sua localização e altitude.....	33
5. Composição de anos selecionados com ocorrência dos eventos El Niño e LaNiña.....	43
6. Composição de anos selecionados com ocorrência do padrão Dipolo do Atlântico, fases positiva e negativa.....	43
7. Microrregiões em Alagoas e seus períodos: chuvoso, seco, mês mais chuvoso e mês mais seco.....	51
8. Agrupamentos de meses consecutivos de maior precipitação e sua contribuição percentual média do total anual, para o estado de Alagoas.....	56
9. Agrupamentos de meses consecutivos de menor precipitação e sua contribuição percentual média do total anual, para o estado de Alagoas.....	59
10. Classificação da precipitação anual e sua ocorrência nas microrregiões de Alagoas (1931-1991). .....	67
11. Definição dos Grupos pluviometricamente homogêneos, através do Coeficiente de Assimetria de Pearson, para o estado de Alagoas.....	71
12. Classificação dos anos integrantes da composição de anos com ocorrência de evento El Niño, nas categorias: Muito Seco, Seco, Normal, Chuvoso e Muito chuvoso.....	79
13. Percentual de ocorrência de anos classificados nas categorias: Muito Seco, Seco, Normal, Chuvoso e Muito Chuvoso, para composição de eventos El Niño.....	79
14. Distribuição dos desvios negativos e positivos nas mesorregiões alagoanas, para composição de eventos El Niño.....	84
15. Distribuição dos desvios negativos e positivos, quanto a ocorrência simultânea entre as mesorregiões alagoanas para composição de eventos El Niño.....	85

16.	Classificação dos anos integrantes da composição de anos com ocorrência de evento La Niña, nas categorias: Muito Seco, Seco, Normal, Chuvoso e Muito chuvoso.....	87
17.	Percentual de ocorrência de anos classificados nas categorias: Muito Seco, Seco, Normal, Chuvoso e Muito Chuvoso, para a composição de eventos La Niña.....	87
18.	Distribuição dos desvios negativos e positivos nas mesorregiões alagoanas, para composição de eventos La Niña.....	92
19.	Distribuição dos desvios negativos e positivos, quanto a ocorrência simultânea entre as mesorregiões alagoanas, para composição de eventos La Niña.....	93
20.	Precipitação média anual acima e abaixo da média para a composição dos eventos El Niño e La Niña, nas localidades analisadas.....	97
21.	Classificação dos anos integrantes da composição de anos com ocorrência do padrão Dipolo do Atlântico - fase positiva, nas categorias: Muito Seco, Seco, Normal, Chuvoso e Muito chuvoso.....	100
22.	Percentual de ocorrência de anos classificados nas categorias: Muito Seco, Seco, Normal, Chuvoso e Muito Chuvoso, para a composição do padrão Dipolo do Atlântico – fase positiva.....	101
23.	Distribuição dos desvios negativos e positivos nas mesorregiões alagoanas para composição do padrão Dipolo do Atlântico fase positiva.....	105
24.	Distribuição dos desvios negativos e positivos, quanto a ocorrência simultânea entre as mesorregiões alagoanas, para composição do padrão Dipolo do Atlântico – fase positiva.....	106
25.	Classificação dos anos integrantes da composição de anos com ocorrência do padrão Dipolo do Atlântico – fase negativa, nas categorias: Muito Seco, Seco, Normal, Chuvoso e Muito Chuvoso.....	108
26.	Percentual de ocorrência de anos classificados nas categorias: Muito Seco, Seco, Normal, Chuvoso e Muito Chuvoso, para a composição do padrão Dipolo do Atlântico – fase negativa.....	109
27.	Distribuição dos desvios negativos e positivos nas mesorregiões alagoanas para a composição do padrão Dipolo do Atlântico – fase negativa.....	113
28.	Distribuição dos desvios negativos e positivos, quanto a ocorrência simultânea entre as mesorregiões alagoanas, para a composição do padrão Dipolo do Atlântico – fase negativa.....	114
29.	Precipitação média anual acima e abaixo da média para a composição do padrão Dipolo do Atlântico (fase positiva e negativa), nas localidades analisadas.....	117

## LISTA DE FIGURAS

Figura	Pág.
1. Nordeste Brasileiro e seus Estados: 1- Alagoas, 2- Sergipe, 3- Bahia, 4- Maranhão, 5- Piauí, 6- Ceará, 7- Rio Grande do Norte, 8- Paraíba, 9- Pernambuco.....	4
2. Nordeste Brasileiro com destaque para a Região do Litoral Leste (RLL).....	5
3. Distribuição dos Regimes pluviométricos no NEB.....	8
4. Divisão do NEB em sub-regiões de acordo com a distribuição espacial da precipitação.....	10
5. Esquemática da distribuição das temperaturas das águas sobre o Pacífico: a) Condições normais; b) Condições de El Niño(dez/97); c) Condições de La Niña(dez/98). ....	21
6. Esquemática da distribuição das anomalias de temperatura das águas sobre o Pacífico: a) Condições normais; b) Condições de El Niño (dez/97); c) Condições de La Niña (dez/98).....	22
7. Esquemática da Célula de Walker: a) Condições normais - DJF; b) Condições de El Niño DJF (82-83).....	23
8. Áreas localizadas ao norte (NA) e ao Sul (AS) do Oceano Atlântico Tropical associadas ao padrão de Dipolo de anomalias de TSM.....	26
9. Esquema das anomalias das circulações de Hadley e Walker em relação com as TSMs: a) Pacífico quente, Atlântico Norte quente e Atlântico Sul frio; b) Pacífico frio, Atlântico Norte frio e Atlântico Sul quente.....	28
10. Distribuição geográfica das mesorregiões e microrregiões homogêneas em Alagoas.....	30
11. Distribuição espacial dos postos pluviométricos nas microrregiões e mesorregiões de Alagoas.....	34
12. Campos da precipitação média anual (mm) para o estado de Alagoas.....	44
13. Histograma da precipitação média anual das mesorregiões de Alagoas (1931-1991).....	46
14. Histograma da precipitação média anual das microrregiões de Alagoas.....	47
15. Topografia em Alagoas.....	47
16. Esquemática de parte do relevo em Alagoas e seu efeito sobre o setor úmido (a leste) e seco (a oeste).....	49

17.	Precipitação média mensal das mesorregiões de Alagoas: a) Leste alagoano; b) Agreste alagoano; c) Sertão alagoano; d) Alagoas.....	50
18.	Distribuição espacial dos meses mais chuvosos em Alagoas.....	52
19.	Distribuição espacial dos meses mais secos em Alagoas.....	52
20.	Linhas comparativas da média pluviométrica intranual, entre as microrregiões de cada mesorregião: a) microrregiões do Sertão; b) microrregiões do Agreste; c) microrregiões do Leste; d) microrregião do Leste (120) e Sertão (114).....	53
21.	Distribuição sazonal (outono – inverno) da precipitação para o período chuvoso.....	54
22.	Distribuição sazonal (primavera – verão) da precipitação para o período seco.....	55
23.	Distribuição espacial para dois meses consecutivos mais chuvosos em Alagoas .....	57
24.	Distribuição espacial para quatro meses consecutivos mais chuvosos em Alagoas...	57
25.	Distribuição espacial para seis meses consecutivos mais chuvosos em Alagoas.....	59
26.	Distribuição espacial para dois meses consecutivos mais secos em Alagoas .....	60
27.	Distribuição espacial para quatro meses consecutivos mais secos em Alagoas.....	61
28.	Distribuição espacial para seis meses consecutivos mais secos em Alagoas.....	61
29.	Precipitação anual (mm) em relação a média histórica; a) Leste alagoano; b) Agreste alagoano; c) Sertão alagoano.....	63
30.	Distribuição das ocorrências de precipitação anual acima e abaixo da média histórica, para as mesorregiões em Alagoas.....	64
31.	Pluviometria média anual entre as microrregiões de cada mesorregião alagoana: a) Leste alagoano; b) Agreste alagoano; c) Sertão alagoano.....	65
32.	Percentual de ocorrência de precipitação anual acima e abaixo da média histórica, para as microrregiões de Alagoas (1931-1991).....	66
33.	Distribuição espacial dos campos médios do Desvio Padrão da precipitação anual, para o estado de Alagoas.....	68
34.	Distribuição dos campos médios do Coeficiente de Variação (%) anual da precipitação, para o estado de Alagoas.....	70
35.	Distribuição espacial dos Grupos com pluviometria homogênea em Alagoas.....	71
36.	Índices de Anomalia da Precipitação (IAP) interanual, no estado de Alagoas, para a composição de anos com ocorrência de evento El Niño.....	78
37.	Distribuição espacial dos campos médios da precipitação anual em Alagoas (1931-	

	1991).....	80
38.	Distribuição espacial dos campos médios da precipitação anual em Alagoas, para composição de evento El Niño.....	80
39.	Distribuição espacial dos campos médios dos desvios percentuais da precipitação anual, em relação à média histórica, para a composição de eventos El Niño. ....	81
40.	<i>Desvio percentual da precipitação intranual (Janeiro – Dezembro), no estado de Alagoas, para a composição de eventos El Niño.....</i>	82
41.	Precipitação média anual (mm) e desvio absoluto (mm) observados para a composição de eventos El Niño, em relação a média histórica, para as mesorregiões: a) Sertão; b) Agreste; c) Leste.....	83
42.	Precipitação média anual (mm) observada para a composição de anos com ocorrência de evento El Niño, em relação e média histórica, para as microrregiões alagoanas.....	85
43.	Índices de Anomalia da Precipitação (IAP) interanual, no estado de Alagoas, para a composição de anos com ocorrência de evento La Niña.....	86
44.	Distribuição espacial dos campos médios da precipitação anual em Alagoas, para composição de eventos La Niña.....	88
45.	Distribuição espacial dos campos médios de desvios percentuais da precipitação anual, em relação a média histórica, para composição de evento La Niña.....	89
46.	Desvios percentuais da precipitação intranual (Janeiro – Dezembro), no estado de Alagoas, para a composição de eventos La Niña.....	90
47.	Precipitação média anual (mm) e desvio absoluto (mm) observados para a composição de eventos La Niña, em relação a média histórica para as mesorregiões: a) Sertão; b) Agreste; c) Leste.....	91
48.	Precipitação média anual (mm) observada para a composição de anos com ocorrência de evento La Niña, em relação e média histórica, para as microrregiões alagoanas.....	93
49.	Distribuição espacial dos campos médio, no estado de Alagoas, classificados em uma das categorias estudadas, para a composição de eventos de El Niño.....	98
50.	Distribuição espacial dos campos médio, no estado de Alagoas, classificados em uma das categorias estudadas, para a composição de eventos La Niña.....	98
51.	Índices de Anomalia da Precipitação (IAP) interanual, no estado de Alagoas, para a composição de anos com ocorrência do padrão Dipolo do Atlântico fase positiva.....	100
52.	Distribuição espacial dos campos médios da precipitação anual em Alagoas, para composição do padrão Dipolo do Atlântico - fase positiva.....	102

53.	Distribuição espacial dos campos médios de desvios percentuais da precipitação anual, em relação a média histórica, para composição de anos de ocorrência do padrão Dipolo do Atlântico - fase positiva.....	103
54.	Desvios percentuais da precipitação intranual (Janeiro - Dezembro), no estado de Alagoas, para a composição de anos com ocorrência do padrão Dipolo do Atlântico - fase positiva.....	104
55.	Precipitação média anual (mm) e desvio absoluto (mm) observados para a composição do padrão Dipolo do Atlântico - fase positiva, em relação a média histórica, para as mesorregiões: a) Sertão, b) Agreste e c) Leste.....	105
56.	Precipitação média anual (mm) observada para a composição de anos com ocorrência do padrão Dipolo do Atlântico - fase positiva, em relação e média histórica, para as microrregiões alagoana.....	107
57.	Índices de Anomalia da Precipitação (IAP) interanual, no Estado de Alagoas, para a composição de anos com ocorrência do padrão Dipolo do Atlântico - fase negativa.....	108
58.	Distribuição espacial dos campos médios de precipitação anual em Alagoas, para composição de evento Dipolo do Atlântico - fase negativa.....	110
59.	Distribuição espacial dos campos médios de desvios percentuais da precipitação anual, em relação a média histórica, para composição de anos com ocorrência do padrão Dipolo do Atlântico - fase negativa.....	111
60.	Desvios percentuais da precipitação intranual (Janeiro - Dezembro), no estado de Alagoas, para a composição de anos com ocorrência do padrão Dipolo do Atlântico - fase negativa.....	111
61.	Precipitação média anual (mm) e desvio absoluto (mm) observados para a composição do padrão Dipolo do Atlântico - fase negativa, em relação a média histórica, para as mesorregiões: a) Sertão, b) Agreste e c) Leste.....	113
62.	Precipitação média anual (mm) observada para a composição de anos com ocorrência do padrão Dipolo do Atlântico - fase negativa, em relação e média histórica, para as microrregiões alagoana.....	115
63.	Distribuição espacial dos campos médio, no estado de Alagoas, classificados em uma das categorias estudadas, para a composição do padrão Dipolo do Atlântico - fase positiva.....	118
64.	Distribuição espacial dos campos médio, no estado de Alagoas, classificados em uma das categorias estudadas, para a composição do padrão Dipolo do Atlântico - fase negativa.....	118
65.	Desvios médios percentuais da precipitação anual para as mesorregiões do Sertão, Agreste e Leste, relativos aos anos da composição de eventos El Niño, La Niña, e padrão Dipolo do Atlântico fase positiva e negativa.....	120

## LISTA DE QUADROS EM APÊNDICE

Quadro	Pág.
1. Média histórica, Desvio Padrão e Coeficiente de Variação da precipitação anual dos postos integrantes deste estudo, em Alagoas.....	136
2. Coeficientes de Assimetria de Pearson observados para os postos integrantes deste estudo, utilizados para a identificação das regiões pluviometricamente homogêneas em Alagoas.....	137
3. Índices de Anomalia da Precipitação (IAP) para o estado de Alagoas e suas mesorregiões (1931-1991).....	138
4. Média e Desvio Médio (absoluto e percentual) da precipitação anual, para a composição de anos com ocorrência de evento El Niño.....	139
5. Média e Desvio Médio (absoluto e percentual) da precipitação anual para a composição de anos com ocorrência de evento La Niña.....	140
6. Média e Desvio Médio (absoluto e percentual) da precipitação anual para a composição de anos com ocorrência do padrão Dipolo do Atlântico – fase positiva.....	141
7. Média e Desvio Médio (absoluto e percentual) da precipitação anual para a composição de anos com ocorrência do padrão Dipolo do Atlântico – fase negativa.....	142
8. Índices de Anomalia da Precipitação (IAP) para as composições de ocorrência de eventos El Niño, La Niña e padrão Dipolo do Atlântico (fase positiva e negativa) nas microrregiões, mesorregiões e estado de Alagoas.....	143
9. Índice de Anomalia da Precipitação (IAP) médio anual e classificação anual média para a composição de anos com ocorrência de evento El Niño, para todos os postos analisados.....	144
10. Índice de Anomalia da Precipitação (IAP) médio anual e classificação anual média para a composição de anos com ocorrência de evento La Niña, para todos os postos analisados.....	145
11. Índice de Anomalia da Precipitação (IAP) médio anual e classificação anual média para a composição de anos com ocorrência do padrão Dipolo do Atlântico – fase positiva, para todos os postos analisados.....	146
12. Índice de Anomalia da Precipitação (IAP) médio anual e classificação anual média para a composição de anos com ocorrência do padrão Dipolo do Atlântico – fase negativa, para todos os postos analisados.....	147

**FIGURA EM APÊNDICE**

Figura	Pág.
1. Esquema das anomalias de fluxo de umidade (em azul) e da função corrente em 200 hPa (em marrom) para eventos El Niño. As áreas sombreadas em verde (laranja) indicam, esquematicamente, as regiões com convergência (divergência) de umidade.....	148

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AMJJ	-	Abril-Maio-Junho-Julho
<b>C</b>	-	Chuvoso
CFAL	-	Companhia Energética de Alagoas
CV	-	Coefficiente de Variação
DJF	-	Dezembro-Janeiro-Fevereiro
DP	-	Desvio Padrão
GMF	-	Gradiente Meridional de Temperatura
HN	-	Hemisfério Norte
hPa	-	hecto Pascal
IAP	-	Índice de Anomalia da Precipitação
IBG	-	Instituto Brasileiro Geográfico
IBGE	-	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IOS	-	Índice de Oscilação Sul
JJA	-	Junho-Julho-Agosto
MAM	-	Março-Abril-Maio
<b>MC</b>	-	Muito Chuvoso
mEc	-	Massa de Ar Equatorial Continental
mEm	-	Massa de Ar Equatorial Marítima
MPC	-	Maximo Período de Contribuição
mPm	-	Massa de Ar Polar Marítima
<b>MS</b>	-	Muito Seco
mTm	-	Massa de Ar Tropical Marítima
N	-	Norte
<i>N</i>	-	Normal
NE	-	Nordeste
NEB	-	Nordeste Brasileiro
NMM	-	Nível Médio do Mar
DIHM/AL	-	Diretoria de Hidrometeorologia de Alagoas
NOAA	-	National Oceanic and Atmospheric Administration
NW	-	Noroeste

OMM	-	Organização Meteorológica Mundial
ONDJ	-	Outubro-Novembro-Dezembro-Janeiro
RLI	-	Região do Litoral Leste
RLN	-	Região do Litoral Norte
RSA	-	Região do Semi-Árido
S	-	Sul
<i>S</i>	-	Seco
SFMA	-	Secretaria Estadual do Meio Ambiente
SON	-	Setembro-Outubro-Novembro
SOND	-	Setembro-Outubro-Novembro-Dezembro
SUDENE	-	Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste
TSM	-	Temperatura da superfície do Mar
W	-	Oeste
ZCIT	-	Zona de Convergência Intertropical

## RESUMO

FIGUEIREDO, José Otávio Gouveia de Rolemberg. Distribuição espacial da pluviometria em Alagoas com ênfase a variabilidade causada pelos padrões de Temperatura da Superfície do Mar. Orientador: Prof. Dr. Marcos Antônio Lima Moura. Co-orientador: Prof. Dr. Ricardo Sarmiento Tenório. UFAL Maceió (Al.), 2002. Dissertação (Mestrado em Meteorologia).

Neste trabalho investigaram-se as características da distribuição espacial da pluviometria anual e intranual em Alagoas utilizando dados observados. Foi abordada a influência do relevo na precipitação média anual. Além disso, o Coeficiente de Assimetria de Pearson foi utilizado na determinação de regiões pluvialmente homogêneas. Ênfase foi dada à influência dos padrões de temperatura da superfície do mar (TSM), determinados pelos eventos El Niño e La Niña e pelo padrão de TSM do Dipolo do Atlântico (fase positiva e negativa), na variabilidade pluviométrica. Foram selecionadas séries de médias históricas mensais e anuais, com períodos variáveis entre 1931 – 1991, de postos pluviométricos da extinta SUDENE – Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste. Os valores de precipitação foram convertidos em séries temporais de Índices de Anomalias de Precipitação (IAP), normalizadas pelo desvio-padrão, que foram submetidos a um procedimento estatístico denominado análise de casos compostos. Os resultados mostraram existir um forte gradiente (480 mm/100 km) entre o Litoral e Sertão. A configuração do relevo em Alagoas apresentou uma forte relação com a distribuição da precipitação média anual. O padrão da precipitação intranual (janeiro a dezembro) é muito similar entre as microrregiões, com o período chuvoso de abril a julho e o período seco de outubro a janeiro. A variabilidade interanual da precipitação é ressaltada em todas as mesorregiões, com tendências a apresentar precipitação abaixo da média na maioria dos anos. Foram identificados seis grupos de área com pluviometria homogênea em Alagoas. A ocorrência de eventos El Niño determinou uma tendência de precipitação abaixo da média anual na maioria dos anos da composição (66,6%), com desvios entre -2,5% e -41,8%. Para os eventos La Niña, a análise demonstrou uma tendência de precipitação acima da média anual em 53,3% dos anos da composição, com desvios entre 4,8% e 46,5%. Quanto à influência do padrão de TSM Dipolo do Atlântico, os resultados mostraram uma tendência de precipitação abaixo da média anual em 70,0% dos anos da composição, com desvios entre -2,5% e -24,4% para a fase positiva. Já, para a fase negativa do Dipolo, as análises mostraram tendência de precipitação acima da média anual em 72,7% dos anos dessa composição, com desvios entre 4,8% e 46,5%. Os padrões de TSM do Atlântico, portanto, exercem maior influência na precipitação de Alagoas.

## ABSTRACT

FIGUEIREDO, José Otávio Gouveia de Rolemberg. Rainfall Spatial Distribution in Alagoas with emphasis on its variability due to sea surface temperature patterns. Advisor: Prof. Dr. Marcos Antônio Lima Moura. Co-advisor: Prof. Dr. Ricardo Sarmento Tenório, UFAL, Maceió (AL). 2002. Dissertation (Master's degree in Meteorology).

The characteristics of the spatial distribution of the annual and intrannual rainfall in Alagoas were analyzed using observed data. The influence of the relief in precipitation annual was assessed. Also, Pearson's Coefficient of Asymmetry was employed to determination areas of homogeneous rainfall. The emphasis of this work was on the influence of the sea surface temperature (SST) patterns associated with El Niño and La Niña events and Atlantic Ocean Dipole SST patterns, both positive and negative phases, on rainfall variability. Rainfall annual and monthly mean series were selected from extinct SUDENE (Superintendency of Development of the Northeast) raingage network, with variable periods between 1931 – 1991. The evaluation of the influence of the anomalous SST on the variability of rainfall was performed transforming the annual values into Indices of Rainfall Deviations (RDI) from the mean normalized by the standard deviation and submitting them to a statistical procedure named composed cases analyses. The results showed that there is a strong rain gradient (480 mm/100 km) between the Coast and Interior. The configuration of the relief in Alagoas presented a close relationship with the distribution of the rainfall annual means. The intrannual rainfall distribution (January to December) is very similar for the microregions within the rainy period April to July and the dry period October to January. The rainfall interannual variability was remarkable in all mesoregions, presenting below the normal tendency precipitation in most of years. There were identified six groups of area homogeneous rainfall in Alagoas. RDI were negative in most El Niño years of the composite (66,6%), with deviations between -2,5% and -41,8%. In La Niña events, the analysis showed a rainfall tendency above the annual mean in 53,3% of the years of the composite, with deviations between 4,8% and 46,5%. As far as the influence of the Atlantic Dipole positive phase SST patterns, the results showed a rainfall tendency to be below the annual mean in 70,0% of the cases of the composite, with deviations between -2,5% and -24,4%. The negative phase of the SST Dipole, on the other hand, the results presented a tendency for the rainfall to be above the annual mean in 72,7% of the cases of the composite, with deviations between 4,8% and 46,5%. The Atlantic SST patterns seem to exert a major influence on Alagoas rainfall.

## 1. INTRODUÇÃO

A precipitação pluviométrica é o elemento climático que apresenta maior variabilidade interanual sobre a região Nordeste do Brasil (NEB), na qual em virtude de sua localização (1°S a 18°S, 35°W a 47°W), esperar-se-ia uma distribuição típica das áreas equatoriais, o que não acontece (Moura & Shukla, 1981).

Por ser uma região de grande extensão territorial, o NEB está sujeito a diferenciados regimes de precipitação. Ao se analisar esses regimes encontramos sobre o NEB uma alta variedade climática, onde 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 anual superiores a 1500 mm (Kousky & Chu, 1978) e no litoral norte da região que recebe entre 1000 e 1200 mm/ano (Hastenrath & Heller, 1977).

Historicamente, em virtude dessa variabilidade a região sempre foi afetada por grandes secas ou cheias. Estudos, como os realizados por Hastenrath & Greischar (1993), onde foram examinadas séries históricas de precipitação distribuídas sobre o NEB, mostraram que não há uma tendência marcante para existência de condições úmidas ou secas. Também pode-se afirmar que grande número de pesquisas científicas, através de estudos dos mecanismos físicos, como Nobre & Shukla (1991), mostraram que as anomalias climáticas (secas e enchentes) ocorridas no NEB não são provocadas por fenômenos locais.

A dinâmica que influencia a atividade pluviométrica em regiões do leste do NEB necessita ainda de muitos estudos e observações que devem se tornar contínuos para que se possa delinear um padrão. Essa necessidade aumenta em virtude da diversidade de sistemas da circulação atmosférica que atuam no NEB. Segundo Hastenrath & Heller (1977), Kousky (1979), a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), os Sistemas Frontais, a Alta do Atlântico Sul e os Vórtices Ciclônicos são alguns dos sistemas que sustentam o regime pluviométricos no NEB.

Fato importante também é com relação a influência que as condições térmicas extremas dos Oceanos Tropicais Pacífico e Atlântico, condições essas representadas pelos fenômenos El Niño e La Niña (Pacífico) e Dipolo (Atlântico), exercem sobre os sistemas acima citados e, conseqüentemente, no regime pluviométrico da região NEB. Existem estudos que demonstram que a precipitação é bastante sensível a esses extremos térmicos, tais como Hastenrath (1990); Studzinski (1995), entre outros.

A maioria dos estudos, no entanto, centram suas atenções para setores situados na Região do Litoral Norte (RLN) do NEB ou na Região do Semi-Árido (RSA). Inexiste

porém, um número satisfatório dirigido para setores situados na Região do Litoral Leste (RLL) do NEB, apesar de encontrarmos estudos nessa linha relacionado à Estados como Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Sergipe e Bahia. Especificamente, direcionado ao estado de Alagoas são poucos e quase sempre fazendo parte de pesquisas mais amplas relacionadas com toda a costa leste do NEB. Portanto, procurar conhecer os regimes pluviométricos locais, aspectos da variabilidade espacial e temporal pluviométrica bem como a forma como essa variabilidade acontece em função da ação de fenômenos naturais de oscilação térmica das águas dos oceanos é de grande importância, dada a localização e condições hidrometeorológicas deste setor da RLL.

O estado de Alagoas possui nove Microrregiões ou áreas homogêneas, cinco delas localizam-se na parte oriental, abrangendo as chamadas zonas fisiográficas do Litoral e da Mata (Mesorregião do Leste alagoano). Duas localizam-se na zona fisiográfica do Agreste (Mesorregião do Agreste alagoano) e duas na zona fisiográfica do Sertão alagoano (Mesorregião do Sertão alagoano) (Lima, 1972).

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 a sua distribuição espacial média e das causas que promovem variabilidade espacial e temporal da precipitação tornem-se necessários para várias atividades. O estado de Alagoas também está sujeito ao fenômeno cíclico das secas à semelhança dos demais estados do NEB, sendo a área atingida pela estiagem de cerca de 43% de seu território. Na área restante, principalmente nas regiões do Litoral e da Mata, encontra-se uma reserva de água de superfície cuja densidade de drenagem é uma das maiores do Nordeste. Além de possuir toda extensão de seu limite, ao sul, banhada pelo Rio São Francisco.

A extrema variedade climática e hidrográfica dentro de pequenas distâncias torna o estado de Alagoas uma espécie de "laboratório hidrometeorológico", assim denominado por Tenório (1989). Um estudo abordando aspectos tão relevantes para o conhecimento da variabilidade pluviométrica também nas diversas microrregiões deste Estado será imprescindível para a climatologia local, uma vez que fornecerá informações sobre os mais diversos regimes anuais de chuva: para hidrologia, no conhecimento de períodos propícios para enchentes ou falta de água nos leitos dos rios, em virtude da estreita dependência do regime destes com a pluviometria, ou seja o nível dos rios é uma resposta direta do índice de concentração do volume real das chuvas na bacia hidrográfica: para a geomorfologia, pela importância que a concentração pluviométrica exerce sobre a aceleração dos processos de erosão em encostas, causando desabamentos, em virtude de fortes temporais,

quando as camadas superficiais e subsuperficiais de materiais decompostos e semidecompostos estão saturados de água: para agricultura, permitindo um melhor aproveitamento da água no ciclo das principais culturas. Nesse último caso, em regiões mais áridas a importância se torna maior, pois a agricultura praticada é a de subsistência, tornando-se crítico o problema do déficit pluviométrico.

O objetivo deste trabalho é fazer um estudo da distribuição espacial da precipitação pluviométrica em Alagoas, levando em consideração vários aspectos da pluviometria anual, interanual e intranual do Estado, como também das Mesorregiões e Microrregiões alagoanas, dando ênfase especial à influência dos padrões de Temperatura da Superfície do Mar na variabilidade pluviométrica. Também é feita uma análise tentando identificar alguns aspectos dinâmicos, já discutidos na literatura científica, como consequência dessa influência.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 – O NEB e o Estado de Alagoas

Os fenômenos que ocorrem na natureza não podem ser compreendidos nem justificados quando são vistos de forma isolada sem levar em consideração os demais circundantes e se analisados fora das condições que o rodeiam, seus resultados podem se tornar um contra-senso (Nimer, 1979a). Com essa idéia, para compreender melhor os aspectos meteorológicos que abrangem o estado de Alagoas, foi feita uma descrição destes para todo o NEB.

A região 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. Está situada logo abaixo da linha do Equador, ocupando a posição norte oriental do Brasil, estendendo-se da latitude 1°S à 18°S e Longitude 35°W à 47°W, cobrindo cerca de 1.600.000 km<sup>2</sup>, o que representa 18,27% do território brasileiro (Figura 1). Deste total, cerca de 960.000 km<sup>2</sup> situam-se no Polígono das Secas que abrange oito Estados, com exceção do Maranhão, que compreendem as áreas sujeitas repetidamente aos efeitos da seca. Já o Semi-Árido ocupa cerca de 802.000 km<sup>2</sup> e caracteriza-se por apresentar reservas insuficientes de águas em seus mananciais. Sua população é de 47,3 milhões de habitantes, correspondendo a 28,5 % da população brasileira (IBGE, 2002).

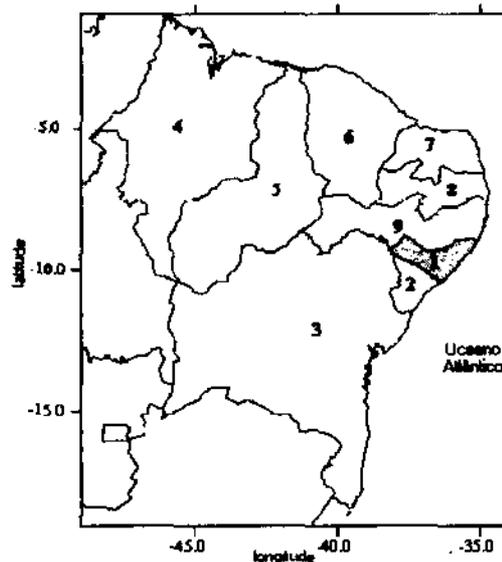


Figura 1. O Nordeste Brasileiro e seus Estados: 1 – Alagoas. 2 – Sergipe. 3 – Bahia. 4 – Maranhão. 5 – Piauí. 6 – Ceará. 7 – Rio Grande do Norte. 8 – Paraíba. 9 – Pernambuco.

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 (Figura 2). Nesta faixa, ou mais precisamente situado no centro extremo leste do NEB, encontra-se o estado de Alagoas, que tem sua localização definida pelos paralelos  $8^{\circ}12'S$  e  $10^{\circ}12'S$  e pelos meridianos  $35^{\circ}09'W$  e  $38^{\circ}13'W$ , conforme Figura 01 e 02. Possui uma superfície de  $27.731 \text{ km}^2$  e em sua parte norte limita-se com estado de Pernambuco, a leste com o Oceano Atlântico, a oeste com 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.

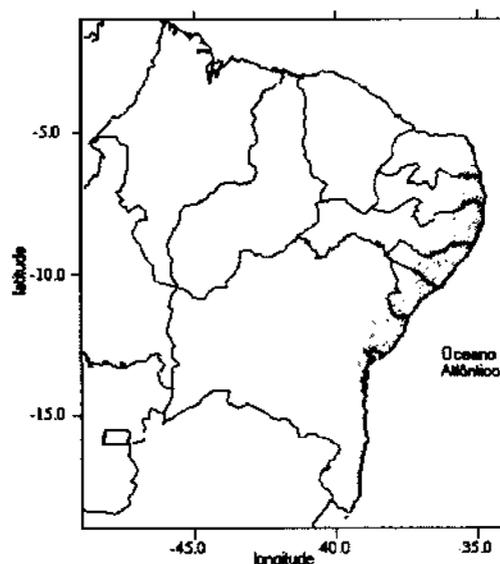


Figura 2. Nordeste Brasileiro com destaque para a Região do Litoral Leste (RLL).

## 2.2 – Massas de Ar com Influência no Clima de Alagoas

Com relação a costa leste do NEB, onde se situa o estado de Alagoas, a massa de ar Tropical Marítima (mTm) exerce total influência em suas condições pluviométricas, pois tem origem no Atlântico Sul, entre o Equador e a chamada convergência oceânica subtropical (Oliveira, 1982). De um modo geral a mTm é condicionalmente instável, profunda e úmida, sendo uma consequência das perturbações nos ventos alísios e da penetração do ar frio polar nesta região (Ratisbona, 1976).

Próxima a costa do Brasil a inversão dos ventos alísios está localizada entre 2000 e 3000m acima do Nível Médio do Mar (NMM) e a mTm, conseqüentemente, pode ser considerada como sendo produzida acima de duas camadas essenciais, a inferior, a qual possui alta umidade relativa (e absoluta), enquanto a superior possui baixa umidade relativa (e

absoluta) (Tenório, 1989). A umidade que se acumula na parte inferior dá origem, geralmente no litoral, à formação de nuvens do tipo cumulus de pequena extensão vertical e provocando, deste modo, pouca precipitação. Essa mesma formação de nuvens também é observada à medida que a massa desloca-se sobre o continente, desta forma, associada à orografia.

O gradiente meridional da temperatura da superfície oceânica é aproximadamente zero próximo ao Equador, aumentando para cerca de  $0,7^{\circ}\text{C}$  por grau de latitude em torno de  $41^{\circ}\text{S}$ , com uma variação média de cerca de  $12^{\circ}\text{C}$  entre  $40^{\circ}\text{S}$  e  $0^{\circ}$ . (Taljaard, 1972); Este decréscimo na estabilidade atmosférica pode ser atribuído parcialmente ao aquecimento superficial e ao resfriamento radiativo do topo da camada de nuvens e dos ventos. Uma das conseqüências dessa estratificação é a precipitação por processos convectivos ao alcançar a costa brasileira. No interior da região continental, a mTm é caracterizada por possuir baixa umidade relativa e, em conseqüência, ser livre de nuvens.

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  $8^{\circ}\text{S}$  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, 1991).

Já a massa de ar Equatorial Continental (mEc), que também afeta o NEB, origina-se sobre a imensa área vegetada da bacia amazônica, segundo o mesmo autor. É caracterizada por apresentar uma camada convectiva úmida e instável. 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 subantártica. De acordo com Vianello (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 as baixas latitudes.

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. Dessa forma, a pressão em baixa latitude poderia ser reduzida quando os sistemas frontais ocorressem associados aos cavados

na média troposfera e, assim sendo, favorecer o movimento para o sul do cavado equatorial, aumentando a precipitação ao longo da costa leste do NEB.

As três principais regiões fontes para as massas de ar que afetam a América do Sul e que têm influência no clima do NEB, e conseqüentemente em Alagoas, de acordo com classificação de Nimer (1979a) e Barry & Chorley (1987) são: Oceano Atlântico Sul (massa de ar Tropical marítimo); Zona equatorial (massa de ar Equatorial continental e massa de ar Equatorial marítima) e Continente Antártico (massa de ar Polar).

### **2.3 – Regime Pluviométrico**

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). 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.

São três os principais tipos de regimes pluviométricos a que está submetido o NEB, segundo Tenório (1989), que têm influência sobre a RLL com maior ou menor predominância. Esses regimes são classificados de acordo com a intervenção das massas de ar que penetram na região de diferentes direções, durante os vários períodos do ano, conforme foi relatado no item anterior. São eles: Equatorial Marítimo, Tropical Continental, e Tropical Marítimo. A Figura 3 apresenta uma distribuição espacial média desses regimes pluviométricos bem como algumas áreas de fusão entre eles.

O regime Equatorial Marítimo alcança seus índices máximos de precipitação durante o outono, enquanto os índices mínimos são registrados durante a primavera. Provavelmente esse ritmo ocorre devido ao movimento da depressão equatorial, quando tem sua posição mais ao sul durante o outono e mais ao norte na primavera (Ratisbona, 1976; Hastenrath & Heller, 1977). Este regime é o principal responsável pelas chuvas que afetam o setor norte da região (Tenório, 1989).

O regime Tropical Continental contribui para altas precipitações durante o verão e baixas no inverno, especialmente sobre o sul e parte central do NEB. Essa variabilidade pode ser explicada tendo como referência as mudanças sazonais que ocorrem na trajetória média das massas de ar. Durante o verão, a massa de ar mEc instável originada sobre a bacia amazônica traz umidade e precipitação para esses setores do NEB.

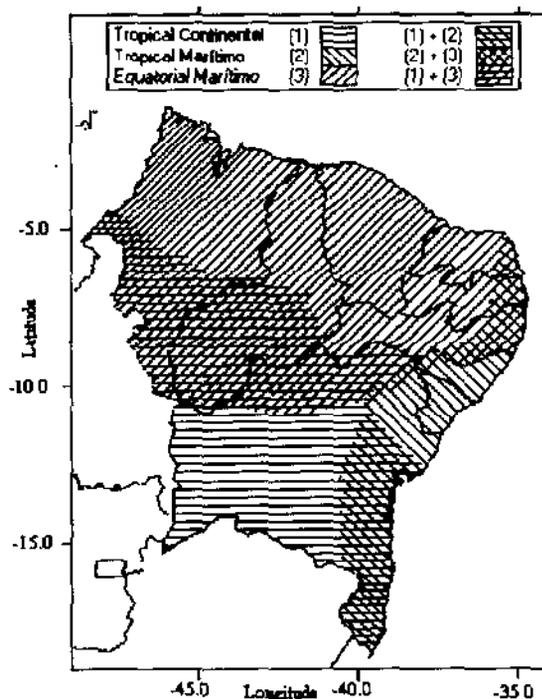


Figura 3. Distribuição dos Regimes pluviométricos no NEB (Fonte: adaptação de Strang, 1972 e Tenório, 1989).

Com relação ao setor leste o regime Tropical Marítimo é dominante. Segundo Strang (1972), 50% da precipitação anual ocorre de maio a julho e o mês de maio é identificado como o mais representativo nesse setor do NEB. Esse regime, que concentra seu máximo no mês de maio, possui zona de predominância nitidamente restrito à estreita faixa ao longo do litoral leste (zona da mata), sendo aceitável a hipótese de uma influência atlântica. Assim, na costa leste, a maioria dos eventos de precipitação ocorre durante o outono e inverno, enquanto o menor número de eventos ocorre durante a primavera.

#### 2.4 – Distribuição Espacial e Temporal da Precipitação

As grandes variações que ocorrem nas precipitações exigem uma análise mais detalhada do fenômeno com base em um período mais curto que pode ser o das estações do ano (três meses consecutivos) ou, mais habitualmente, um mês. A curva das variações médias mensais das alturas pluviométricas dá, de fato, uma noção bastante clara das modificações periódicas das precipitações, as quais certamente são cíclicas como as variações meteorológicas que as provocam (Garcez, 1967).

Segundo o mesmo autor, alguns pesquisadores utilizam para caracterizar as variações mensais das precipitações os coeficientes pluviométricos mensais em porcentagem

do total anual, que são obtidos a partir da média pluviométrica mensal dada pelo coeficiente pluviométrico acumulado, identificando a porcentagem da altura pluviométrica para cada mês. Essa forma também é utilizada para mais meses.

Se há variações cíclicas regulares da precipitação, Wisler & Brater (1964) afirmaram ser razoável admitir que as forças e as causas que as governam são grandes e de longo alcance e com toda certeza elas não podem ser exclusivamente locais. Entretanto acrescentam, que a experiência mostra que há certas influências locais sobre as precipitações médias e que estas devem ser consideradas, não só para completar a falta de observações diretas como também para orientar o traçado das isoietas em áreas extensa.

A ocorrência de distribuições desiguais entre áreas afetadas pela estiagem é fenômeno bastante conhecido durante os vários períodos de seca ocorrido no NEB, cujo mecanismo talvez possa ser relacionado com a questão do equilíbrio das influências dos vários sistemas de produção de chuva, à parte da *interviniência de fatores locais* (Brasil. MINEAI, 1986). No NEB, a variabilidade pluviométrica espacial apresenta-se com grande *significância*. No *semi-árido*, encontra-se média anual entre 500 e 700mm, ou ainda menor, com regimes de fevereiro a abril (Strang, 1972; Ramos, 1975). No litoral norte e leste, encontra-se média anual em torno de 2000mm, como observou Kousky (1979).

Markhan (1967) identificou a existência de múltiplas zonas de transição entre os diversos regimes, destacando a rápida transição ocorrida em torno do ponto onde confluem as linhas limítrofes de Pernambuco, Bahia e Alagoas. Nesse ponto, num raio de 200 km, quatro regimes podem ser encontrados.

Nimer (1979a) apontou as Correntes Atmosféricas Perturbadas como grande determinante dos regimes pluviais no NEB, provocando assim uma grande variabilidade pluviométrica à medida que cada uma atua em época e com intensidade diferentes. Segundo o mesmo autor, ao longo do litoral oriental e encosta do Planalto (ou a RLL), do Rio Grande do Norte à cidade de Belmon, na Bahia, o máximo pluviométrico se dá no outono ou inverno e o mínimo na primavera ou verão, significando que a máxima pertence à época do ano em que os dias são mais curtos que as noites, enquanto o mínimo ocorre na época em que se dá o contrário.

Além da existência de distintos regimes pluviométricos, o padrão pluviométrico sobre o NEB também sofre considerável variação espacial. Ao considerar a topografia, a circulação das massas de ar e os regimes pluviométricos, Tenório (1989) apresentou uma divisão do NEB em quatro diferentes setores conforme mostra a Figura 4.

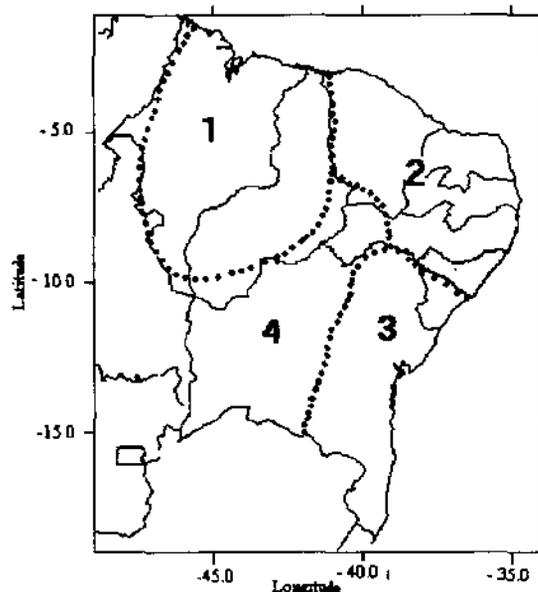


Figura 4. Divisão do NEB em sub-regiões de acordo com a distribuição espacial da precipitação ( Fonte: Tenório,1989).

Descreveremos algumas características das sub-regiões 2 e 3 por terem maior referência à região em estudo.

O estado de Alagoas está localizado na sub-região 2, fazendo limite em sua fronteira sul com a sub-região 3. A sub-região 2 possui grande variabilidade na distribuição pluviométrica devido a sua orografia e sistemas de ventos locais. Levando-se em consideração a faixa leste desta sub-região, o Planalto da Borborema possui grande influência nessa variabilidade, atuando como uma barreira tanto para os sistemas de precipitação de norte que se deslocam na direção sul (ZCIT), como para os sistemas de leste (distúrbios de leste, brisas) que se deslocam na direção oeste. Maiores precipitações são registradas no setor leste da montanha. O planalto da Borborema age como divisor entre o setor com maior umidade à leste e o setor seco à oeste do planalto. A precipitação nessa sub-região acidentada decresce de norte ao sul e de leste para oeste. As precipitações máximas são registradas nas áreas costeiras dos estados de Alagoas, Pernambuco e Paraíba (entre 7° S e 10° S) com valores entre 1500 e 2000mm anuais. Strang (1972) e Moura & Kagano (1982), indicaram o final de outono como o período que ocorre as maiores taxas de precipitação. As áreas mais secas ou a oeste dessa sub-região ( entre 38° W e 36° W; 6° S e 8° S ) chega a registrar 400mm anuais, com o *máximo ocorrendo no início do outono*.

Na sub-região 3, a precipitação sobre a parte leste central do NEB deriva principalmente de nuvens cumuliformes, as quais formam-se sobre o Oceano Atlântico e se deslocam na direção oeste como sistemas, causando precipitação intensa ao atingir as áreas

costeiras (Yamazaki & Rao, 1977). Esta faixa costeira é também influenciada pelo efeito da circulação das brisas marítimas e terrestres (Kousky, 1980).

Na linha da costa, do estado da Bahia (sub-região 3) ao estado do Rio Grande do Norte (sub-região 2), as brisas marítimas tendem a aumentar a intensidade do fluxo dos ventos de sudeste em baixos níveis através da costa e podem contribuir para que nuvens convectivas alcancem regiões mais ao interior. Pode-se esperar que toda costa leste do NEB seja afetada de maneira similar. Entretanto, há um importante decréscimo nas taxas anuais de precipitação na zona costeira, entre 10° S e 12° S. Esse rápido decréscimo na precipitação média anual na linha limite entre a sub-região 2 e 3 coincide exatamente com a foz do Rio São Francisco. Sem nenhuma barreira orográfica, o ar úmido vindo do oceano penetra mais adiante no interior chegando a atingir regiões como a cachoeira de Paulo Afonso (38° 30' W, 9° 30' S). Da foz do Rio até este ponto, o regime marítimo é dominante e a máxima anual pluviométrica geralmente ocorre no final do outono, enquanto a mínima ocorre no início da primavera (Tenório, 1989).

## **2.5 – Atuação de Sistemas Meteorológicos no NEB**

A localização do NEB faz com que a influência de vários sistemas meteorológicos, atuando de forma diferenciada em relação a sua frequência e intensidade, torne a climatologia da região bastante complexa, uma vez que esta região parece ser o fim de várias trajetórias destes sistemas. A atividade e intensidade desses sistemas são condicionadas à circulação atmosférica que é determinada pela condição térmica dos oceanos.

A variabilidade interanual da distribuição das chuvas sobre o NEB, 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 têm influência na região relacionam-se com a interação oceano-atmosfera (El niño, La niña, Dipolo do Atlântico). A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), a Zona de Convergência do Atlântico Sul, os Vórtices Ciclônicos em ar superior, Distúrbio de Leste e as Brisas Marítimas/Terrestres são sistemas responsáveis pelas modificações do regime pluviométrico no NEB (Lacerda et al., 1996), os quais sofrem amplamente a ação dos fenômenos climáticos acima descritos.

### **2.5.1 – Zona de Convergência Intertropical**

As correntes de circulação de Norte são representadas pelo deslocamento da ZCIT, a qual é resultado de uma descontinuidade térmica oriunda da convergência dos alísios dos dois hemisférios e exercem grande influência na distribuição sazonal da precipitação no setor norte e central do NEB (Ratisbona,1976). Ao longo dessa depressão equatorial, geralmente conhecida por região de calmaria, o ar em ascensão provoca chuvas e trovoadas, freqüentemente muito intensas. De acordo com Nimer (1979a) durante o ano, em média, esta depressão está situada mais próxima de 5°N de que do equador geográfico. Porém, em simetria com os centros de alta dos dois hemisférios está constantemente oscilando, migrando sazonalmente de sua posição mais ao norte, aproximadamente a 14°N em agosto-setembro, para sua posição mais ao sul ou aproximadamente 2°S em março-abril, fazendo-se sentir de modo importante na região NEB, quando alcança sua posição mais meridional. Pelas suas componentes norte (N) a noroeste (NW), as áreas a noroeste do NEB são mais atingidas pela ZCIT. Nestes deslocamentos para o sul a ZCIT chega a provocar chuvas até sobre os paralelos de 9° a 10°S, ou seja, nas imediações do Cotovelo do Rio São Francisco, sobre a Região do Raso da Catarina (nordeste do sertão baiano).

Namias (1972) sugeriu que as variações nos alísios de Nordeste (NE) e de Sudeste (SE) provocam alterações na intensidade da convergência na ZCIT, podendo talvez causar mudança em sua posição. De acordo com estudos de Uvo et al., (1988), mesmo que a permanência da ZCIT em maior ou menor tempo em torno do equador seja um fator importante para a qualidade da estação chuvosa no norte do NEB, confirmados por Aldaz (1971) e Strang (1972), os quais apresentaram os meses de março e abril como os de máxima precipitação, a posição deste sistema não é isoladamente um bom precursor de anomalias positivas pluviométricas para a estação.

### **2.5.2 – Brisas Marítimas e Terrestres**

O fenômeno das brisas apresenta-se com grande importância na determinação de algumas características da precipitação de algumas regiões. Esse fenômeno é provocado pelo aquecimento diferencial entre o continente e oceano, entre dia e noite, sendo típico de regiões costeiras tropicais. Dessa forma as brisas marítimas sopra do mar ao continente e as terrestres do continente ao mar.

Os máximos de precipitação ao longo da costa leste do NEB que ocorrem em maio/junho são provocados pelas brisas marítimas. A existência de uma região com

predominância de movimentos ascendentes devido a convergência dos ventos alísios, com a brisa terrestre noturna, pode ser a explicação de máximos noturnos pluviométricos (Kousky, 1980).

As brisas marítimas são importantes no papel de transportadoras de umidade no continente adentro, modificando, conseqüentemente, a precipitação na região por elas atingidas pela formação de nuvens cúmulonimbus, afirma Flohn (1970). Na costa leste do NEB, o fluxo médio e a influência das brisas marítimas e terrestres acontece de modo tão intenso que a precipitação apresenta um máximo à noite ao longo da costa e máxima diária no interior da região a aproximadamente 300Km da costa (Ramos, 1975; Kousky, 1980).

Ao analisar a formação de uma banda de nuvens cumuliformes associada às brisas marítimas na costa norte do NEB, Cavalcante & Kousky (1982) estudaram as variações sazonais desta faixa convectiva e notaram, com o auxílio de imagens de satélites, que o desenvolvimento convectivo ligado às brisas apresenta variações estacionais tanto de localização quanto em relação a frequência de aparecimento na costa brasileira, concluindo que a linha de nebulosidade acompanha a variação latitudinal da ZCIT. Se há ausência da banda de nuvens associada às brisas na época da estação seca do NEB, por outro lado durante a estação chuvosa, a faixa de nuvens cumulonimbus associada às brisas pode representar um incremento de precipitação na região costeira do NEB.

### **2.5.3 – Distúrbios de Leste**

Yamazaki & Rao (1977) mostraram que o regime pluviométrico na costa leste do NEB também é influenciado pelos agrupamentos de nuvens propagando-se em direção oeste, mais conhecidos como distúrbios de leste, durante o período compreendido entre os meses de maio e julho, sendo notório a existência deste tipo de distúrbio no Atlântico tropical sul. De acordo com Chan (1990) os meses de março a agosto foram detectados como de maior frequência desses distúrbios, que foram definidos através da análise de vento e temperatura. A importância da propagação para oeste desses distúrbios ondulatórios tropicais é reconhecida por mais de meio século e, a partir do advento dos satélites meteorológicos, foram feitas as primeiras observações dos mesmos. Berry et al. (1945) afirmaram que existem regiões favoráveis à ocorrência de tal fenômeno, sendo o Atlântico tropical sul uma dessas regiões, mais especificamente do sul da costa da África à costa do NEB.

O calor latente liberado pelas nuvens convectivas é a principal fonte de energia para esses sistemas, segundo Nitta (1970, 1972). Esses distúrbios no escoamento de leste

apresentam-se entre os mais importantes aspectos observados na atmosfera tropical. Geralmente associados a sistemas convectivos, esses distúrbios são responsáveis por elevadas taxas de precipitação sobre os oceanos e a costa leste do NEB. A grande quantidade de chuva que essas ondas carregam para áreas que geralmente são secas, ao longo dos alísios não perturbados, tornam-as climatologicamente importantes. Assim, segundo Hsu & Wallace (1976), as ondas de leste são as principais responsáveis pelas elevadas taxas de precipitação que caracterizam a estação chuvosa em uma estreita faixa litorânea do leste do NEB.

Chang (1970), com o objetivo de fazer um estudo comportamental sistemático desses distúrbios, aplicou algumas técnicas para calcular a velocidade de propagação para oeste, frequência e o comprimento de onda, entre outros parâmetros. Wallace (1970) adotou essas técnicas em seus estudos sobre a ocorrência desses distúrbios, especificamente sobre o oceano Atlântico Tropical e analisou faixas de latitudes de  $5^\circ$  em  $5^\circ$ , desde  $20^\circ\text{N}$  até  $29^\circ\text{S}$ . Outros estudos, com o intuito de evidenciar que os aglomerados de nuvens podem atuar como sistemas capazes de produzir precipitação no NEB, foram feitos por Ramos (1975) através da análise de sete episódios de precipitação. Foi analisado o período de janeiro a abril de 1972 e observado que, em geral, os sistemas provocadores de precipitação, que foram denominados pelo autor de "Cloud Clusters", movem-se de leste para oeste, com velocidade de aproximadamente 2 – 3 graus de longitude/dia. Observou-se, portanto, que essa velocidade é extremamente baixa quando comparada com a velocidade de distúrbios tipicamente tropicais, cuja velocidade na direção leste-oeste é de aproximadamente 6 graus de longitude/dia, concluindo que esses sistemas provavelmente não tinham sua origem no NEB e sim em outras regiões, como o oceano Atlântico. Com uma velocidade de fase da ordem de 10 graus de longitude/dia, Yamazaki & Rao (1977) observaram distúrbios propagando-se para oeste em uma faixa de latitude compreendida entre  $5^\circ\text{S}$  e  $15^\circ\text{S}$  sobre o oceano Atlântico durante os meses de junho, julho e agosto de 1967.

Um estudo mais detalhado sobre os distúrbios de leste foi realizado por Ferreira et al., (1990) onde foi observado que a maior frequência de ocorrência destes, se deu nos meses de março, abril e maio (MAM); seguidos de setembro, outubro e novembro (SON); junho, julho e agosto (JJA) e finalmente, dezembro, janeiro e fevereiro (DJF). No período MAM as ondas foram mais lentas, com duração de aproximadamente cinco dias, sendo a velocidade de propagação de cerca de 10 m/s e o comprimento das ondas de 4300 km. Enquanto no período JJA as ondas foram mais longas com 6900 km, propagando-se com velocidade de 13m/s e com duração de aproximadamente 6 dias.

#### 2.5.4 – Vórtices Ciclônicos

Neil (1966) estudou outros sistemas como tentativa de observar algumas causas de anomalia de precipitação na região. As baixas frias na alta troposfera ou vórtices ciclônicos são sistemas tropicais e subtropicais de baixa pressão, que em geral, se formam entre 300 e 200 hPa e cuja temperatura é mais fria do que em suas vizinhanças, ou seja, possui uma circulação direta com movimentos ascendentes de ar quente e úmido na periferia e movimento descendente de ar frio e seco no centro (Gan, 1987).

Estudando os movimentos da atmosfera sobre a América do Sul, Dean (1971) observou a presença dessas baixas frias em níveis superiores sobre o NEB e notou que esses sistemas foram responsáveis pelas precipitações ocorridas no NEB, no período estudado, pois não foi verificado nenhum outro mecanismo atuando em baixos níveis que tivesse provocado tal precipitação.

Aragão (1976), analisando cartas de linhas de corrente para os níveis de 850, 500 e 200mb, sobre o NEB, obteve conclusões semelhantes. Foi considerado nesse estudo três períodos distintos: dois de precipitação, os quais foram denominados de “período perturbado”, e um período de estiagem denominado de “não perturbado”. No período “não perturbado” não existia um déficit de umidade sobre a estação e sim, a falta de mecanismos dinâmicos que provocassem precipitação. No período “perturbado” observou-se a existência de uma estrutura vertical homogênea de movimentos descendentes e ascendentes em toda a troposfera, desde os baixos até os altos níveis, fazendo com que ocorresse um transporte de umidade dos níveis mais baixos para os mais altos, o que produz nebulosidade e, conseqüentemente, precipitação.

Com referência a formação dos vórtices ciclônicos, Gan & Kousky (1984) estudaram os eventos sinóticos que levam a sua formação e observaram que nas latitudes baixas da América do Sul e leste do Brasil a mesma está ligada às mudanças no escoamento, pois é quando o mesmo torna-se ciclônico, na alta troposfera, fato este que ocorre no verão. Assim nos meses de dezembro a março, conforme pode ser observado na Tabela 01, há uma maior incidência de vórtices ciclônicos de ar superior (Kousky & Gan, 1981), sendo as áreas oceânicas e continentais próximas à costa leste do NEB as mais atingidas por estes sistemas e desta forma, influenciando o clima da mesma (Gan, 1983).

De acordo com Calbete et al., (1996), a vida média desse sistema varia consideravelmente, uns duram apenas algumas horas, enquanto outros mais de duas semanas (Tabela 02). A trajetória dos vórtices é irregular, porém existe uma tendência para ser anticiclônica, iniciando o círculo sobre o oceano Atlântico Sul, nas latitudes subtropicais.

Tabela 1. Frequência mensal e média mensal dos vórtices ciclônicos em altos níveis sobre a região Nordeste do Brasil em 1987-95.(Fonte: Calbete et al.,1996).

MÊS/ANO	87	88	89	90	91	92	93	94	95	Média mensal
JAN	3	2	3	3	3	-	2	3	2	3,0
FEV	2	1	2	2	1	2	3	3	2	2,1
MAR	1	1	0	0	1	1	2	1	1	1,0
ABR	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0,4
AGO	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0,1
SET	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0,1
OUT	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0,5
NOV	0	2	3	1	-	-	1	1	1	0,8
DEZ	3	3	2	0	1	0	2	2	3	1,7

Tabela 2. Vórtices ciclônicos que atuaram mais de oito dias na Região Nordeste no período de 1987-1995).(Fonte: Calbete et al., 1996)

ANO	INÍCIO	TÉRMINO	DURAÇÃO
1988	11 Fev	23 Fev	13 dias
1989	22 Jan	31 Jan	10 dias
1991	01 Mar	15 Mar	15 dias
1993	05 Jan	18 Fev	14 dias
1993	22 Mar	31 Mar	10 dias
1994	19 Fev	27 Fev	08 dias
1995	11 Jan	14 Jan	14 dias

A formação desses sistemas ciclônicos coincide com a época do ano onde o escoamento em altos níveis (200 hPa) apresenta-se meridional, de sul a norte, sobre o Brasil a leste do meridiano de 50° W. No verão, o intenso aquecimento do continente causa desenvolvimento de um anticiclone (Alta da Bolívia) sobre a América do Sul Tropical (Figuerola et al., 1995; Carvalho, 1989) e um cavado no Oceano Atlântico próximo ao litoral nordeste do Brasil, nos altos níveis. A intensidade do anticiclone sobre o continente, em 200 hPa, determina a formação dos vórtices ciclônicos sobre o oceano (Gan & Kousky, 1986; Rao & Bonatti, 1987). O fato de sistemas frontais normalmente permanecerem estacionados por

vários dias ao ultrapassar os 25°S, parece está relacionado com a formação dessas baixas frias sobre o NEB (Oliveira, 1986).

### 2.5.5 – Sistemas Frontais

Os sistemas frontais são mecanismos responsáveis pela produção de precipitação nas latitudes médias e subtropicais, entretanto, eles exercem influências na indução de chuvas na costa leste da região do NEB (Kousky, 1979). O mesmo autor observou que o aumento de precipitação na costa leste, incluindo a zona da mata, desde a Bahia até o Rio Grande do Norte, durante o outono e inverno, está associado a penetração de sistemas frontais.

A influência de sistemas frontais na precipitação do NEB se dá muitas vezes indiretamente, ou seja, com sua chegada ao norte da Bahia os alísios, que normalmente *sopram de sudeste, mudam de sentido passando a atuar de leste-nordeste e fazendo com que o ar úmido dos oceanos sejam carregados para o interior do NEB, onde contribui para o aumento da nebulosidade e conseqüentemente da precipitação* (Kousky & Gan, 1981). O aparecimento de sistemas frontais nas latitudes equatoriais produz um abaixamento da pressão nesta região e, desta forma, vindo a favorecer ao deslocamento da ZCIT mais para o sul.

Outros pesquisadores que investigaram as influências dos sistemas frontais nas precipitações equatoriais foram Kousky & Virji (1982), os quais obtiveram conclusões semelhantes às de Riehl (1977), onde foi estudado o efeito dos sistemas frontais provenientes do hemisfério norte, entretanto sobre a precipitação na Venezuela. Oliveira (1982), através de um estudo estatístico sobre a influência dos sistemas frontais na precipitação no NEB, correlacionou as passagens de frentes frias sobre a ilha de Trindade com a precipitação da região em estudo, encontrando boas correlações.

## 2.6 – Condições Térmicas dos Oceanos

Com uma superfície de aproximadamente  $361,1 \times 10^6 \text{ km}^2$  os oceanos cobrem cerca de 71% da superfície de todo o planeta e suas extensas massas de água exercem marcantes influências no ambiente, como também na manutenção do sistema climático presente, uma vez que funcionam como uma das principais fontes de calor e umidade para a atmosfera (Niller, 1992).

A geração de fenômenos climáticos anormais em várias regiões do globo terrestre, está amplamente relacionada com padrões de anormalidades originados das

interações ar-mar que, eventualmente, se processam sobre os oceanos nas regiões tropicais. Esses fenômenos climáticos anormais, principalmente secas e enchentes, são responsáveis por sérios transtornos e desastrosos impactos de ordem sociais, econômicos e ambientais nas regiões atingidas por tais padrões climáticos (Magalhães & Glantz, 1992).

A grande maioria dos estudos meteorológicos que trataram das interações oceano-atmosfera de grande escala na região tropical consideram as anomalias da TSM como causadoras das anomalias na circulação atmosférica (Philander, 1992).

As flutuações que ocorrem na circulação atmosférica, em escala de tempo sazonal e interanual, possuem uma estreita ligação com as variações das anomalias da TSM sobre os oceanos tropicais, segundo Shukla (1981) e Moura (1984, 1994). De acordo com Shukla & Fennessy (1988), tanto as flutuações na circulação atmosférica como as variações das anomalias da TSM tendem a influenciar sensivelmente a distribuição pluviométrica, principalmente sobre os trópicos.

Os padrões da TSM sobre os oceanos Pacífico e Atlântico, principalmente no início do ano, podem ser importantes para produzir um padrão pluviométrico sobre o NEB. Estudos globais realizados por Ropelewski & Halpert (1987) entre outros, indicaram que o fenômeno El Niño, o qual ocorre no oceano Pacífico, pode ter ligação com a redução de chuvas durante a estação chuvosa, em diversos setores do NEB, principalmente sobre a Região do Semi-Árido (RSA), enquanto que para o oceano Atlântico estudos realizados por Markham & McLain (1977) e Ward & Folland (1991), mostraram evidências na relação entre as características térmicas desse oceano e a qualidade da estação chuvosa também de alguns setores do NEB.

### **2.6.1 – Oceano Pacífico – Oscilação Sul (ENOS)**

O NEB é uma das regiões no mundo em que se observa uma marcante variabilidade interanual da pluviometria associada aos baixos (mais frequentemente) e elevados totais anuais pluviométricos. A existência dessas anomalias pluviométricas estão relacionadas à intrincados mecanismos gerais de circulação dos ventos no planeta modulados pela interação oceano-atmosfera. São fenômenos que se estabeleceram, provavelmente, no fim da grande era glacial. O mais importante é composto pelas áreas de baixa e alta pressão atmosférica no oceano Pacífico Equatorial, descrito por Walker (1923, 1924, 1928) e Walker & Bliss (1930, 1932, 1937) em seus estudos sobre a Circulação Geral Atmosférica.

Entretanto, Bjerknes (1969) deu uma explicação mais objetiva desses mecanismos, os quais podemos descrever da seguinte forma: Na época do ano em que as águas do Oceano Índico e do mar da China estão mais aquecidas, estas provocam ascendência de ventos quentes e úmidos criando uma área de baixa pressão. A convecção provoca, então, formação de nuvens e chuvas – monções, no sudeste asiático. Livre da umidade o ar circula sobre o pacífico em direção leste. Nesse trajeto o mesmo resfria-se e tende a descer sobre o oceano, próximo a costa oeste da América do Sul, criando uma área de alta pressão atmosférica e logicamente impedindo a formação de nuvens de chuva, o que levou possivelmente a formação do deserto do sul do Chile e da região de Lima, no Peru. Parte dessa coluna de ar retorna em direção à Austrália e Indonésia, enquanto uma parcela novamente aquecida toma novo movimento ascendente sobre a Amazônia provocando chuva na região e circulando em direção leste até resfriar-se e adquirir movimento descendente sobre o NEB, impedindo a formação de nuvens de chuva e, conseqüentemente, provocando seca.

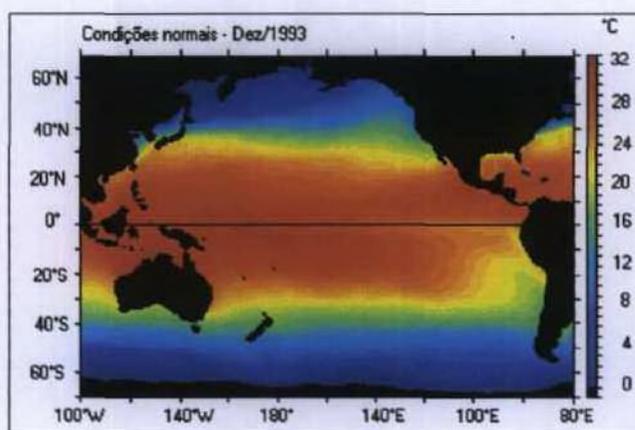
Dessa forma, estes centros de ação estão ligados por uma célula de circulação de grande escala no sentido zonal, isto é, leste-oeste, com ramo ascendente no Pacífico oeste e ramo subsidente no Pacífico leste, denominada de Célula de Walker (CW) por Bjerknes (1969), em homenagem à Gilbert Walker, o qual foi o pioneiro na tentativa de associar os centros de ação à circulação geral da atmosfera. A flutuação global na pressão ao nível do mar (PNM) entre a alta pressão subtropical do Pacífico sudeste e a região de baixa pressão na Indonésia explica a Oscilação Sul. 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 que mostra sua intensidade e fase, denominado de Índice de Oscilação Sul (IOS). O mesmo autor conceituou a Oscilação Sul como sendo uma mudança na intensidade da CW. Posteriormente, Stoeckenius (1981) confirmou esse fato, observando que as mudanças da CW na troposfera tropical ocorre em fase com as mudanças da Oscilação Sul, ao estudar as anomalias anuais e sazonais da precipitação nos trópicos.

Como sobre as águas da faixa tropical do Pacífico Sul a circulação dos ventos é de Leste-Oeste ocorre então um empilhamento das águas mais aquecidas no setor oeste do mesmo, fazendo com que o nível do oceano na Indonésia fique cerca de 0,5 m acima do nível da costa oeste da América do Sul. Dessa forma, ocorre um gradiente de temperatura entre as águas do setor oeste e leste do Pacífico. Essa é a situação considerada normal (Figuras 5-a e 6-a.) Em anos em que há um aquecimento anormal das águas na costa do Equador/Peru, os ventos Leste-Oeste enfraquecem chegando, em algumas áreas na faixa tropical, a inverterem o

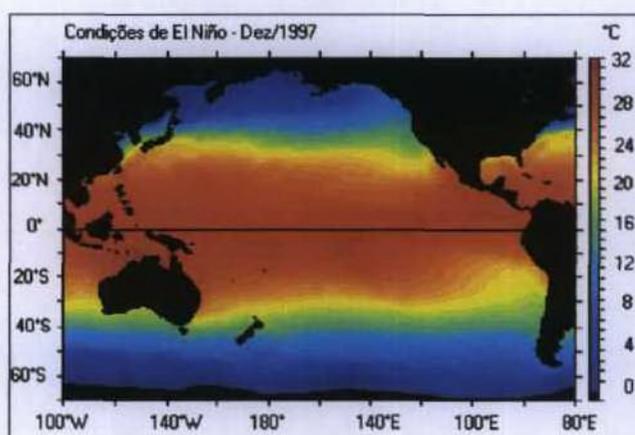
sentido, passando a atuar de Oeste-Leste, deixando assim esta costa com temperaturas acima da média e abaixo da média na região da Indonésia e norte/nordeste da Austrália, conforme podemos notar nas Figura 5-b e Figura 6-b. Esse aquecimento anormal das águas do Pacífico no setor leste é denominado de El Niño. Em anos em que a temperatura da superfície das águas do setor leste do oceano Pacífico encontra-se mais baixa que a normal, conforme Figuras 5-c e 6-c, fenômeno de característica inversa se evidencia. Esse resfriamento anormal das águas deste setor do Pacífico é denominado de La Niña. Covey & Hastenrath (1978) afirmam que para tal um mecanismo oposto àquele provocado pelo El Niño é esperado.

Berlage (1966) descobriu que esse aquecimento (resfriamento) anormal das águas na costa do Peru/Equador tende a estar associado com a baixa pressão sobre o leste do Pacífico Sul. Esse aquecimento (resfriamento) anormal da temperatura da superfície da água do mar nessa região, provoca uma mudança no sistema oceano-atmosfera do Pacífico leste. A *circulação atmosférica modifica-se totalmente*. Sobre o Pacífico oeste onde havia um ramo de ar ascendente, durante os anos de El Niño passa a apresentar um ramo descendente inibindo a formação de nuvens. Sobre o Pacífico leste onde havia um ramo de ar descendente, durante o El Niño passa a apresentar ramo ascendente. Sobre a bacia do Atlântico Equatorial, leste da Amazônia e NEB aparece a predominância de um ramo de ar descendente, impedindo a formação de nuvens e conseqüentemente, chuvas. Essas alterações podem ser observadas através das Figuras 7-a e 7-b.

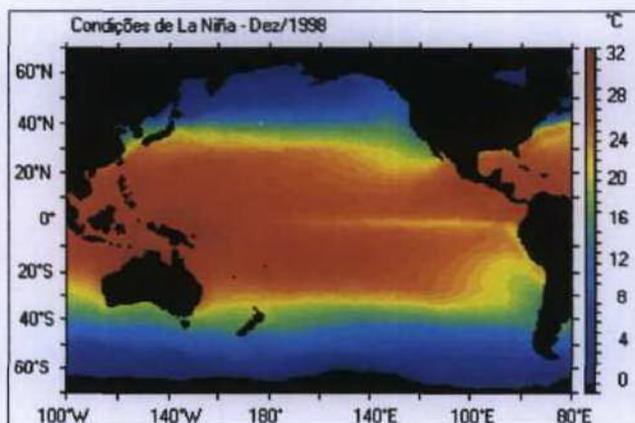
Bjerknes (1969) após várias pesquisas confirmou a ocorrência da relação entre a Oscilação Sul (fases negativa e positiva), anomalias da temperatura do mar equatorial e circulação extra tropical, fundamentando assim as relações entre a variação na estrutura termal dos oceanos na circulação de grande escala 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), concluiu o autor. Ropelewski & Jones (1987) propuseram critérios estabelecendo que a fase quente (El Niño) ocorre quando os valores dos IOS são negativos e inferiores a -0,5 durante o período de cinco meses consecutivos e a fase fria (La Niña) quando os valores dos IOS são positivos e inferiores a 0,5. Dessa forma, importantes fenômenos reguladores pluviométricos para o NEB, entre outras regiões do mundo, referem-se ao aquecimento (El Niño) ou resfriamento (La Niña) das águas da costa oeste da América do Sul. Então, 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-os às condições de anomalias negativas e positivas de precipitação nas mais variadas regiões da Terra.



(a)

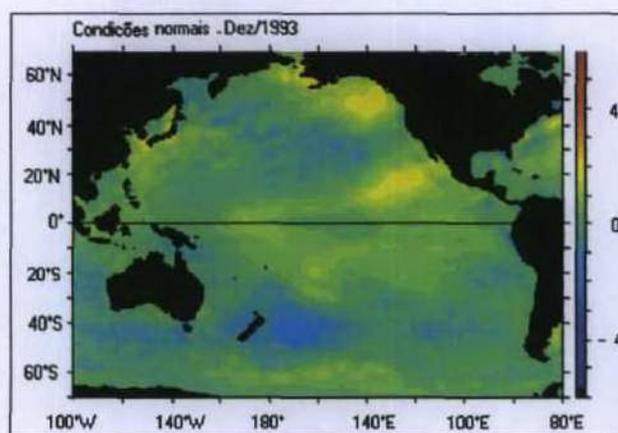


(b)

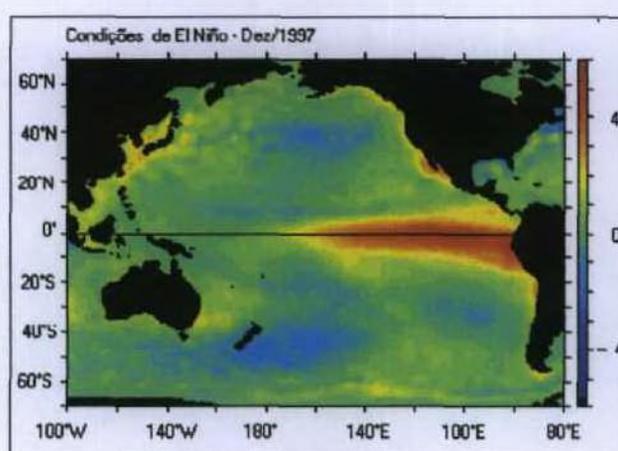


(c)

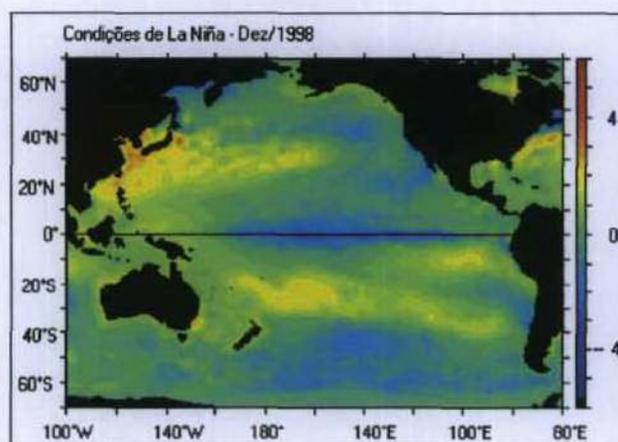
Figura 5. Esquemática da distribuição das temperaturas das águas sobre o Pacífico: a) Condições normais; b) Condições de El Niño (dez/97); c) Condições de La Niña (dez/98). Fonte: NOAA (2002).



(a)

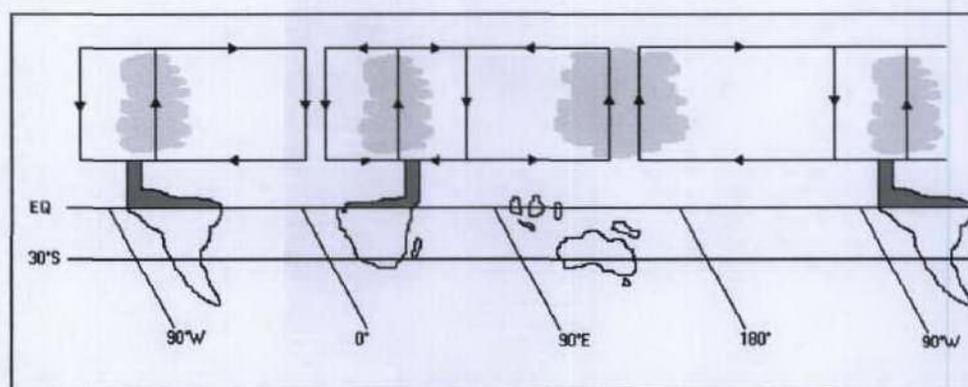


(b)

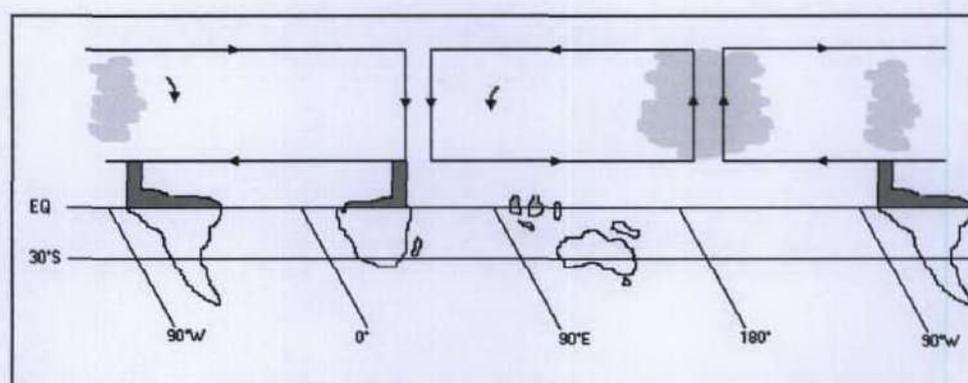


(c)

Figura 6. Esquematização da distribuição das anomalias de temperatura das águas sobre o Pacífico: a) Condições normais; b) Condições de El Niño (dez/97); c) Condições de La Niña (dez/98). Fonte: NOAA (2002).



a) Condições normais (DJF)



b) Condições de El Niño (DJF - 82/83)

Figura 7. Esquematização da Célula de Walker: a) Condições normais - DJF; b) Condições de El Niño - DJF (82-83). Fonte: Lima (1991), modificada.

O aumento (redução) no fluxo de calor sensível e de vapor d'água da superfície do oceano Pacífico Equatorial para a atmosfera, sobre as águas quentes (frias), provoca mudanças na circulação atmosférica e precipitação em escala regional e global que, por sua vez, provoca mudanças nas condições meteorológicas e climáticas em várias partes do mundo. De acordo com as avaliações das características de tempo e clima, de eventos El Niño e La Niña ocorridos no passado, percebe-se que os eventos El Niño apresentaram um padrão mais consistente, enquanto os eventos La Niña mostraram maior variabilidade (Netto & Sousa, 2000). Ropelewski & Halpert (1987), ao estudarem a influência de evento ENOS na precipitação na região sul do Brasil, mostram que as anomalias de precipitação relacionadas com El Niño e La Niña atingem as mesmas regiões em períodos iguais e tem sinais opostos. Os mesmos resultados foram apresentados por Fontana & Berlato (1997a, 1997b).

### 2.6.2 – Circulação Padrão em Anos de El Niño e La Niña

Covey & Hastenrath (1978), estudando padrões de anomalias de campo meteorológico e oceânicos, na região do Atlântico Tropical e Pacífico Leste, construíram cartas pelas médias com as características da circulação de larga-escala, para dez anos de El Niño e La Niña e para o período de março – abril e observaram que durante a ocorrência de anos com eventos El Niño na costa de Peru/Equador a pressão é anormalmente baixa sobre o Pacífico Leste, enquanto a pressão é positiva em praticamente todo o Atlântico Tropical. Os campos de ventos é, até certo ponto, moderado sobre o Pacífico leste, mas não sobre o Atlântico. O fraco deslocamento em direção sul da descontinuidade dos ventos próximo ao Equador foi observada sobre o Pacífico, durante anos de El Niño. Segundo os mesmos autores, a temperatura da superfície das águas do mar mostra-se anormalmente mais altas sobre o Pacífico Leste, especialmente no sul do Equador. Já no Atlântico a banda de águas com temperatura mais baixa é observada da costa oeste da África até a costa do Brasil.

Para os anos de ocorrência do evento La Niña o padrão é aproximadamente o inverso ao observado em anos de ocorrência de El Niño. A pressão é anormalmente alta sobre o Pacífico Leste mas não sobre o Atlântico, enquanto os ventos são freqüentemente moderados sobre grande parte do Atlântico. Águas frias prevalece no Pacífico Leste e maioria do Atlântico, exceto pela banda anormalmente positiva que se estende do oeste da África em direção à costa sul americana. O leve deslocamento em direção norte da descontinuidade dos ventos próximo ao Equador foi notado sobre o Pacífico durante o evento La Niña.

### 2.6.3 – Eventos ENOS (fase positiva e negativa) e o NEB

Particularmente, nos anos em que foi observado um aquecimento no Pacífico central-leste, como observado por Kousky et al., (1984) e Kousky & Cavalcanti (1984), certas ocorrências de anomalias de precipitação no Brasil mostraram-se relacionadas a 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 no NEB. Sua descrição é similar as apresentadas por outros autores mencionados em Hastenrath & Heller (1977), tais como Doberitz (1969) e Caviedes (1973). Eles consideraram que essa ligação é, provavelmente, caracterizada por uma variação inversa de pressão sobre o Pacífico Sul e o Atlântico. Segundo Rao & Hada (1990) e

Studizinski (1995), durante a fase quente há uma tendência de chuvas abaixo da média esperada, enquanto na fase fria ocorre chuvas acima da média.

Brito (1984) comentou que para o ano de 1967, onde a anomalia de pressão do Pacífico sul foi positiva e anomalia no 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 outros mecanismos responsáveis pelas secas/enchentes na região estavam descaracterizados. Assim, o controle da precipitação na região, nesse ano, se deu no Pacífico.

Comparando mapas de variabilidade relativa da precipitação anual e mapas de áreas onde a precipitação é consistentemente relacionada aos eventos ENOS, Nicholls (1988) testou a possibilidade da precipitação ser mais variável em áreas onde as variações interanuais são relacionadas ao ENOS. Ou seja, a variabilidade da precipitação anual tende a ser substancialmente mais alta em áreas afetadas pelos ENOS.

Aceituno (1988) concluiu que o fenômeno 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 NEB.

#### **2.6.4 – Oceano Atlântico – Padrão Dipolo**

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). A base para essa afirmação está nas evidências observacionais e teóricas, como também nos resultados de modelos de circulação geral da atmosfera. 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 & Shukla (1981), Nobre & Shukla (1996) entre outros e observado que, uma vez que as águas no Atlântico Norte apresentam anomalias positivas de temperatura e as do Atlântico Sul anomalias negativas, configura-se o que se denominou de Dipolo positivo. Ocorrendo o inverso, configura-se o Dipolo negativo. Mudanças na célula de Hadley, com movimentos ascendentes ou subsidentes sobre o NEB estariam associados a variações de

precipitação. No Dipolo positivo haveria déficit de precipitação, enquanto no Dipolo negativo haveria chuvas acima da média sobre diversos setores do NEB. A Figura 8 mostra as áreas do Oceano Atlântico Tropical associadas ao padrão Dipolo de anomalias de TSM.

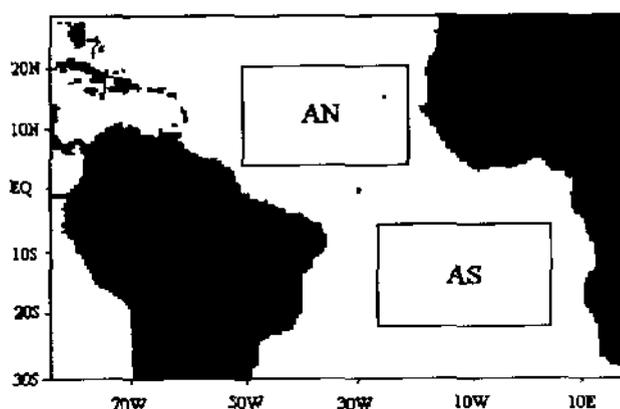


Figura 8. Áreas localizadas ao norte (AN) e ao sul (AS) do Oceano Atlântico Tropical, associadas ao Padrão de Dipolo de anomalias de TSM. Fonte: Souza, 1997.

Através de simulações numéricas utilizadas por Carton et al. (1995), Huang & Shukla (1996), como também de técnicas estatísticas multi-variadas, como as funções ortogonais empíricas realizadas por Lough (1986), Servain & Legler (1986), Wolter (1989) e Nobre (1993), evidenciou-se a ocorrência de dois principais e dominantes modos de variabilidade na bacia do oceano Atlântico Tropical. Um modo de variabilidade equatorial e acoplado com a atmosfera, em que ocorre flutuações sazonais e interanuais semelhante ao evento ENOS do Pacífico Tropical (Zebiak, 1993; Chang & Li, 1997). Neste modo se tem a tendência de resfriamento ou aquecimento de toda a bacia do Atlântico. O outro modo de variabilidade oceano-atmosfera, em que ocorre flutuações em escala de tempo decadais, caracteriza-se pela ocorrência de anomalias de TSM, com sinais opostos ao norte e ao sul do Atlântico ou Dipolo do Atlântico. Nesse modo vários estudos não mostram similaridade termodinâmica com o que ocorre na bacia do Pacífico Tropical.

De acordo com Nobre (1996), as flutuações em escala de tempo decadais detectadas tanto na circulação como na precipitação sobre o Atlântico Tropical seriam provocadas, com alterações lentas do ambiente marinho, pelas condições de contorno oceânicos. Além disso, haveria uma forte influência dos continentes circunjacentes no ciclo anual dos ventos e calor sensível armazenado nas camadas superiores do Atlântico Tropical. Então, 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.

Embora não haja nenhuma semelhança termodinâmica com o padrão ENSO, como dito anteriormente, as observações evidenciam que, em média, ocorre um padrão de Dipolo sazonal (*verão, outono austral*) diferente, relacionado a cada fase quente ou fria do fenômeno ENSO. Isso, possivelmente, estaria associado a influência desse fenômeno inicialmente sobre as condições atmosféricas na faixa tropical e que afetaria diretamente as variações térmicas no Oceano Atlântico (Penland & Matrosova, 1998).

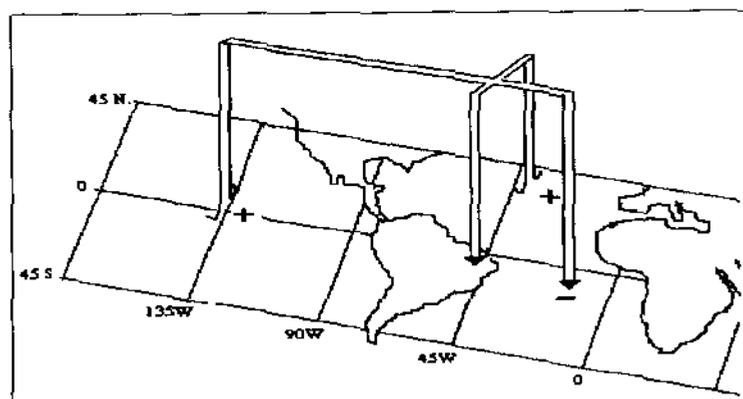
### 2.6.5 – ENOS Associado ao Dipolo do Atlântico

As mudanças que ocorrem na TSM no oceano Pacífico associados ao fenômeno ENOS, em suas fases positiva (*La Niña*) ou negativa (*El Niño*), mostram uma ligação inversa com o padrão pluviométrico que se observa no NEB, principalmente em RSA no período entre fevereiro e maio. Segundo Alves et al., (2000a), nesse período do ano em que se evidencia o evento *El Niño*, há déficit de precipitação na RSA, ao mesmo tempo, no Atlântico Tropical configura-se o padrão Dipolo positivo. Associadas a essas características térmicas dos oceanos, observa-se a *predominância mais fraca (forte)* dos ventos alísios de Nordeste (Sudeste) do que a média climatológica nos setores Norte (Sul) Atlântico e um aumento (redução) da PNM nas regiões das altas pressões do Atlântico Norte (Sul). Dessa forma, a ZCIT não migra para posições mais ao sul (Uvo, 1989).

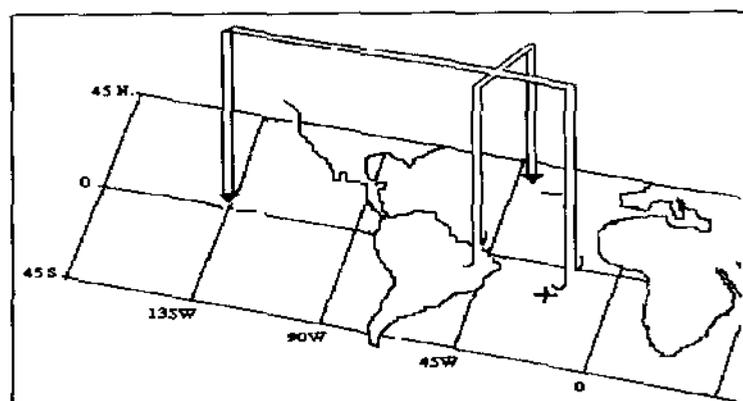
Em anos em que ocorre o evento *La Niña*, Alves et al., (2000a) mostram que as características termodinâmica são contrárias, observando-se a configuração de um padrão Dipolo negativo no oceano Atlântico e, relacionada à estas condições térmicas, os ventos alísios de Nordeste (Sudeste) apresentam-se mais fortes (fracos) que a média climatológica nos setores Norte (Sul) do oceano Atlântico, tendo como associações anomalias positivas (negativas) de PNM nas regiões das altas pressões do Atlântico Norte (Sul). Assim, a ZCIT migra para posições mais ao sul, favorecendo a ocorrência de maior precipitação para o NEB.

Na análise dos anos de ocorrência do evento *El Niño* há uma predominância na tendência da TSM de aquecimento (resfriamento) nas áreas do Atlântico Tropical Norte (Sul). Já nos anos de ocorrência de *La Niña* ocorre o inverso, ou seja, resfriamento (aquecimento) nas áreas do Atlântico Tropical Norte (Sul). Com referência aos anos considerados normais observa-se uma *nítida tendência de águas mais aquecidas predominando no setor Norte do Atlântico Intertropical*. Há também anos considerados de *El Niño* e *La Niña*, nos quais as características térmicas do Atlântico Intertropical não apresentam esses padrões (Alves et al., 2000b). A Figura 9 esquematiza o resultado da mudança da circulação atmosférica devido a

forçante anômala das TSM's. Dessa forma, segundo Aragão et al., (1996) as flutuações interanuais na precipitação do NEB são devidas, principalmente, aos dois oceanos tropicais: Pacífico (ENOS) e Atlântico (Dipolo), com dois modos principais: Pacífico positivo e Dipolo negativo; Pacífico negativo e Dipolo positivo.



a)



b)

Figura 9. Esquema das anomalias das circulações de Hadley e Walker em relação com as TSM's. a) Pacífico quente, Atlântico Norte quente e Atlântico Sul frio; b) Pacífico frio, Atlântico Norte frio e Atlântico Sul quente. Fonte: Reproduzida de Aragão et al. (1996).

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 – Descrição da Área em Estudo

##### 3.1.1 – As Microrregiões Homogêneas em Alagoas

Com o objetivo de dividir o território nacional em espaços homogêneos o IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, em 1968 (então IBG-Instituto Brasileiro Geográfico), após vários estudos em que cartas topográficas, hipsométricas, pedológicas e de síntese foram correlacionadas com fatores humanos (distribuição e densidade populacional), ocupação agrícola, regime fundiário, distribuição de áreas para pastagens e lavoura, existência e evolução de centros industriais, etc., desmembrou o Brasil em Microrregiões Homogêneas que, desde então, para fins estatísticos, substituem as Zonas Fisiográficas. O caráter predominante da região homogênea é a constância de elementos específicos sobre toda a extensão do território considerado. Foram consideradas para o estudo as três Mesorregiões climáticas do Estado, a saber: Leste alagoano, Agreste alagoano e Sertão alagoano e suas nove Microrregiões Homogêneas integrantes, conforme Tabela 3, que apresenta a divisão do Estado em Mesorregião, Zona Fisiográfica e Microrregiões Homogêneas. Esclarecemos que a numeração utilizada neste estudo para as Microrregiões, obedece a seqüência definida pelo IBGE à nível nacional.

Tabela 3. Divisão de Alagoas em Mesorregião, Zona fisiográfica e Microrregiões homogênea.

MESORREGIÃO	ZONAS FISIográfICAS	MICRORREGIÕES
LESTE ALAGOANO	ZONA DA MATA	- Mata Alagoana (116)
	LITORAL	- Litoral Norte (117) - São M. dos Campos (119) - Maceió (120) - Penedo (121)
AGRESTE ALAGOANO	AGRESTE E BAIXO S. FRANCISCO	- Palmeira dos Índios (115) - Arapiraca (118)
SERTÃO ALAGOANO	SERTÃO E SERTÃO DO S. FRANCISCO	- Sertão Alagoano (113) - Batalha (114)

Em Alagoas, cento e um municípios estão agrupados, segundo os critérios expostos, nas nove áreas uniformes do Estado. A Figura 10 apresenta a distribuição geográfica das mesorregiões e microrregiões.

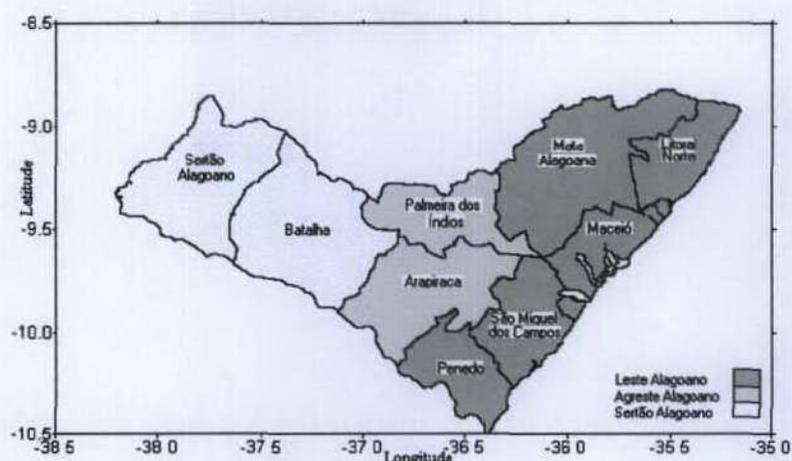


Figura 10. Distribuição geográfica das mesorregiões e microrregiões homogêneas em Alagoas.

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 (117), de Maceió (120), dos Tabuleiros de São Miguel dos Campos (119), da Mata Alagoana (116) e de Penedo (121), 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 com variação no litoral para a exploração de coqueirais (Lima, 1972). A microrregião de Palmeira dos Índios (115) e Arapiraca (118) estão contidas 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. Na microrregião 115 a pecuária é a base da economia com relativa atividade ainda no setor agrícola, enquanto que a 118 dedica-se essencialmente à cultura do fumo.

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 (114) e Sertão alagoano (113). Na microrregião 114 encontra-se a bacia leiteira alagoana com grande representação na pecuária extensiva. Região aparentemente árida, oferece boas condições para a pecuária, inclusive, na época de estiagem, pela perenidade da cultura da palma forrageira. Já na microrregião 113, há uma razoável representação na pecuária, propiciando condições

favoráveis para agricultura, que convergem para uma policultura de subsistência, com destaque para a produção de feijão.

### 3.1.2 – Aspectos Físicos

As grandes unidades geológicas predominantes no nordeste oriental são representadas pelas rochas cristalinas, à exceção das bacias sedimentares costeiras. No passado, ao longo de sua evolução geológica, houve também a atuação das oscilações climáticas nos diferentes tipos de rochas, influenciando assim, na configuração do relevo atual. Destaca-se como principal aspecto geográfico do NEB e que tem influência no clima de vários setores da região, inclusive o litoral leste, o Planalto da Borborema, que é a mais importante feição geomorfológica do nordeste oriental, exercendo um papel fundamental a exposição de suas encostas para leste e a dimensão do seu relevo na concentração de umidade, na formação de solos mais profundos e na existência da vegetação de floresta, típica dessa sub-região nordestina. Se estende de Alagoas ao Rio Grande do Norte com altitude média de 800m e apresentando três aspectos orográficos: as escarpas, as superfícies elevadas dos maciços e as superfícies baixas pediplanadas (IBGE, 1977).

Apesar do estado de Alagoas possuir pequena área, encontram-se em seu relevo quase todas as características da região do NEB como um todo, como escarpas cristalinas, trechos dissecados, depressão periféricas, tabuleiros terciários, baixadas litorâneas e amplos vales. O solo é geralmente plano, arenoso e coberto por muitas lagoas na proximidade do litoral. Eleva-se gradualmente para o interior, onde encontram-se muitas cadeias de montanhas que fazem parte do Maciço Nordestino. Possui 335 km de extensão costeira entre a foz do Rio Persinunga, ao norte, até a do Rio São Francisco, ao sul (Cabral, 1947).

Suas microrregiões apresentam as mais diversas características com relação ao seu relevo; No Sertão alagoano, segundo Lima (1965), a microrregião 113 apresenta relevo expressivo. Próximo à cidade de Mata Grande os maciços se elevam sobre a semi-planura do pediplano sertanejo. A rede hidrográfica é constituída de rios intermitentes, com destaque para o Rio Capiá e Rio Moxotó. Na microrregião 114 o relevo predominante é o de pediplano, existindo várias serras ao norte. A região é banhada por rios de cursos intermitentes, sendo os mais importantes: o Traipu, o Ipanema e o Capiá, que fluem para o Rio São Francisco (Alagoas, SEMA, 1979). O Rio São Francisco é o nível base de toda rede hidrográficas dessas duas microrregiões.

No Agreste alagoano a microrregião 115 tem seu relevo marcado pela Escarpa Cristalina Ocidental (nordeste) e por uma cadeia de serras (noroeste). A região é banhada por vários cursos d'água, entre os quais se destaca o Coruripe e Paraíba do Meio. A microrregião 118 se estende num imenso tabuleiro pontilhado de cabeços granítico suaves, abrangendo a parte média e meridional do Agreste alagoano. Ao norte serras isoladas iniciam a formação do pediplano sertanejo. À oeste, nas imediações de Traipú, o relevo se apresenta mais agressivo como uma barreira natural paralela ao São Francisco. Os rios são de regimes intermitentes especialmente na parte meio norte, enquanto na parte meridional se apresentam permanentes (Lima, 1972).

Já no Leste alagoano a microrregião 116 está situada na depressão das Escarpas Cristalina e Patamar, sendo cortada pelos dois mais importantes vales de Alagoas: Mundaú e Paraíba do Meio. Sua hidrografia é constituída de rios perenes como os Rios Mundaú e Paraíba do Meio. A microrregião 117 situa-se no extremo norte da planície alagoana, caracterizada por praias e restingas; ao ocidente surgem as falésias dos tabuleiros terciários, bastante erodidos e dissecados pelos rios, formando amplos vales. Toda a Microrregião 119 constitui área de tabuleiros, exceto o extremo norte ocidental. É também bastante irrigada por rios, riachos, pequenas e médias lagoas. A microrregião 120 não apresenta relevo agressivo e abrange a baixada litorânea, grande parte de tabuleiros e trechos de depressão periférica. Os tabuleiros dissecados formam grandes compartimentos onde se localizam as principais lagoas do Estado. Os Rios Mundaú e Paraíba do Meio, em sua parte baixa, são os mais importantes. A microrregião 121 está situada em uma área de transição da depressão periférica com o pediplano sertanejo, apresentando também espaço de tabuleiros. O Rio São Francisco é o nível base da rede hídrica. Há inúmeras lagoas que se formam em desvãos entalhados nos tabuleiros (Lima, 1990).

### **3.2 – Dados**

Os dados utilizados neste trabalho foram os totais mensais e anuais de precipitação registrados em 39 postos pluviométricos do estado de Alagoas pertencentes à Rede Hidrometeorológica da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste – SUDENE. O período considerado para o estudo foi de 1931 à 1991. Os dados foram adquiridos através da Diretoria de Hidrometeorologia de Alagoas – DHM/AL.

Preliminarmente foram escolhidos os postos pluviométricos levando-se em consideração dois aspectos considerados básicos:

- a) as estações deveriam ter uma distribuição espacial que melhor representasse a região em estudo;
- b) as séries utilizadas deveriam possuir, no mínimo, em torno de 30 anos de dados para uma melhor representação de uma série.

A Tabela 4 apresenta os postos Pluviométricos, sua localização e altitude, enquanto a Figura 11 mostra a distribuição espacial destes, nas microrregiões e mesorregiões de Alagoas.

Tabela 4. Postos pluviométricos, sua localização e altitude.

MICRORREGIÃO	Nº	POSTO PLUVIOMÉTRICOS	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE
113	1	Mata Grande	9°12' S	37°72' W	633m
	2	Água Branca	9°26' S	37°93' W	510m
	3	Canapi	9°16' S	37°42' W	280m
	4	Olho D'Água do Casado	9°52' S	37°83' W	209m
	5	Delmiro Gouveia	9°38' S	37°98' W	256m
	6	Piranhas	9°55' S	37°76' W	110m
114	7	Major Isidoro	9°53' S	36°98' W	217m
	8	Santana do Ipanema	9°37' S	37°23' W	250m
	9	Poço das Trincheiras	9°30' S	37°26' W	255m
	10	Pão de Açúcar	9°74' S	37°42' W	15m
	11	Olho D'Água das Flores	9°52' S	37°27' W	286m
115	12	Palmeira dos Índios	9°40' S	36°62' W	342m
	13	Mar Vermelho	9°45' S	36°37' W	620m
	14	Tanque D'Arca	9°53' S	36°42' W	280m
	15	Minador do Negrão	9°30' S	36°85' W	395m
116	16	União dos Palmares	9°16' S	36°03' W	155m
	17	Atalaia	9°50' S	36°02' W	54m
	18	Capela	9°42' S	36°07' W	34m
	19	Viçosa	9°37' S	36°23' W	300m
	20	Flexeiras	9°27' S	35°72' W	70m
	21	Santana do Mundaú	9°18' S	36°21' W	221m
117	22	Maragogi	9°01' S	35°23' W	5m
	23	Passo de Camaragibe	9°24' S	35°49' W	90m
	24	Porto de Pedras	9°22' S	35°34' W	22m
	25	Porto Calvo	9°05' S	35°40' W	54m
	26	Matriz de Camaragibe	9°15' S	35°53' W	16m
	27	São Luiz do Quitunde	9°32' S	35°55' W	4m
118	28	Limoeiro de Anadia	9°74' S	36°50' W	150m
	29	Junqueiro	9°91' S	36°47' W	120m
	30	Lagoa da Canoa	9°82' S	36°72' W	235m
	31	Traipu	9°96' S	36°98' W	40m
119	32	São Miguel dos Campos	9°78' S	36°10' W	12m
	33	Coruripe	10°11' S	36°40' W	110m
120	34	Maceió	9°66' S	35°73' W	30m
	35	Satuba	9°58' S	35°82' W	10m
121	36	Igreja Nova	10°12' S	36°64' W	17m
	37	Porto Real do Colégio	10°17' S	36°82' W	30m
	38	Piaçabuçu	10°40' S	36°42' W	10m
	39	Penedo	10°28' S	36°57' W	28m

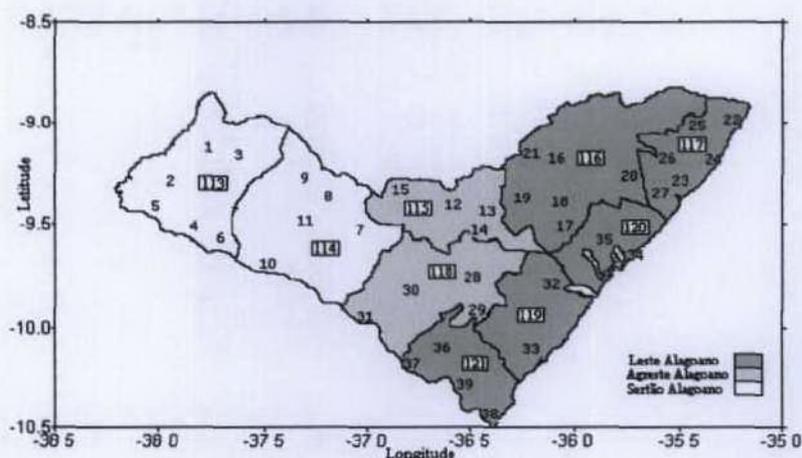


Figura 11. Distribuição espacial dos postos pluviométricos nas microrregiões e mesorregiões de Alagoas.

### 3.2.1 – Preenchimento de Falhas e Consistência dos Dados

Para o preenchimento de alguns dados mensais das séries selecionadas foi utilizado o Método de Ponderação Regional ou Método das Vizinhanças (Galvínio & Souza, 2000), o qual é simplificado e geralmente utilizado para preenchimento de séries mensais e anuais de precipitação, objetivando a homogeneização do período de informações e análise estatística pluviométrica. O método consiste em selecionar pelo menos três postos para um grupo que possuam no mínimo 10 anos de dados. Para um posto  $y$  que apresente falhas, as mesmas são preenchidas com base na expressão:

$$Y_c = 1/3 (x_1/m_1 + x_2/m_2 + x_3/m_3).y_m \quad (1)$$

onde:

$Y_c$  = precipitação do posto  $y$  a ser estimada.

$x_1, x_2, x_3$  = precipitações referentes aos meses (ou anos) que se deseja preencher, observada em três estações da mesma região.

$y_m$  = precipitação média do posto  $y$ .

$m_1, m_2, m_3$  = precipitações médias referente aos meses ou (anos) que se deseja preencher, observadas nas três estações da mesma região.

Os postos escolhidos pertenciam a mesma região climatológica do posto que teve os dados preenchidos. Apesar do preenchimento efetuado por essa metodologia ser simples e apresentar algumas limitações, quando cada valor é visto isoladamente o resultado estatístico da precipitação não sofre significativamente com as limitações deste

preenchimento. O valor preenchido, através desse método, é utilizado para homogeneizar séries de precipitações para análise estatística regional.

Concluída a etapa de preenchimento de falhas, as séries foram submetidas a uma análise de consistência dos seus dados. Essa análise é para comprovar o grau de homogeneidade dos dados disponíveis em um posto em relação às observações registradas em postos que pertencem à mesma região climatológica. Segundo Conrad & Pollack (1950) quando uma série de elementos climatológicos apresentam variações que observacionalmente são ocasionadas pelas condições de tempo e clima, esta série é definida como homogênea. Foi definido para esse fim o método também utilizado e recomendado por Azevedo (1974), denominado de Curva Dupla Acumulativa ou Dupla Massa. Esse método se tornou bastante utilizado no Brasil para séries mensais e anuais de precipitação e consiste em selecionar os postos da região em estudo, acumular os valores médios mensais ou anuais e fazer a plotagem em gráfico cartesiano dos valores encontrados correspondentes ao posto a consistir (nas ordenadas) contra os valores acumulados das médias dos postos da região (nas abcissas). Se os valores médios acumulados do posto a consistir são proporcionais aos valores médios acumulados dos postos da região, os pontos devem-se alinhar segundo uma reta. As séries consideradas não homogêneas e inconsistentes foram descartadas deste estudo.

### **3.2.2 – Definição das Séries**

As séries foram compostas após a escolha dos postos e tratamento de seus dados quanto às falhas e consistência dos mesmos. Os postos possuíam informações variáveis, entre o período de 1931 e 1991, diante da inexistência no Estado de um grande número de postos com registro pluviométrico completo para esse período. No entanto, 66,7% dos postos possuíam registros pluviométricos acima dos 30 anos mínimos preconizados em normas da OMM – Organização Meteorológica Mundial e apenas 33,3% possuíam registros entre 27 e 29 anos, o que foi considerado satisfatório. Salientamos que todos os postos possuíam registros pluviométrico contínuos. A primeira parte deste trabalho, que tratou de um estudo da climatologia pluviométrica para o estado de Alagoas, baseou-se nas médias climatológicas mensais, anuais e sazonais. Foi feita uma análise das médias anuais, mensais, como também para agrupamentos de meses consecutivos e comparados os resultados para identificação de alguma alteração que pudesse comprometer o resultado final, o que favoravelmente não aconteceu, possibilitando que os valores médios para cada item de cada posto pesquisado fossem bem aproximados aos valores médios calculados que representaram todo período.

Para obtenção dos valores médios pluviométricos anuais e mensais, bem como os índices normalizados relativo a cada microrregião, mesorregião e Estado, foram computados os valores médios para cada uma destas áreas, definidos como a soma dos valores de cada posto pluviométrico, os quais foram divididos pelo número de posto com informação relativa àquele ano. Assim, obtivemos as séries definitivas relativas a cada mesorregião, microrregião e todo o Estado relativas ao período 1931-1991, em termos de valores absolutos e índices normalizados. Em seguida, foram obtidos os valores médios climatológicos para cada setor a partir da soma dos valores de toda a série dividida pelo número de anos (62 anos, exceto para a Microrregião 117 que obteve 55 anos de informações).

### **3.3 – Aspectos Metodológicos Para Caracterização da Precipitação em Alagoas**

Inicialmente foram feitas detalhadas análises quantitativas da precipitação média anual, sua distribuição espacial e características específicas relacionadas a cada mesorregião e microrregião do Estado. Em seguida, foi feito um estudo associando a precipitação média anual à topografia do Estado procurando identificar alguma mesorregião ou microrregião com aspectos topográficos locais, característicos ou não, que pudessem explicar alguma característica de sua precipitação média anual.

#### **3.3.1 - Regime Pluviométrico**

O regime pluviométrico de quase todas as regiões do globo terrestre é definido pela maior ou menor quantidade de precipitação que ocorre em determinados meses ou estação do ano e será expresso quantitativamente com melhor exatidão para um determinado lugar, através da relação entre a média mensal e anual, a qual define a percentagem de contribuição mensal ou sazonal em relação a média anual (Morris, 1966).

Para a caracterização do regime pluviométrico nas diversas microrregiões, mesorregiões e Estado, inicialmente foi feito um levantamento e análise das médias climatológicas anual e mensal para cada posto. Estes parâmetros variam com relação ao número de anos considerados. No entanto, estudos demonstram que esta variação diminui se o período de observação estiver entre 20 e 30 anos. Em seguida, foi processado o cálculo do percentual que cada um dos meses (estação) representa sobre o total anual. Se considerarmos uma divisão uniforme durante o ano, cada mês contribuiria com um percentual de aproximadamente 8,33 %.

Também foram calculados todas as combinações possíveis de 2, 4, e 6 meses consecutivos totais e Máximos Percentuais de Contribuição (MPC) pluviométrica, para uma caracterização mais apurada dos regimes pluviométricos. Quando as porcentagens se apresentam acima ou abaixo dos índices correspondentes a cada combinação, ou seja: 2 meses – 17% ; 4 meses – 33%; e 6 meses – 50%, o período correspondente é definido como chuvoso ou seco, respectivamente. Uma melhor distribuição pluviométrica é evidenciada quanto mais próximas as porcentagens de contribuição se apresentarem desses índices e, quanto mais se afastarem apresentam uma distribuição pluviométrica mais concentrada (Nimer,1979b). Em seguida, foram confeccionados mapas dos campos médios da distribuição espacial da precipitação dessas combinações.

### 3.3.2 – Variabilidade Pluviométrica

Para o estudo da variabilidade pluviométrica interanual e intranual em cada microrregião, mesorregião e de todo o Estado, foi feita uma investigação tendo como fundamento o cálculo do desvio médio absoluto para cada um dos setores acima. De acordo com Aldaz (1971) as manifestações que caracterizam a variabilidade das precipitações podem se confirmar através da análise da regularidade da média do totais anuais (mensais), como também pela análise da variabilidade das médias de um longo período em relação aos totais anuais (mensais), considerando que a condição de estabilidade dos elementos meteorológicos que caracterizam o clima, é representada pela média de um longo período.

Para cada posto, microrregião, mesorregião e todo o Estado, variando o número disponível de totais anuais, como também o início e o fim do período analisado, foi processado o cálculo dos desvios, que consiste na subtração do valor total anual (mensal) observado pela média anual (mensal) de toda a série. Aldaz (1971), baseado em seu conceito de anomalia, denominou de desvios positivos e negativos a esses resultados.

A análise do Desvio Padrão ( $\pi$ ) torna-se também um importante índice da variabilidade, fornecendo-nos informações fundamentais. A expressão proposta por Spiegel (1976) foi utilizada para o cálculo do desvio padrão:

$$\pi = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x - \bar{x})^2} \quad (2)$$

onde :

- $\pi$  = desvio padrão  
 $x$  = um elemento dos  $n$ 's elementos da série  
 $\bar{x}$  = média aritmética da série  
 $n$  = número de elementos da série  
 $(x - \bar{x})$  = valor absoluto do desvio de  $x$  em relação à  $\bar{x}$

No entanto, sua distribuição espacial é bastante afetada pelas características do relevo, ou seja, esse índice mostra-nos o posicionamento padrão das flutuações (desvios) pluviométricas interanuais, que tem como relação a posição média da altura anual de um período de tempo determinado. Dessa forma, o fato de ser o desvio padrão um índice de dispersão temporal da variabilidade pluviométrica e a altura anual pluviométrica variar no espaço geográfico, faz com que este índice não exprima o nível de variabilidade quando é comparado entre lugares diferentes. Assim, para o estudo da variabilidade anual e mensal na região em estudo a medida pluviométrica para cada posto foi substituída por um índice comum a todos os postos, permitindo assim, através da análise desse índice uma comparação entre diferentes postos e dessa forma obter uma caracterização mais apurada da variabilidade pluviométrica da região como um todo. Com essa finalidade foi usado o Coeficiente de Variação (CV), pois o mesmo fornece grande representatividade com relação a variabilidade, pois sendo uma medida de variabilidade em porcentagem, que exprime um índice de dispersão a partir de um determinado valor básico comum a qualquer ponto, sua distribuição espacial não é influenciada. O CV foi obtido através da expressão seguinte (Gregory, 1987) :

$$CV = (\pi / \bar{x}) \cdot 100 \quad (3)$$

onde:

- CV = coeficiente de variação  
 $\pi$  = desvio padrão  
 $\bar{x}$  = média aritmética da série

### 3.3.3 - Identificação de Áreas Pluviometricamente Homogêneas

Para a caracterização da forma de distribuição pluviométrica Intranual (janeiro a dezembro) com referência a cada posto selecionado, foi realizado um levantamento da

regionalização da pluviometria anual para o estado de Alagoas, ou seja, uma delimitação de sub-regiões com características pluviométricas homogêneas.

Em estudos que determinam regiões homogêneas referentes à pluviosidade anual e sua distribuição intranual, como Silva & Rao (1994) e Bristot et al. (1996), tem sido utilizada a técnica ou a Definição do Coeficiente de Assimetria de Pearson, a qual é baseada na relação entre as doze médias pluviométricas mensais, a forma como se distribuem ao longo do ano e sua média anual. Os resultados levantados expressam a forma de distribuição intranual da pluviosidade de modo bastante satisfatório. O Coeficiente de Assimetria de Pearson é definido pela expressão: .

$$\alpha_3 = \frac{m_3}{m_2^{3/2}} \quad (4).$$

onde:

$\alpha_3$  = Coeficiente de Assimetria

-  $m_2$  e  $m_3$  são momentos centrados na média e definidos por:

$$m_2 = (M_i - M)^2 / N$$

$$m_3 = (M_i - M)^3 / N$$

com :

- N = 12, sendo o número de meses do ano;
- i = 1(jan); 2(fev); 3(mar);.....; 12(dez), sendo os meses do ano;
- $M_i$  =  $M_1; M_2; M_3;.....; M_{12}$ , sendo a média pluviométrica do mês i;
- M =  $(M_1 + M_2 + M_3 + ..... + M_{12}) / 12$ , sendo a média das médias mensais;

Para a identificação dos grupos com pluviometria homogênea foi adotado os seguintes critérios:

a) Inicialmente cada posto foi classificado de acordo com o valor do coeficiente de assimetria que foi encontrado através da aplicação da equação (4) , nos seguintes intervalos:

- A - de **0 à 0,33**
- B - de **0,34 à 0,66**
- C - igual ou superior à **0,67**

**b)** foi feita uma segunda classificação com relação a precipitação média anual de cada posto relacionando-a aos coeficientes classificados nos intervalos A, B, C do item anterior:

- i) Para coeficientes **A**:
  - 1 - < 800mm
  - 2 - 801 – 1200mm
  - 3 - > 1200mm
- ii) Para coeficientes **B**:
  - 4 - < 800mm
  - 5 - 801 – 1200mm
  - 6 - > 1200mm
- iii) Para coeficientes **C**:
  - 7 - < 800mm
  - 8 - 801 – 1200mm
  - 9 - > 1200mm

**c)** relacionou-se a classificação realizada no item a) com a do item b), obtendo-se agrupamentos parciais para definição dos grupos homogêneos pluviométricos finais.

**d)** foi elaborado um mapa com a distribuição geográfica dos grupos pluviometricamente homogêneos para o estado de Alagoas através desses critérios.

Na descrição das características de cada grupo pluviometricamente homogêneo foi feita uma análise relacionando parâmetros como a média anual, desvio padrão, coeficiente de variação, como também períodos chuvosos e secos, conduzindo assim na determinação dos principais aspectos da precipitação para esses grupos homogêneos quanto a precipitação.

### **3.3.4 – El Niño, La Niña, Dipolo do Atlântico X Padrão Pluviométrico**

Para o estudo da relação entre as anomalias da precipitação em anos de ocorrência de episódios de El Niño, La Niña e Dipolo do Atlântico com a distribuição espacial e temporal das chuvas no estado de Alagoas, as análises foram baseadas nas séries dos totais anuais pluviométrico. Também foi analisada a precipitação intranual nas mesorregiões e microrregiões, na tentativa de identificar mudanças no comportamento pluviométrico em cada ano ou em um dos seus períodos extremos, seco e/ou chuvoso.

Para o estudo das anomalias pluviométricas foram utilizadas as séries temporais de índices pluviométricos normalizados pelo desvio padrão ou desvio médio normalizado, os quais são calculados para evitar que algumas estações com médias e desvios padrões altos sobreponham as demais. Segundo Nery et al., (1996), esta é uma maneira eficiente para

detectar um sinal climático de grande escala como a Oscilação Sul e consiste principalmente num tipo de combinação frequentemente utilizada, que é a média aritmética dos desvios padronizados das observações (Kraus, 1977).

Os índices normalizados, neste estudo denominado de Índices de Anomalia de Precipitação (*IAP*), são obtidos através dos procedimentos descritos por Nery et al., (1996), ou seja: As normalizações são feitas subtraindo-se da precipitação observada da média, tendo como resultado os desvios (item 3.3.2) e dividindo-se esta diferença ou desvios, pelo desvio padrão (item 3.3.2). Tanto as médias como os desvios padrões se referem a um período longo e são pertinentes à própria estação e a cada período. Posteriormente processa-se a média dos desvios normalizados das estações para cada período que se quer estudar (2 meses, 3 meses, 4 meses,...,12 meses). Assim o índice de anomalia de precipitação pode ser representado pela expressão:

$$IAP = (x - \bar{x}) / \pi \quad (5)$$

onde :

*IAP* = índice de anomalia de precipitação  
*x* = precipitação observada  
 $\bar{x}$  = precipitação média observada  
 $\pi$  = desvio padrão

Os valores dos *IAP*'s, dado pelo índice regional, o qual representa todo o Estado, foi utilizado para o cálculo de cinco intervalos que definem as categorias dos períodos a serem estudados, ou seja: muito seco (*MS*), seco (*S*), normal (*N*), chuvoso (*C*) e muito chuvoso (*MC*), classificados da seguinte forma:

- |                  |                            |
|------------------|----------------------------|
| a) Muito chuvoso | $IAP \geq 0,66$            |
| b) Chuvoso       | $0,33 \leq IAP < 0,66$     |
| c) Normal        | $- 0,33 < IAP < 0,33$      |
| d) Seco          | $- 0,33 \geq IAP > - 0,66$ |
| e) Muito Seco    | $IAP \leq - 0,66$          |

Foi feita inicialmente uma classificação para o Estado, referentes às composições dos anos associada a cada tipo de evento (El Niño, La Niña e Dipolo) a serem descritas nos próximos itens. Em seguida, foram elaborados histogramas anual e intranual, traçadas cartas de campos médios de precipitação referentes aos períodos das composições dos anos, para cada tipo de evento. Um levantamento dessa classificação para cada Microrregião e Mesorregião também foi realizado.

#### **3.3.4.1 – Critérios Para Análise Pluviométrica em Anos de Evento El Niño e La Niña**

Xavier et al., (2000), a partir da utilização de uma notação considerada mais precisa, afirmou ocorrer inconsistência nas diversas cronologias para eventos El Niño e La Niña na literatura especializada. Contudo, certas discrepâncias podem ocorrer, mas suficiente se faz que entendamos que tais discrepâncias tenham como base os critérios utilizados para definir tais eventos, especialmente quanto a escolha dos índices e metodologia, como também a determinação da área do Oceano Pacífico. Evidentemente ao serem utilizadas outras áreas, os resultados poderão ser ligeiramente diferentes, como observa-se nos trabalhos dos mais renomados pesquisadores. Entretanto, conforme orienta Xavier et al., (2000), preferimos trabalhar com distintos limiares para que pudessemos definir a maior ou menor intensidade desses fenômenos.

Preliminarmente foi feito um estudo dos anos classificados como El Niño por diversos autores como Grimm et al., (1996a), baseados em Ropelewski & Halpert (1987), Kiladis & Diaz (1989), Schneider & Flerr (1987); Temberth (1997); Aragão (1998) e Alves et al. (1997). E La Niña, por Grimm et al. (1996b) baseados em Ropelewski & Halpert (1989), Kiladis & Diaz (1989); Alves et al. (1998) baseados em Quinn & Neal (1992), Alves et al. (1997); Temberth (1997). Em seguida, foi elaborada uma composição dos anos de El Niño e La Niña a partir dos anos classificados por esses autores, levantando-se, desta forma, um maior número de eventos.

As observações foram realizadas através de um estudo estatístico denominado análise de casos compostos (Nobre, 1993). Essa técnica é frequentemente usada, uma vez que constitui-se em uma excelente ferramenta de análise e identificação dos padrões médios e flutuações associadas a um determinado evento climático.

O período compreendido é de 1931 à 1991 perfazendo um total de 24 eventos El Niño e 15 eventos La niña, de acordo com os critérios anteriormente mencionados. As

análises foram feitas baseadas nos critérios expostos no item 3.3.4. A Tabela 5 apresenta os anos selecionados para a composição dos episódios El Niño e La Niña.

Tabela 5 Composição de anos selecionados com ocorrência dos eventos El Niño e La Niña.

EVENTOS	COMPOSIÇÃO
<b>El Niño</b>	1932, 1939, 1941, 1943, 1944, 1951, 1953, 1955, 1957, 1958, 1963, 1965, 1969, 1970, 1971, 1972, 1976, 1979, 1980, 1982, 1983, 1986, 1987, 1991
<b>La Niña</b>	1931, 1933, 1938, 1942, 1949, 1950, 1954, 1964, 1973, 1974, 1975, 1984, 1985, 1988, 1989

### 3.3.4.2 – Critérios Para Análise Pluviométrica em Anos de Padrão Dipolo do Atlântico

Para o estudo do comportamento pluviométrico em anos em que se observaram o Padrão de Dipolo no Atlântico, inicialmente foram relacionados os anos em que se configurou este padrão. O período das observações foi entre 1951 e 1991. Os anos escolhidos nesse período foram os definidos por Souza (1997), que os dividiu em dois grupos; um relativo a Fase Positiva ou quando o Padrão de anomalias de TSM configura-se com sinal positivo ao norte e negativo ao sul do equador e o outro relativo a Fase Negativa ou quando o Padrão de anomalias de TSM configura-se com sinal negativo ao norte e positivo ao sul do equador, sobre o Atlântico Tropical, utilizando-se em cada fase dez e onze casos, respectivamente. As observações foram feitas através da análise de casos compostos, descrita no item 3.3.4, bem como baseadas nos critérios expostos no mesmo item. A Tabela 6 apresenta os anos de ocorrência do padrão Dipolo em suas fases positiva e negativa, respectivamente.

Tabela 6 – Composição de anos selecionados com ocorrência do padrão Dipolo do Atlântico, fases positiva e negativa.

PADRÃO DIPOLO (FASES)	COMPOSIÇÃO
<b>Positiva</b>	1951, 1953, 1956, 1958, 1966, 1970, 1978, 1979, 1980, 1981
<b>Negativa</b>	1949, 1964, 1965, 1971, 1972, 1973, 1974, 1977, 1985, 1986, 1989

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 – Caracterização Espacial/Temporal da Pluviometria em Alagoas

#### 4.1.1 – Distribuição da Precipitação Média Anual

Observa-se que os totais pluviométricos anuais médios para todos os postos que fazem parte deste estudo (Quadro 1, em Apêndice) apresentam em sua distribuição um decréscimo de leste (litoral) para oeste (sertão), conforme observa-se na Figura 12.

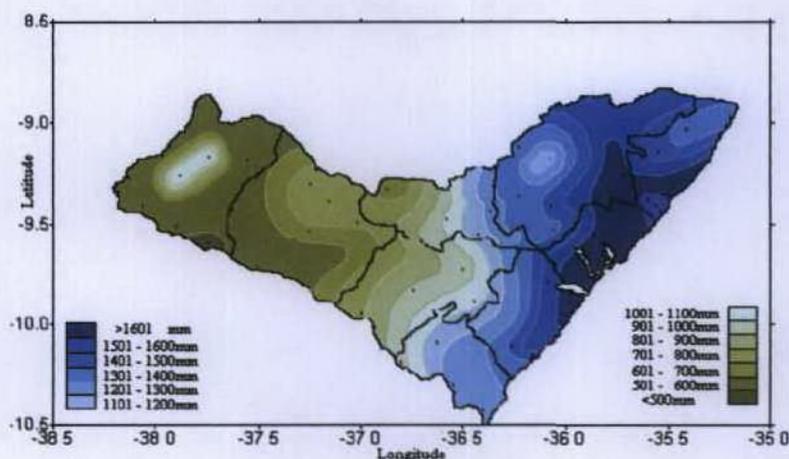


Figura 12. Campos de precipitação média anual (intervalo de 100mm) para o estado de Alagoas.

Na faixa litorânea da mesorregião do Leste alagoano, do extremo norte até o extremo sul, os índices pluviométricos anuais médios são superiores a 1200mm, entretanto, há um declínio de norte a sul, ou seja, regiões localizadas no litoral norte apresentam índices pluviométricos mais elevados. Há localidade no litoral norte em que o índice ultrapassa os 1800mm (Passo do Camaragibe). Em média, o litoral norte, representado pela microrregião 117, possui 1487,0mm anuais, enquanto o litoral sul, representado pelas microrregiões 119 e 121, apresenta em média 1295,3mm, sendo Piaçabuçu o posto litorâneo estudado a apresentar o mais baixo índice pluviométrico anual (1242,8mm). Entretanto, no centro da faixa litorânea da mesorregião do Leste alagoano, encontramos a localidade estudada com valor mais elevado de precipitação anual, ou seja, a microrregião 120 com média anual de 1636,9mm. Assim, a estreita faixa litorânea constitui um setor cujos totais anuais são bastante significativos na pluviometria do Estado.

Localidades mais para o interior do Estado, ainda no Leste alagoano, apresentam uma pluviometria média anual mais baixa quando comparada com localidades da estreita faixa litorânea. Nessa região a precipitação apresenta valores entre 920,0 e 1831,0mm anuais, prevalecendo o declínio dos quantitativos de chuva de norte em direção sul. Flexeira, na microrregião 116, é o posto com maior índice (1815,6mm), enquanto Porto Real do Colégio, às margens do Rio São Francisco, na microrregião 121, alcança apenas 921,4mm. Os postos localizados nas regiões serranas da microrregião 116 como União dos Palmares, Viçosa e Santana do Mundaú apresentaram valores entre 1115,3 e 1346,5 mm anuais.

São nove os postos estudados que representam a mesorregião do Agreste alagoano e que se distribuem em duas microrregiões, a 115 (norte) e 118 (sul). Observa-se também nessa mesorregião um acentuado declínio da precipitação para oeste e para o sul. Os postos localizados na microrregião 115 apresentaram precipitação média anual entre 650,0 e 1220,0 mm, com a microrregião indicando uma média de 1020,7mm. O posto de Mar Vermelho possui o maior índice (1218,4 mm), enquanto Minador do Negrão, a noroeste, apresenta o menor (650,8 mm). Na microrregião 118 encontram-se valores entre 709,8mm e 1025,2mm, valores estes referentes aos postos de Traipú, no vale do Rio São Francisco, e Junqueiro, respectivamente, com uma média de 903,5mm para toda a microrregião. Dessa forma, na microrregião 115 encontramos o posto com a maior, como também o posto com a menor média anual pluviométrica de toda a mesorregião do Agreste alagoano.

Ao contrário da mesorregião do Leste alagoano, na qual o decréscimo de precipitação é mais acentuado em direção sul, no Agreste alagoano o decréscimo é mais evidente em direção oeste. Assim, as localidades do Agreste alagoano com maiores valores pluviométricos estão localizadas em setores mais a leste, enquanto as que apresentam o inverso estão mais a oeste. Podemos observar que trata-se de uma região de transição entre o leste, mais úmido, e o oeste, mais seco, no estado de Alagoas.

Duas microrregiões integram a mesorregião do Sertão alagoano que são representadas neste estudo por postos de 11 cidades. Os postos localizados ao sul de ambas microrregiões, próximo ao vale do Rio São Francisco, apresentam em sua distribuição pluviométrica anual os mais baixos índices de todo o Sertão alagoano. A média anual para essa zona fica em torno de 521,0mm. O posto de Piranhas apresenta o mais baixo índice médio anual (499,9mm) para a microrregião 113, que tem média de 733,7mm, enquanto Pão de Açúcar é o posto com maior deficiência de chuvas anuais (544,5mm) na microrregião 114, que tem média de 680,0 mm.

No setor nordeste dessa mesorregião encontram-se postos com índices médios de 712,2mm. Nessa mesorregião há um declínio da precipitação de leste para oeste, na microrregião 114 e um abrupto acréscimo no extremo oeste do Estado ou oeste da microrregião 113. Esse aumento dos valores anuais médios coincidem com os postos de Mata Grande (1051,8mm) e Água Branca (1005,5mm), os quais apresentam índices de médias pluviométricas bastantes generosos em se tratando de sertão, bastando comparar com a circunvizinhança. Possivelmente, esses valores são atribuídos ao relevo da região que proporcionam chuvas orográficas, que será discutido oportunamente, fazendo com que seja a única mesorregião do Estado em que há um acréscimo de precipitação média anual em direção oeste. Essas localidades fazem com que a média pluviométrica anual da microrregião 113 seja mais elevada que da microrregião 114, a qual está localizada mais a leste.

Avaliando a distribuição espacial pluviométrica anual média para o estado de Alagoas, correspondente ao período de 1931 à 1991, observa-se de um modo geral que os postos localizados no Leste alagoano apresentam os maiores valores médios, dentre as três mesorregiões aqui estudadas, conferindo-lhe valor médio de 1372,5 mm. O Agreste apresenta-se com 946,9mm e o Sertão com 706,0mm (Figura 13). Outra característica da precipitação em Alagoas é um acentuado decréscimo na direção de norte a sul e de leste a oeste, tanto no Leste alagoano como no Agreste, com exceção para o Sertão alagoano, que devido ao relevo da região ocorre um abrupto acréscimo pluviométrico em direção oeste.

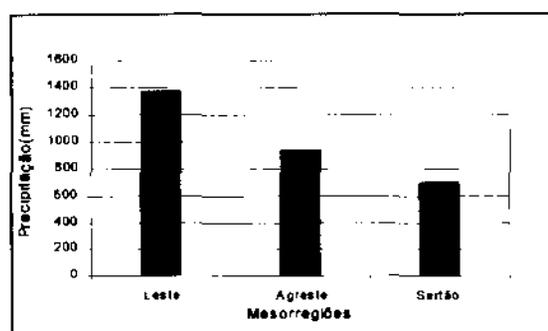


Figura 13. Histograma da precipitação média anual das mesorregiões do estado Alagoas (1931-1991).

A Figura 14 ilustra comparativamente a altura pluviométrica anual média nas diversas microrregiões do Estado. O estudo relativo às microrregiões mostra que a 120 é a que possui o maior índice pluviométrico anual médio, seguida da 117 (ambas situadas no Leste alagoano) sendo a 114 a que apresenta o menor, seguida de perto pela 113, ambas no Sertão Alagoano. Observa-se um forte gradiente pluviométrico médio entre as microrregiões do leste

Alagoano, destacando aqui a 120 e a microrregião 114, no Sertão, que com uma distância aproximada entre elas de 200km alcança valores em torno dos 1170,0mm anuais.

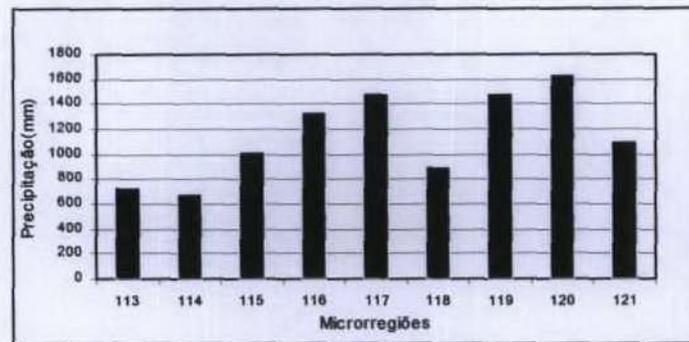


Figura 14. Histograma da precipitação média anual das microrregiões de Alagoas.

#### 4.1.2 – O Relevo e a Distribuição Espacial da Precipitação

A Figura 15 ilustra a topografia do território alagoano e a Tabela 4, a altitude das cidades com postos estudados. Ao se fazer uma comparação com a Figura 12, observa-se uma evidente relação entre a configuração do relevo e a altura da precipitação média anual.

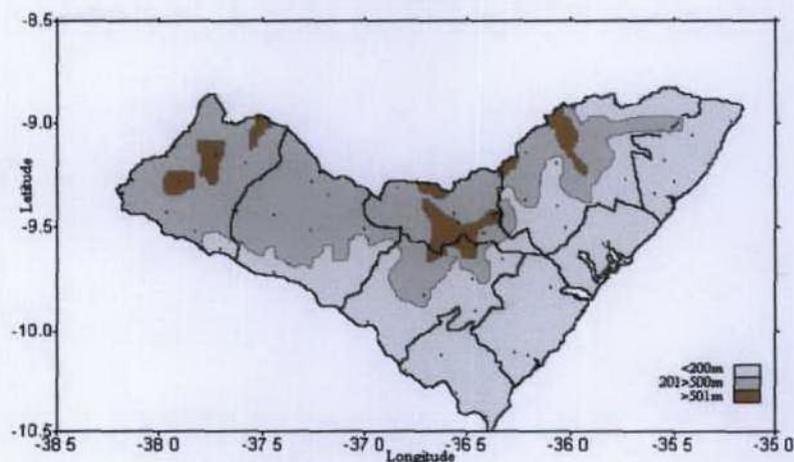


Figura 15. Topografia em Alagoas. Fonte: Adaptado de informações de Webb, 1979; Lima, 1965 e IBGE, 1984.

No Leste alagoano, a planície litorânea corresponde a unidade de menor altitude no Estado, apresentando-se ora bem estreita, ora bem larga. Limita-se a oeste com os tabuleiros pré-litorâneos, intensamente dissecado, formando as encostas dos sedimentos mais recentes ou as famosas Barreiras. Essa linha dos tabuleiros, tendo as encostas voltadas para o leste, acompanham os vales dos rios e das formações lacunares, os quais se encravam em sua estrutura formando ribanceiras. Destacamos aí os deltas dos rios Mundaú e Paraíba que

confluem em lagoas como Mundaú e Manguaba. Nessa região, o posto de Satuba possui alta pluviosidade. Fato possivelmente explicado pela advecção de ar úmido no sentido oceano-lagoa, ocasionando acumulação de vapor d'água. Essa topografia associada a convecção local contribui para geração de chuvas.

Normalmente, a região dos tabuleiros inicia-se com barreiras que possuem altitude entre 30 e 50m elevando-se suavemente para oeste, atingindo aproximadamente 200m, onde a altitude cai e inicia-se uma faixa de superfície dissecadas com colinas rebaixadas. Salientamos que embora esse relevo não seja tão expressivo, suas formações e altitudes são suficientes para oferecer resistência, atrito ou ondulações na circulação local provocando assim uma quebra na estabilidade do ar e favorecendo, dessa forma, a ocorrência de chuvas.

*Na foz do rio São Francisco (microrregião 121), as barreiras se apresentam bem mais para o interior, como também o início das regiões dos tabuleiros, além de toda região próxima ao seu vale possuir altitude bem mais modesta quando comparada com a altitude da microrregiões do Litoral norte, ou seja, enquanto aí, os tabuleiros se erguem gradualmente do litoral até atingirem uma zona acidentada (a oeste), ao sul, observamos a planície litorânea e região dos tabuleiros mais ampla e em seguida uma região com altitude média de apenas 22m, que surge a oeste da cidade de Penedo. Como resposta a essa topografia observa-se índice pluviométrico bem mais modesto e decrescente, nesta ordem, dos postos de Piaçubuçu, Penedo, Igreja Nova, e Porto Real do Colégio (Quadro 1, em Apêndice), quando comparados aos índices dos postos do setor norte dessa mesorregião.*

As elevações relativamente baixas das escarpas cristalinas orientais em Alagoas, na microrregião 116, quando comparadas com a de outros setores do maciço da Borborema, são suficientes para exercer um papel primordial determinante da distribuição da precipitação nesta, como também na microrregião 117. A orientação dessas ramificações da Borborema em Alagoas exerce uma influência bastante significativa no bloqueio e redirecionamento do fluxo do ar que vem do oceano. Dessa forma, funcionando como uma barreira orográfica de frente para os ventos predominantes de leste de origem marítimo-tropical, que sopram do oceano Atlântico, concentrando a precipitação nas áreas orientais de suas encostas. Ao sul, a curva de nível na cota dos 200m (Figura 15) localiza-se bem mais interiorizada, acompanhando o vale do Rio São Francisco. Portanto, confirma-se as afirmações de Tenório (1989) de que sem barreiras topográficas o ar úmido proveniente do oceano consegue avançar até áreas bastante interiorizadas, fazendo com que a precipitação seja distribuída por uma área bem maior e assim decrescendo seus valores pontuais, como os observados nos postos das

microrregiões 118 e 121. Já a microrregião 116 (zona da mata) apresenta os postos estudados com altitudes entre 54 e 300m e uma precipitação média anual de 1331,3mm. Assim, observa-se uma forte relação entre o relevo e a precipitação média anual na mesorregião do Leste Alagoano.

Na microrregião 115, no Agreste alagoano, os postos possuem altitude entre 280 e 620m e uma precipitação média de 1020,7mm anuais médios, com a maior média anual pertencente ao posto de Mar Vermelho, o qual possui a maior altitude (620m). Já na microrregião 118 encontramos média na precipitação bem inferior ou 903,5mm anuais e os postos apresentando altitude entre 40 e 235m. Este decréscimo parece está relacionado ao fato desta microrregião localizar-se no início da depressão sertaneja, tendo na parte nordeste e leste regiões mais elevadas, como já descrito anteriormente. O mesmo acontecendo em relação ao posto de Minador do Negrão que apresenta o menor índice de todo o Agreste.

Grande parte da área que compreende as microrregiões 113 e 114 (Sertão alagoano) está inserida na depressão sertaneja, com altitude entre 15 e 286m e precipitação média de 680,0mm para a 114 e 733,7mm para a 113. No entanto, no extremo oeste do Estado, nas regiões das cidades de Mata Grande e Água Branca, o índice pluviométrico médio anual alcança valores compatíveis aos de regiões da mata alagoana ou 1028,6mm anuais médios entre os dois postos, fato este explicado pelo altitude média de 572m, uma vez que estas duas cidade estão localizadas em uma ramificação do maciço da Borborema.

Todas as áreas situadas no lado ocidental das terras mais elevadas da parte do maciço da Borborema com suas escarpas e ramificações em Alagoas, não só recebem menos chuva, como também estão sujeitas ao ar descendente adiabaticamente aquecido (Figura 16).

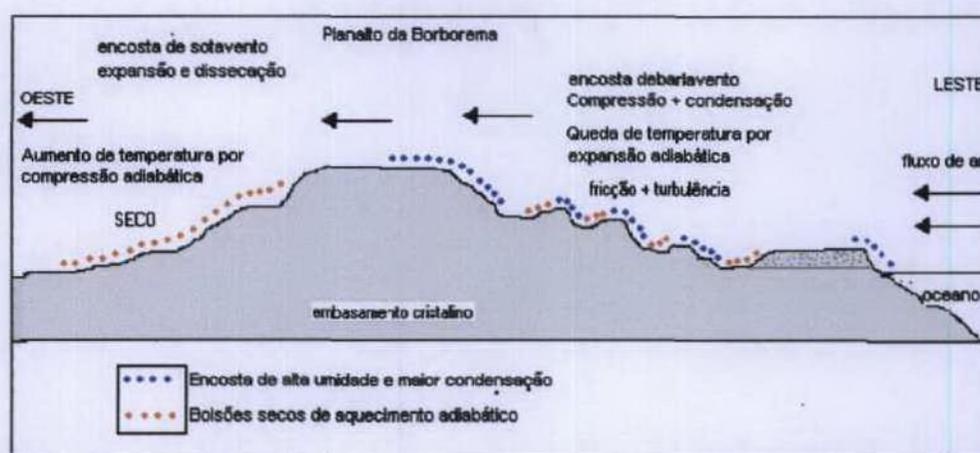


Figura 16. Esquemática de parte do relevo da Borborema e seu efeito sobre o setor úmido (leste) e seco (oeste). fonte: Webb, 1979.

Nessa situação, em Alagoas, temos parte oeste da microrregião 115, a microrregião 118 e as duas que compõem o Sertão Alagoano (113 e a 114). No contexto do NEB isto significa vento extremamente ressecante que tem um pronunciado efeito também sobre a vegetação, dando origem à vastas áreas de caatingas.

#### 4.1.3 - Distribuição da Precipitação Média Mensal

Através da Figura 17 (a,b,c,d) observa-se uma configuração similar da forma como a precipitação se apresenta ao longo dos anos nas mesorregiões alagoanas. Entretanto, o decréscimo entre o Leste (Figura 17-a) e o Sertão alagoano (Figura 17-c) é evidente. O regime pluviométrico é caracterizado por um período chuvoso e um período seco, coincidente nas três Mesorregiões. A Figura 17-d dá uma visão da precipitação média mensal para todo Estado.

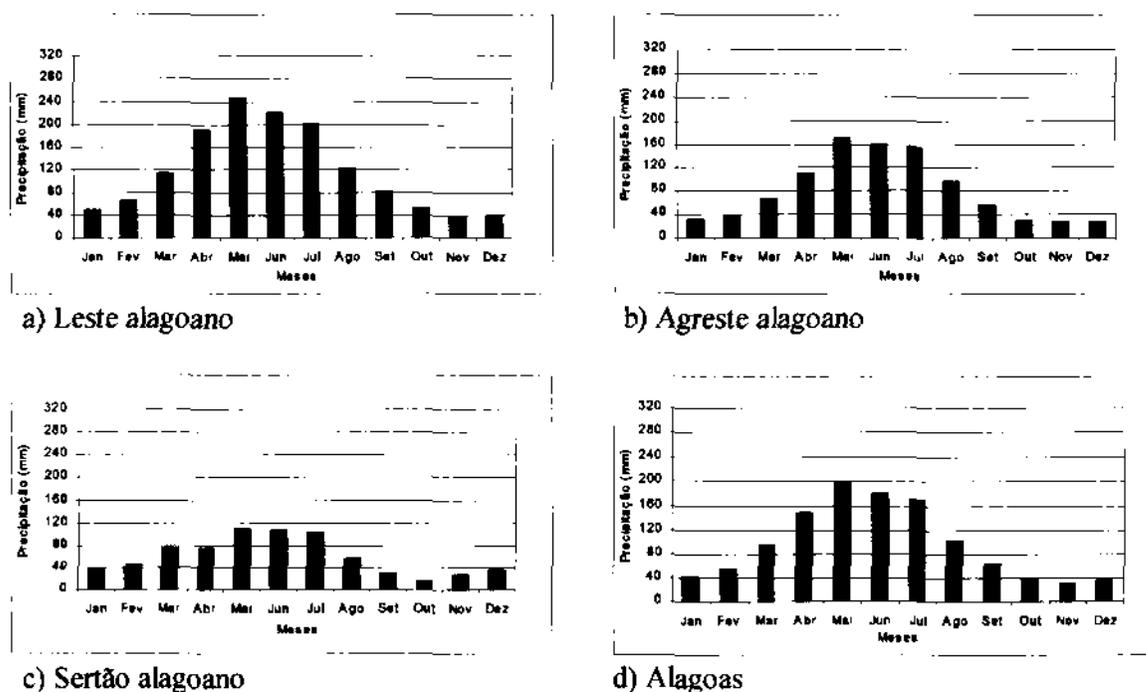


Figura 17. Precipitação média mensal (mm) nas mesorregiões de Alagoas: a) Leste alagoano; b) Agreste alagoano; c) Sertão alagoano; d) Alagoas.

Conforme pode-se observar na Tabela 7, em todas as microrregiões o período chuvoso é correspondente aos meses de abril a julho (AMJJ), uma vez que foram os quatros meses com as maiores médias mensais para o período estudado. Enquanto o período seco ocorre de setembro a dezembro (SOND) nas microrregiões 113 e 114 e de outubro a janeiro (ONDJ) nas demais microrregiões.

Tabela 7. Microrregiões em Alagoas e seus períodos: chuvoso, seco, mês mais chuvoso e mês mais seco.

MICRORREGIÕES	PERÍODO CHUVOSO	PERÍODO SECO	MÊS MAIS CHUVOSO	MÊS MAIS SECO
113	Abr / Mai / Jun / Jul	Set / Out / Nov / Dez	Maio	Outubro
114	Abr / Mai / Jun / Jul	Set / Out / Nov / Dez	Junho	Outubro
115	Abr / Mai / Jun / Jul	Out / Nov / Dez / Jan	Maio	Novembro
116	Abr / Mai / Jun / Jul	Out / Nov / Dez / Jan	Maio	Novembro
117	Abr / Mai / Jun / Jul	Out / Nov / Dez / Jan	Maio	Novembro
118	Abr / Mai / Jun / Jul	Out / Nov / Dez / Jan	Maio	Novembro
119	Abr / Mai / Jun / Jul	Out / Nov / Dez / Jan	Maio	Novembro
120	Abr / Mai / Jun / Jul	Out / Nov / Dez / Jan	Maio	Novembro
121	Abr / Mai / Jun / Jul	Out / Nov / Dez / Jan	Maio	Dezembro

Na mesorregião do Sertão alagoano, as microrregiões 113 e 114, têm os meses de maio e junho como os que apresentam os maiores índices de precipitação durante o ano, respectivamente, com o maior valor observado na 113 para aquele mês de 113,6mm e 107,8mm em junho para a 114. O mês considerado mais seco no período estudado foi outubro em ambas microrregiões com valores de 14,3 mm para a 113 e 12,9 mm para a 114. Observa-se que, apesar da microrregião 113 localizar-se mais próxima do corredor mais seco do semi-árido nordestino, de acordo com as considerações de Nimer (1979b), a mesma apresenta precipitação mais elevada que a microrregião 114, tanto no mês mais chuvoso, quanto no mais seco.

Para o Agreste o mês mais chuvoso é maio com a microrregião 115 apresentando valores de 177,5mm e a microrregião 118 valores de 161,0mm. Com relação ao mês mais seco, novembro se destaca tanto para a microrregião 115 como para a microrregião 118, com a primeira apresentando 26,5mm e a segunda 25,0mm.

O mês de maio se apresenta em todas as microrregiões do Leste alagoano como de precipitação mais elevada, sendo a microrregião 119 a que apresenta o maior valor para este mês (333,2mm) e a 121 o menor valor (204,2mm). O mês mais seco é novembro para as microrregiões 116, 117, 119 e 120. Já para a microrregião 121 o mês mais seco é dezembro. A microrregião 117 apresenta o maior valor para novembro com 45,9mm e a 116 o menor valor, com um índice de 30,1mm.

As Figuras 18 e 19 apresentam a distribuição espacial dos meses mais chuvosos e mais secos, respectivamente, em Alagoas.

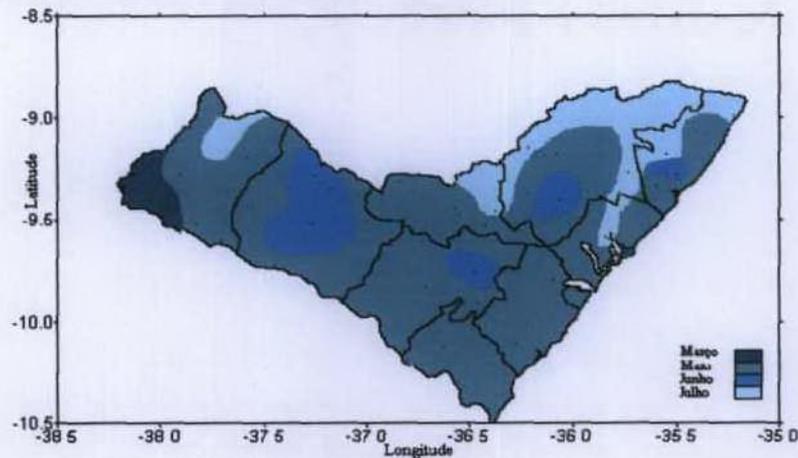


Figura 18. Distribuição espacial dos meses mais chuvosos em Alagoas.

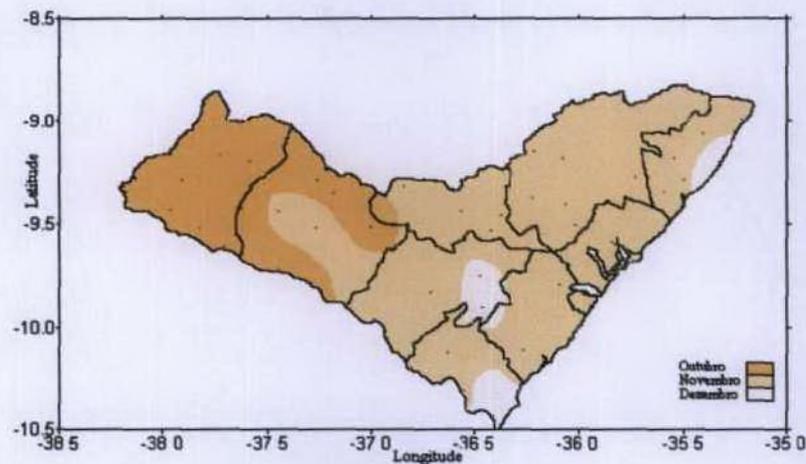
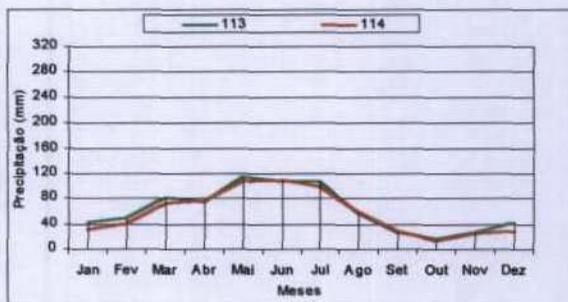


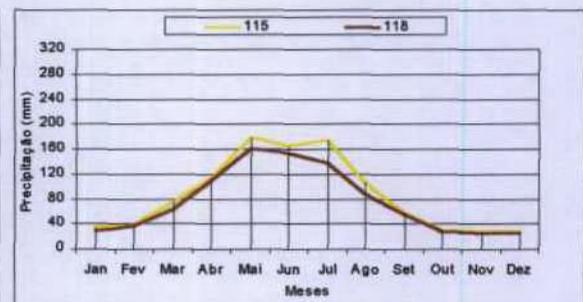
Figura 19. Distribuição espacial dos meses mais secos em Alagoas.

A Figura 20 (a,b,c,d) ilustra comparativamente a altura pluviométrica intranual nas microrregiões de cada mesorregião, onde observa-se uma similaridade na forma como se distribui a precipitação ao longo do ano, quando compara-se as microrregiões da mesma mesorregião. Tanto na mesorregião do Sertão (Figura 20-a) como no Agreste alagoano (Figura 20-b) este fato é mais marcante, ao passo que nas microrregiões do Leste alagoano (Figura 20-c) verifica-se uma maior distinção entre as alturas mensais, principalmente entre os meses de abril a julho; nos meses restantes mantém-se certa proporcionalidade. Outro fato característico é o acréscimo pluviométrico a partir de outubro nas microrregiões do Sertão alagoano, o que possivelmente pode indicar uma pequena influência do regime Tropical Continental sobre as chuvas destas regiões. Ainda sobre as microrregiões do Sertão, observa-

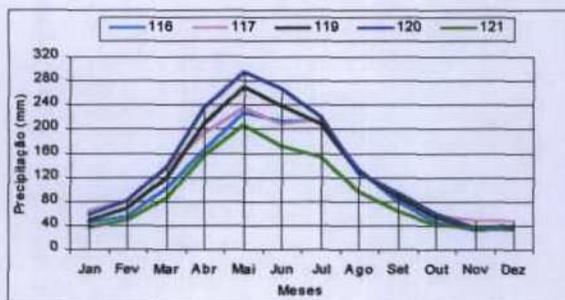
se que o acréscimo pluviométrico a partir de outubro apresenta um máximo secundário em março e outro mais importante entre maio e julho. Esse fato deve-se, possivelmente, à influência da regime Equatorial Marítimo, quando em março caracteriza-se pelo deslocamento da ZCIT para posições mais ao sul, desta forma influenciando nas chuvas no Sertão alagoano. No entanto, quando a partir de maio a média mensal apresenta valores mais altos, quando comparados aos de outros meses do ano, observa-se que o regime Tropical Marítimo exerce grande parcela de contribuição na precipitação anual. Nas microrregiões do Agreste e Leste alagoano a grande contribuição pluviométrica seria em virtude do regime Tropical Marítimo.



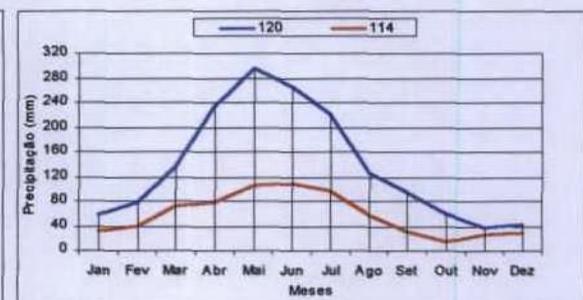
a) Microrregiões do Sertão.



b) Microrregiões do Agreste.



c) Microrregiões do Leste.



d) Microrregião do Leste e Sertão.

Figura 20. Linhas comparativas da média pluviométrica intranual, entre as microrregiões de cada mesorregião: a) microrregiões do Sertão; b) microrregiões do Agreste; c) microrregiões do Leste; d) microrregião do Leste e Sertão.

Através da Figura 20-d observa-se como a grande diferença de precipitação média mensal existente entre as microrregiões com maiores (microrregião 120) e menores (microrregião 114) valores pluviométrico, oscila durante o ano, ou seja, enquanto no período seco (outubro) os valores pluviométrico (59,0mm) da microrregião 120 é de aproximadamente 350% mais altos que os valores (12,9mm) da microrregião 114, durante o período chuvoso (maio), a microrregião 120 apresenta uma diferença menor (295,1mm), ou 180% a mais que os valores pluviométricos mensais (106,1mm) da microrregião 114. Já a

menor diferença ocorre em dezembro com a microrregião 120 apresentando valores (36,1mm) 46% apenas mais elevados que os valores da microrregião 114 (24,7mm).

#### 4.1.4 – Distribuição Sazonal da Precipitação

Conforme foi visto, o período chuvoso em Alagoas ocorre de abril a julho (outono-inverno) e o período seco de outubro a janeiro (primavera-verão). Com os cálculos dos valores absolutos/percentuais sazonais identificamos, em Alagoas, em qual das estações austrais, citadas acima, ocorrem os maiores índices pluviométricos referentes ao período chuvoso e menores índices, referentes ao período seco.

Através da Figura 21, observa-se que grande parte dos postos estudados do Leste alagoano, localizados nas microrregiões da faixa litorânea, apresenta o outono como a estação em que ocorre os maiores índices pluviométrico. As localidades mais para oeste, porém, ainda no Leste alagoano, apresentam o inverno como a estação mais propícia a valores elevados de precipitação. O Agreste alagoano também apresenta suas microrregiões como as que possuem o inverno como a estação que registra os maiores índices pluviométrico do período chuvoso da região. Entretanto, regiões localizadas na parte oeste das microrregiões 115 e 118 indicam o outono com essa característica pluviométrica, bem como a maior parte das microrregiões 113 e 114 do Sertão alagoano. Verifica-se, porém, que os postos situados nas regiões serranas do Sertão, ou seja, com altitude mais elevada que as áreas circunvizinhas, em virtude de ramificações típicas do relevo da Borborema, como Mata Grande e Água Branca (microrregião 113), além de Poço das Trincheiras e Santana do Ipanema (microrregião 114) possuem o inverno com precipitação mais elevada.

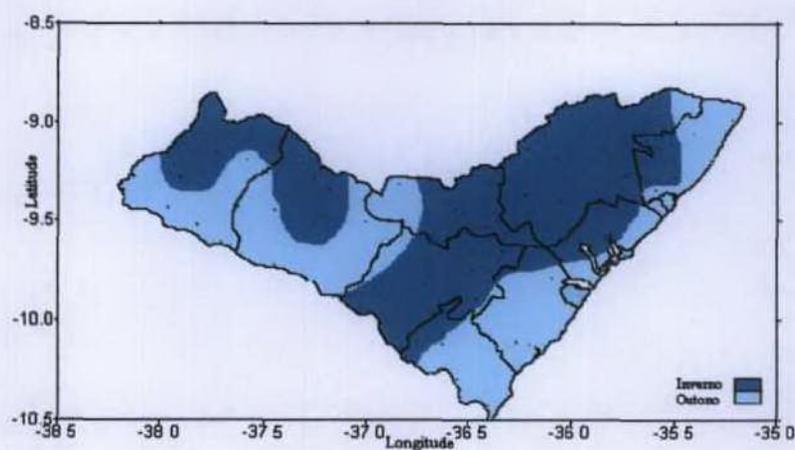


Figura 21. Distribuição sazonal (Outono-Inverno) da precipitação, para época mais chuvosa em Alagoas.

Com relação a distribuição pluviométrica sazonal referente a estação da primavera e verão, estações estas correspondente a época em que ocorre o período mais seco para todo o Estado, através da análise da Figura 22 observa-se que a maior parte das microrregiões do Leste alagoano apresenta o verão como a estação com o menores índices pluviométricos. Apenas parte das microrregiões 116 e 117 apresenta a primavera como a estação em que registra os mais baixos índices pluviométricos em seu período seco. O verão define ainda grande parte das microrregiões 115 e 118 que compõem o Agreste alagoano, enquanto na parte oeste destas e em toda microrregião 113 e 114, que integram o Sertão alagoano, apresentam a primavera como a estação mais seca ou com menores índices de precipitação do período seco.

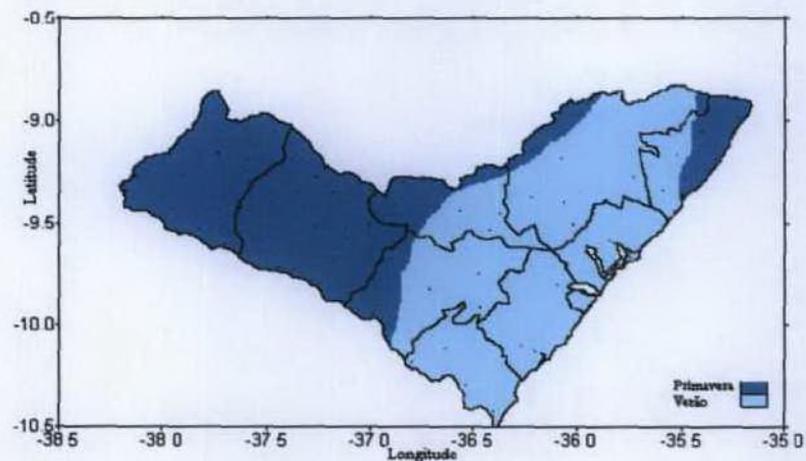


Figura 22. Distribuição sazonal (Primavera-Verão) da precipitação, para época mais seca em Alagoas.

#### 4.1.5 – Percentual de Contribuição de Meses Consecutivos Mais Chuvosos e Mais Secos

##### 4.1.5.1 – Períodos de Meses Consecutivos Mais Chuvosos

A Tabela 8 apresenta os agrupamentos de meses mais chuvosos e seus respectivos percentuais médios de contribuição da precipitação anual em Alagoas, enquanto as Figuras 23-25 apresentam a distribuição espacial desses agrupamentos. Os agrupamentos foram definidos após análise dos cálculos de todas as combinações possíveis de dois, quatro e seis meses consecutivos mais chuvosos.

Tabela 8. Agrupamentos de meses consecutivos de maior precipitação e sua contribuição percentual média do total anual, para o estado de Alagoas.

AGRUPAMENTOS DE MESES CONSECUTIVOS	MESES	CONTRIBUIÇÃO PERCENTUAL MÉDIA
2 MESES	Març/Abr	26,1 %
	Abr/Mai	31,5 %
	Mai/Jun	32,9 %
	Jun/Jul	31,7 %
4 MESES	Mar/Abr/Mai/Jun	50,4 %
	Abr/Mai/Jun/Jul	59,0 %
	Mai/Jun/Jul/ago	57,0 %
6 MESES	Fev/Mar/Abr/Mai/Jun/Jul	72,8 %
	Mar/Abr/Mai/Jun/Jul/Ago	76,5 %
	Abr/Mai/Jun/Jul/Ago/Set	76,9 %

#### a) Agrupamentos de dois meses

Conforme a Tabela 8, quatro foram os agrupamentos observados em Alagoas para dois meses consecutivos de precipitação. Através da Figura 23 nota-se que Maio/Junho responde pela maior parte do Estado, com uma média de concentração pluviométrica de 32,9% do total anual médio. Em todas as microrregiões existem setores com esse agrupamento. Destacamos as microrregiões 118, 119 e 121 como as únicas apresentando total domínio para esse agrupamento e a microrregião 113, no Sertão, em que encontramos, além de Maio/Junho, os agrupamentos Março/Abril, Abril/Maio e Junho/Julho, com predominância de Maio/Junho na maior parte dessa. A segunda área mais coberta no Estado é representada pelo domínio do agrupamento Junho/Julho e a microrregião 116 possui grande área sob este agrupamento, como também parte das microrregiões 117 e 120. Esse agrupamento responde com concentração média de 31,7% do total anual. Nas microrregiões 113 e 114 (Sertão), encontra-se esse agrupamento na parte oeste e centro/noroeste, respectivamente. Os agrupamentos representados pelos bimestres Março/Abril e Abril/Maio restringem-se à pequenas áreas localizadas na microrregião 113 e na 114, respectivamente, relativas a zona do sertão do São Francisco e os mesmos são responsáveis com uma contribuição percentual de 26,1% para o primeiro e de 31,5% para o segundo, do total anual pluviométrico.

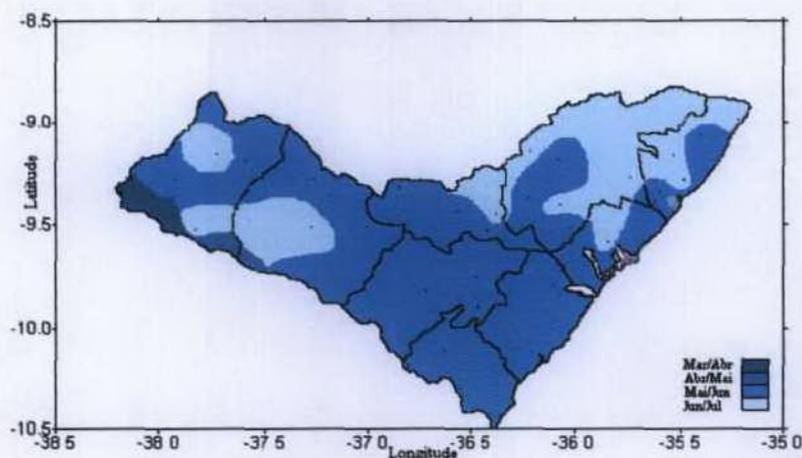


Figura 23. Distribuição espacial para dois meses consecutivos mais chuvosos em Alagoas.

#### b) Agrupamentos de quatro meses

Através da Figura 24 e Tabela 8, verifica-se que três agrupamento de quatro meses definem o período chuvoso no estado de Alagoas a partir do percentual de contribuição para 4 meses consecutivos mais chuvosos. O agrupamento Abril/Maio/Junho/Julho é o mais importante, pois é responsável pelas chuvas em quase toda totalidade do Estado, com uma contribuição percentual de 59% do total anual. Das nove microrregiões apenas a 113 (Sertão) não é representado em sua totalidade por esse agrupamento, a qual tem participação dos agrupamentos Março/Abril/Maio/Junho, com uma contribuição de 50,4% do total anual, na parte que inclui a cidade de Delmiro Gouveia e seguindo para oeste, até a divisa com outros Estados e, Maio/Junho/Julho/Agosto nos arredores da cidade de Mata Grande, com uma participação no total da precipitação anual de 57%.

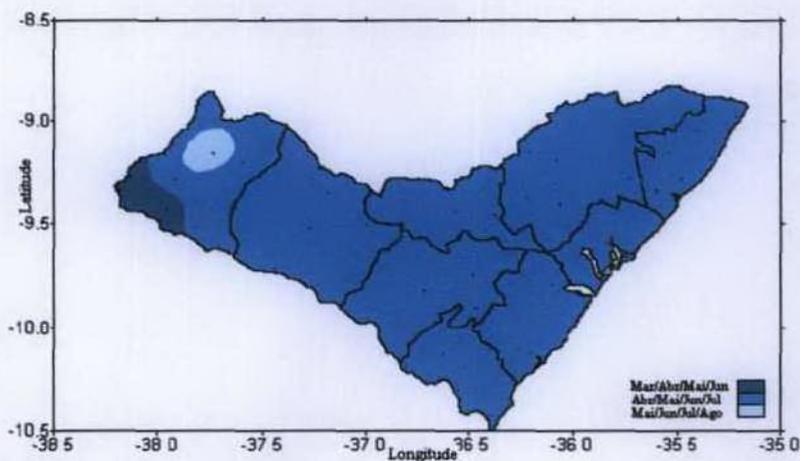


Figura 24. Distribuição espacial para quatro meses consecutivos mais chuvosos em Alagoas.

Essa análise nos mostrou que, tanto quantitativa quanto espacialmente, o período de abril a maio compreende, sem dúvida, o que caracteriza-se por ser a estação chuvosa no estado de Alagoas.

### c) Agrupamentos de seis meses

A Figura 25 mostra as áreas de abrangência dos agrupamentos de seis meses consecutivos de precipitação em Alagoas. Observa-se que todas as microrregiões do Leste Alagoano estão cobertas pelo agrupamento Março/Abril/Maio/Junho/Julho/Agosto, além de grande parte da microrregião 115 e a totalidade da 118, ambas no Agreste. Na microrregião 113 (Sertão) encontra-se, na região serrana, nos arredores das cidades de Mata Grande e Água Branca, um núcleo com esse agrupamento, o qual possui valores de concentração de precipitação com índice médio de 76,5% do total anual. O agrupamento Fevereiro/Março/Abril/Maio/Junho/Julho está mais restrito às áreas de menores índices pluviométricos anuais médios, ou seja, grande parte das microrregiões 113 e 114 (Sertão), incluindo o noroeste da microrregião 115 (Agreste) e apresenta índice médio de 72,8% do total anual. Um único núcleo com agrupamento de Abril/Maio/Junho/Julho/Agosto/Setembro foi localizado na região que compreende a cidade de Tanque D'Arca e circunvizinhanças, o qual indica um índice de 76,9% de contribuição do total anual pluviométrico da região.

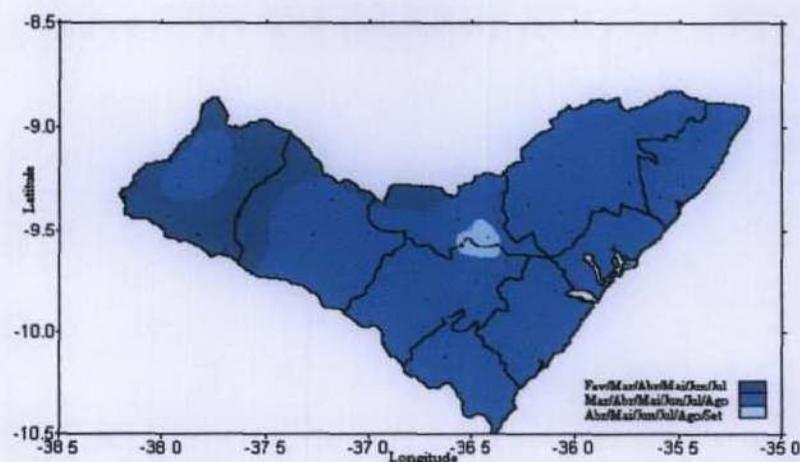


Figura 25. Distribuição espacial para seis meses consecutivos mais chuvosos em Alagoas.

#### 4.1.5.2 - Períodos de Meses Consecutivos Mais Secos

A Tabela 9 apresenta os agrupamentos de meses consecutivos menos chuvosos e seus respectivos percentuais médios de contribuição da precipitação anual em Alagoas, enquanto as Figuras 26–28 apresentam sua distribuição espacial. Os agrupamentos foram definidos de modo análogo ao utilizado para a definição dos agrupamentos de meses mais chuvosos, bem como os percentuais médios para cada.

Tabela 9. Agrupamentos de meses consecutivos de menor precipitação e sua contribuição percentual média do total anual, para o estado de Alagoas.

AGRUPAMENTOS DE MESES CONSECUTIVOS MAIS SECOS	MESES	CONTRIBUIÇÃO PERCENTUAL MÉDIA
2 MESES	Set/Out	5,2 %
	Out/Nov	5,7 %
	Nov/Dez	5,0 %
4 MESES	Ago/Set/Out/Nov	15,3 %
	Set/Out/Nov/Dez	13,9 %
	Out/Nov/Dez/Jan	12,4 %
	Nov/Dez/Jan/Fev	14,2 %
6 MESES	Ago/Set/Out/Nov/Dez/Jan	27,4 %
	Set/Out/Nov/Dez/Jan/Fev	23,4 %
	Out/Nov/Dez/Jan/Fev/Mar	23,1 %

##### a) Agrupamentos de dois meses

A Figura 26 mostra que entre os três agrupamentos de dois meses consecutivos, onde a precipitação é menor em Alagoas, apenas o agrupamento Setembro/Outubro possui uma participação espacial menor, ao passo que os agrupamentos Outubro/Novembro e Novembro/Dezembro possui uma participação semelhante. No Leste alagoano, o agrupamento Outubro/Novembro predomina apenas na microrregião 117, entretanto, possui grande representatividade nas microrregiões do Sertão e Agreste. Esse agrupamento contribui com apenas 5,7 % da precipitação média anual em Alagoas. Praticamente em todo Leste Alagoano há predominância do agrupamento Novembro-Dezembro como o menos chuvoso, o qual contribui com índice de 5,0%. Abrange a totalidade espacial da maioria de suas

microrregiões, como também a parte leste das microrregiões 115 e 118, no Agreste Alagoano. Nas microrregiões 113 e 114 (Sertão) o agrupamento Outubro/Novembro divide com Setembro/Outubro a participação para o bimestre mais seco, prevalecendo este último em uma região mais seca, que abrange o centro-noroeste do Sertão e uma faixa ao sul da microrregião 114, ao longo do Rio São Francisco. Sua participação na pluviometria anual é de 5,2 %.

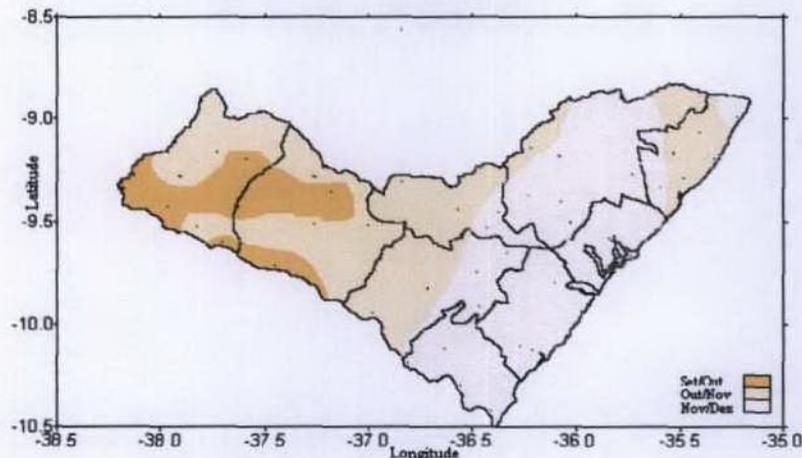


Figura 26. Distribuição espacial para dois meses consecutivos mais secos em Alagoas.

#### b) Agrupamentos de quatro meses

Mais da metade das microrregiões em todo o Estado, como mostra a Figura 27, estão representadas pelo agrupamento de 4 meses consecutivos mais secos definido por Outubro/Novembro/Dezembro/Janeiro, ou seja, a totalidade do Agreste e quase todo o Leste Alagoano, com um índice percentual de contribuição pluviométrica de 12,4% do total anual. Pode-se observar, nas microrregiões 113 e 114 (Sertão), a influência do quadrimestre Setembro/Outubro/Novembro/Dezembro predominando a região, como também no extremo norte do litoral, na microrregião 117(Leste). Já em uma faixa ao longo do Rio São Francisco, abrangendo os postos das cidades de Delmiro Gouveia, Olho D'Água do Casado e Piranhas o agrupamento Agosto/Setembro/Outubro/Novembro se apresenta com percentuais de contribuição para a pluviometria anual de 13,9 % e 15,3 %, respectivamente. Encontra-se também no Leste alagoano uma pequena área de domínio do agrupamento para os quatro meses mais secos compostos pelos meses Novembro/Dezembro/Janeiro/Fevereiro, ou seja, um núcleo no posto de São Luiz do Quitunde e circunvizinhanças e outro no extremo sul na microrregião 121, mais precisamente no posto de Porto Real do Colégio e seus arredores. O percentual de contribuição médio para este agrupamento foi de 14,2% do total anual.

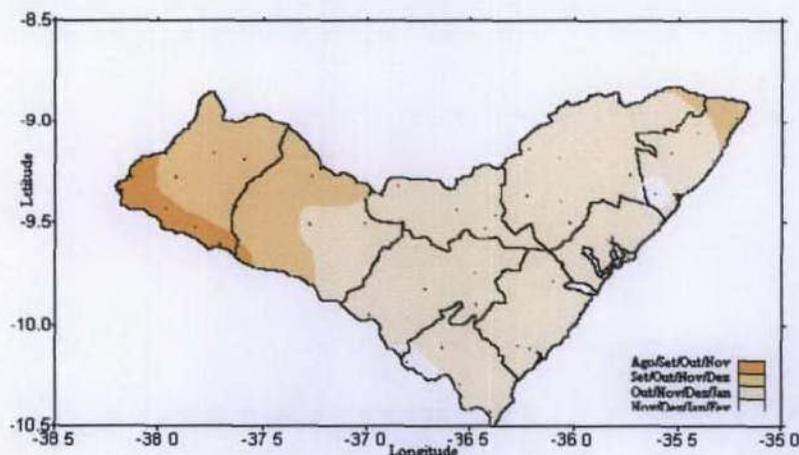


Figura 27. Distribuição espacial para quatro meses consecutivos mais secos em Alagoas.

### c) Agrupamentos de seis meses

Observa-se, através da Figura 28, que todas as microrregiões do Leste, a quase totalidade das microrregiões do Agreste e grande parte da microrregião 114, além da região serrana da microrregião 113 (sertão), possuem o agrupamento Setembro/Outubro/Novembro/Dezembro/Janeiro/Fevereiro como o de menor precipitação ou representando apenas 23,4% em média de contribuição com relação aos valores anuais.

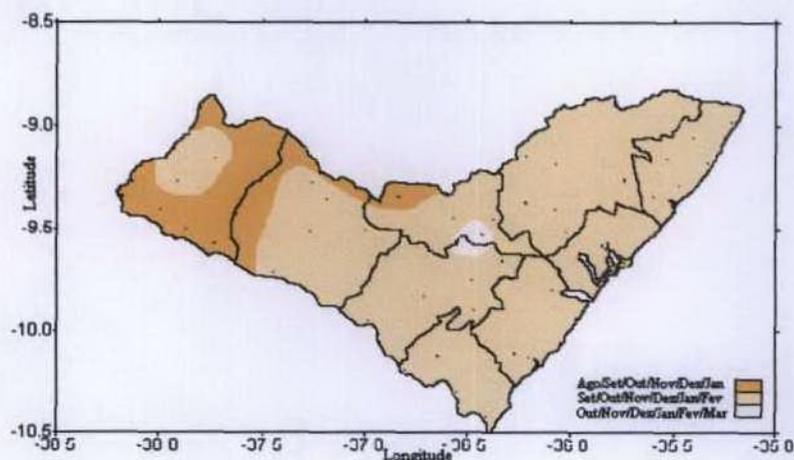


Figura 28. Distribuição espacial para seis meses consecutivos mais secos em Alagoas.

No Agreste encontramos um núcleo pouco expressivo nas circunvizinhanças do posto de Tanque D'Árca (microrregião 115), que possui Outubro/Novembro/Dezembro/Janeiro/Fevereiro/Março como o agrupamento de seis meses mais secos, onde a contribuição percentual em relação ao total anual apresenta índices de 23,1%. Já no extremo norte do

Agreste (Poço das Trincheiras), onde encontra-se totais anuais mais baixos, quando comparados aos de outras localidades dessa mesorregião, com expansão para áreas mais secas da microrregião113 (Sertão), verifica-se cobertura do agrupamento Agosto/Setembro/Outubro/Novembro/Dezembro/Janeiro, com um índice de contribuição de 27,4% do total anual.

## **4.2 – Caracterização da Variabilidade Pluviométrica**

### **4.2.1 – Variabilidade Pluviométrica nas Mesorregiões**

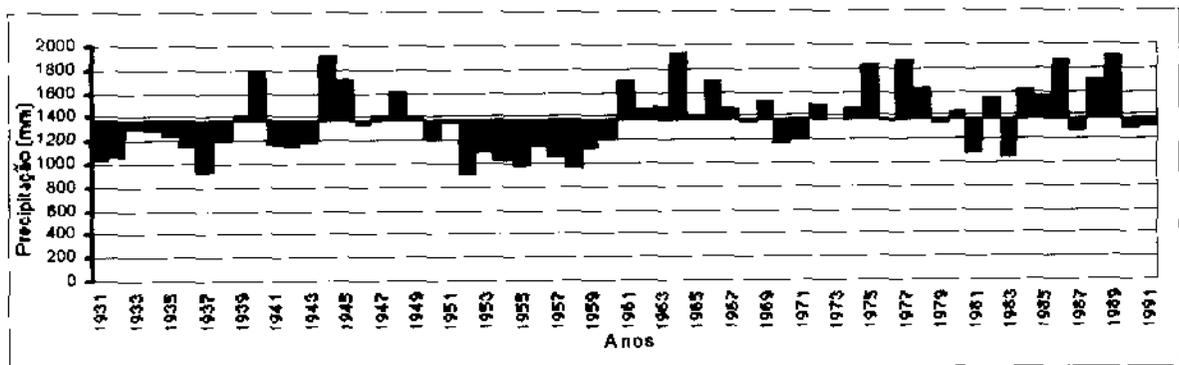
Da análise da Figura 29 (a,b,c), observam-se as oscilações que sofre a precipitação anual, em relação a normal climatológica, nas mesorregiões do estado de Alagoas, tornando-a extremamente irregular ao longo dos anos. Essa característica é típica da pluviosidade de quase toda região nordestina. O fato do estado de Alagoas estar localizado no litoral leste do NEB não exclui sua forma de pluviosidade anual dessa característica.

Com relação a mesorregião do Leste alagoano os índices de precipitação média anual entre 1301 e 1500mm são os mais freqüentes (21 em 61 anos). Os índices entre 1051 e 1300mm é o segundo intervalo mais freqüente (18 em 61 anos). Já acima do intervalo médio ou entre 1551 e 1800mm decresce para 10 em 61 anos. Os dois intervalos limites, ou menor que 1050mm e maior que 1801mm, ocorrem com menor freqüência (6 em 61 anos, para ambos). Observa-se, então, que mesmo sendo a mesorregião Leste a faixa mais próxima ao oceano, a mesma está sujeita à oscilações pluviométricas anuais (Figura 29-a). Durante o período estudado o maior desvio positivo médio em relação a média histórica ocorreu em 1964 (559,2mm), com índice de 40,8% e o maior negativo, em 1952 (454,mm) ou 33,1%.

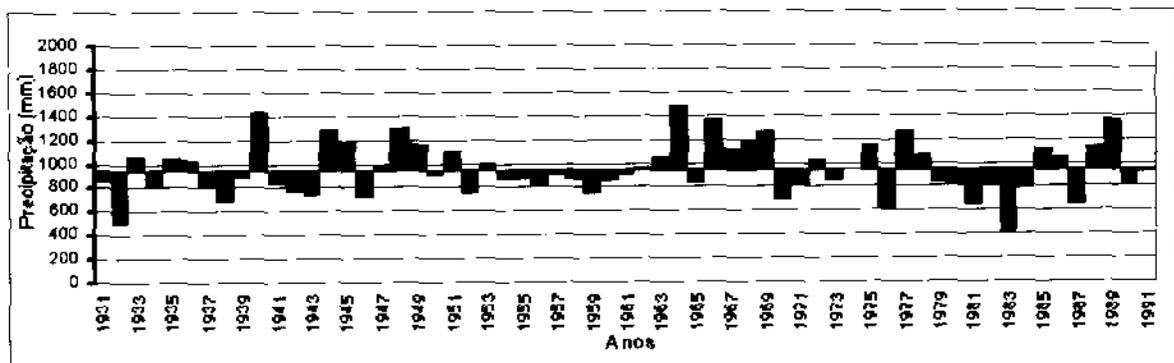
Na mesorregião do Agreste o intervalo mais freqüente de precipitação média anual está entre 701 e 900mm (23 em 61anos), entretanto, a média para o setor não se encontra neste intervalo. Em segundo plano identificamos o intervalo entre 901 e 1100mm (16 em 61 anos). Em seguida, encontramos o intervalo entre 1101 e 1300 mm (11 em 61anos). Valores acima dos 1301mm para o agreste foi registrado em 4 dos 61 anos. Já valores abaixo dos 700mm são mais freqüentes (7 em 61 anos). Na Figura 29-b pode-se verificar os valores médios anuais para o Agreste. O maior desvio positivo médio registrado no Agreste foi de 527,8mm, equivalentes a 51,2% (1964) e o maior negativo de 533,2mm ou 56,3% (1983).

A mesorregião do Sertão possui o intervalo entre 601 e 800mm como o mais freqüente ( 26 em 61 anos), estando sua média histórica (706,1mm) neste intervalo. Entre 401 e 600mm é o segundo intervalo mais importante em termos de ocorrência (14 em 61 anos).

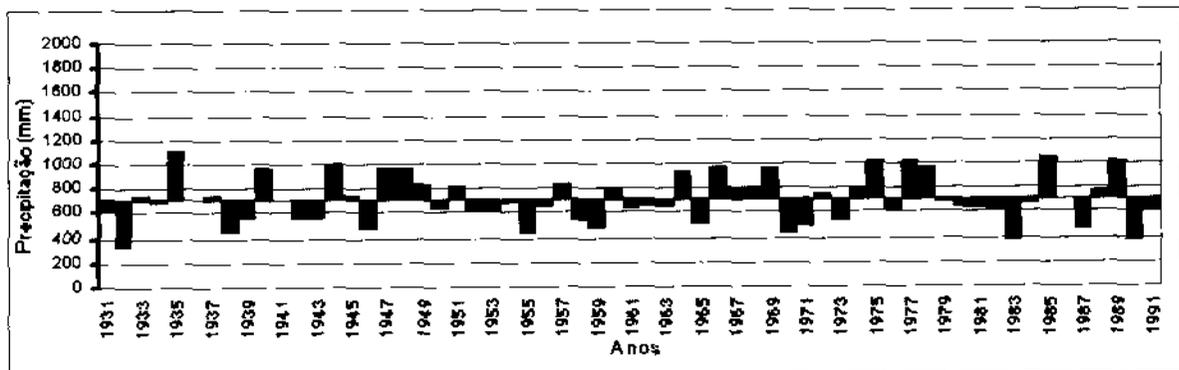
Em seguida está o intervalo entre 801 e 1000 mm (12 em 61 anos). Mais afastados destacamos os intervalos com precipitação média anual maior que 1001mm e menor que 400mm, com frequência de 6 e 3, respectivamente, em 61 anos. A partir da Figura 29-c observa-se, em relação a média histórica, a precipitação anual para o Sertão. O maior desvio positivo médio foi de 408,0mm ou 57,8% (1935) e o maior negativo de 358,0mm ou 50,8% (1932). Um traço da maior variabilidade pluviométrica mais acentuada no sertão observa-se nos anos 1989 e 1990, quando no primeiro foi registrado desvio percentual de 43,7% e no ano seguinte -46,3%.



a) Leste



b) Agreste



c) Sertão

Figura 29. Precipitação anual (mm) em relação a média histórica; a) Leste alagoano; b) Agreste alagoano; c) Sertão alagoano.

Nas três mesorregiões os desvios positivos possuem valores com maior magnitude, quando comparados com os desvios negativos, porém, estes são mais frequentes.

Um fato que merece destaque é a predominância de precipitação abaixo da média no período de 1949 a 1962 em todas as mesorregiões. Entretanto, com destaque para o Leste e Agreste, uma vez que no Sertão observa-se precipitação acima da média em alguns desses anos. Também podemos citar o período entre 1931 e 1939, com maior deficiência de chuvas no Leste. Dessa forma, o período 1950-1960, no Leste, foi identificado como o mais longo, continuamente, de deficiência de chuvas neste estudo. Alves et al., (1997), em estudo da variabilidade pluviométrica de toda costa leste do NEB, também citou período semelhante (1950 e 1959) com deficiência contínua de chuvas. Um terceiro período, não tão longo, com essas características foi de 1979 a 1984. No entanto, com destaque para o Sertão e Agreste, já que o Leste apresentou precipitação acima da média em alguns desses anos. Ressalta-se, também, o grande número de anos com precipitação acima da média, principalmente entre 1964 a 1986, na mesorregião do Leste alagoano. Lima (1991), confirmou também esse fato quando estudou a pluviometria de toda a costa leste nordestina. Molion & Bernardo (2000) citou o período de 1961 a 1990, em Maceió, como mais chuvoso que o período 1931-1960.

A Figura 30 mostra o número de ocorrência de precipitação média anual acima ou abaixo da média histórica, no período estudado. Apesar da ocorrência, em anos diferentes, de precipitação acima ou abaixo da média nas três mesorregiões, nota-se que há um equilíbrio entre as mesorregiões quanto a quantidade de ano. Apenas no Leste observa-se uma leve diferença nesse número, com 33 anos abaixo e 28 anos acima da média, enquanto no Sertão e Agreste ocorreu a mesma quantidade ou 34 anos abaixo e 27 anos acima da média.

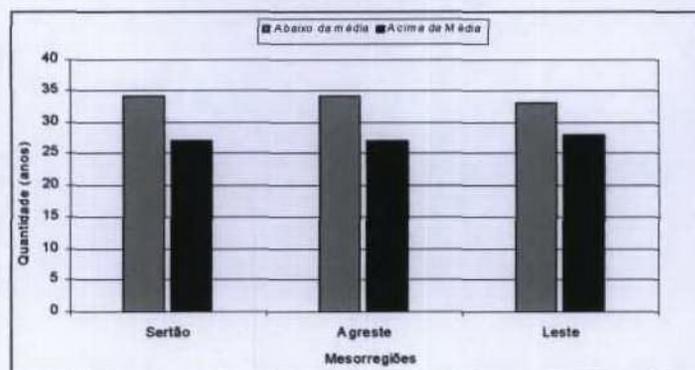
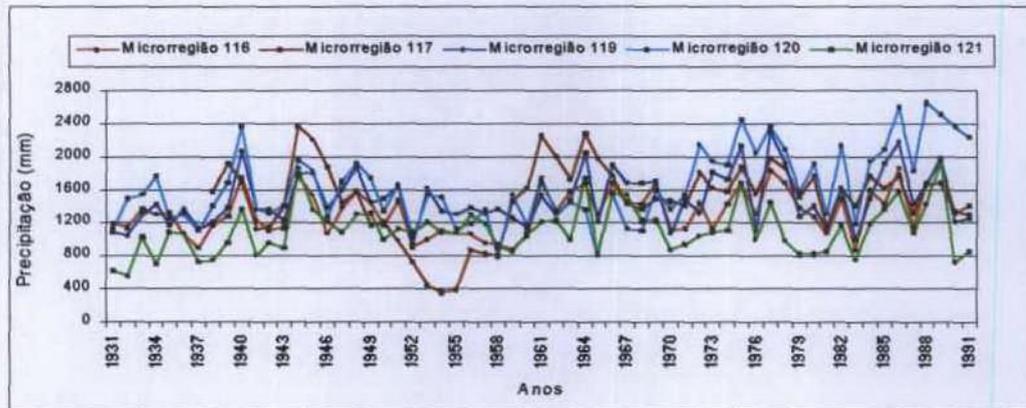


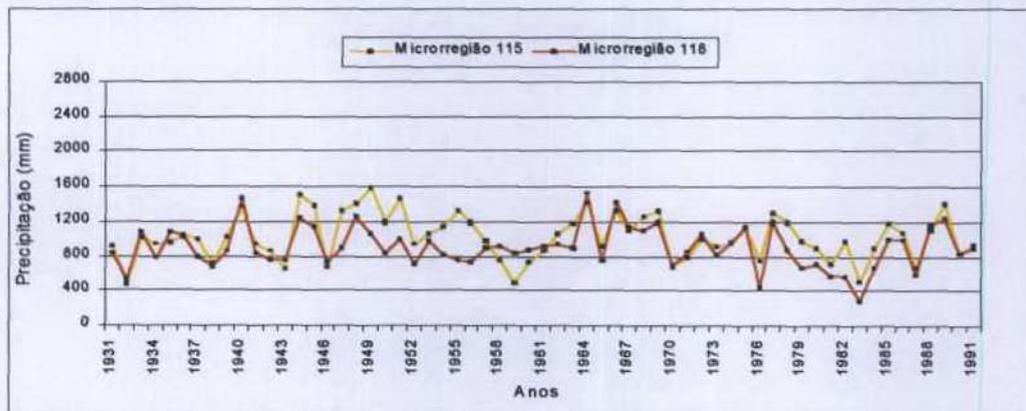
Figura 30. Distribuição das ocorrências de precipitação anual acima e abaixo da média histórica, para as mesorregiões em Alagoas.

#### 4.2.2 – Variabilidade Pluviométrica nas Microrregiões

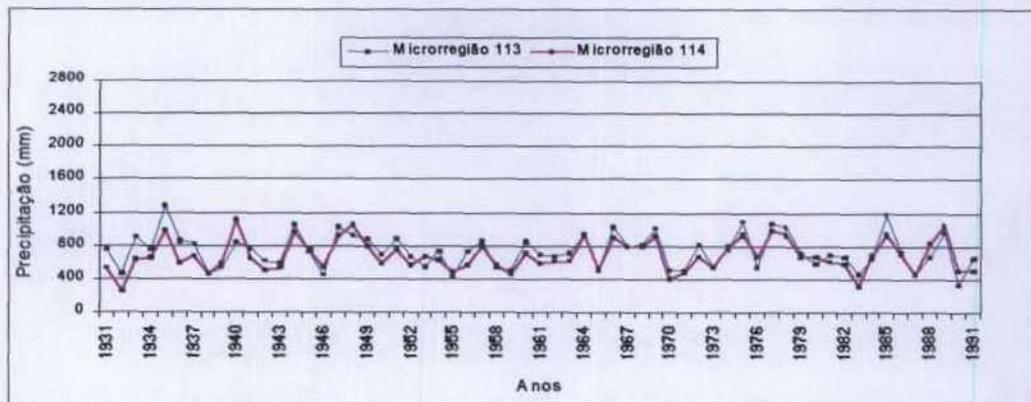
De um modo geral, observa-se que há uma simetria da oscilação anual da precipitação média entre as microrregiões de cada mesorregião, conforme Figura 31 (a,b,c).



a) Leste alagoano



b) Agreste alagoano



c) Sertão alagoano

Figura 31. Pluviometria média anual entre as microrregiões de cada mesorregião alagoana: a) Leste alagoano; b) Agreste alagoano; c) Sertão alagoano.

No Leste (Figura 31-a), devido a maior diversidade de atuação de sistemas de mesoescala, há também uma maior diversidade na magnitude das oscilações entre as alturas pluviométricas médias anuais em suas microrregiões. No Agreste (Figura 31-b) observa-se uma maior similaridade entre as linhas da precipitação interanual em suas microrregiões quando comparadas as do Leste. Entretanto, num período de 10 anos (1952-1962) não aconteceu tal fato. Quanto ao Sertão nota-se que há uma simetria bastante acentuada da oscilação da precipitação média anual (Figura 31-c). Quando os índices pluviométricos decrescem ou aumentam em uma microrregião acontece o mesmo na outra. Destacamos o Sertão, principalmente, quanto a similaridade da magnitude do decréscimo ou acréscimo pluviométrico anual entre suas duas microrregiões (113 e 114). Esse fato é coerente com o observado na precipitação intranual, onde encontramos também os mesmos resultados quanto a simetria da distribuição da precipitação mensal para as microrregiões de cada mesorregião.

Através da Figura 32, observa-se que a quase totalidade das microrregiões de Alagoas apresentaram uma tendência de maior ocorrência de precipitação anual abaixo da média histórica durante o período estudado. Apenas na microrregião 117 (Leste) verifica-se a maior ocorrência para anos com precipitação acima da média (53%). Nas microrregiões 114 (sertão) e 119 (Leste) mais de 60% dos anos possui precipitação anual abaixo da média, nas outras microrregiões a precipitação anual abaixo da média ocorre na maioria dos anos ou entre 52% e 58% dos anos. O maior equilíbrio entre essa distribuição ocorre nas microrregiões 116 e 117 (ambas no Leste).

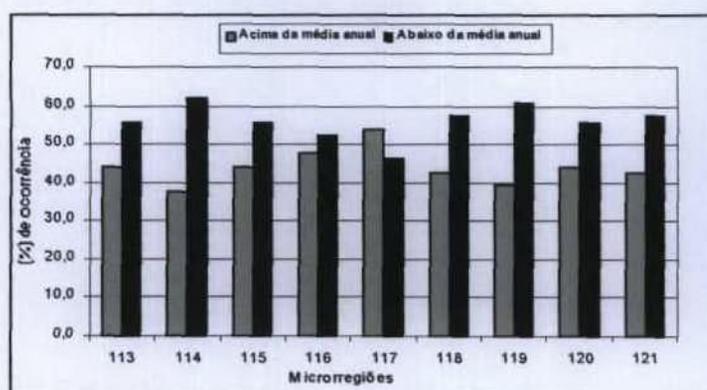


Figura 32. Percentual de ocorrência de precipitação anual acima e abaixo da média para as microrregiões de Alagoas (1931-1991).

O exposto mostra que mesmo estando o estado de Alagoas localizado quase totalmente na Região do Litoral Leste do NEB e, dessa forma, possuir precipitação anual média superior aos setores norte e semi-árido, o mesmo apresenta alta variabilidade com tendência para déficit pluviométrico ao longo do tempo.

Utilizando os critérios adotados para a classificação dos anos em: Muito Seco, Seco, Normal, Chuvoso e Muito Chuvoso (definidos no item 3.3.4), classificamos as microrregiões de Alagoas, segundo estes aspectos, e indicamos seus percentuais de ocorrência para o período em estudo, cujos resultados estão apresentados na Tabela 10.

Tabela 10. Classificação da precipitação anual e sua ocorrência nas microrregiões de Alagoas (1931-1991).

MICRORREGIÕES	CLASSIFICAÇÃO ANUAL (ocorrência - %)				
	Muito Seco	Seco	Normal	Chuvoso	Muito Chuvoso
113	29,5	13,1	24,6	8,2	24,6
114	26,2	18,0	21,3	11,5	23,0
115	26,2	9,8	23,0	18,0	23,0
116	34,4	6,6	21,3	11,5	26,2
117	22,6	7,5	34,0	15,1	22,6
118	23,0	13,1	29,5	9,8	24,6
119	27,9	18,0	19,7	9,8	24,6
120	32,8	11,5	24,6	6,6	24,6
121	27,9	13,1	24,6	13,1	21,3
MÉDIA	27,8	12,3	24,7	11,5	23,8

A condição para ano Muito Seco é a mais freqüente caracterizando sete das nove microrregiões e com média de ocorrência de 27,8 % dos anos. Com média de ocorrência de 24,7% a segunda condição mais freqüente é a de ano Normal. Entretanto, para a microrregiões 117 (Leste) e 118 (Agreste) essa classificação é a mais freqüente. Em terceiro plano identificamos anos classificados como Muito Chuvoso (23,8%). Finalmente, em quarto e quinto plano, com pequena diferença percentual de ocorrência, anos classificados como Seco (12,3%) e Chuvoso (11,5%) respectivamente.

Nota-se que as microrregiões localizadas no centro-norte do Estado (115, 116 e 117) apresentam maior ocorrência de anos com tendência de Normal a Muito Chuvoso. Essas microrregiões, de acordo com as considerações do item 4.1.2, seriam as mais beneficiadas quanto a influência direta e indireta do Planalto da Borborema na pluviometria dessa região.

O restante das microrregiões apresentam ocorrência de anos com tendência de Normal a Muito Seco. Destaque se faz as microrregiões 119 e 120 (ambas no Leste) com ocorrência de anos com tendência de Normal à Muito Seco, uma vez que ocupam posição privilegiada entre as microrregiões, com referência aos valores da média anual pluviométrica, sendo a microrregião 120 a que possui o maior valor e a 119 a terceira maior média. Isso mostra que a variabilidade não é específica de áreas com baixa pluviometria.

#### 4.2.3 – Distribuição Espacial da Variabilidade Interanual

##### 4.2.3.1 – Desvio Padrão

Como vimos no item 4.1.2 a distribuição espacial da altura anual da precipitação é bastante afetada pelas características do relevo e, geralmente, o desvio padrão varia na razão direta com os totais médios anuais. Considerando esses aspectos e os resultados obtidos através da expressão (2) para todos os postos em estudo, foi traçada uma carta da distribuição desse importante índice de variabilidade da precipitação interanual, o qual mostra o posicionamento padrão das oscilações pluviométrica interanual com referência a posição média da precipitação anual em um certo período.

Analisando a Figura 33 em conjunto com a Figura 12 nota-se que a distribuição do desvio padrão da pluviometria anual em Alagoas mantém, como esperado, uma certa relação com a distribuição da pluviometria anual. Quanto maior se apresenta a média da precipitação anual, o desvio padrão mais se afasta desse valor.

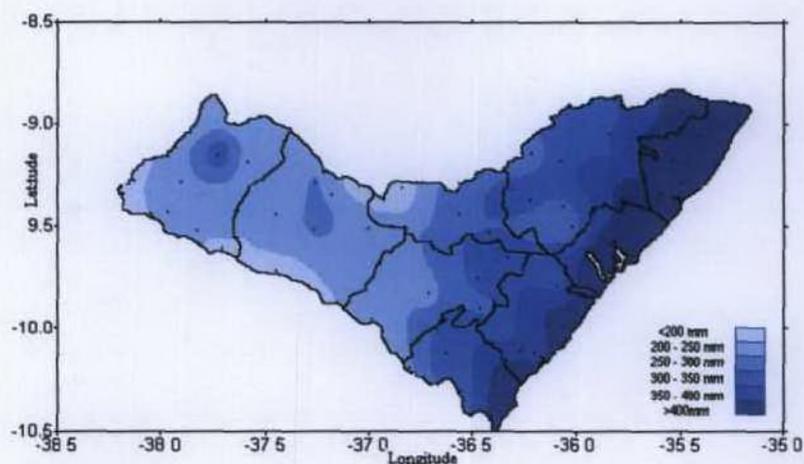


Figura 33. Distribuição espacial dos campos médios de Desvio Padrão da precipitação anual (mm), para o estado de Alagoas.

Na maior parte das microrregiões do Leste alagoano o desvio padrão se apresenta com valores superiores a 300mm, exceto nos arredores dos postos das cidades de Atalaia e Capela, onde encontramos valores entre 250 e 300 mm. Em grande parte da faixa litorânea os valores são superiores a 400mm. No Agreste e Sertão alagoano encontram-se poucos setores com desvio padrão entre 300 e 350mm, estando estes situados em áreas no Agreste, onde a precipitação anual está entre 900 e 1200mm (leste da microrregião 118) como também no Sertão, em um núcleo em torno do posto da cidade de Mata Grande (microrregião 113), com valores pluviométricos anuais em torno de 1050mm. Na maior parte das áreas do Agreste e Sertão ou onde a precipitação anual se encontra entre 500 e 700mm, a distribuição do desvio padrão se apresenta de uma forma mais homogênea ou entre 200 e 250mm. À medida que a média pluviométrica anual decresce para oeste e os mesmos valores de desvios padrões são encontrados, indica que a variabilidade aumenta nesta direção. As áreas com menores índices médios anuais pluviométricos, como Sertão do São Francisco, entre as cidades de Piranhas e Pão de Açúcar (média anual aproximada de 522mm), encontram-se desvios inferiores a 200mm. Já no centro da microrregião 114 (Sertão Alagoano), encontram-se desvios padrão entre 250 e 300 mm, em áreas onde a precipitação anual apresenta-se entre 600 e 800mm.

#### 4.2.3.2 – Coeficiente de Variação

Uma vez que a distribuição espacial do Coeficiente de Variação não é afetada diretamente pelas condições do relevo, como ocorre com a distribuição do total anual e do desvio padrão, ocorrendo apenas de forma indireta, uma vez que esse é obtido a partir do desvio padrão e da média pluviométrica, essa medida nos permite distinguir com maior exatidão a distribuição espacial da variabilidade da pluviometria anual.

A Figura 34 mostra a distribuição espacial dos Coeficientes de Variação pluviométrico no estado de Alagoas. A análise conjunta das Figura 34 e 12 mostra que, de um modo geral, as microrregiões que apresentam maiores valores anuais médios de precipitação possuem os menores coeficientes de variação. A maior parte do Leste alagoano apresenta coeficiente entre 20 e 30%, com dois núcleos bem representativos, um abrangendo a microrregião 116 e 119 (ambas no Leste) e outro abrangendo as microrregiões 121 (Leste) e 118 (Agreste) com coeficientes inferiores a 20% de variabilidade pluviométrica. Entretanto, na microrregião 117 (Leste) também encontram-se dois pequenos núcleos com coeficientes superiores a 40% e a maioria da mesma com coeficientes entre 30 e 35%. Na maior parte do

Estado encontramos coeficientes entre 30 e 35%. À medida que decresce os totais médios anuais aumentam os coeficientes de variação, como pode-se observar nas microrregiões 113 e 114 (ambas no Sertão), onde os coeficientes de variação são superiores a 40%.

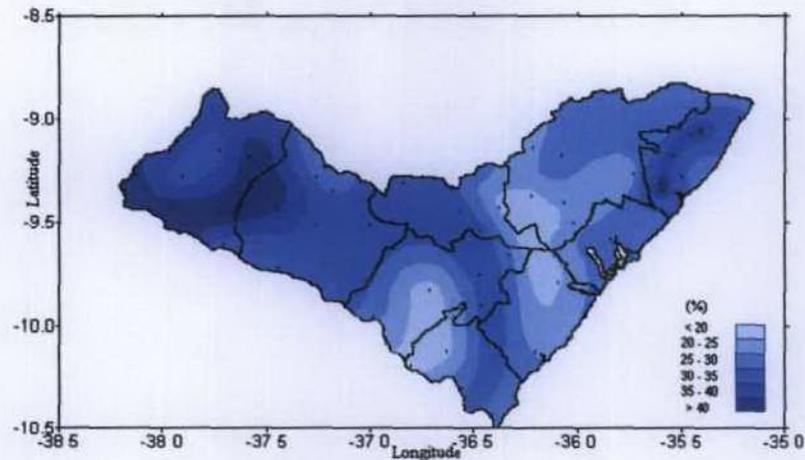


Figura 34. Distribuição espacial dos campos médios de Coeficiente de Variação (%) da precipitação anual, para o estado de Alagoas.

Esses resultados são concordantes com os encontrados por Lima (1991) ao estudar a variabilidade da precipitação no Litoral Leste do NEB e mostram que mesmo estando o estado de Alagoas situado quase que completamente nesta faixa litorânea o mesmo apresenta, nas regiões mais para o interior, índices de coeficientes superiores a 40%, característicos do Sertão Semi-Árido.

#### 4.3 – Classificação em Grupos Pluviometricamente Homogêneos

Através da aplicação da expressão (4), para cada posto, tendo como resultado os coeficientes de assimetria de Pearson representativos destes, obteve-se os resultados relativos as regiões com pluviometria homogênea em Alagoas.

Dos nove possíveis grupos foram identificados seis com pluviometria considerada homogênea em Alagoas. Os grupos classificados estão apresentados na Tabela 11, enquanto a Figura 35 apresenta a distribuição espacial dos seis grupos definidos para o estado de Alagoas. Os resultados obtidos nos itens 4.1 e 4.2 deste trabalho foram relacionados com os resultados deste item, para que fosse feita uma identificação das características pluviométricas relativas a cada grupo com precipitação homogênea, apontando, dessa forma, os aspectos mais marcantes de precipitação dos mesmos. Os valores dos coeficientes de assimetria para cada posto encontra-se no Quadro 2 (em Apêndice).

Tabela 11. Definição dos Grupos pluviometricamente homogêneos através do Coeficiente de Assimetria de Pearson, para o estado de Alagoas.

Coeficiente de Assimetria de Pearson	Precipitação Média Anual	1º Classificação	2º Classificação	1º Resultado	RESULTADO FINAL
< 0,33	<800mm	A	1	A1	Grupo I
< 0,33	801 – 1200mm	A	2	A2	-----
< 0,33	>1200mm	A	3	A3	Grupo II
0,34 – 0,66	<800mm	B	4	B4	Grupo III
0,34 – 0,66	801 – 1200mm	B	5	B5	Grupo IV
0,34 – 0,66	>1200mm	B	6	B6	Grupo V
>0,66	<800mm	C	7	C7	-----
>0,66	801 – 1200mm	C	8	C8	Grupo VI
>0,66	>1200mm	C	9	C9	-----

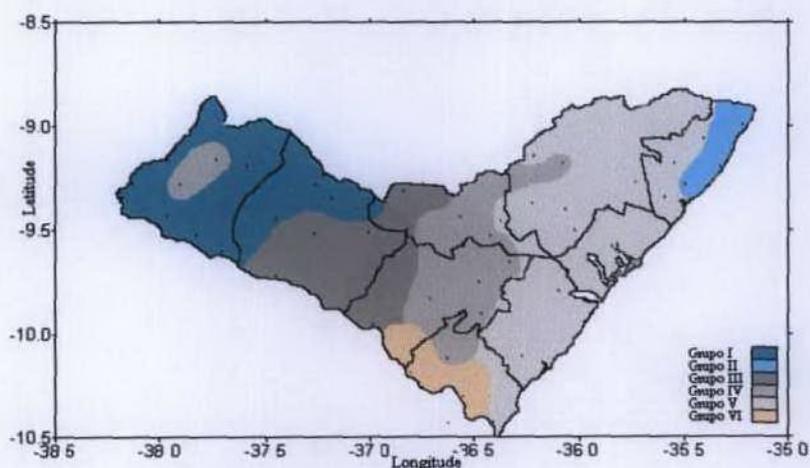


Figura 35. Distribuição espacial dos Grupos com pluviometria homogênea em Alagoas.

#### a) Grupo I

O Grupo I apresenta um coeficiente de assimetria médio de 0,14, variando entre máximo de 0,29 e mínimo de 0. Representa uma região onde a precipitação média anual é a mais baixa do Estado (605,5mm). Abrange aproximadamente a metade das microrregiões 113 e 114 (ambas no Sertão). Grande parte desse grupo tem o período chuvoso de outono a inverno (como todo o estado de Alagoas) ou de abril a julho, variando no setor do Sertão do São Francisco para março a junho. O outono é a estação em que ocorrem as maiores precipitações. O período seco correspondente é de primavera a verão (como todo o Estado) ou de setembro a dezembro, variando para agosto a novembro no setor do Sertão do São Francisco e a primavera é a estação em que ocorrem os menores índices pluviométricos. O

desvio padrão da pluviometria anual para área de abrangência desse grupo apresenta-se entre 200 e 250mm, enquanto o coeficiente de variação apresenta-se como um dos mais altos de todo o Estado ou acima de 40%.

#### b) Grupo II

O Grupo II é um pequeno grupo que abrange a faixa litorânea da microrregião 117 (Leste). Seu coeficiente de assimetria médio é de 0,28, máximo de 0,31 e mínimo de 0,24. Corresponde a um setor onde a precipitação média anual é uma das mais altas do Estado (1617,7mm). Toda área desse grupo tem o período chuvoso de abril a julho. O outono também é a estação em que ocorrem as maiores precipitações. O período seco correspondente é de setembro a dezembro, no extremo norte de seus domínios e de outubro a janeiro, na parte restante, tendo a primavera como a estação em que ocorrem os menores índices pluviométricos. O desvio padrão de sua pluviometria anual apresenta-se acima de 400mm. Já o coeficiente de variação está entre 25 e 35%, um dos mais altos de toda mesorregião do Leste alagoano.

#### c) Grupo III

A área de abrangência do Grupo III é a parte sudeste da microrregião 114 (Sertão) e oeste das microrregiões 115 e 118 (Agreste). O coeficiente médio de assimetria é de 0,46, com um máximo de 0,65 e mínimo de 0,34. A precipitação anual média na área de abrangência desse grupo é de 651,4mm. O período chuvoso ocorre de abril a julho, com o outono como a estação a apresentar os maiores índices pluviométricos. Já o período seco ocorre de outubro a janeiro e a primavera é a estação mais seca. Seu desvio padrão está entre 200 e 250mm e o coeficiente de variação é de 30 a 35% na maior parte de seu domínio.

#### d) Grupo IV

Com um coeficiente de assimetria médio de 0,52, máximo de 0,66 e mínimo de 0,43 o Grupo IV, possui uma distribuição próxima a do Grupo III. Sua área de abrangência é praticamente todo o Agreste e pequena parte das microrregiões 116 e 121 (todas no Leste), além das terras elevadas na microrregião 113 (Sertão). Portanto, é o único grupo homogêneo que não possui área contínua. Inclui uma área de transição, no Agreste, com valores

pluviométricos decrescendo bruscamente de leste a oeste e precipitação média anual de 1042,9mm. Seu período chuvoso é de abril a julho e o inverno é a estação a apresentar os maiores índices pluviométricos. O período seco ocorre de outubro a janeiro e o verão é a estação em que ocorrem os menores índices pluviométricos, exceto na área do grupo com domínio na região serrana da microrregião 113, onde o período mais seco é de setembro a dezembro e a primavera é a estação mais seca. Esse grupo apresenta desvio padrão entre 250 e 350mm e coeficiente de variação apresenta-se com valores percentuais variando de menos 20% até 35%. Esse grupo caracteriza-se pelas grandes variações na distribuição espacial da média anual, desvio padrão e coeficiente de variação.

#### e) Grupo V

Com uma forma de distribuição dentro da faixa de coeficientes atribuídos aos Grupo III e IV (Tabela 11), o Grupo V é o maior grupo regional com pluviometria homogênea. Seu coeficiente de assimetria médio é de 0,44, com um máximo de 0,58 e mínimo de 0,40. Domina uma área com pluviometria média anual de 1504,9mm, abrangendo grande parte do leste alagoano, incluindo a faixa centro-sul litorânea. O período chuvoso ocorre de abril a julho, entretanto, na parte com relevo mais elevado o inverno é a estação mais chuvosa, na parte litorânea de seu domínio o outono é a estação mais chuvosa. Quanto ao período seco outubro a janeiro é sua época de ocorrência, com o verão como a estação com menores índices pluviométricos. O desvio padrão para esse grupo oscila entre 200 e valores acima de 400mm e seu coeficiente de variação se distribui numa grande área de seu domínio, com valores bem reduzidos ou abaixo de 20%. No entanto, a maior parte ocupa valores entre 20% e 25%. Pequenos setores com coeficientes superiores a 40% também são encontrados, porém pouco representativos.

#### f) Grupo VI

A área de domínio do Grupo VI é parte da microrregião 121 (Leste). É o segundo menor grupo com pluviometria homogênea no Estado. A média de seu coeficiente de assimetria é 0,69, com mínimo de 0,67 e máximo de 0,71. Sua área de abrangência possui uma precipitação média anual de 1105mm, portanto a mais baixa de todo Leste alagoano. O período chuvoso é de outono a inverno (abril a julho), a parte leste desse grupo apresenta o outono como estação mais chuvosa e a parte oeste, o inverno. Já o período seco ocorre de

primavera a verão ou de outubro a janeiro, variando de novembro a fevereiro na parte sul de seu domínio. O verão é a estação em que ocorrem seus menores índices pluviométricos. O desvio padrão possui uma variação entre 200 e 350mm e o coeficiente de variação encontra-se entre valores abaixo de 20 a 35%.

Observa-se, portanto, que dos seis grupos identificados com distribuição pluviométrica homogênea no Estado de Alagoas, dois grupos estão classificados no intervalo de coeficientes "A" (Grupo I e Grupo II), três como "B" (Grupo III, Grupo IV e Grupo V) e um como "C" (Grupo VI). De modo geral, cada grupo foi diferenciado dos demais, quanto aos parâmetros estatísticos como: média anual, desvio padrão e coeficiente de variação.

Dessa forma, a área correspondente aos grupos com intervalo classificado como "B" (Grupo III, Grupo IV e Grupo V), pertence a maior área do Estado com distribuição pluviométrica semelhante, abrangendo da microrregião 114 (Sertão) até a faixa litorânea (Leste). Essa área tem sua pluviometria, possivelmente, mais influenciada por sistemas de leste (brisas marítimas, distúrbios de lestes), comprovando o grande alcance destes, em direção oeste (interior do Estado), como também por sistemas de sul (sistemas frontais).

A área correspondente aos grupos com intervalo classificado como "A" (Grupo I e Grupo II) é a segunda maior com distribuição pluviométrica semelhante. No entanto, o Grupo I predomina nas microrregiões 113 e 114 (Sertão), onde diferentes sistemas indutores de chuva não ocorrem com a frequência, como na área de abrangência do Grupo II, o qual está distribuído na faixa litorânea da microrregião 117 (Leste), ou seja, o Grupo I abrange uma área com média baixa de precipitação anual e o Grupo II uma área com altos valores de precipitação média anual. Logo, a semelhança entre esses dois grupos está nos altos valores de coeficientes de variação apresentados nos dois grupos, como também na distribuição da precipitação durante os períodos secos e chuvosos.

A área correspondente ao grupo com intervalo classificado como "C" (Grupo VI) assemelha-se em tamanho à área do Grupo II. Distribui-se por uma região (faixa ao longo do Rio São Francisco, na microrregião 121, no Leste alagoano) onde, conforme já discutido, a precipitação provocada pela umidade vinda do oceano consegue se adentrar no continente em virtude da ausência de barreiras topográficas e que, dessa forma, apresenta valores de precipitação média anual inferior quando comparada à outras regiões do Leste alagoano com mesma distância do costa. No entanto, esse grupo diferenciou também dos demais por sua baixa variabilidade pluviométrica anual, indicada pelo coeficiente de variação.

#### 4.4 – Análise da Precipitação em Alagoas

Os resultados obtidos referentes aos aspectos pluviométricos no que concerne à distribuição anual, influência do relevo, distribuição pluviométrica intranual (Janeiro-Dezembro) e sazonal (estações austrais), distribuição de meses consecutivos (Chuvosos e Secos) bem como a variabilidade interanual e espacial da precipitação em Alagoas, possuem explicações fundamentadas nos mecanismos atmosféricos mencionados anteriormente.

Em síntese, pode-se afirmar que os principais fatores responsáveis pela forma como a precipitação se apresenta em Alagoas e pelas diferenças entre suas microrregiões e mesorregiões são: a altitude, o relevo, a configuração do terreno e a posição (de cada uma) em relação a zona origem das chuvas que lhes atingem; no entanto, somado a isso, está a Circulação Geral Atmosférica que orienta o deslocamento das massas de ar. A influência das massas de ar causadoras de chuva pode ser melhor apreciada quando considerada em relação à condição atmosférica mais ou menos permanentes com que interagem ou interferem.

É notório e assim afirmam vários autores, como Lima (1991), Oliveira (1982), que a influência climática mais persistente ao longo do ano, para a região em estudo, é a enorme zona subtropical de alta pressão sobre o Atlântico Sul, de onde se originam os ventos predominante de leste que sopram continuamente no seu litoral e determinando as características médias da precipitação local. O ar estável dela proveniente, chega à costa leste do NEB predominando na região durante todo ano. Quando há precipitação é porque a estabilidade atmosférica foi rompida devido a movimentos verticais de ar causados direta ou indiretamente pela invasão de ar frio. Dessa forma, a posição e intensidade dessa alta pressão, que representa a massa de ar Tropical marítima (mTm), parecem ser o mecanismo que determina o quadro pluviométrico nessa região, conforme concluem, favorecendo a ocorrência de chuvas moderadas que banham apenas a faixa litorânea à leste da Borborema.

Essas chuvas orográficas seriam as únicas não fora a competição e o contato com outras massas de ar. Em Alagoas, apesar de sua pequena área territorial, fazendo uma análise entre os resultados obtidos e relacionando-os com os aspectos teóricos anteriormente mencionados sobre esse tema, o avanço e o contato entre as massas de ar sobre esta região exercem grande influência, além de determinar o quadro pluviométrico médio. Alguns pesquisadores afirmam ser o interior do NEB o limite extremo do deslocamento de cada uma das massas de ar que influencia o clima no NEB, entre eles Webb (1979). A importância específica de cada uma e o mecanismo de convergência anual respondem pela precipitação irregular e escassa em diversos setores.

Em suma, a influência que tem a ação das massas de ar na precipitação nos diversos setores do NEB, ocorrerá dependendo da posição destes em relação à esta ação. Alguns lugares recebem influência de uma só massa; outros podem ser beneficiados todos os anos de freqüentes exposição à duas ou três. Além disso, a ocorrência de chuva num determinado local depende não somente da altitude, que determina em grande parte a temperatura e a forma como os mecanismos orográficos podem ser mobilizados, como também a orientação e a disposição do local em relação aos ventos úmidos, isto é, se sopram com ângulo reto sobre as encostas, proporcionando condições ótimas de precipitação ou sopram paralelamente, deixando de criar movimentos ascendentes, ou seja, condições para que haja precipitação.

Sistemas como: Distúrbios de Lestes, Sistemas frontais e ZCIT, amplamente descritos anteriormente, e a Zona de Convergência Secundária definida por Brito et al.,(1994) além dos sistemas meteorológicos que atuam nos altos níveis (Cavados e Vórtices Ciclônicos), os quais dependendo da posição na qual se encontram, tanto podem inibir como favorecer a ocorrência de chuvas sobre o NEB, são os responsáveis por causar precipitação na faixa Leste do NEB, tanto individualmente como interagindo entre si. Dependendo também da configuração da circulação atmosférica para sua ação em determinados setores dessa. Esses sistemas se formam a partir das características físicas apresentadas pelas massas de ar e da interação desta com a superfície do planeta, envolvendo troca de energia e movimento, sendo finalmente conduzidos pela Circulação Geral Atmosférica. Por sua vez, esta circulação modulada pela condições térmica dos oceanos, tem sua configuração alterada permanentemente, gerando além da variabilidade espacial a variabilidade interanual e intranual da precipitação em setores da Terra susceptível à esta característica, como o NEB. Essa explicação talvez possa dar uma razão à grande variedade pluviométrica encontrada em tão pequena área, como em Alagoas, e questionada por Tenório (1989).

De acordo com Coelho et al., (1999) é importante ressaltar que os fatores que regem os padrões de precipitação em setores do NEB são os mesmos durante todo o ano, embora com diferentes implicações sinóticas e climatológicas.

A partir dos resultados encontrados algumas considerações podem ser feitas quanto a variação sazonal do padrão pluviométrico, para um auxílio na compreensão da influência dos fenômenos térmicos dos oceanos Pacífico (El Niño e La Niña) e Atlântico (Dipolo do Atlântico) a serem discutidas nos próximos itens:

- Durante o verão, o estado de Alagoas como todo o NEB 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), incluindo setores do centro leste, como Alagoas.

- Para o outono, um dos principais fatores que causam os aumentos dos índices de chuva observados é a migração anual da ZCIT, que atinge sua posição austral em março-abril, principalmente para as microrregiões do Sertão. Em referência a essa afirmação registramos um pico secundário em março-abril para as microrregiões do sertão, além de março marcar o início do semestre chuvoso para todas as microrregiões do Estado. Outro fator é a região de convergência dos ventos alísios com a brisa terrestre noturna ao longo da costa, predominante em maio-junho (Kousky, 1980), favorecendo maiores efeitos no acréscimo dos índices pluviométricos das microrregiões do Leste, atingindo também o Agreste. Somam-se a esses fatores os Sistemas Frontais.

- Para o inverno, que divide com o outono o período de maiores índices de chuva para Alagoas, têm-se como prováveis causas a convergência dos alísios com a circulação de brisa noturna (Climanálise, 1986), além de ser o período propício para a ocorrência dos distúrbios de Leste, que atingem a costa leste do NEB, e os Sistemas Frontais. Contudo, o Sertão apresenta índices mais baixos de precipitação.

- Enquanto a primavera é a época de valores mais baixos de precipitação para todo o Estado. Exatamente pela diminuição da ação ou ausência dos mecanismos físicos e dinâmicos formadores dos sistemas que provocam maiores precipitações.

É nesse contexto que se encontra a pluviometria média para o estado de Alagoas e dessa forma, as características médias para sua precipitação, confirma a rica condição hidrometeorológica do Estado (típica da costa leste), em relação ao setor Norte e Semi-árido do NEB.

## **4.5 – Padrões Térmicos Oceânicos**

### **4.5.1 – Características Pluviométricas em Alagoas – Evento El Niño**

#### **4.5.1.1 – Distribuição Pluviométrica Interanual**

A composição de anos com ocorrência de evento El Niño totalizou 24 anos, definidos de acordo com o estabelecido no item 3.3.4.1 e descritos na Tabela 5. A Figura 36 apresenta a forma como a precipitação se apresenta interanualmente para esta composição, no estado de Alagoas, em função de seus Índices de Anomalia de Precipitação – IAP (Índice

regional). A maior parte dos anos de ocorrência de evento El Niño (66,6%) apresenta-se com valores negativos em seus IAP's, ou seja, 16 anos do total de 24 anos dessa composição. A redução média na precipitação para esses anos foi de 16,2% em relação a normal, com intervalo entre 2,5% e 41,8%. Os índices positivos apresentaram-se apenas em 8 (oito) anos ou em 33,4% dos anos de ocorrência de evento El Niño. No entanto, o valor percentual médio de acréscimo de precipitação para esses anos não deve ser desprezado, visto que atingiu 14,1%, com intervalo entre 2% e 36,7%. Portanto, nota-se que a influência deste evento na precipitação em Alagoas atua tanto em sua frequência como na magnitude da redução pluviométrica. Isso demonstra considerável influência das alterações dos padrões da circulação atmosférica, características de anos de ocorrência de evento El Niño, na precipitação local, causando-lhe anomalias negativa de precipitação na maioria dos anos de sua ocorrência. Resultados semelhantes também foram encontrados para o estado de Sergipe, conforme estudos de Souza & Netto (2000). Observa-se, portanto, que não só o setor norte e semi-árido do NEB, conforme estudos, é atingido pela redução pluviométrica nesses anos.

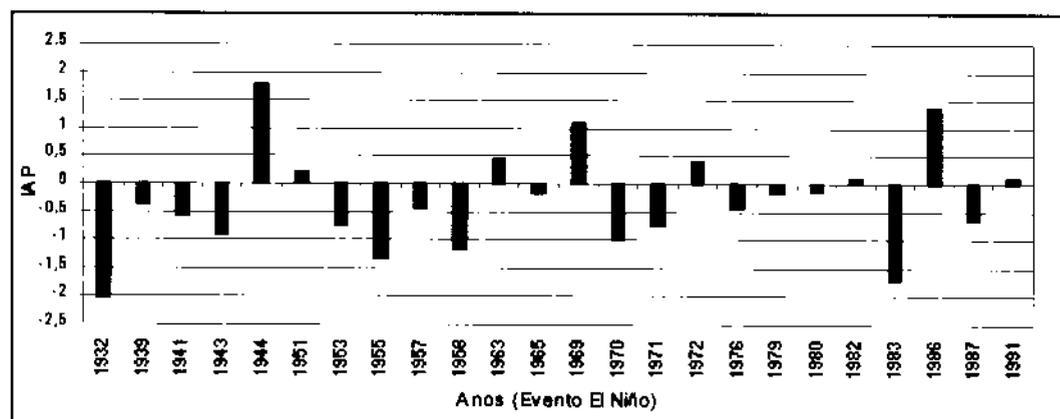


Figura 36. Índice de Anomalia da Precipitação (IAP) interanual, no estado de Alagoas, para a composição de anos com ocorrência de evento El Niño.

Observa-se na Tabela 12 que há um predomínio para anos de ocorrência de evento El Niño classificados como Muito Seco, ou seja, dos 16 anos da composição com precipitação média anual apresentando IAP negativo, 50% apresentaram-se como Muito Seco e o anos restante classificados de Normal (18,8%) à Seco (31,2%). Quando são analisados os anos com IAP positivo para esta composição, observa-se que dos 8 que apresentaram esses índices 37,5% dos anos foram classificados como Normal, 25% dos anos como Chuvoso e 37,5% como Muito Chuvoso. A Tabela 13 apresenta os valores percentuais dos anos, em relação ao total desta composição, classificados em cada uma das categorias. De modo geral

nota-se o predomínio para ocorrência de anos classificados como Seco a Muito Seco (54,1%) sobre os classificados como normal (25%) e de Chuvoso à Muito Chuvoso (20,8%). Isso indica a grande influência que o padrão atmosférico anômalo, verificado durante os anos de ocorrência de episódios El Niño exerce sobre a precipitação deste setor do NEB.

Tabela 12. Classificação dos anos integrantes da composição de anos de ocorrência de evento El Niño nas categorias: Muito Seco, Seco, Normal, Chuvoso e Muito chuvoso.

<b>Classificação</b>	<b>Anos de Evento El Niño</b>
Muito Seco	1932; 1943; 1953; 1955; 1958; 1970; 1971; 1983
Seco	1939; 1941; 1957; 1976; 1987
Normal	1951; 1965; 1979; 1980; 1982; 1991
Chuvoso	1963; 1972
Muito Chuvoso	1944; 1969; 1986

Tabela 13 Percentual de ocorrência de anos classificados nas categorias: Muito Seco, Seco, Normal, Chuvoso e Muito Chuvoso, para composição de eventos El Niño.

<b>Total de Eventos</b>	<b>Classificação</b>	<b>Percentual de ocorrência</b>
24	Muito Seco	33,3 %
	Seco	20,8%
	Normal	25,0%
	Chuvoso	8,3%
	Muito Chuvoso	12,5%

#### 4.5.1.2 - Distribuição Espacial da Precipitação Média Anual

A Figura 37 apresenta a distribuição espacial da precipitação média anual em Alagoas e a Figura 38 a distribuição média para a composição de anos de evento El Niño. Ao compararmos ambas, observa-se que, de um modo geral, a forma como a precipitação se distribui ou sua configuração espacial ao longo da região é similar. Ou seja, as regiões de máxima e mínima precipitação média anual, além do elevado gradiente pluviométrico entre setores de leste para oeste do Estado. Conforme discutido nos itens anteriores, nota-se a diferença pluviométrica em toda a região estudada com relação a seus valores quantitativos. Todas as cidades representativas dos postos observados apresentaram redução em seus valores médios anuais de precipitação (Quadro 4, em Apêndice), com exceção para pequena área localizada em torno do posto de Matriz de Camaragibe, no extremo norte do litoral

(microrregião 117). Possivelmente isso ocorre em virtude do padrão de circulação local e efeitos topográficos da região. Esta microrregião apresenta característica diferente das demais da faixa litorânea do Leste alagoano, ou seja apresenta média anual inferior quando comparadas as demais.

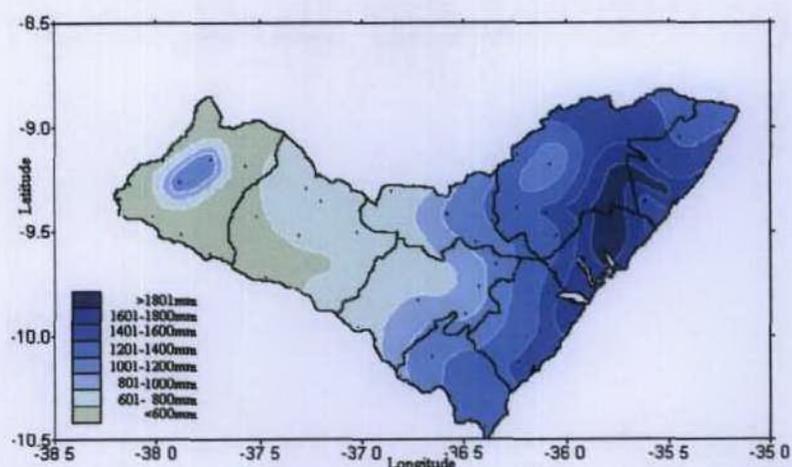


Figura 37. Distribuição espacial dos campos médios da precipitação anual em Alagoas (1931-1991).

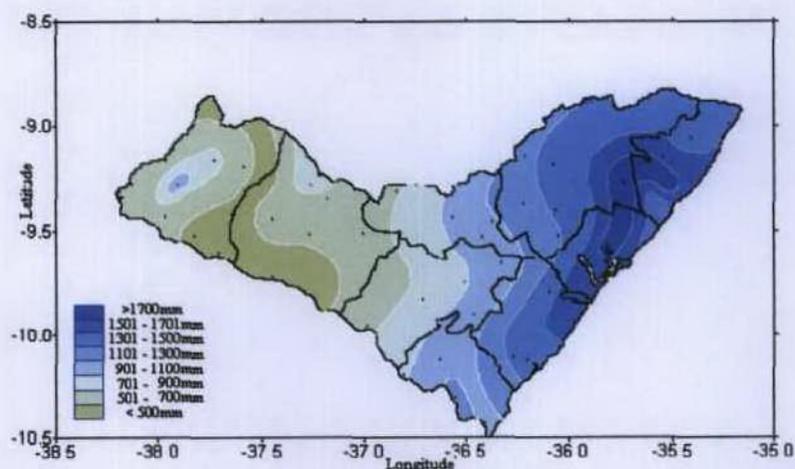


Figura 38. Distribuição espacial dos campos médios da precipitação anual em Alagoas, para a composição de eventos El Niño.

Nota-se ainda, através da comparação das referidas Figuras, a expansão dos campos médios de precipitação anual com valores reduzidos em Alagoas para a composição de anos com evento El Niño. O Leste alagoano apresenta campo de precipitação média anual entre 1201mm e 1800mm, na maior parte da mesorregião ao passo que para a composição de eventos EL Niño este valor cai para o intervalo entre 1101mm e 1700mm. Para o Agreste observa-se campos médios com valores entre 601mm e 1200mm, enquanto para a composição este valor é reduzido para valores entre 501mm e 1100mm. Já para o Sertão, identificamos

campos de precipitação média anual, na maioria da região, com valores entre 601mm e 800mm, enquanto para a composição em estudo os valores apresentam-se abaixo dos 500mm e atingindo apenas os 700mm. Para os anos de ocorrência de evento El Niño os totais médios anuais decrescem em até 210mm em algumas localidades do Estado, com valor médio da redução pluviométrica anual próximo aos 94,0mm.

Com esses resultados acredita-se que nos anos de ocorrência de eventos El Niño a alteração no padrão da circulação atmosférica de grande escala afete de modo significativo os padrões de mesoescala e circulação local, além do que, de acordo com as avaliações das características de tempo e clima do passado, os eventos El Niño apresentam um padrão mais consistente e que, possivelmente, possa inibir ou alterar a influência conhecida, em alguns setores, de alguns efeitos da circulação local.

#### 4.5.1.3 – Distribuição Espacial dos Desvios Percentuais

A Figura 39 mostra a distribuição espacial dos desvios percentuais médios anuais da precipitação para a composição de eventos El Niño, em relação a média anual histórica. Analisando o conjunto verifica-se, detalhadamente, as regiões que sofreram redução de seus quantitativos pluviométricos anuais médios em Alagoas. Observa-se que para a maioria dos postos pluviométricos em Alagoas, considerados em anos que ocorre o fenômeno El Niño, há uma tendência para um déficit na precipitação anual, exceto pequenas áreas situadas na microrregião 117, onde foi verificada a ocorrência de desvios positivos, conforme já discutido. Os maiores desvios negativos apresentam-se no interior do Estado principalmente em áreas do Sertão alagoano.

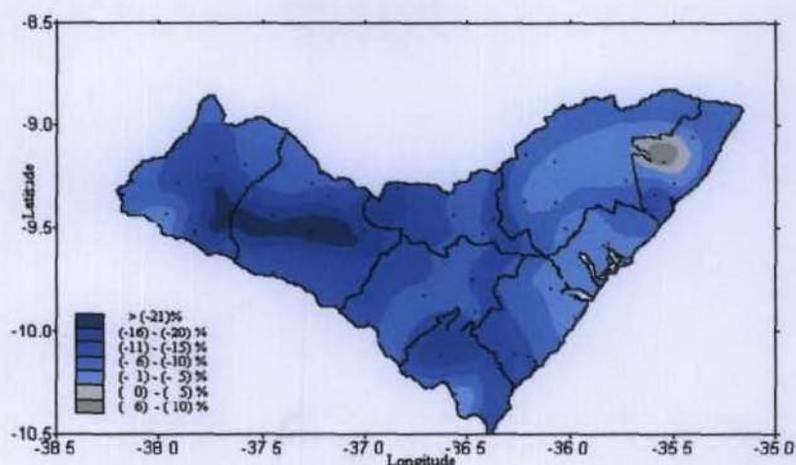


Figura 39. Distribuição espacial dos campos médios dos desvios percentuais da precipitação anual, em relação à média histórica, para a composição de eventos El Niño.

#### 4.5.1.4 – Distribuição Intranual da Precipitação

Através da Figura 40, observa-se os desvios percentuais médios intranual (janeiro – dezembro) da precipitação para a composição de anos de ocorrência de evento El Niño para o estado de Alagoas. Da análise da distribuição intranual verifica-se que 8 meses apresentaram-se com desvios pluviométricos negativos. O mês de dezembro indica o maior desvio negativo (14,6%) e outubro o maior desvio positivo (14,4%). Considerando a média cumulativa para o quadrimestre chuvoso (abril – julho) identificamos desvios negativos na ordem de 9,6%. Para o quadrimestre seco (outubro – janeiro) foram identificados desvios positivos de apenas 1,2%. Nota-se, então, um maior déficit pluviométrico concentrado nos meses de outono – inverno, que representa o período de chuvas em Alagoas. Para a composição de anos com eventos El Niño a média anual apresenta-se com desvios negativos na ordem 6,1% de redução pluviométrica.

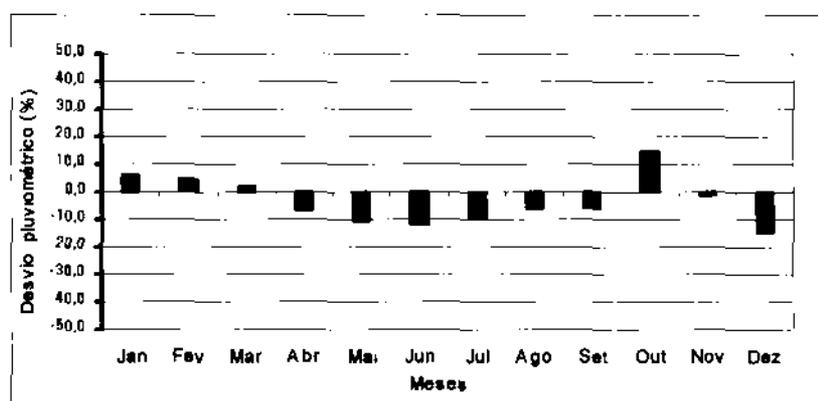


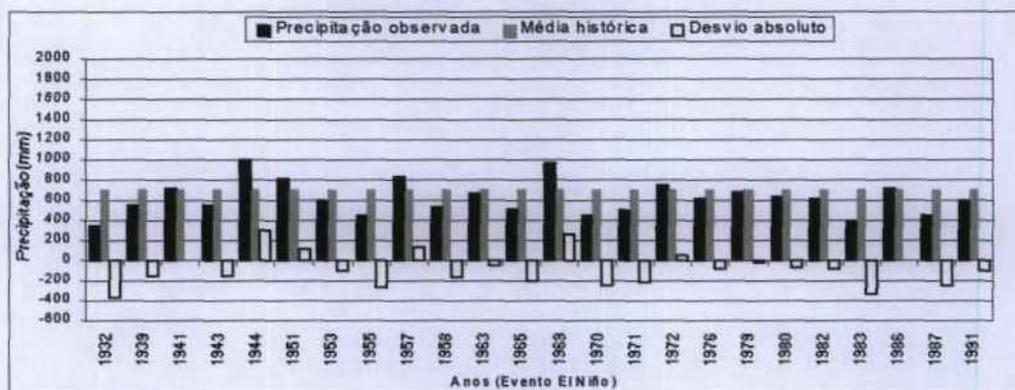
Figura 40. Desvio percentual da precipitação intranual (Janeiro – Dezembro), no estado de Alagoas, para a composição de eventos El Niño.

#### 4.5.1.5 – Pluviometria nas Mesorregiões e Microrregiões – Evento El Niño

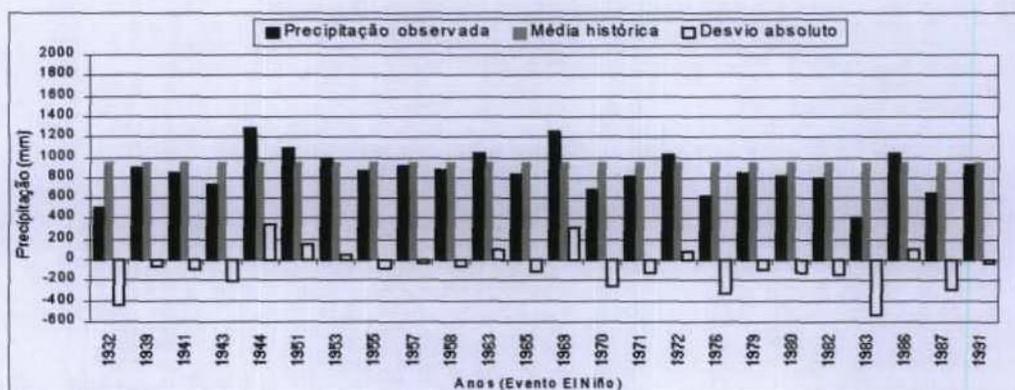
##### 4.5.1.5.1 – Mesorregiões

Com base na Figura 41 (a,b,c) e Tabela 14, nota-se a influência média observada para a composição dos anos de ocorrência de evento El Niño na precipitação média anual das mesorregiões de Alagoas. A Figura 41-a refere-se a essa influência para a mesorregião do Sertão alagoano. Com base nessa e na Tabela 14 é observada a predominância de desvios negativos da precipitação (17 em 24 anos) na ordem de 24,8% em relação a média histórica dessa mesorregião alagoana. Verifica-se que os valores mais expressivos ocorreram nos anos

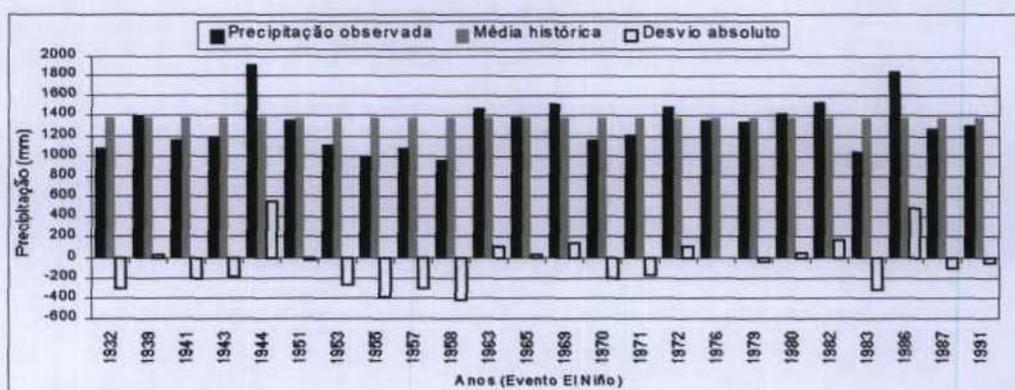
1932, 1955, 1970, 1983 e 1987. O menor desvio negativo foi de 2,2% (1979) e o maior de 50,8% (1932). Entretanto, foram verificados desvios positivos de precipitação em 7 dos 24 anos de ocorrência de evento El Niño, destacando-se os anos de 1944 e 1969 com desvios positivos de 42,3% e 36,9%, respectivamente. O menor desvio positivo foi de 0,8% (1941) e o maior de 42,3% (1944).



a) Sertão alagoano



b) Agreste alagoano



c) Leste alagoano

Figura 41. Precipitação média anual (mm) e desvio absoluto (mm) observados para a composição de eventos El Niño, em relação a média histórica, para as mesorregiões: a) Sertão alagoano; b) Agreste alagoano; c) Leste alagoano.

Tabela 14. Distribuição dos desvios negativos e positivos nas mesorregiões alagoanas.

Desvio	Nº de ocorrência nas Mesorregiões		
	Sertão	Agreste	Leste
Negativo	17	17	14
Positivo	7	7	10

Para a mesorregião do Agreste alagoano observa-se, através da Figura 41-b e da Tabela 14, que a predominância de desvios negativos é mantida, ou seja, também em 17 dos 24 anos de ocorrência de eventos El Niño analisados. A média desses desvios é de 18,8% em relação à média histórica do Agreste alagoano. Os valores mais expressivos ocorreram nos anos 1932, 1970, 1976, 1983 e 1987. O menor desvio negativo foi de 2,5% (1991) e o maior de 56,3% (1983). Os desvios positivos da precipitação observados para essa mesorregião foram verificados em 7 dos 24 anos de ocorrência de evento El Niño (Tabela 14), onde destaca-se os anos de 1944 e 1969 com desvios positivos de 35,6% e 33,0%, respectivamente. O menor desvio positivo foi de 4,5% (1953) e o maior de 35,6% (1944).

Já para a mesorregião do Leste alagoano nota-se pequena diferença em relação as duas mesorregiões já observadas. Através da Figura 41-c e Tabela 14, verifica-se que embora predominante na maioria dos anos os desvios negativos apresentaram-se em um número inferior de anos, ou seja, 14 anos dos 24 anos da composição. A média desses desvios também é menor que a do Sertão e Agreste ou de 14,5% em relação à média histórica do Leste alagoano. Os anos que apresentaram os valores mais expressivos foram 1932, 1955, 1957, 1958 e 1983. O menor desvio negativo foi de 1,1% (1976) e o maior de 30,2% (1958). Logicamente os desvios positivos da precipitação observados para essa mesorregião ocorreram em 10 dos 24 anos de ocorrência de evento El Niño. Destacamos os anos de 1944 e 1986 com desvios positivos de 40,1% e 35,3%, respectivamente. O menor desvio positivo foi de 1,4% (1965) e o maior de 40,1% (1944).

Comparando os resultados observados entre as mesorregiões do Sertão, Agreste e Leste, verifica-se (Tabela 15) como os desvios negativos e positivos da precipitação para a composição em estudo se distribui de forma simultânea entre as mesorregiões do Sertão, do Agreste e do Leste alagoano. Nota-se, portanto, que em 45,8 % dos anos de ocorrência do evento El Niño a precipitação registrou valores abaixo da média histórica simultaneamente nas três mesorregiões, ou seja, nos anos 1932, 1943, 1955, 1958, 1970, 1971, 1976, 1979, 1983, 1987, 1991. Já entre o Sertão e Agreste, Sertão e Leste e Agreste e Leste ocorre esse

fato respectivamente em 16,6% (1939, 1965, 1980, e 1982); 4,2 % (1953) e 8,4 % (1941 e 1957) do período dessa composição. Para os desvios positivos observa-se ocorrer simultaneamente em 16,6 % para as três mesorregiões (1944, 1969, 1972, 1986) e em 4,2% tanto para o Sertão e Agreste (1951) como para o Sertão e Leste (1963).

Tabela 15. Distribuição dos desvios negativos e positivos, quanto a ocorrência simultânea entre as mesorregiões alagoanas, para composição de eventos El Niño.

Desvio	Nº de ocorrência simultânea entre as Mesorregiões			
	Sertão x Agreste x Leste	Sertão x Agreste	Sertão x Leste	Agreste x Leste
<b>Negativo</b>	11 (1932, 1943, 1955, 1958, 1970,) (1971, 1976, 1979, 1983, 1987,) (1991)	4 (1939, 1965, 1980,) (1982)	1 (1953)	2 (1941, 1947)
<b>Positivo</b>	4 (1944, 1969, 1972, 1986)	1 (1951)	1 (1963)	0

#### 4.5.1.5.2 – Microrregiões

Nota-se na Figura 42 que todas as nove microrregiões apresentaram-se com redução em sua precipitação média anual em relação a média histórica, para os anos da composição de ocorrência de evento El Niño. As microrregiões 113, 114 (ambas no Sertão) e 118 (Agreste) apresentaram os maiores desvios negativos em relação a média histórica anual, ou 12,4%, 11,7% e 10,8%, respectivamente. As microrregiões do Leste alagoano apresentaram os menores desvios (entre 1,3% e 7,9%) com a microrregião 120 sendo identificada com o menor desvio negativo (1,3%). Observa-se que as microrregiões que apresentam historicamente as menores médias anuais registraram os maiores desvios negativos em sua precipitação anual para a composição, confirmando a situação oposta com a microrregião 120 (Leste), que apresenta a maior média anual e o menor desvio negativo.



Figura 42. Precipitação média anual (mm) observada para a composição de eventos El Niño, em relação e média histórica, para as microrregiões alagoanas.

## 4.5.2 – Características Pluviométricas em Alagoas – Evento La Niña

### 4.5.2.1 – Distribuição Pluviométrica Interanual

Para a composição de anos com ocorrência de evento La Niña, de 1931 a 1991, foram identificados 15 anos, segundo os critérios estabelecidos no item 3.3.4.1 (Tabela 5).

Através da Figura 43, observa-se a forma como a precipitação se mostra interanualmente para esta composição no estado de Alagoas (índice regional), baseada em seus IAP's. Nota-se que a maior parte dos anos de ocorrência de evento La Niña (53,3%) indica valores positivos em seus índices, ou seja, 8 anos do total de quinze dessa composição. A precipitação no estado de Alagoas, para esses anos, apresentou um acréscimo percentual médio na ordem de 23,7% em relação a normal, com intervalo entre 4,8% e 46,5%. Quanto aos IAP's negativos, apresentaram-se em 7 (sete) anos, equivalentes a 46,7% dos anos de ocorrência de evento La Niña. O valor percentual médio da redução de precipitação no estado de Alagoas para esses anos chegou aos 15,5% em relação a normal, com intervalo entre 5,7% e 23,3%. Observa-se, portanto, que a vantagem de anos apresentando índices normalizados com valores positivos é pequena em relação ao oposto. Ou seja, a influência do La Niña com relação a freqüência de ocorrência de anos com precipitação acima da normal não é tão marcante. No entanto, com relação a magnitude dos valores de seus índices normalizados positivos é bastante considerável. Netto & Souza (2000) estudando a influência do fenômeno La Niña no período chuvoso do estado de Sergipe, concluiu que em anos de eventos La Niña a precipitação tende a se manter, também, acima da normal climatológica.

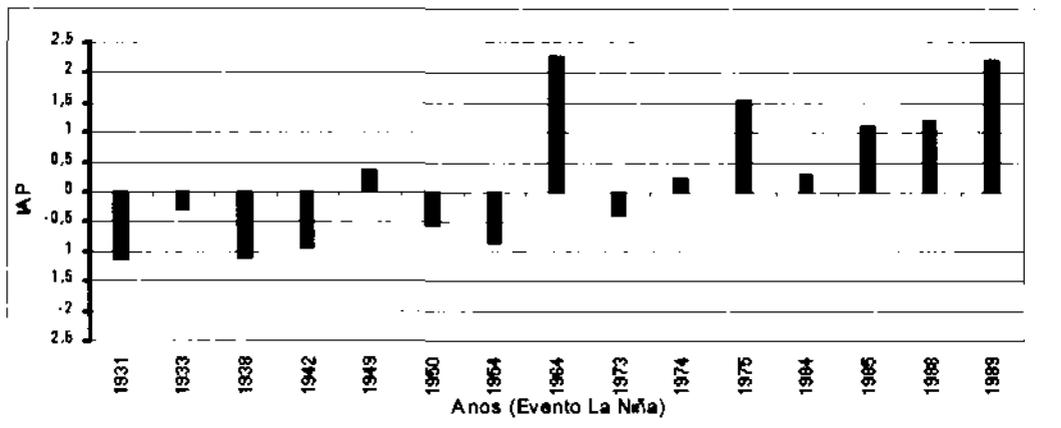


Figura 43. Índice de Anomalia da precipitação (IAP) interanual, no estado de Alagoas, para a composição de anos com ocorrência de evento La Niña.

Através da Tabela 16 observa-se a classificação desses anos para o estado de Alagoas (índice para todo o Estado), definidos em uma das cinco categorias estabelecidas

para a distribuição do IAP. Verifica-se que há uma pequena vantagem para anos de ocorrência de evento La Niña classificados como Muito Chuvoso. Dos 8 anos da composição com precipitação média anual apresentando índices positivos, 62,5% apresentaram-se como Muito Chuvoso. Os anos classificados como Normal ocorreram em 25,0% e, como Chuvoso, em 12,5% desses anos com índices positivos. Pela análise dos anos com índices negativos para essa composição, observa-se que dos 7 anos que apresentaram esses índices a maioria (57,1%) dos anos foram classificados como Muito Seco. Dos outros anos com índices negativo, 28,6% apresentaram-se como Seco e 14,3% como Normal. Já a Tabela 17 apresenta os valores percentuais dos anos, em relação ao total dessa composição, classificados em cada uma das categorias. Nota-se que não há diferença percentual para ocorrência de anos classificados de Chuvoso a Muito Chuvoso sobre os anos classificados de Seco a Muito Seco, pois para ambas situações verifica-se 40,0% de ocorrência. No entanto, os anos classificados como Muito Chuvoso representaram ser de maior ocorrência ou 33,3% do total dos anos da composição. Já os anos classificados como Normal representaram 20,0% do total.

Tabela 16. Classificação dos anos integrantes da composição de anos de ocorrência de evento La Niña nas categorias: Muito Seco, Seco, Normal, Chuvoso e Muito chuvoso.

<b>Categoria</b>	<b>Anos de Evento La Niña</b>
Muito Seco	1931; 1938; 1942; 1954
Seco	1950; 1973
Normal	1933; 1974; 1984
Chuvoso	1949
Muito Chuvoso	1964; 1975; 1985; 1988; 1989

Tabela 17. Percentual de ocorrência de anos classificados nas categorias: Muito Seco, Seco, Normal, Chuvoso e Muito Chuvoso, para a composição de eventos La Niña.

<b>Total de Eventos</b>	<b>Categoria</b>	<b>Percentual de ocorrência</b>
15	Muito Seco	26,7 %
	Seco	13,3%
	Normal	20,0%
	Chuvoso	6,7%
	Muito Chuvoso	33,3%

#### 4.5.2.2 – Distribuição Espacial da Precipitação Média Anual

Através da análise comparativa entre a Figura 44 e Figura 37, nota-se semelhança na configuração da distribuição espacial da precipitação média anual entre elas. As regiões de máxima e mínima precipitação média anual, como também o elevado gradiente pluviométrico entre setores de leste e oeste do Estado se apresentam de forma análoga. A diferença consiste, como observado nos itens anteriores, no acréscimo pluviométrico da precipitação média anual, em todos os setores do Estado (Quadro 5, em Apêndice), para a composição de anos de evento La Niña. No entanto, verifica-se uma redução nos valores pluviométricos médio em cinco postos e entre eles os de Matriz de Camaragibe, Porto Calvo e S. Luiz do Quitunde, localizados na microrregião 117 (Leste). Conforme destacamos, quando analisa-se a distribuição espacial da precipitação média anual para os anos da composição de evento El Niño, esta microrregião apresenta-se historicamente com precipitação média anual inferior, quando comparadas as demais da faixa litorânea e, provavelmente esse fato ocorra em virtude do padrão da circulação local e efeitos topográficos, confirmando, a partir dessa redução pluviométrica observada para composição de anos de La Niña, possuir este setor características peculiares quanto aos efeitos da circulação local e topográficos em sua precipitação média anual. Os outros postos com médias anuais reduzidas para essa composição é Penedo e Junqueiro, microrregião 121 (Leste) e 118 (Agreste), respectivamente.

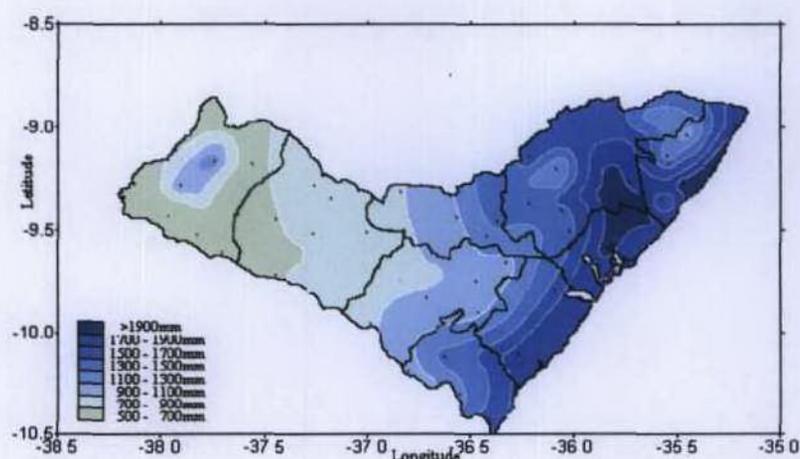


Figura 44. Distribuição espacial dos campos médios da precipitação anual em Alagoas, para composição de eventos La Niña.

De modo geral, para anos de ocorrência de evento La Niña, confirma-se a tendência de acréscimo pluviométrico em Alagoas. É notória a expansão, em Alagoas, dos campos médios de precipitação anual com valores acrescidos, em relação a climatologia, para

a composição de anos com evento La Niña. Historicamente, a maior parte do Leste alagoano apresenta campo de precipitação média anual entre 1201mm e 1800mm, ao passo que para a composição de eventos La Niña o valor deste campo aumenta para intervalos entre 1501mm e 1900mm, com algumas áreas ultrapassando os 1900mm anuais. Já para o Agreste, observa-se para a média histórica campos com valores entre 601mm e 1200mm. Já para essa composição os campos apresentam-se com valores aumentados ou entre 701mm e 1500mm, em alguns pontos. Enquanto para o Sertão os campos de precipitação média anual, na maioria da região, não alcançam os 600mm, atingindo apenas em alguns pontos, os 800mm, para a composição em estudo os valores chegam aos 900mm. Os totais médios anuais para os anos de ocorrência de evento La Niña aumentam em até 394mm em algumas localidades do Estado, com valor médio desse acréscimo pluviométrico anual próximo aos 150mm.

#### 4.5.2.3 – Distribuição Espacial dos Desvios Percentuais

Através da Figura 45, observa-se a distribuição espacial dos desvios percentuais médios anuais da precipitação para a composição de eventos La Niña em relação a média anual histórica. Verifica-se que desvios positivos são registrados na maior parte do Estado, com exceção para cinco núcleos com desvios negativos (Porto Calvo, Matriz do Camaragibe, S. Luiz do Quitunde, Penedo, no Leste alagoano e Junqueiro, no Agreste alagoano). Nota-se, portanto, ao se considerar a composição de anos com evento La Niña, a tendência para ocorrência de precipitação anual com valores acima da média.

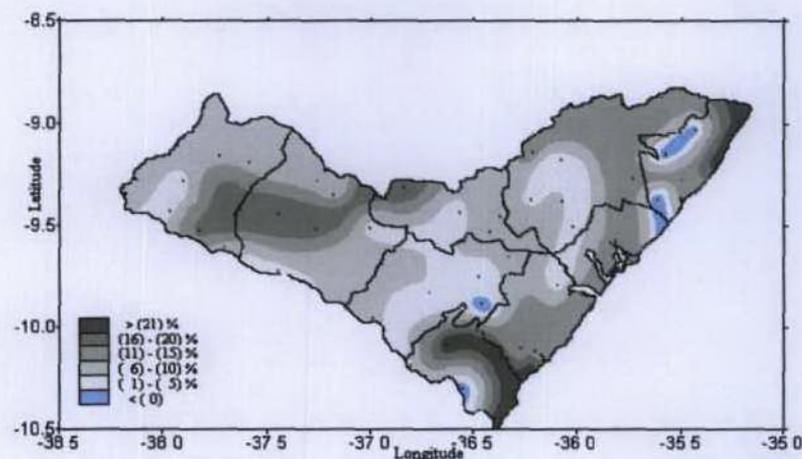


Figura 45. Distribuição espacial dos campos médios dos desvios percentuais da precipitação anual, em relação a média histórica, para composição de eventos La Niña.

#### 4.5.2.4 – Distribuição Intranual Pluviométrica

A distribuição intranual (janeiro – dezembro), através da Figura 46, mostra que 8 meses apresentaram-se com desvios pluviométricos positivos. A média para o mês de abril para essa composição de anos registrou o maior desvio positivo (27,5%) e fevereiro o maior desvio negativo (17,4%). Ao ser analisada a média dos desvios acumulativamente para o quadrimestre chuvoso (abril – julho), identifica-se desvio positivo na ordem de 12,5%. Para o quadrimestre seco (outubro – janeiro) foram identificado desvio negativo, porém de pequena magnitude (0,4%). Como para a composição de evento de El Niño, também foram registradas maiores anomalias concentradas nos meses de outono-inverno, período esse representativo da época chuvosa na região, no entanto, com sinal oposto àquela composição, ou seja excesso de precipitação em relação a média climatológica. Para a composição de anos com evento La Niña a média anual em Alagoas apresenta-se com desvios positivos na ordem de 5,5%

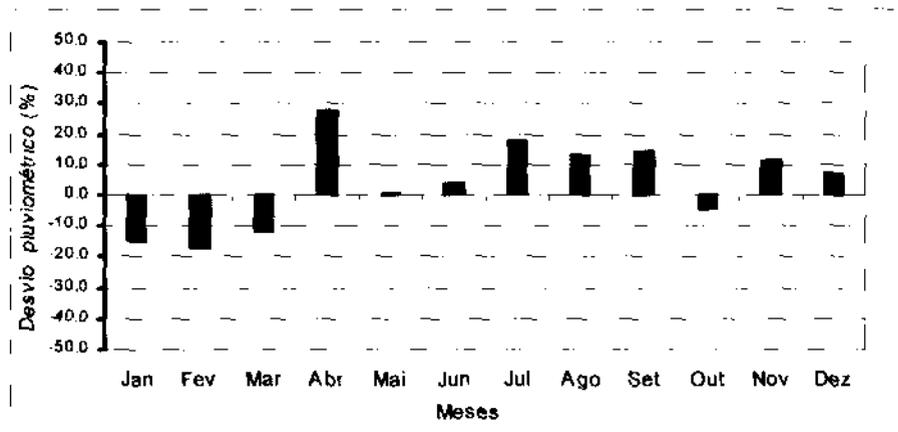


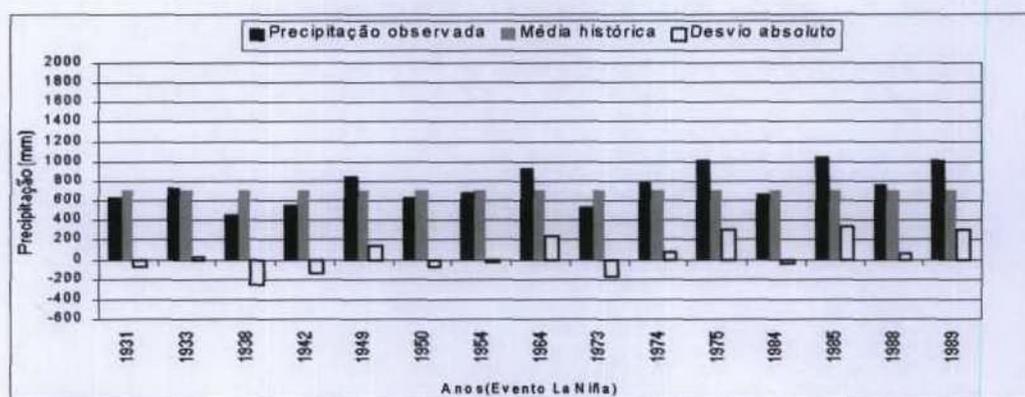
Figura 46. Desvio percentual da precipitação intranual (Janeiro – Dezembro), no estado de Alagoas, para a composição de eventos La Niña.

#### 4.5.2.5 – Pluviometria das Mesorregiões e Microrregiões – Evento La Niña

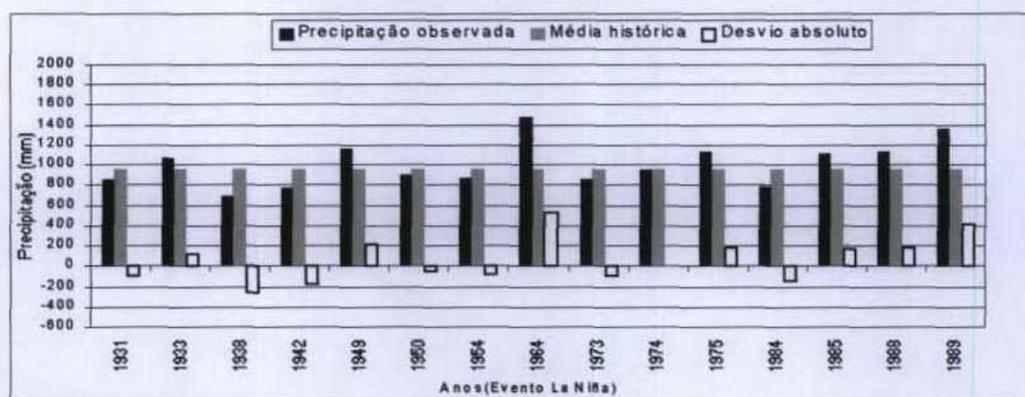
##### 4.5.2.5.1 – Mesorregiões

A influência média observada dos eventos La Niña na precipitação anual das mesorregiões de Alagoas pode ser observada através da Figura 47 (a,b,c) e Tabela 18, tendo como base a composição dos anos de ocorrência de evento La Niña. A Figura 49-a mostra como se apresenta a precipitação na mesorregião do Sertão alagoano. Com base nessa e na Tabela 18 é observada a predominância de desvio positivo da precipitação (8 em 15 anos) na ordem de 28,5% em relação à média histórica dessa mesorregião alagoana. Os valores mais

expressivos ocorreram nos anos 1964, 1975, 1985, 1989. O menor desvio positivo registrado foi de 4,6% (1933) e o maior de 47,8% (1985). Também foram verificados desvios negativos de precipitação em 7 dos 15 anos de ocorrência de evento El Niño, destaque se faz aos anos de 1938 e 1973 com desvios de -35,2% e -23,6%, respectivamente. Dos anos com desvios negativos, 1954 registrou o menor valor ou -3% e 1938 o maior valor, ou -35,2% (1938).



a) Sertão alagoano



b) Agreste alagoano



c) Leste alagoano

Figura 47. Precipitação média anual (mm) e desvio absoluto (mm) observados para a composição de eventos La Niña, em relação a média histórica, para as Mesorregiões: a) Sertão alagoano; b) Agreste alagoano; c) Leste alagoano.

Tabela 18. Distribuição dos desvios negativos e positivos nas mesorregiões alagoanas.

Desvio	Nº de ocorrência nas Mesorregiões		
	Sertão	Agreste	Leste
Negativo	7	7	6
Positivo	8	8	9

Nota-se, para a mesorregião do Agreste alagoano (Figura 47-b e Tabela 18), que a predominância de desvios positivos é mantida, ou seja, ocorre em 8 dos 15 anos desse evento. A média desses desvios é de 24,0% em relação à média histórica dessa mesorregião. Os valores com maior significado ocorreram nos anos 1964 e 1989. O desvio positivo de menor magnitude foi de 0,1% (1974) e o de maior de 55,7% (1964). Já os desvios negativos da precipitação para essa mesorregião ocorreram em 7 dos 15 anos de ocorrência de evento La Niña, com destaque para os anos de 1938 e 1942, com valores de 27,7% e 18,5%, respectivamente. O menor desvio negativo foi de 4,0% (1950) e o maior de 27,7% (1938).

Já para a mesorregião do Leste alagoano, nota-se (Figura 47-c e Tabela 18) que ocorre uma maior predominância de anos com desvio positivo, pois apresentam-se em um número superior, quando comparados aos resultados do Sertão e Agreste, ou seja, em 9 dos 15 anos da composição. A média desses desvios também é inferior a do Sertão e Agreste ou de 19,3% em relação à média histórica do Leste alagoano. Os anos com valores com maior representatividade foram 1964, 1975 e 1989. O menor desvio positivo foi de 0,1% (1973) e o maior de 40,7% (1964). O desvios negativos da precipitação, observados para essa mesorregião ocorreram em 6 dos 15 anos de ocorrência de evento La Niña, destacando-se os anos de 1931 e 1954 com desvios negativos de 24,4% e 24,6%, respectivamente. O menor desvio negativo foi de 4,9% (1933) e o maior de 24,6% (1954).

Através da Tabela 19 verifica-se a forma como os desvios negativos e positivos da precipitação, para a composição em estudo, se distribui simultaneamente entre as mesorregiões do Sertão, do Agreste e do Leste alagoano. Quando é feita uma análise comparativa entre as mesorregiões observa-se que o Sertão, Agreste e Leste apresentam entre si grande semelhança, com os anos com desvios positivos (1949, 1964, 1974, 1975, 1985, 1988 e 1989) e com desvios negativos (1931, 1938, 1942, 1950 e 1954). Entre duas mesorregiões, apenas entre o Sertão e Agreste encontra-se semelhança com o ano de 1933 com desvio positivo. Já com desvio negativo simultâneos entre Sertão e Agreste encontramos os anos de 1973 e 1984. Dessa forma, em 46,6% dos anos da composição com ocorrência de evento La Niña indicaram, a partir dessas análises pluviométrica, uma influência mais

homogênea dos padrões atmosféricos formados em virtude desse evento sobre a precipitação das mesorregiões do Sertão, Agreste e Leste alagoano, provocando simultaneamente precipitação acima da média histórica. Para a ocorrência simultânea de desvio negativo nas três mesorregiões observa-se em 33,3% dos casos.

Tabela 19. Distribuição dos desvios negativos e positivos, quanto a ocorrência simultânea entre as mesorregiões alagoanas, para a composição de eventos La Niña.

Desvio	Nº de ocorrência simultânea entre as Mesorregiões			
	Sertão x Agreste x Leste	Sertão x Agreste	Sertão x Leste	Agreste x Leste
<b>Negativo</b>	5 (1931, 1938, 1942, 1950, 1954)	2 (1973, 1984)	0	0
<b>Positivo</b>	7 (1949, 1964, 1974, 1975, 1985, 1988, 1989)	1 (1933)	0	0

#### 4.5.2.5.2 - Microrregiões

Todas as microrregiões de Alagoas apresentaram suas médias anuais pluviométricas para a composição de anos de evento La Niña com valores acima da média histórica (Figura 48). As microrregiões 120 e 121 do Leste alagoano apresentaram os maiores desvios positivos, ou 9,0%, 9,6%, respectivamente. Entretanto, a microrregião 117, também no Leste, registrou o menor desvio positivo (0,6%) da precipitação anual para essa composição entre todas as microrregiões do Estado. Observa-se que as microrregiões que apresentam historicamente as maiores médias anuais, ou seja, as localizadas no Leste alagoano registraram desvios positivos superiores quando comparados aos das microrregiões localizadas no Sertão e Agreste alagoano.



Figura 48. Precipitação média anual (mm) observada para a composição de eventos La Niña, em relação e média histórica, para as microrregiões alagoanas.

#### 4.5.3 - Análise da Influência de eventos El Niño e La Niña na Precipitação em Alagoas

Da análise dos resultados obtidos percebe-se que a configuração da circulação atmosférica formada a partir dos padrões térmicos das águas do oceano Pacífico, com explanação detalhada nos itens 2.6.1-2.6.3, parece exercer uma influência na precipitação no estado de Alagoas. Porém, de forma peculiar, levando-se em conta as características de seu relevo e sua localização em relação as áreas de origem dos sistemas indutores de precipitação que, provocado pelo padrão da circulação atmosférica de grande escala, acima referido, convergem para seu território. Encontrando-se na parte centro-leste do NEB, a qual possui um quadro pluviométrico diferenciado quando comparado ao setor norte e semi-árido nordestino, como citado nos itens 1 e 2.4, o estado de Alagoas, que atinge apenas a distância de 330 Km aproximados a oeste da região litorânea, apresenta características pluviométricas diferenciadas, tanto para a composição de anos de evento El Niño como para a composição de anos de evento La Niña.

As anomalias que ocorrem sobre o NEB e que foram identificadas neste estudo são associadas principalmente ao deslocamento da célula de Walker para leste (Figura 7-b). As regiões que ficam sob a ação do ramo descendente dessa célula, certamente experimentam redução pluviométrica nos anos de El Niño (Kousky et al., 1984). Cavalcanti (1996) cita que em um estudo realizado entre os anos de 1991 a 1993, período do episódio El Niño estendido de 1990 a 1994, indicou a existência de algumas características consideradas anômalas para sistemas que influenciam a precipitação do NEB, como por exemplo os vórtices ciclônicos em altos níveis que atuaram no verão não causaram precipitação; a ZCIT se apresentou com fraca intensidade, não se deslocando para o sul, de fevereiro a abril, como é normal e por fim a maioria dos sistemas frontais não se deslocou para norte com intensidade suficiente para atingir latitudes mais baixas.

Para o estado de Alagoas os resultados para os anos de El Niño mostraram que a precipitação foi reduzida em todas as microrregiões, com mais da metade dos anos classificados como Seco e Muito seco, no entanto, os desvios são menores à medida que as microrregiões estão localizadas mais a leste, ou mais próximas do litoral. Como o estudo da precipitação local definiu que seus valores anuais historicamente decrescem de leste para oeste, ressalvadas as situações de acréscimo pluviométrico por efeitos tipicamente topográficos, a ação do evento El Niño se mostrou mais forte nas áreas mais secas do Estado (mesorregiões do Sertão e Agreste). Pode-se supor que os sistemas indutores de precipitação, provinientes do oceano, não teriam, nesses anos, intensidade e frequência suficientes para produzir os níveis normais de precipitação nas microrregiões do Leste, como também seu

avanço para o interior do Estado, impossibilitando a soma de sua ação com a ação de sistemas de intensidade e frequência bem menor, característicos das áreas do Agreste e principalmente Sertão. Dessa forma, a precipitação nas regiões mais secas sofreu um déficit maior nos índices pluviométricos para anos de Evento El Niño. Alguns anos, entretanto, apresentaram-se com acréscimo de precipitação nas três mesorregiões. Salientamos, porém, que embora períodos de El Niño estejam associados à grande probabilidade de chuvas abaixo do normal, para o estado Alagoas é importante ressaltar que isso não significa necessariamente seca. A ocorrência ou não depende da intensidade do fenômeno, como também de outras condições da Circulação Geral Atmosférica e locais.

*Quanto a influência na precipitação intranual (janeiro-dezembro) observa-se uma déficit pluviométrico contínuo de abril a setembro, o que confirma a redução pluviométrica em época de atuação de sistemas de leste, como também de incursões de sistemas frontais que penetram profundamente nos subtropicais e provocam chuva na costa Leste do NEB, principalmente quando atuam em conjunto com a ZCIT.*

A importância do avanço dos sistemas frontais em direção às baixas latitudes bem como sua interação com outros sistemas de chuva para o NEB são, sem dúvida, notória para os níveis pluviométricos, principalmente do litoral leste, no entanto, esta ocorrência durante os anos de El Niño diminui de frequência, conforme já citado. De acordo com Cavalcanti (1996) o fortalecimento do jato subtropical seria o responsável pelo não avanço dos sistemas frontais. O forte aquecimento na região do Pacífico Equatorial provoca um aumento no gradiente de temperatura norte-sul e também um transporte de momentum em altos níveis, da região de liberação de calor latente tropical, para os ventos de oeste, enriquecendo os jatos subtropicais e por sua vez bloqueando o avanço das frentes frias, as quais ficam estacionadas no Sul-Sudeste do Brasil provocando chuvas torrenciais, enquanto o NEB experimenta um período chuvoso sem o importante incremento das frentes frias para a pluviometria local. De acordo com Cavalcanti (1985), no ano de 1983, quando ocorreu um forte evento El Niño, foi observado o aumento dos ventos de oeste sobre a América do Sul, quando comparado a outros anos.

Entretanto, o que causaria os desvios positivos registrados no início do verão observados para a região em estudo? A resposta para essa indagação, em parte, poderia estar no esquema do fluxo de umidade e da circulação em altos níveis, que explicam a evolução das anomalias das chuvas de verão, durante eventos El Niño (Figura 1, em Apêndice). Segundo Grimm (2000), em janeiro, uma anomalia de baixa pressão na superfície, com circulação ciclônica, se estabelece sobre o sudeste do Brasil, enquanto em altos níveis se intensifica uma

*anomalia anticiclônica. A anomalia ciclônica em superfície facilita a convergência de umidade sobre o centro-leste do Brasil, desviando para lá o fluxo que ia para o Sul. Então, favorecendo a ocorrência de anomalias positivas de precipitação no centro leste e adjacências.*

*Quanto aos resultados obtidos para a composição para anos de ocorrência de evento La Niña, os mesmos mostraram que os padrões da circulação atmosférica formados a partir do resfriamento anômalo das águas do Pacífico leste, descritos nos itens 2.6.1-2.6.3, também exercem influência na precipitação em Alagoas, no sentido de contribuir para tendência de valores pluviométricos anuais acima da média histórica, porém, de forma mais variada. Ou seja, o percentual de anos com precipitação acima da média foi inferior, quando comparado aos anos com precipitação abaixo da média para a composição de evento El Niño. Entretanto, os desvios mostraram uma maior intensidade nas diversas localidades pesquisadas para os eventos La Niña e uma ação espacial semelhante, entre os dois eventos. Considerando a média pluviométrica anual, a mesorregião do Sertão apresentou desvio positivo mais acentuado que o Agreste e Leste. Contudo, duas microrregiões do Leste registraram os maiores desvios para essa composição. Já em parte do litoral norte e pontos isolados no agreste e litoral sul foram registrados desvios negativos. Coelho et al., (2000) também mencionou esse fato, como também identificou desvios negativos em parte do litoral de Sergipe, Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte.*

*Destaque se faz a distribuição intranual (Janeiro – Dezembro) comparada entre os eventos El Niño e La Niña, ou seja, desvios opostos para mesma época ou meses do ano.*

*A partir desses resultados pode-se supor que: a) sistemas de chuva provenientes de leste tenham uma ação mais efetiva nesses anos, mas não de forma tão abrangente no litoral; b) aumento de intensidade da ZCIT, além de seu deslocamento para posição mais ao sul que o normal, organizando precipitação com maior alcance em direção sul e assim atingindo o estado de Alagoas, principalmente o extremo oeste; c) os sistemas frontais, durante esses anos, conseguem alcançar latitudes mais baixas. A explicação para o avanço dos sistemas em direção as baixas latitudes, aumentando a precipitação, principalmente na costa leste do NEB, tem o fundamento teórico inverso ao caso dos bloqueios em anos de El Niño, ou seja, o forte resfriamento das águas do Pacífico provoca um redução no gradiente de temperatura norte-sul, enfraquecendo os jatos subtropicais, que deixariam de se contrapor as passagens das frentes frias permitindo sua passagem mais rapidamente pelo Sul do país, tornando a distribuição regional das chuvas bastante irregular, podendo aí ocorrer longos período de estiagem. Enquanto isso, no litoral do NEB as frentes poderiam chegar com maior*

energia, causando chuvas abundantes, principalmente quando interagindo com outros sistemas indutores de chuva na região como a ZCIT, distúrbios de leste, etc.

Em síntese, a Tabela 20 dá uma visão da influência dos eventos El Niño e La Niña na precipitação média anual em Alagoas indicando a ocorrência de precipitação média anual abaixo e acima da média, observada para a composição dos anos de evento El Niño e La Niña, para todos os postos analisados.

Tabela 20. Precipitação média anual acima e abaixo da média para a composição dos eventos El Niño e La Niña, nas localidades analisadas

Cidades	El Niño	La Niña
Agua Branca	Abaixo	Acima
MataGrande	Abaixo	Acima
Piranhas	Abaixo	Acima
Canapi	Abaixo	Acima
O.D'Água do Casado	Abaixo	Acima
Delmiro Gouveia	Abaixo	Acima
Major Isidoro	Abaixo	Acima
Santana do Ipanema	Abaixo	Acima
Pao de Açucar	Abaixo	Acima
O.D'Água das Flores	Abaixo	Acima
Poço das Trincheiras	Abaixo	Acima
Palmeira dos Índios	Abaixo	Acima
Minador do Negrão	Abaixo	Acima
Mar Vermelho	Abaixo	Acima
Tanque D'Arca	Abaixo	Acima
Santana do Mundaú	Abaixo	Acima
Atalaia	Abaixo	Acima
Flecheiras	Abaixo	Acima
Viçosa	Abaixo	Acima
União dos Palmares	Abaixo	Acima
Capela	Abaixo	Acima
Maragogi	Abaixo	Acima
Passo de camaragibe	Abaixo	Acima
Porto de Pedra	Abaixo	Acima
Matriz de Camarajibe	Acima	Abaixo
Porto Calvo	Abaixo	Abaixo
S.Luiz do Quitunde	Abaixo	Abaixo
Traipu	Abaixo	Acima
Lagoa da Canoa	Abaixo	Acima
Limoeiro de Anadia	Abaixo	Acima
Junqueiro	Abaixo	Abaixo
S.Miguel dos ampos	Abaixo	Acima
Coruripe	Abaixo	Acima
Satuba	Abaixo	Acima
Maceió	Abaixo	Acima
P.Real do Colégio	Abaixo	Acima
Penedo	Abaixo	Abaixo
Piaçabuçu	Abaixo	Acima
Igreja Nova	Abaixo	Acima

Apenas um posto pluviométrico, entre os analisados, registrou média anual positiva para a composição de anos de evento El Niño e quatro postos registraram média anual negativa para a composição dos anos de evento La Niña. Destaca-se a microrregião 117, a qual possui localidades com sinal contrário ao esperado, para os dois eventos. Com base em todos resultados obtidos, as Figura 49 e 50 mostram a distribuição espacial dos campos médios, no estado de Alagoas, classificados como Muito Seco, Seco, Normal, Chuvoso e Muito Chuvoso, para a composição de anos de El Niño e de La Niña, respectivamente.

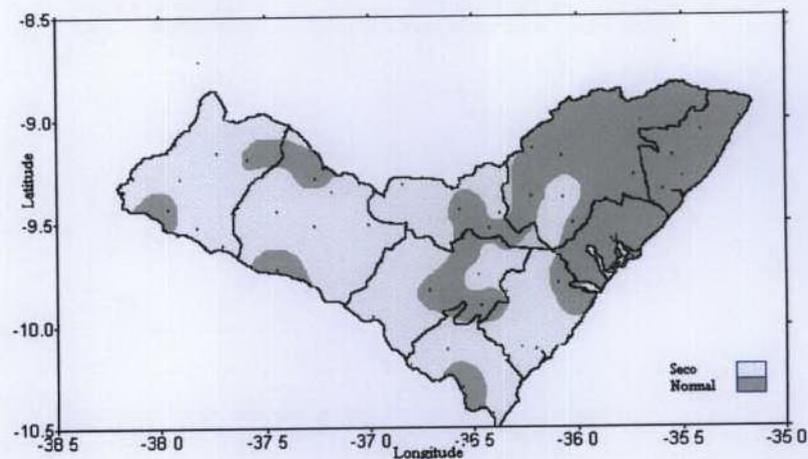


Figura 49. Distribuição espacial dos campos médios, no estado de Alagoas, classificados em uma das categorias estudadas, para a composição de eventos El Niño.

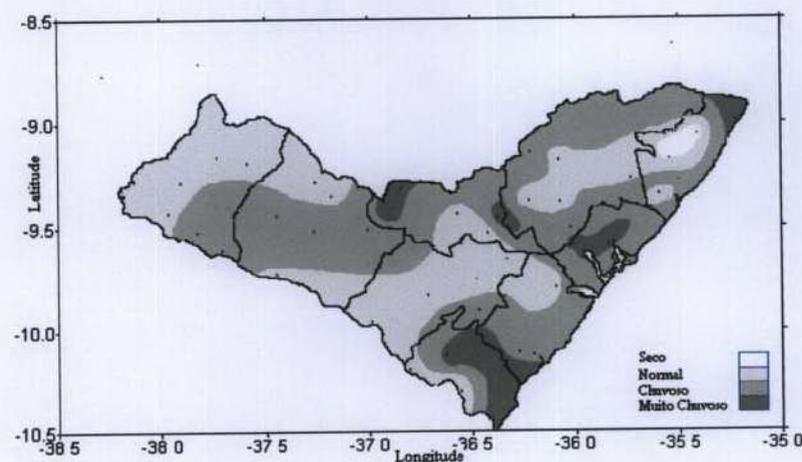


Figura 50. Distribuição espacial dos campos médios, no estado de Alagoas, classificados em uma das categorias estudadas, para a composição de eventos La Niña.

Observa-se que os campos relativos aos eventos El Niño (Figura 49) classificados como Seco, correspondem as áreas historicamente com precipitação inferior, ao

passo que os campos classificados como normal correspondem as áreas com precipitação mais elevada. Já para eventos La Niña (Figura 50) as áreas mais secas possuem campos classificados de Normal a Chuvoso, enquanto nas áreas historicamente mais úmidas todas as classificações são encontradas, fazendo com que as classificações extremas anulem-se ou diminuam seus efeitos, climatologicamente.

#### **4.5.4 – Características Pluviométricas em Alagoas – Padrão Dipolo (fase positiva)**

##### **4.5.4.1 – Distribuição Pluviométrica Interanual**

O total de anos que constituíram a composição com ocorrência de evento Dipolo do Atlântico – fase positiva foi de 10, entre 1951 e 1991, os quais estão representados na Tabela 6 e as observações foram realizadas conforme critérios estabelecidos no item 3.3.4 e 3.3.4.2.

Através da Figura 51, na qual estão apresentados os IAP's para os anos da composição em estudo, pode-se observar como a precipitação se apresenta interanualmente para esta composição, no estado de Alagoas (Índice regional). Em 7 anos ou maior parte dos anos de ocorrência de evento Dipolo do Atlântico – fase positiva, ocorreram valores negativos em seus índices, ou seja, em 70,0% do total dos anos desta composição, conforme pode-se notar. Para esses anos a precipitação no estado de Alagoas sofreu um decréscimo percentual médio de 14,4% em relação a normal, com intervalo entre -2,5 e -24,4%. Quanto aos índices positivos apresentaram-se em apenas 3 anos dessa composição, ou em 30% dos anos de ocorrência do citado evento. No entanto, o valor percentual médio desse acréscimo pluviométrico para esses anos, em Alagoas, chegou aos 20,2% em relação a normal, com intervalo entre 3,9% e 33,9%. Observa-se, portanto, que a vantagem da ocorrência de anos apresentando índices anômalos de precipitação com valores negativos é bem superior em relação a ocorrência de anos com índices positivos, contudo a magnitude dos índices positivos é consideravelmente superior. Isso mostra que, apesar dos padrões da circulação atmosférica formados a partir das alterações térmicas apresentadas na bacia do Atlântico Tropical, exercerem uma influência na precipitação média anual no sentido de provocar redução em seus valores na maioria dos anos observados, os sistemas meteorológicos que provocaram precipitação, em alguns desses anos, conseguiram ser mais intensos ou mais frequentes e desta forma causar desvios positivos superiores, em magnitude, que os desvios negativos.

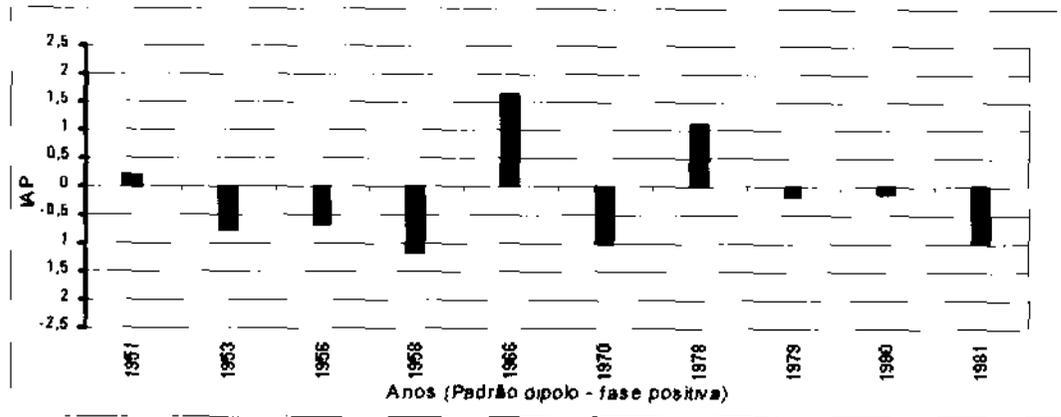


Figura 51. Índice de Anomalia da Precipitação (IAP) interanual, no estado de Alagoas, para a composição de anos com ocorrência do padrão Dipolo do Atlântico - fase positiva).

Na Tabela 21 é apresentada a classificação dos anos dessa composição para o estado de Alagoas (*índice para todo o Estado*), definidos em uma das cinco categorias estabelecidas para a distribuição do IAP. Nota-se que há uma tendência para que os anos de ocorrência de evento Dipolo do Atlântico - fase positiva sejam classificados como Muito Seco, ou seja, dos 7 anos da composição com precipitação média anual apresentando IAP negativo, 71,4% desses anos apresentaram-se como Muito Seco, enquanto em 28,6 % desses anos obteve-se a classificação de Normal. Os IAP's positivos ocorreram em menor frequência ou em apenas 3 anos da composição e destes, em 28,6 % identificamos a classificação de Muito Chuvoso e em 14,3 % de Normal.

Tabela 21. Classificação dos anos integrantes da composição de anos de ocorrência do padrão Dipolo do Atlântico - fase positiva, nas categorias: Muito Seco, Seco, Normal, Chuvoso e Muito chuvoso.

<b>Categoria</b>	<b>Anos de Evento Dipolo do Atlântico - fase positiva</b>
Muito Seco	1953; 1956; 1958; 1970; 1981
Seco	-----
Normal	1951; 1979; 1980
Chuvoso	-----
Muito Chuvoso	1966; 1978

Em relação ao total de anos desta composição a Tabela 22, a qual apresenta os valores percentuais dos anos classificados em cada categoria, mostra que é verificada uma predominância para ocorrência de anos classificados como Muito Seco correspondente a 50,0% sobre os classificados como normal e Muito Chuvoso, que atingiram apenas 30,0% e 20,0%, respectivamente. Apesar do número de eventos analisados ser relativamente

pequeno pode-se considerar o impacto que esse padrão térmico das águas do Atlântico Tropical exerce sobre a precipitação também neste setor do NEB produzindo queda em seus índices médios anuais.

Tabela 22. Percentual de ocorrência de anos classificados nas categorias: Muito Seco, Seco, Normal, Chuvoso e Muito Chuvoso, para a composição do padrão Dipolo do Atlântico – fase positiva.

Total de Eventos	Categoria	Percentual de ocorrência
10	Muito Seco	50,0 %
	Seco	0,0 %
	Normal	30,0%
	Chuvoso	0,0%
	Muito Chuvoso	20,0%

#### 4.5.4.2 – Distribuição Espacial da Precipitação Média Anual

Nota-se através da Figura 52, que a configuração espacial da precipitação média anual em Alagoas apresenta-se com pequenas alterações quando comparada à apresentada pela Figura 37, que representa a distribuição espacial da média histórica para o estado de Alagoas. Confirma-se, entretanto, a tendência de redução pluviométrica da média anual para a maioria das localidades analisadas para os anos da composição do padrão Dipolo do Atlântico – fase positiva no Estado de Alagoas (Quadro 6, em Apêndice). Verifica-se, porém, que em quase todas as microrregiões encontram-se postos nos quais foram registrados acréscimos da precipitação média anual para essa composição. São eles: Mata Grande e Olho D'água do Casado (113), Poço das Trincheiras e Olho D'Água das Flores (114), Tanque D'Arca (115), Matriz de Camaragibe (117), São Miguel dos Campos (119), Satuba (120) e Penedo (121). Isso demonstra que o padrão pluviométrico formado a partir das alterações provocadas pelo aquecimento das águas do Atlântico Tropical norte e resfriamento das águas do Atlântico Tropical sul, simultaneamente, conduz a uma redução da precipitação média anual na maioria das localidades observadas, porém, não de forma tão homogênea, ou seja, produzindo núcleos com precipitação anual média mais elevada que o ocorrido na grande parte da região em estudo. Certamente em virtude da interação entre os sistemas atuantes na região, nesses anos, e a circulação local somados aos efeitos topográficos da região.

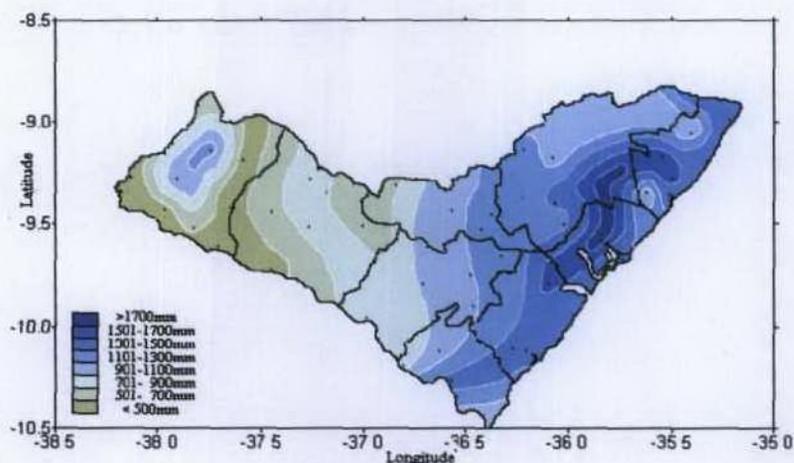


Figura 52. Distribuição espacial dos campos médios da precipitação anual em Alagoas, para composição do padrão Dipolo do Atlântico – fase positiva.

Ainda comparando as Figuras 52 e 37, percebe-se a evidente expansão dos campos médios de precipitação anual com valores reduzidos em relação a climatologia, para a composição de anos com evento Dipolo do Atlântico – fase positiva. O Leste alagoano apresenta-se, historicamente, com campo de precipitação média anual entre 1201mm e 1800mm, na maioria desta Mesorregião. Já para a composição de eventos Dipolo do Atlântico – fase positiva o valor desse campo reduz, em magnitude, para valores entre 1101mm e 1500mm. Para o Agreste, observa-se para a média histórica campos com valores entre 601mm e 1200mm e para composição em estudo esses campos apresentam valores entre 701mm e 1100mm. Para o Sertão, os campos de precipitação média anual na maioria da região alcançam os 600mm, atingindo em alguns pontos os 800mm, já para a composição em estudo registramos campos com precipitação abaixo dos 500mm e atingindo em locais menos seco, 700mm. Os totais médios anuais para os anos de ocorrência de evento Dipolo do Atlântico – fase positiva chegam a registrar localidades com decréscimo pluviométricos de até 576,0mm. No entanto, o valor médio para esse decréscimo é de 93,0mm, em virtude da grande variabilidade da influência desse evento na precipitação ao longo do Estado.

#### 4.5.4.3 – Distribuição Espacial dos Desvios Percentuais

A distribuição espacial dos desvios percentuais médios anuais da precipitação, em relação a média histórica para a composição de anos com padrão Dipolo do Atlântico – fase positiva, (Figura 53), indica não ser tão homogênea a ação da influência deste padrão no sentido de diminuir os totais médios anuais em Alagoas. Pela análise verifica-se que na maioria dos postos pluviométricos estudados há uma tendência para desvios percentuais

negativos da precipitação média anual, para essa composição. Entretanto, em quase todas as microrregiões observa-se setores com desvios percentuais positivos da precipitação média anual, ou seja, em Mata Grande e Olho D'Água do Casado (microrregião 113); Poço das Trincheiras e Olho D'Água das Flores (microrregião 114); Tanque D'Arca (microrregião 115); Matriz do Camaragibe e Maragogí (microrregião 117); Satuba (microrregião 120); São Miguel dos Campos (microrregião 119) e Penedo (microrregião 121). Apenas a microrregião 118 não apresentou setores com essa característica.

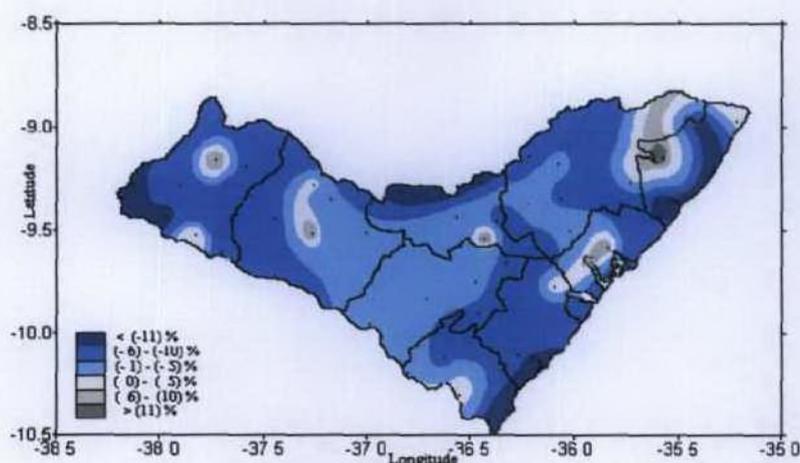


Figura 53. Distribuição espacial dos campos médios de desvios percentuais da precipitação anual, em relação a média histórica, para composição de anos com ocorrência do padrão Dipolo do Atlântico – fase positiva.

#### 4.5.4.4 – Distribuição Intranual Pluviométrica

Os desvios percentuais médios intranual (janeiro-dezembro) da precipitação para a composição de anos de ocorrência de evento Dipolo do Atlântico – fase positiva, para o estado de Alagoas, estão representados na Figura 54. Pode-se verificar que a maioria dos meses registraram desvios pluviométricos negativos. O mês que registrou o maior desvio negativo foi maio, com valor percentual de 23% em relação a média histórica para este mês. Fevereiro registrou o maior desvio positivo em relação a média (42,6%). Para o quadrimestre chuvoso (abril – julho) a média dos desvios negativos encontrada para essa composição foi de 11,5% e para o quadrimestre seco (outubro – janeiro) foi de 5,4%. Mais uma vez, verifica-se maiores desvios negativos concentrados nos meses de outono-inverno, ou seja, déficit de precipitação em relação a média climatológica no período chuvoso da região. Para a composição de anos com padrão Dipolo do Atlântico – fase positiva a média anual apresenta-se com desvios negativos em torno dos 4,1% para Alagoas.

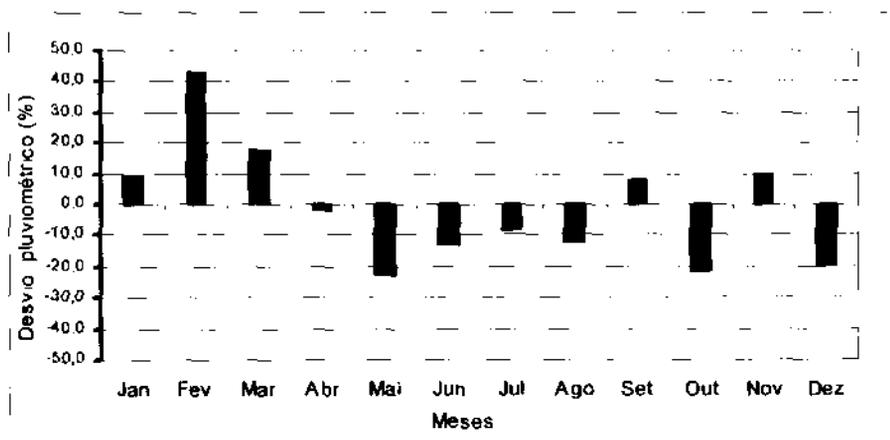


Figura 54. Desvio percentual da precipitação intranual (Janeiro – Dezembro), em Alagoas, para a composição dos anos com ocorrência do padrão Dipolo – fase positiva.

#### 4.5.4.5 – Pluviometria nas Mesorregiões e Microrregiões – Padrão Dipolo (fase positiva)

##### 4.5.4.5.1 – Mesorregiões

Pela análise da Figura 55 (a,b,c) e Tabela 23 observa-se a influência média do padrão Dipolo - fase positiva na precipitação anual das mesorregiões de Alagoas, tendo como base a composição dos anos de sua ocorrência, selecionada para este estudo. Observa-se, portanto, a predominância de desvios negativos da precipitação (7 em 10 anos) na ordem de 14,8% em relação à média histórica do Sertão alagoano (Figura 55-a e Tabela 23). Os valores de maior expressão ocorreram nos anos 1958, 1970. O menor desvio negativo observado foi de 2,2% (1979) e o maior de 36,2% (1970). Os anos restantes da composição (3 dos 10 anos) se apresentaram com desvios positivos. Destaque se faz aos anos de 1966 e 1978, com desvios positivos de 36,3% e 37,8%, respectivamente. Dessa composição, o ano 1951 registrou o menor desvio (16,1%) e 1978 o maior (37,8%).

Com relação a mesorregião do Agreste alagoano (Figura 55-b e Tabela 23), nota-se que a predominância de desvios negativos também acontece, embora menor, ocorrendo em 6 dos 10 anos dessa composição. A média desses desvios foi de 17,2% em relação à média histórica dessa mesorregião. Os valores com maiores significados ocorreram nos anos 1970 e 1981. O desvio negativo de menor magnitude foi de 7,0% (1958) e de maior foi de 55,7% (1981). Já os desvios positivos da precipitação observados para essa mesorregião ocorreram em 4 dos 10 anos da composição, com destaque para o ano de 1966, com o maior valor (43,9%), sendo o menor desvio positivo de 4,5% (1953).



a) Sertão alagoano



b) Agreste alagoano



c) Leste alagoano

Figura 55. Precipitação média anual (mm) e desvio absoluto (mm) observados para a composição de padrão Dipolo – fase positiva, em relação a média histórica, para as mesorregiões: a) Sertão alagoano; b) Agreste alagoano; c) Leste alagoano.

Tabela 23. Distribuição dos desvios negativos e positivos nas mesorregiões alagoanas.

Desvio	Nº de ocorrência nas Mesorregiões		
	Sertão	Agreste	Leste
Negativo	7	6	7
Positivo	3	4	3

Para a mesorregião do Leste alagoano nota-se, através da Figura 55-c e Tabela 23, que os desvios negativos ocorrem em mesmo número de anos que o Sertão, ou seja, em 7 dos 10 anos da composição. A média desses desvios foi de 15,1% em relação à média histórica do Leste alagoano. Os anos com valores com maior representatividade foram 1958 e 1981. O menor desvio negativo foi de 1,5% (1951) e o maior de 30,2% (1958). Os desvios positivos da precipitação, observados para essa mesorregião ocorreram em 3 dos 10 anos de ocorrência desse evento, onde destaca-se o ano de 1966 com maior desvio positivo (23,8%), enquanto o menor desvio positivo ocorreu em 1980 (3,5%).

Para essa composição nota-se, através da análise comparativa entre as mesorregiões, que o Sertão, Agreste e Leste assemelham-se em cinco anos com desvios negativos (1956, 1958, 1970, 1979 e 1981) e em dois anos com desvios positivos (1966 e 1978). Entre o Sertão e o Agreste foi registrado o ano de 1980 com desvio negativo e 1951 com desvio positivo. Já entre o Sertão e o Leste, 1953 ficou marcado como um ano com desvio negativo nessas duas mesorregiões. Essa análise mostra que em 50% dos anos estudados em que se configurou no Atlântico Tropical o padrão de Dipolo – fase positiva houve precipitação abaixo da média histórica de forma simultânea nas três mesorregiões de Alagoas, enquanto para precipitação acima da média ocorreu em 20% dos anos dessa composição. A Tabela 24 mostra como os desvios negativos e positivos da precipitação para a composição em estudo se distribui de forma simultânea entre as mesorregiões do Sertão, do Agreste e do Leste alagoano

Tabela 24. Distribuição dos desvios negativos e positivos quanto a ocorrência simultânea entre as mesorregiões alagoanas, para a composição do padrão Dipolo do Atlântico – fase positiva.

Desvio	Nº de ocorrência simultânea entre as Mesorregiões			
	Sertão x Agreste x Leste	Sertão x Agreste	Sertão x Leste	Agreste x Leste
<b>Negativo</b>	5 (1956,1958,1970,1979,1981)	1 (1980)	1 (1953)	0
<b>Positivo</b>	2 (1966,1978)	1 (1951)	0	0

#### 4.5.4.5.2 - Microrregiões

Para essa composição nota-se também (Figura 56), que a precipitação média anual tem tendência de se apresentar abaixo da média na maioria das microrregiões alagoanas,

no entanto com os valores de seus desvios negativos pouco expressivos. A microrregião 115 (Agreste) foi a única a registrar desvio positivo (apenas 0,3% em relação a média histórica). A microrregião 117 (Leste) apresentou o maior desvio negativo (15%). Observa-se que as microrregiões do Leste alagoano registraram os maiores desvios negativos, quando comparados aos das microrregiões do Sertão e Agreste, para essa composição. Verifica-se que as microrregiões que apresentam historicamente as maiores médias anuais registraram os maiores desvios negativos em sua precipitação anual. Já as microrregiões que apresentam as menores médias anuais registram os menores desvios negativos.



Figura 56. Precipitação média anual (mm) observada para a composição do padrão Dipolo do Atlântico – fase positiva, em relação e média histórica, para as microrregiões alagoana.

#### 4.5.5 - Características Pluviométricas em Alagoas – Padrão Dipolo (fase negativa)

##### 4.5.5.1 - Distribuição Pluviométrica Interanual

Para a composição de anos com ocorrência de evento Dipolo do Atlântico – fase negativa, foram selecionados 11 anos, segundo os critérios estabelecidos no item 3.3.4.2, o qual consta a Tabela 6 com os referidos anos. As observações para o estudo da relação entre esse padrão térmico das águas do Atlântico e a precipitação em Alagoas (Índice regional) seguiu o que determina o item 3.3.4. Através da Figura 57, observa-se que a maior parte dos anos de ocorrência desse evento ou 72,7% dos anos da composição indica valores positivos em seus IAP's, ou seja, 8 anos do total de 11 anos da mesma. A precipitação no estado de Alagoas, para esses anos, apresentou um acréscimo percentual médio na ordem de 25,3% em relação a normal, com intervalo entre 4,8% e 46,5%. Quanto aos índices negativos apresentaram-se em apenas 3 anos ou em 27,3% dos anos de ocorrência de padrão Dipolo do Atlântico – fase negativa. O valor percentual médio da redução de precipitação no estado de Alagoas para esses anos não ultrapassou os 9,0%, em relação a normal, com intervalo entre

3,4% e 15,4%. Observa-se, portanto, que a vantagem de anos apresentando IAP's com valores positivos é muito superior em relação aos valores negativos. Isso mostra a influência marcante que impõe o padrão Dipolo do Atlântico – fase negativa na precipitação em Alagoas, tanto em relação à frequência de ocorrência de anos com precipitação acima da normal como em relação a magnitude de seus índices positivos, considerando os anos observados.

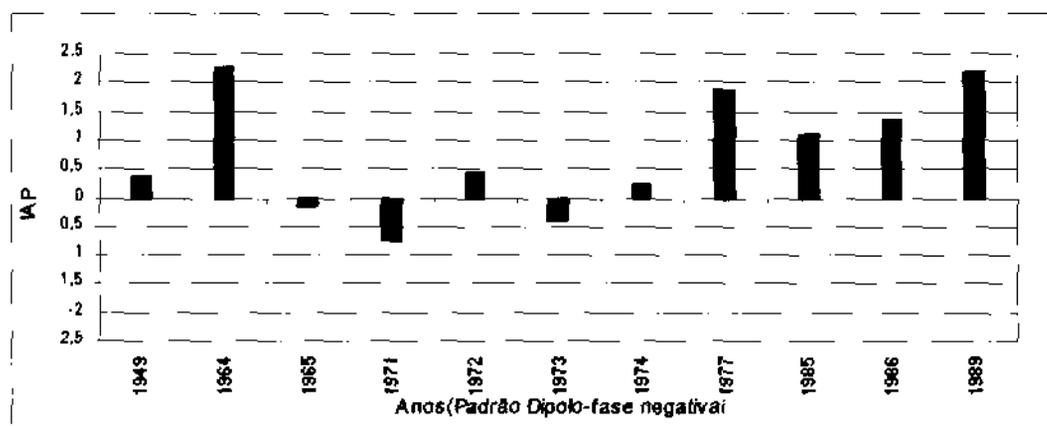


Figura 57. Índice de Anomalia da Precipitação (IAP) interanual, em Alagoas, para a composição de anos com ocorrência do padrão Dipolo do Atlântico – fase negativa.

Observa-se na Tabela 25 que os anos com ocorrência do padrão Dipolo do Atlântico – fase negativa, não apenas apresenta uma grande tendência de precipitação média anual com IAP positivo (8 anos de 11 da composição), como também destes em 62,5 % ocorreram anos classificados como Muito Chuvoso e em 25 % classificados como Chuvoso. Os anos classificados como Normal representaram apenas 12,5 % do total de anos com índices positivos. Já com relação aos anos da composição com IAP negativo (3 anos de 11 da composição), apresentaram-se com uma classificação semelhante entre eles, com 33,3% para Muito Seco, Seco e Normal.

Tabela 25. Classificação dos anos integrantes da composição de ocorrência do padrão Dipolo do Atlântico – fase negativa nas categorias: Muito Seco, Seco, Normal, Chuvoso e Muito Chuvoso.

Classificação	Anos de Evento Dipolo do Atlântico – fase negativa
Muito Seco	1971
Seco	1973
Normal	1965; 1974
Chuvoso	1949; 1972
Muito Chuvoso	1964; 1977; 1985; 1986; 1989

A Tabela 26 apresenta os valores percentuais dos anos, em relação ao total dessa composição, classificados em cada uma das categorias. Observa-se que o predomínio para ocorrência de anos classificados de Normal a Muito Chuvoso é evidente para essa composição, com os anos classificados como Muito Chuvoso representando quase a metade dos anos (45,4%). Os anos classificados como Chuvoso e Normal alcançam a mesma marca percentual (18,2%). Já os anos classificados como Seco e Muito Seco ocorreram em apenas 9,1% dos anos da composição.

Tabela 26. Percentual de ocorrência de anos classificados nas categorias: Muito Seco, Seco, Normal, Chuvoso e Muito Chuvoso para a composição do padrão Dipolo do Atlântico – fase negativa.

Total de Eventos	Classificação	Percentual de ocorrência
11	Muito Seco	9,1 %
	Seco	9,1 %
	Normal	18,2 %
	Chuvoso	18,2 %
	Muito Chuvoso	45,4 %

#### 4.5.5.2 – Distribuição Espacial da Precipitação Média Anual

Nota-se através da Figura 58 que a configuração espacial da precipitação média anual em Alagoas apresenta-se de uma forma bastante homogênea, ao longo de toda a região estudada, como também mostrou-se similar a apresentada pela distribuição espacial da média histórica para o estado de Alagoas (Figura 39). Pela análise dos itens anteriores percebe-se a grande tendência de acréscimo da precipitação média anual no estado de Alagoas para a maioria dos anos da composição do padrão Dipolo do Atlântico – fase negativa e a distribuição desse acréscimo pode ser claramente visualizada na Figura 58. A grande maioria dos postos analisados registraram precipitação média anual com valores acima da média histórica (Quadro 7, em Apêndice). Apenas os postos das cidades de Maragogi e Matriz de Camaragibe, ambas na microrregião 117, registraram, para essa composição, valores abaixo da média histórica. Mesmo assim, nota-se uma grande área no Leste alagoano com precipitação média anual acima dos 1900 mm e núcleos com precipitação acima de 2100.

É evidente, em Alagoas, a expansão dos campos médios de precipitação anual com valores acrescidos, para a composição de anos com evento Dipolo do Atlântico – fase negativa, em relação aos valores históricos da região. A maior parte da mesorregião do Leste

alagoano, apresenta-se com valores aumentados para o intervalo entre 1500mm e 1900mm, com estes últimos valores abrangendo uma grande área para essa composição. Para o Agreste os campos estão com valores aumentados para o intervalo entre 901mm e 1300mm. Já para o Sertão, os campos de precipitação média anual na maioria superaram os 500mm e atingindo em alguns pontos 900mm para essa composição. Quanto aos totais médios anuais para os anos de ocorrência de evento Dipolo do Atlântico – fase negativa, chegam a registrar localidades com acréscimo pluviométricos de até 676 mm, sendo o valor médio anual para este aumento pluviométrico de 165mm, para todo o Estado.

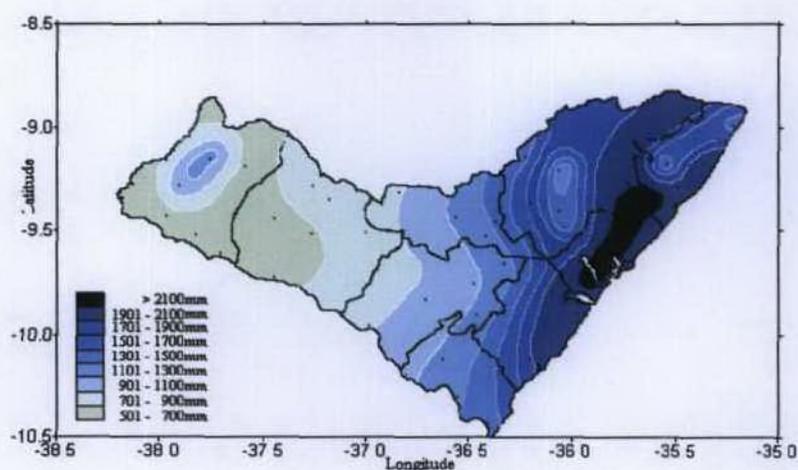


Figura 58. Distribuição espacial dos campos médios de precipitação anual, em Alagoas, para composição do padrão Dipolo do Atlântico – fase negativa.

#### 4.5.5.3 – Distribuição Espacial dos Desvios Percentuais

Na Figura 59 são mostradas distribuições espaciais dos desvios percentuais médios anuais da precipitação para a composição do padrão Dipolo do Atlântico – fase negativa, em relação a média anual histórica. Observa-se que praticamente todo o estado de Alagoas apresenta-se com desvios positivos da precipitação média anual com exceção de dois núcleos na microrregião 117 (Leste), nos postos de Maragogí e Matriz de Camaragibe. Verifica-se que os campos com maiores desvios positivos ou maiores que 15% abrangem, principalmente, áreas do Leste. Já no Sertão os campos que predominam são também de desvios positivos, porém, com magnitude menor ou até 10%, o mesmo acontecendo no Agreste. Confirma-se, portanto, com a análise da precipitação em Alagoas, tanto nos eventos El Niño, La Niña como nos anos de ocorrência do padrão Dipolo do Atlântico – fase positiva e negativa as características peculiares registradas em postos pluviométricos localizados na microrregião 117, no Leste alagoano.

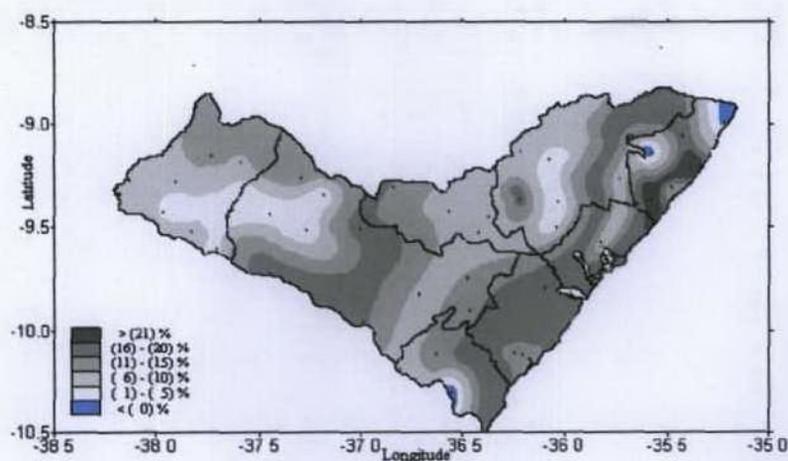


Figura 59. Distribuição espacial dos campos médios de desvios percentuais da precipitação anual, em relação a média histórica, para composição de anos de ocorrência do padrão Dipolo do Atlântico – fase negativa.

#### 4.5.5.4 – Distribuição Intranual Pluviométrica

Segundo a Figura 60 os meses que registraram desvios positivos totalizaram 10. Pode-se verificar ainda que o mês que registrou o maior desvio positivo foi setembro com 43,4 %, enquanto o mês de março registrou o maior desvio negativo (6,3%) em relação a média histórica para estes meses. Com relação ao quadrimestre chuvoso (abril – julho) para a região, a média dos desvios encontrada para essa composição foi de 17,2% e para o quadrimestre seco (outubro – janeiro) foi de 27,4%. Nota-se, que tanto o período chuvoso quanto o período seco apresentaram-se com anomalias positivas consistentes de precipitação para essa composição, contudo para o período seco há maior magnitude em seus valores. A média anual apresenta-se com desvios positivo em torno dos 16,0% para todo o Estado.

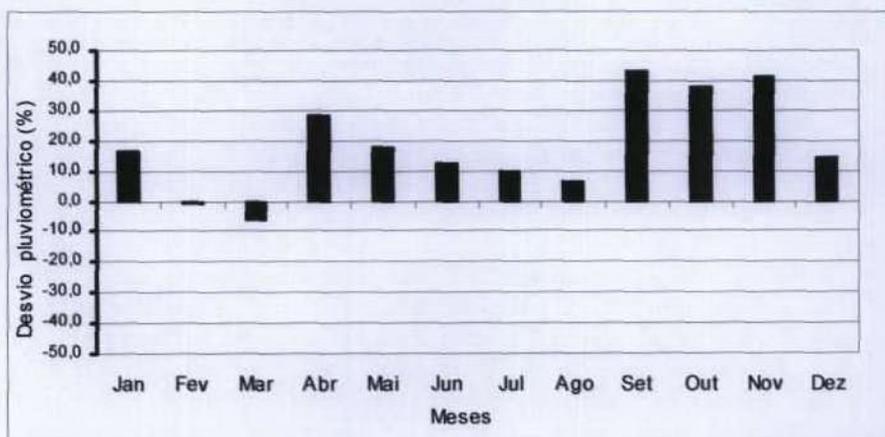


Figura 60. Desvios percentuais da precipitação intranual (Janeiro – Dezembro) em Alagoas, para a composição dos anos com ocorrência do padrão Dipolo – fase negativa.

#### 4.5.5.5 – Pluviometria nas Mesorregiões e Microrregiões – Padrão Dipolo (fase negativa)

##### 4.5.5.5.1 – Mesorregiões

Com base na Figura 61 (a,b,c) e a Tabela 27, pode-se avaliar a influência média observada para a composição dos anos de ocorrência de evento Dipolo do Atlântico – fase negativa na precipitação média anual das mesorregiões de Alagoas. Observa-se, através da Figura 61-a e Tabela 27, predominância de desvios positivos da precipitação (8 em 11 anos) na ordem de 25,8 % em relação à média histórica, para a mesorregião do Sertão alagoano. Verifica-se também que os valores mais expressivos ocorreram nos anos 1977, 1985 e 1989. Desses 8 anos o menor desvio positivo foi de 0,6% (1986) e o maior de 47,8% (1985). Foram verificados desvios negativos de precipitação em apenas 3 anos (1965, 1971 e 1973) dos 11 anos analisados de ocorrência desse padrão. Destacamos os anos de 1971 e 1973 com desvios de -29,6% e -23,6%, respectivamente, os quais foram também o maior e menor desvio negativo, nessa ordem.

Para a mesorregião do Agreste alagoano (Figura 61-b e Tabela 27), nota-se que a predominância de desvios positivo é a mesma que a do Sertão, ou seja, em 8 dos 11 anos analisados. A média desses desvios é de 24,1% em relação à média histórica do Agreste Alagoano. Os valores mais expressivos ocorreram nos anos 1964, 1977 e 1989. O menor desvio positivo foi de 0,1% (1974) e o maior de 55,7% (1964). Os desvios negativos observados para essa mesorregião foram verificados em 3 dos 11 anos de ocorrência desse padrão. Contudo, nota-se que os valores para esses anos alcançaram pequena magnitude. O ano de 1971, que apresentou o maior desvio negativo, registrou apenas 13,3% e o menor desvio determinou apenas 9,1% de redução pluviométrica, em 1973.

A Figura 61-c mostra que, para a mesorregião do Leste alagoano a predominância de desvios positivos de precipitação para essa composição ainda é mais abrangente que nas mesorregiões do Sertão e Agreste alagoano, ou seja, em 10 dos 11 anos observados. A média desses desvios apontou 18,0% em relação à média histórica do Leste Alagoano. Os anos que apresentaram os valores mais expressivos foram 1964, 1977, 1986 e 1989. O menor desvio positivo registrado foi de 0,1% (1973) e o maior de 40,4% (1964). Logicamente, o desvio negativo da precipitação observado para essa mesorregião ocorreu em apenas um dos onze anos de ocorrência desse evento com valor de 12,2% de déficit em sua precipitação, em 1971.



a) Sertão alagoano



b) Agreste alagoano



c) Leste alagoano

Figura 61. Precipitação média anual (mm) e desvio absoluto (mm) observados para a composição do padrão Dipolo – fase negativa, em relação a média histórica, para as mesorregiões: a) Sertão alagoano; b) Agreste alagoano; c) Leste alagoano.

Tabela 27. Distribuição dos desvios negativos e positivos nas mesorregiões alagoanas.

Desvio	Nº de ocorrência nas Mesorregiões		
	Sertão	Agreste	Leste
Negativo	3	3	1
Positivo	8	8	10

A análise comparativa entre as três mesorregiões de Alagoas mostra que em oito anos (1949, 1964, 1972, 1974, 1977, 1985, 1986, 1989) da composição de padrão Dipolo do Atlântico – fase negativa foram registrados desvios positivos da precipitação média anual no Sertão, Agreste e Leste de forma simultânea, conforme visualiza-se na Tabela 28. Já para desvio negativo esse fato ocorreu em apenas um ano (1971). Enquanto que entre Sertão e Agreste foi registrado desvio negativo em dois anos (1965 e 1973). Nota-se, então, que em 72,7% dos anos analisados com ocorrência de Dipolo do Atlântico – fase negativa, a precipitação acima da média histórica ocorreu nas três mesorregiões alagoanas de forma simultânea. Quanto a ocorrência de desvio negativo simultâneo entre as três mesorregiões ocorreu em apenas 9,1% do período da composição. Enquanto entre o Sertão e o Agreste esse fato ocorreu em 18,2 % do período da composição.

Tabela 28. Distribuição dos desvios negativos e positivos quanto a ocorrência simultânea entre as mesorregiões alagoanas, para a composição do padrão Dipolo do Atlântico – fase negativa.

Desvio	Nº de ocorrência simultânea entre as Mesorregiões			
	Sertão x Agreste x Leste	Sertão x Agreste	Sertão x Leste	Agreste x Leste
<b>Negativo</b>	1 (1971)	2 (1965,1973)	0	0
<b>Positivo</b>	8 (1949,1964,1972,1974,1977,1985) (1986,1989)	0	0	0

#### 4.5.5.2 – Microrregiões

Todas microrregiões apresentaram acréscimo em sua precipitação média anual em relação a média histórica, para os anos da composição em estudo (Figura 62). A magnitude de seus desvios são superiores, quando comparadas a de outras composições. A microrregião 119 (Leste) registrou o maior desvio positivo (18,7%) em relação a média histórica. Já a microrregião 113 (Sertão) registrou o menor desvio positivo (9,9%) para essa composição. Verifica-se também que os desvios positivos decrescem do litoral para o interior do continente, ou seja, as microrregiões do Leste, as quais historicamente possuem as maiores médias anuais, apresentam os maiores desvios positivos quando comparados aos das microrregiões do Agreste e Sertão alagoano, que apresentam historicamente as menores médias anuais.



Figura 62. Precipitação média anual (mm) observada para a composição de padrão Dipolo do Atlântico – fase negativa, em relação e média histórica, para as microrregiões alagoanas.

#### 4.5.6 – Análise da Influência do padrão Dipolo do Atlântico (fases positiva e negativa) na Precipitação em Alagoas

Através dos resultados obtidos da pluviometria em Alagoas para os anos em que foi observado o padrão de dipolo do Atlântico – fase positiva, nota-se que oceano Atlântico possui um grande significado para a precipitação deste setor da costa leste do NEB. Segundo Souza & Alves (1996), durante a fase positiva do Dipolo, na qual se tem ao sul do Atlântico a presença de TSM anormalmente frias, ocorre o aparecimento de alta PNM, fortalecendo a intensidade do Centro de Alta Pressão Subtropical, que por sua vez impulsionam os Alísios de Sudeste e fazendo com que os mesmos apresentem-se com magnitude mais intensa do que o normal. Essas interrelações existentes entre as variáveis oceânicas e atmosféricas geram condições dinamicamente favoráveis para o posicionamento, intensificação e manutenção da ZCIT ao norte do Equador. Além disso em grande parte do setor sul do Atlântico Equatorial tem-se a presença de anomalias negativa de cobertura de nuvens e precipitação. Isso ocasiona a ocorrência de anomalias negativas de precipitação em grande área da faixa equatorial do Atlântico sul, incluindo nesse caso o NEB.

Os resultados mostraram que valores pluviométricos anuais abaixo da média foram registrados na maioria dos postos analisados em Alagoas. Apesar dos desvios percentuais terem apresentado um certo equilíbrio entre as três mesorregiões, observa-se desvios negativos maiores para a mesorregião do Leste alagoano, quando comparados aos das mesorregiões do Agreste e Sertão. Essa indicação encontrada nesse estudo está de acordo com a afirmação de Souza & Nobre (1996) de que as anomalias negativas de precipitação atingem principalmente o litoral do Nordeste. Águas com temperatura anormalmente mais baixa no

Atlântico Sul podem causar maior estabilidade no ar imediatamente acima. Como resultado, há redução no fluxo de umidade e convecção, induzindo a redução na espessura da camada de ar mais baixa, a qual traz umidade para o continente. Diminuído o suprimento de umidade e do seu fluxo em direção ao continente, os sistemas de precipitação que mais atuam nessa faixa seriam os mais fortemente atingidos em sua ação. Como exemplo temos os sistemas de brisas, responsáveis por um importante incremento na precipitação anual de setores mais próximos ao oceano (*Leste alagoano*), que teria uma redução em sua ação, desse modo, refletindo nos valores pluviométricos médios anuais dessas localidades. A atuação dos distúrbios de Leste, sistema que também tem uma grande contribuição na pluviometria do Leste e Agreste alagoano na época chuvosa, podem também, pelos motivos acima expostos, ter reduzida sua formação e intensidade, provocando o mesmo efeito na precipitação, com efeito maior nas áreas mais a Leste. O posicionamento da ZCIT mais ao norte que o normal, em virtude das condições dinâmicas formadas para esse padrão de Dipolo, seria o responsável mais diretamente pelas reduções da precipitação nas microrregiões do Sertão alagoano e indiretamente em todas as demais microrregiões do Estado, uma vez que as interações desta convergência com outros sistemas de precipitação, que já se encontram também com suas características alteradas, se tornariam menos freqüentes.

Quanto aos resultados apontados da análise da precipitação em Alagoas através da composição de anos com ocorrência de evento do padrão Dipolo do Atlântico – fase negativa, indicam *acréscimo nos totais anuais médios pluviométricos, como também na freqüência da ocorrência dos mesmos*. Justificativas para esses resultados podem ser avaliadas também em Souza & Alves (1996), os quais explicam que durante a fase negativa do Dipolo a presença de TSM anormalmente mais quentes ao sul do Atlântico Equatorial colabora para o aparecimento de PNM baixas, enfraquecendo o Centro de Alta Pressão Subtropical e intensificação dos alísios de nordeste. Além disso, ocorrem anomalias positivas de cobertura de nuvens e precipitação em grande parte da faixa equatorial do Atlântico sul e NEB, principalmente na parte litorânea deste. As condições para esse padrão de Dipolo são dinamicamente favoráveis para o posicionamento, intensificação e manutenção da ZCIT mais ao sul do Equador que a média.

As águas com temperatura mais alta que a média, provoca maior instabilidade (que a média), tendo como resultado um aumento da espessura da camada de ar mais baixa. Dessa forma, maior umidade pode ser transportada, em direção ao continente, pelos alísios de Nordeste e conseqüentemente chuvas (Markham & McLain, 1977).

Nessa fase encontramos desvios positivos da precipitação média anual com maiores magnitude nas microrregiões do Leste alagoano quando comparam-se aos das microrregiões do Sertão e Agreste. Uma vez que a faixa do litoral é freqüentemente mais atingida pela ação mais intensa de sistemas indutores de chuva que setores do Sertão e Agreste, particularmente as brisas terrestres que sofrem uma ação direta da intensificação dos alísios de nordeste e, levando-se em conta as condições dinâmicas anteriormente descritas, o Leste é enriquecido com maior acréscimo de precipitação. A Tabela 29 resume os resultados mostrando a ocorrência de precipitação abaixo e acima da média, observada para a composição dos anos do padrão Dipolo do Atlântico (fases positiva e negativa), para todos os postos analisados em Alagoas.

Tabela 29. Precipitação média anual acima e abaixo da média para a composição dos anos de padrão Dipolo do Atlântico (fases positiva e negativa) nos postos analisadas.

Cidades	Dipolo - Fase positiva	Dipolo - Fase negativa
Água Branca	Abaixo	Acima
Mata Grande	Acima	Acima
Piranhas	Abaixo	Acima
Canapi	Abaixo	Acima
O.D'Água do Casado	Acima	Acima
Delmiro Gouveia	Abaixo	Acima
Major Isidoro	Abaixo	Acima
Santana do Ipanema	Abaixo	Acima
Pão de Açúcar	Abaixo	Acima
O.D'Água das Flores	Acima	Acima
Poço das Trincheiras	Acima	Acima
Palmeira dos Índios	Abaixo	Acima
Minador do Negrão	Abaixo	Acima
Mar Vermelho	Abaixo	Acima
Tanque D'Arca	Acima	Acima
Santana do Mundaú	Abaixo	Acima
Atalaia	Abaixo	Acima
Flecheiras	Abaixo	Acima
Viçosa	Abaixo	Acima
União dos Palmares	Abaixo	Acima
Capela	Abaixo	Acima
Maragogi	Acima	Abaixo
Passo de Camaragibe	Abaixo	Acima
Porto de Pedra	Abaixo	Acima
Matriz de Camarajibe	Acima	Abaixo
Porto Calvo	Abaixo	Acima
S. Luiz do Quitunde	Abaixo	Acima
Traipu	Abaixo	Acima
Lagoa da Canoa	Abaixo	Acima
Limoeiro de Anadia	Abaixo	Acima
Junqueiro	Abaixo	Acima
S. Miguel dos Campos	Acima	Acima
Coruripe	Abaixo	Acima
Satuba	Abaixo	Acima
Maceió	Abaixo	Acima
P. Real do Colégio	Abaixo	Acima
Penedo	Acima	Abaixo
Piaçabuçu	Abaixo	Acima
Igreja Nova	Abaixo	Acima

De um total de 39 postos observados, apenas 9 apresentaram-se com precipitação anual acima da média para a composição do padrão Dipolo do Atlântico – fase positiva. Enquanto para a fase negativa apenas 2 postos apresentaram-se com precipitação abaixo da média histórica. Isso, juntamente com todos os resultados encontrados, demonstra que o padrão Dipolo do Atlântico (fase positiva e negativa) exerce grande influência na precipitação média anual, em Alagoas.

As Figuras 63 e 64 apresentam a distribuição espacial dos campos médios, para regiões em Alagoas, classificados como Muito Seco, Seco, Normal, Chuvoso e Muito Chuvoso, para a composição de anos do padrão Dipolo do Atlântico (fase positiva e negativa).

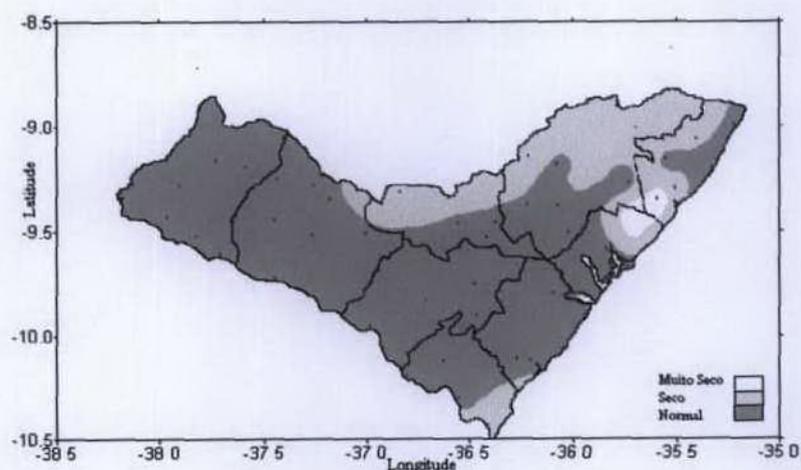


Figura 63. Distribuição espacial dos campos médios, no estado de Alagoas, classificados em uma das categorias estudadas, para a composição de anos do padrão Dipolo do Atlântico-fase positiva.

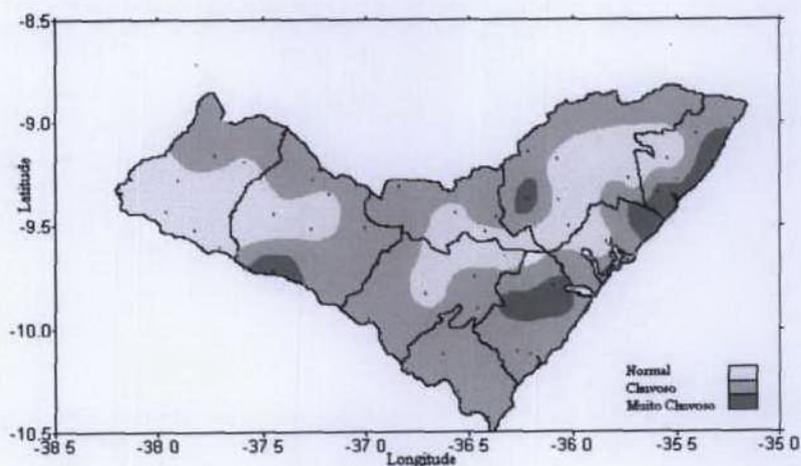


Figura 64. Distribuição espacial dos campos médios, no estado de Alagoas, classificados em uma das categorias estudadas, para a composição de anos do padrão Dipolo do Atlântico-fase negativa.

As áreas, historicamente com precipitação anual com valores mais altos em Alagoas (Leste), mostram sofrer mais influência do Padrão Dipolo do Atlântico – fase positiva, no sentido de ter classificação anual de Normal a Muito Seco, ao passo que as áreas com valores mais baixos (Sertão), apresentam classificação quase que totalmente Normal, exceto pequeno setor no nordeste da Microrregião 114.

#### **4.5.7 – El Niño, La Niña, Dipolo do Atlântico ( fases positiva e negativa)**

Após os resultados obtidos da influência dos eventos El Niño e La Niña, formados apartir das alterações térmicas das águas do Oceano Pacífico Tropical, como também do padrão tipo Dipolo do Atlântico em suas fases positiva e negativa, na precipitação em Alagoas, percebe-se que esses padrões exercem aparentemente influência na precipitação de forma diferenciada. Como vimos no ítem 2.6.3, estudos de Alves et al. (2000b) indicam a predominância da formação do Dipolo do Atlântico – fase positiva em anos de ocorrência do evento El Niño, enquanto os anos de ocorrência do evento La Niña há predominância da formação do padrão Dipolo do Atlântico – fase negativa. Assim, como a maioria dos anos da composição de evento El Niño faz parte também da composição de anos do padrão Dipolo – fase positiva, o mesmo acontecendo em relação aos anos da composição de evento La Niña e Dipolo-fase negativa, era de se esperar que distribuição de sua precipitação anual, além de seus desvios ao longo das microrregiões e mesorregiões se apresentassem de forma aproximada, entre os eventos de cada par, acima citado, no entanto, esse fato não acontece.

Observando a Figura 65, percebe-se que os desvios da precipitação anual entre as três mesorregiões para os eventos El Niño/Dipolo do Atlântico (fase positiva) e La Niña/Dipolo do Atlântico (fase negativa), apesar de representar como dito, a maioria dos anos comuns entre as duas composições referidas, mostram a peculiaridade de cada uma destas. Ou seja, para os eventos El Niño e La Niña ocorrem desvios pluviométricos anuais crescentes da mesorregião do Leste para a mesorregião do Sertão alagoano, ao passo que para o padrão Dipolo do Atlântico (fase positiva e negativa) ocorrem desvios anuais pluviométricos decrescentes da mesorregião do Leste para o Sertão. Isso, possivelmente, indica um peso e influência diferenciada entre os padrões formados no Oceanos Pacífico e Atlântico tropicais Sul na precipitação de setores de pequenas extensões na Região Leste do NEB, como é o caso do estado de Alagoas.

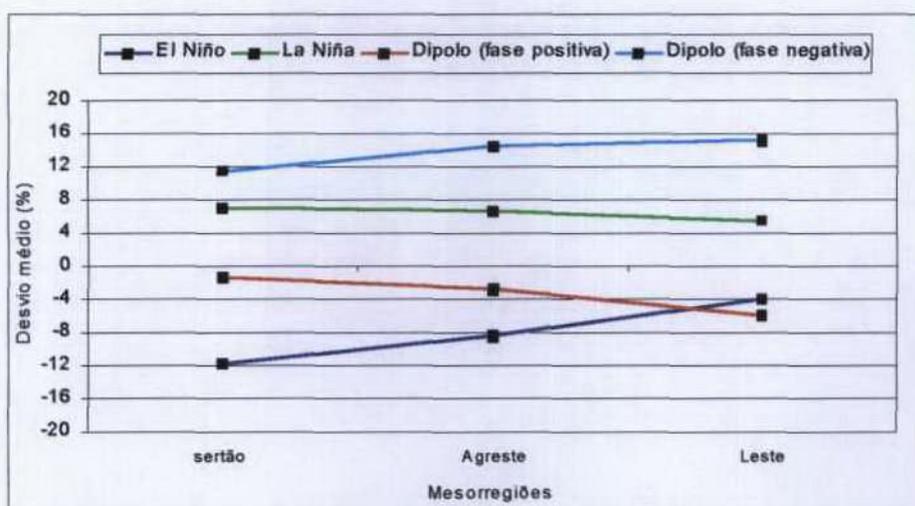


Figura 65. Desvios médios percentuais da precipitação anual, para as mesorregiões Sertão, Agreste e Leste, relativos aos anos da composição de eventos El Niño, La Niña, e padrão Dipolo do Atlântico – fases positiva e negativa.

## 5. CONCLUSÕES

A análise da distribuição espacial e temporal da precipitação média anual nas mesorregiões e microrregiões em Alagoas permitiu identificar vários pontos de suas características. *Existe um forte gradiente (956mm) entre o Litoral e Sertão, o que indica aproximadamente 480mm/100km. Cidades do Litoral de Alagoas, principalmente nas microrregiões 117 e 120, apresentaram os maiores índices pluviométricos do Estado. A configuração do relevo em Alagoas, apesar de não expressiva, com o Planalto da Borborema associando-se com as formações típicas da faixa litorânea e da parte centro-sul, demonstrou possuir uma forte relação com a distribuição da precipitação média anual. Nessa análise, destacou-se os postos das cidades de Mata Grande e Água Branca, no Sertão, e da cidade de União dos Palmares, no Leste. Nas primeiras, maior altitude que áreas vizinhas, precipitação anual média maior e na segunda, menor altitude que áreas vizinhas, precipitação anual média menor.*

A distribuição da precipitação intranual (janeiro a dezembro) é marcada por uma forte similaridade entre as microrregiões. Quanto ao regime pluviométrico, o período chuvoso predomina de abril a julho (outono-inverno) com maio sendo o mês mais chuvoso em todas as microrregiões, exceto para a microrregião 114 (Sertão), que apresenta o mês de junho. Já o período seco predomina de outubro a janeiro (primavera-verão), com outubro sendo o mês mais seco nas microrregiões 113 e 114 (ambas no Sertão), dezembro na microrregião 121(Leste) e nas demais microrregiões o mês de outubro é o mais seco.

A variabilidade interanual da precipitação é marcante em todas as mesorregiões, com tendência a apresentar índices de precipitação abaixo do normal na maioria dos anos. Nas mesorregiões do Sertão e Agreste de Alagoas foram identificados os maiores desvios, tanto positivo como negativo, contudo, em todas mesorregiões os desvios positivos possuem maior magnitude que os desvios negativos. A análise da distribuição espacial do desvio padrão da precipitação anual em Alagoas mostra, como esperado, uma certa relação com a distribuição da pluviometria anual, ou seja, quanto maior se apresenta a média da precipitação anual, mais o desvio padrão se afasta dela. Já a distribuição espacial do Coeficiente de Variação da precipitação anual confirmou uma característica típica da região nordestina, ou seja, maiores valores predominam nas mesorregiões do Agreste e Sertão Alagoano, ou seja, as áreas com menores valores anuais médios de precipitação possuem os maiores valores de seus Coeficientes de Variação. No estudo da variabilidade, a microrregião 117 no litoral norte do

Leste Alagoano, se destaca por apresentar núcleos com índices de seu Coeficiente de Variação semelhantes aos registrados no Sertão, ou acima de 40%.

Através da utilização do Coeficiente de Assimetria de Pearson e correlacionando-o com a precipitação média anual de cada posto pluviométrico desse estudo, foi possível identificar seis grupos com pluviometria homogênea para o estado de Alagoas.

Já as alterações térmicas dos Oceanos Pacífico e Atlântico Tropical Sul, representadas pela ocorrência de eventos El Niño, La Niña e Dipolo (fase positiva e negativa), respectivamente, indicaram, através da análise observacional de casos compostos da pluviometria em Alagoas (utilização de índice padronizado regional), uma influência considerável na variabilidade pluviométrica anual. Quanto a:

- a) *influência do Oceano Pacífico na precipitação em Alagoas, a ocorrência de eventos El Niño determinou uma tendência de precipitação abaixo da média anual na maioria dos anos da composição (66,6%), com desvios entre -2,5% e -41,8%. Esta influência acontece principalmente no período chuvoso (AMJJ) com anomalias negativas de precipitação, enquanto o período seco (ONDJ) registrou anomalias positivas da precipitação média anual de pequena magnitude. Os maiores desvios negativos predominaram principalmente no Sertão e Agreste do Estado.*
- b) *ocorrência de anos de eventos La Niña, a análise demonstrou uma tendência de precipitação acima da média anual na maioria dos anos da composição (53,3%), com desvios entre 4,8% e 46,5%. A influência desses eventos também é registrada, principalmente, no período chuvoso (AMJJ) com anomalias positivas de precipitação, já no período seco (ONDJ) as anomalias positivas da precipitação média anual indicaram desvios com pequena magnitude. Em média, os desvios positivos são maiores, principalmente, no Sertão do Estado.*
- c) *influência do Oceano Atlântico na precipitação em Alagoas, a ocorrência do padrão **Dipolo – fase positiva** demonstrou uma tendência de precipitação abaixo da média anual na maioria dos anos da composição (70,0%), com desvios entre -2,5% e -24,4%; a influencia desse padrão na precipitação acontece tanto no período chuvoso (AMJJ) como no período seco (ONDJ), entretanto o primeiro apresentou maiores anomalias negativas de precipitação. Os maiores desvios negativos foram observados nas microrregiões do Leste alagoano.*
- d) *ocorrência do padrão Dipolo – fase negativa, mostrou uma tendência de precipitação acima da média anual na maioria dos anos da composição (72,7%) , com desvios entre 4,8% e 46,5%; a influência em sua precipitação ocorre tanto no período chuvoso*

(AMJJ) quanto período seco (ONDJ), entretanto nesse último, apresentou maiores anomalias positivas de precipitação. Os maiores desvios positivos foram registrados nas microrregiões do Leste alagoano.

As médias pluviométricas para as três mesorregiões (Sertão, Agreste e Leste) indicaram que os padrões de temperatura de superfície do Oceano Pacífico (El Niño e La Niña) influenciam a precipitação em Alagoas progressivamente do Leste para o Sertão, ou seja, as anomalias da precipitação média anual para esses eventos são mais fortes nas áreas com médias históricas menores (Sertão). Já para os padrões térmicos do Oceano Atlântico (Dipolo-fase positiva e negativa) ocorre o inverso, ou seja, as anomalias da precipitação média anual para esses padrões são mais fortes nas áreas com médias históricas maiores (Leste).

Em termos de desvios pluviométricos anuais, em Alagoas, os eventos El Niño e La Niña, mostram mais consistência, uma vez que não foram observados, em suas microrregiões, desvios contrários aos esperados (positivo para El Niño e negativo para La Niña). Para o Dipolo do Atlântico esse fato aconteceu para a fase positiva (microrregião 115), não acontecendo para a fase negativa. Em termos de frequência, o padrão Dipolo do Atlântico em suas fases positiva e negativa mostrou exercer uma ação mais forte na precipitação anual em Alagoas (70,0% e 72,7%, respectivamente, dos anos de suas composições), como também *exerceu maior influência simultânea* entre as três mesorregiões, quando comparados aos eventos El Niño e La Niña. Levando em consideração essas análises, os padrões de temperatura da superfície do Oceano Atlântico Tropical parece exercerem maior influência na precipitação anual em Alagoas.

## 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.
- ALAGOAS, Secretaria Especial do Meio Ambiente – SEMA. Enquadramento e classificação de bacias hidrográficas de Alagoas. Convênio: Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste/ Secretaria de Planejamento de Alagoas. Ed. Sergasa, Maceió, 381p. 1979.
- ALDAZ, L. Caracterização parcial do regime de chuvas do Brasil. Rio de Janeiro, DEMET/SUDENE/OMM, v. 1 (SUDENE. Publicação Técnica), 1971.
- ALVES, J. M. B.; FERREIRA, A. G.; XAVIER, M. B. S. Diferenças na tendência da temperatura da superfície do mar no atlântico intertropical em anos de contrastes climatológicos. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, XI, Anais, 579 – 587,(CD-rom), 2000b.
- 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.; SOUZA, E. B.; REPELLIE, C. A.; et al. Um estudo da variabilidade pluviométrica no setor Leste do Nordeste brasileiro e a influência do fenômeno El Niño/Oscilação Sul. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 12, n.2, 25 – 39, 1997.
- ALVES, J. M. B.; SOUZA, E. B.; SILVA, R. A . Um estudo observacional da relação da temperatura com o vento junto a superfície na bacia do Atlântico Tropical. *Revista Atmosfera & Água*, Maceió, nº 4, 4 –11, 1998.
- ALVES, J. M. B.; XAVIER, M. B. S.; FERREIRA, A. G. Evidências físicas no atlântico intertropical em anos de la niña relacionadas à deficiência ou excesso de chuva no nordeste setentrional. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, XI, Anais, 588-592, (CD-rom), 2000a.
- ARAGÃO, J. O. R. Um Estudo da estrutura das perturbações sinóticas no Nordeste do Brasil. Dissertação de Mestrado em Meteorologia, S.J. dos Campos-INPE, CNPq, 51p. 1976.
- \_\_\_\_\_. Análise de parâmetros meteorológico globais e oceanográficos no Pacífico e Atlântico tropicais e a tendência climática da precipitação no norte do Nordeste do Brasil para o período chuvoso de março a junho de 1998. 1998. Apud. NETTO, A. O. A.; SOUSA, I. F. Análise do comportamento da precipitação pluviométrica durante o período chuvoso em anos de La Niña no estado de Sergipe. *Revista Atmosfera & Água*, Maceió, nº 6, 52-54, 2000.
- ARAGÃO, J. O. R.; ROUCOU, P. HARZALLAH; et al.. A influência dos Oceanos Atlântico e Pacífico sobre a circulação atmosférica e a chuva na Região Semi-Árida do Nordeste do Brasil: Simulação e observação. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, IX., Campos do Jordão, Anais, 830 – 833, 1996.

- AZEVEDO, D. C. Chuvas no Brasil – regime, variabilidade e probabilidade de alturas mensais e anuais. Dissertação de Mestrado em Hidráulica, UFRGS, Porto Alegre/RGS, 41p, 1974.
- BARRY, F. A. ; BOLLAY, E. ; NORMAN, R. B. . Handbook of Meteorology. McGraw-Hill Book Company, 1068, 1945.
- BARRY, R. G.; CHORLEY, R.J. Atmosphere, Weather and Climate. Methuen. 5<sup>th</sup> Edition. 460p., 1987.
- BERLAGE, H.P. The Southern Oscillation and world weather. Konink. Neder. Meteor. Inst., Meded. Verhand., v. 88, 152p., 1966.
- BJERKNES, J. Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific. *Monthly Weather Review*, v. 97, 163-172, 1969.
- BRASIL, Ministério Extraordinário para Assuntos de Irrigação – MINEAE. Contribuição preliminar à análise das pesquisas meteorológica sobre o Nordeste Brasileiro. Convênio: Fund. Prof. J.R.Pereira. Fortaleza, 121p. 1986
- BRISTOT, G.; PINHEIRO, J. U.; SANTOS, M. F.; et al. Um estudo da regionalização da pluviometria anual e sua distribuição intra-anual no estado do Rio Grande do Norte. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, IX., Campos do Jordão, Anais, 802 – 806, 1996.
- BRITO, J. I. Variações interanuais da circulação geral de inverno no Hemisfério Norte e da Oscilação Sul (Meridional) e suas possíveis conexões com o clima do Nordeste Brasileiro. Dissertação de Mestrado em Meteorologia, S. José dos Campos, INPE-CNPq, 101p., 1984.
- BRITO, J. I. B.; NOBRE, C. ; DA SILVA, A. M. Modelo de Previsão Estatística da Precipitação de Inverno do Leste do Nordeste. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, VII, Belo Horizonte, CPTEC/INPE., 502 – 504, 1994
- CABRAL; M. V. Geografia do Brasil. Rio de Janeiro, Editora: A Noite, 416p, 1947 .
- CALBETE; N. O.; GAN, M.; SATYAMURTY, P. Vórtices ciclônicos da alta troposfera que atuam sobre a Região Nordeste do Brasil. *Climanálise Especial*, 1996.
- CARTON, J. A. ; CAO, X. ; GIESE, B. S. ; DA SILVA, A. M. Decadal and interannual SST variability in the Tropical Atlantic circulation. *Journal of Physical Oceanography*, in press. 1995.
- CARVALHO, A. M. G. Conexões entre a circulação em altitude e a convecção sobre a América do Sul. Dissertação de Mestrado/INPE, São José dos Campos, 1989.
- CAVALCANTI, I. F. A; KOUSKY, V.E. Influência da circulação de escala sinótica na circulação da brisa marítima na costa N-NE da América do Sul. S. José dos Campos, INPE – CNPq, 14p, 1982.
- CAVALCANTI, I. F. A. Casos de intensa precipitação nas regiões Sul e Sudeste do Brasil no período de inverno de 1979-1983. INPE-3743-RPE/498, 1985

- \_\_\_\_\_. A. Episódios El Niño/Oscilação Sul durante a Década de 1986 a 1996 e suas influências sobre o Brasil. *Climanálise – Boletim de monitoramento e análises climáticas* (Número Especial). 1996. Disponível na INTERNET via [www.cptec.inpe.br/products/climanalise/cliesp10a/nino.html](http://www.cptec.inpe.br/products/climanalise/cliesp10a/nino.html). Consultado em 2001.
- CAVIEDES, C. N. Secas and El Niño: two simultaneous climatic hazards in South America. *Proc. Assoc. Amer. Geogr.*, v. 5, 44 – 49, 1973.
- CHAN, S. C. Análise de distúrbios ondulatório de leste sobre o Oceano Atlântico equatorial Sul. Dissertação de Mestrado em Meteorologia, INPE, S. José dos Campos 103p, 1990.
- CHANG, C. P. Westward propagating cloud patterns in the tropical Pacific as seen from time-composite satellite photographs. *Journal of Atmospheric Science*, 134 p., 1970.
- CHANG, P. L.; LI, H. A decadal climate variation in the tropical Atlantic Ocean from thermodynamic air-sea interactions. *Nature*, v. 385, 516-518. 1997.
- 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). 2ª ed. Cachoeira Paulista: INPE/CPTEC, 124p., 1986.
- COELHO, C. A. S.; AMBRIZZI, T. Determinação dos padrões de precipitação sobre a América do Sul em associação à Tsm da Bacia do Pacífico Equatorial durante períodos extremos de Enos através da utilização de técnicas estatísticas multivariadas. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, XI, Anais, Rio de Janeiro, (CD-rom), 2000.
- COELHO, C. A. S.; DRUMOND, A. R. M.; AMBRIZZI, T; et al.. Estudo Climatológico sazonal da precipitação sobre o Brasil em episódios extremos da Oscilação Sul. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 14, n.1, 49 – 65, 1999.
- CONRAD, V. P. ; POLLACK, L. W. *Methods in climatology*. Cambridge, second ed. , Harvard University Press, 223p., 1950. Apud. AZEVEDO, D. C. Chuvas no Brasil – regime, variabilidade e probabilidade de alturas mensais e anuais (Dissertação de Mestrado), UFRGS, Porto Alegre/RGS, 41p, 1974.
- COVEY, D. L.; HASTENRATH, S. The Pacific El Niño phenomenon and the atlantic circulation. *Monthly Weather Review*, v. 106(9), 1280-1287, 1978.
- DEAN, G. A. The three – dimensional wind structure over South America and associated rainfall over Brazil, S. José dos Campos, INPE, 175p. 1971.
- DOBERITZ, R. Cross-spectrum and filter analysis of monthly rainfall and wind data in the Tropical Atlantic region. *Bonner Met. Abhandlungen*, 11, 1969.
- FERREIRA, N. J.; CHAN, C. S.; SATYARMUTI, P. Análise dos distúrbios ondulatórios de leste sobre o oceano Atlântico Equatorial Sul. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, Anais, SBMet, 19 – 24, 1990.

- FIGUEROA, S. N.; SATYAMURTY, P.; SILVA DIAS, P. L.: Simulations of the summer circulation over the South American region with an Eta coordinate model. *Journal Atmosphere Physics*, v. 52, 1573-1584. 1995.
- FLOHN, H. Climatic effects of local circulation in tropical and subtropical latitudes. *Proceeding of Symposium on Tropical Meteorology, Hawaii*, 1.6 - 1.65, 1970.
- FONTANA, D. C.; BERLATO, M. A. Influência do El Niño Oscilação Sul sobre a precipitação pluvial no Estado do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 5, nº1, 127-132, 1997a.
- \_\_\_\_\_. Mudanças na precipitação pluvial do estado do Rio Grande do Sul associada ao fenômeno El Niño Oscilação Sul. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. Piracicaba, Anais, Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 295-297. 1997b.
- GALVÍNCIO, J. D.; SOUZA, F. A. Estimativa da eficiência de métodos de análise de consistência de dados. *Revista Atmosfera & Água*, Maceió, nº 6, 23-27, 2000.
- GAN, M. A. Um estudo observacional sobre as baixas frias da alta troposfera, nas latitudes subtropicais do Atlântico Sul e leste do Brasil. (Dissertação de Mestrado em Meteorologia), S. José dos Campos-INPE, 80p. 1983.
- \_\_\_\_\_. Vórtices ciclônicos dos altos níveis. In: Colóquio sobre Conceitos da Dinâmica Aplicados à Previsão do Tempo no Brasil. Anais, S. José dos Campos, INPE, 52 - 76, 1987.
- GAN, M. A.; KOUSKY, V. E. Vórtices ciclônicos da alta troposfera no Oceano Atlântico Sul, S.J. dos Campos, INPE, 32p. 1984
- \_\_\_\_\_. Vórtices ciclônicos da alta troposfera no oceano Atlântico Sul. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 1, 19-28. 1986
- GARCEZ, L. N. Hidrologia. Ed. Edgar Blücher Ltda., São Paulo, 50-129., 1967.
- GREGORY; S. *Statistical methods and the geographer*. Chapter 4: Deviation and variability. Ed. Longman Scientific & Technical, 4ª Ed., New York, 28 - 44, 1987.
- GRIMM, A. M. ; TELEGINSKY, S. E.; COSTA, S. M. S.; et al. Anomalias de precipitação no sul do Brasil em eventos El Niño. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, IX, Anais, 2, Campos do Jordão, 1113 -1117, 1996b.
- GRIMM, A. M. ; TELEGINSKY, S. E.; FREITAS, E. D.; et al. Anomalias de precipitação no sul do Brasil em eventos El Niño. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, IX, Anais, 2, Campos do Jordão, 1098 -1102, 1996a.
- GRIMM, A. M. O impacto de eventos el niño sobre as monções de verão no Brasil. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, XI, Anais, 1095-1098, (CD-rom), 2000.
- HASTENRATH, S. Variations in low-latitude circulation and extreme climatic events in the tropical Americas. *Journal Atmospheric Science*, v. 33, 202-215, 1976.

- \_\_\_\_\_. Interannual variability and annual cycle: mechanisms of circulation and climate in the tropical Atlantic sector. *Monthly Weather Review*, v. 112(6), 1097-1107, 1984.
- \_\_\_\_\_. Prediction of Northeast Brazil rainfall anomalies. *Journal of Climate*, v. 3, 893 – 904, 1990.
- HASTENRATH, S.; GREISCHAR, L. Circulation mechanisms related to Northeast Brazil rainfall anomalies. *Journal of Geophysical Research*, v. 98(d3), 5093-102, 1993.
- HASTENRATH, S.; HELLER, L. Dynamics of climatic hazards in Northeast Brazil. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, v. 103, 77 - 92. 1977.
- HSU, F.; WALLACE, J. M. The Global Distribution of the Annual and Semiannual Cycles in Precipitation. *Monthly Weather Review*, v. 104, 1093 – 1101. 1976.
- 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. Report, 30. Maryland, 57p. 1996.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Brasil). Atlas Nacional do Brasil. Região Nordeste. Rio de Janeiro, 1984.
- \_\_\_\_\_, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Brasil). Censo demográfico. Disponível na INTERNET via [www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2000/default/shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2000/default/shtm). Consultado em 2002.
- \_\_\_\_\_, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Brasil). Geografia do Brasil. Região Nordeste. Rio de Janeiro, 1977.
- KILADIS, G. N.; DIAZ, H. F. Global Climatic anomalies associated with extremes in the Southern Oscillation, *Journal of Climate*, v. 2, 1069 – 1090, 1989.
- KOUSKY, V. E.; KAYANO, M. T.; CAVALCANTI, I. F. A. A review of the southern oscillation: oceanic-atmospheric circulation changes and related rainfall anomalies. *Tellus*, v. 36 A, 490 – 504, 1984.
- KOUSKY, V. E. Diurnal Rainfall Variation in Northeast Brazil. *Monthly Weather Review*, v. 108, 488 – 498, 1980.
- \_\_\_\_\_. Frontal influences on Northeast Brazil. *Monthly Weather Review*, v. 107, 1140-1153, 1979.
- KOUSKY, V. E.; CAVALCANTI, I. F. A. Eventos Oscilação Sul/El Niño. Características, evolução e anomalias de precipitação. *Ciência e Cultura*, v. 36(11), 1888-1899, 1984.
- KOUSKY, V. E.; CHU, P. S. Fluctuations in annual rainfall for northeast Brazil. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 56, 1978.
- KOUSKY, V. E.; GAN, M. A. Upper tropospheric vortices in the tropical South Atlantic. *Tellus*, v. 33 A, 538-551, 1981.

- KOUSKY, V. E.; KAYANO, M. T.; CAVALCANTI, I. F. A. A review of the southern oscillation oceanic atmospheric circulation changes and related rainfall anomalies. *Tellus*, v. 36 A, 490-504, 1984.
- KOUSKY; V. E. ; VIRJI. A entrada de um sistema frontal em latitudes baixas e seus efeitos na atividade convectiva tropical. (INPE -2582 - PRE/2309), S. José dos Campos, 18p., 1982.
- KRAUS, E. V. Subtropical draughts and cross-equatorial transports. *Monthly Weather Review*, v. 105, 1009 - 1018, 1977.
- LACERDA, F. F.; MOURA, G. B. A.; RODRIGUES, R. S.; et. al. 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 do Jordão, 165 - 168, 1996.
- LIMA, I. F. Geografia de Alagoas. Maceió, Editora do Brasil S/A., 347p., 1965.
- \_\_\_\_\_. Maceió, a cidade restinga - Contribuição ao estudo geomorfológico do litoral alagoano. Edufal, Maceió, 255p. 1990.
- \_\_\_\_\_. Microrregiões Homogêneas, Editora Abril, 1972.
- LIMA, M. C. Variabilidade da precipitação no litoral leste da Região Nordeste do Brasil. Dissertação de Mestrado em Meteorologia, INPE, S. José dos Campos . 222p. 1991
- LOUGH, J. M. Tropical Atlantic sea surface temperature and rainfall variations in Subsaharan Africa. *Monthly Weather Review*, v. 114, 561-570, 1986.
- MAGALHÃES, A . R. ; GLANTZ, M. H. Socioeconomics impacts of climate variations and policy responses in Brazil. Fortaleza-Ceará. United Nations Environment Program, 155p. 1992.
- MARKHAM, C. G.; MCLAIN, D. R. Sea surface temperature related to rain in Ceará, Northeastern Brazil. *Nature*, v. 265, 320 - 323, 1977.
- MARKHAN, C. G. Climatological aspects of drought in Northeastern Brazil. University of California, Benkely, Ph.D Thesis, Geography, 251p., 1967.
- 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: Hydrology and Water Management in the Humid Tropics, Ed., Cambridge University Press, Cambridge, 99 - 111, 1993.
- MOLION, L. C. B.; BERNARDO, S. O. Dinâmica das Chuvas no Nordeste Brasileiro. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, XI, Anais, Rio de Janeiro, (CD-rom), 2000.

- MORRIS, G. D. An analysis of the distribution of rainfall and some rainfall associations for selected station in Western Colombia. Technical Report ECOM 89202, v. 104 – 156, 1966.
- MOURA, A. D. The ocean and the dynamics of the tropical atmosphere; its possible predictability. S. José dos Campos – INPE, (2998-PRE/450), 1984.
- \_\_\_\_\_. Prospect for seasonal to interannual climate prediction and applications for sustainable development. *World Meteorological Organization Bulletin*, v. 43(3), 207 – 215, 1994.
- MOURA, A. D.; KAGANO, M. T. Variabilidade espacial da precipitação na região Norte-Nordeste da América do Sul. S. J. dos Campos, INPE, (INPE- 2318-RPE/402), 20p. 1982.
- 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, 2653-2675. 1981.
- NAMIAS, J. Influence of northern hemisphere general circulation on drought in northeast Brazil. *Tellus*, v. 24, 336-342. 1972.
- NEIL, L. F. The weather distribution with upper tropospheric cold lows in the tropics. Department of Commerce, Weather Bureau (Technical Memorandum, 28), 1966.
- NERY, J. T.; VARGAS, W. M.; MARTINS, M. L. O. F. Caracterização da precipitação do Rio Grande do Sul. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, IX., Campos do Jordão, Anais, 753 – 755, 1996.
- NETTO, A. O. A. ; SOUSA, I. F. Análise do comportamento da precipitação pluviométrica durante o período chuvoso em anos de La Niña no estado de Sergipe. *Revista Atmosfera & Água*, Maceió, nº 6, 52-54, 2000.
- NICHOLLS, N. El Niño – Southern Oscillation and rainfall variability. *Journal of Climate*, 1(4): 418-421, 1988.
- NILER, P. P. The ocean circulation. In: Tremberth, K. E. ed. *Climate System modelling*. Cambridge University Press, Cambridge, 583 – 614, 1992.
- NIMER, E. *Cimatologia do Brasil*, Rio de Janeiro, IBGE, 421p, 1979a.
- \_\_\_\_\_. *Pluviometria e recursos hídricos de Pernambuco e Paraíba*. Rio de Janeiro: FIBGE, 177p. 1979b.
- NITTA, T. A Study of generation and conversion of eddy available potential energy in the tropics. *J. Journal of the Meteorological Society of Japan*, v. 48, 524 – 528, 1970.
- \_\_\_\_\_. Energy budget of wave disturbance over Marshall islands during the Year of 1956 and 1958. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, v. 50, 71 – 84, 1972.
- NOAA. Reynolds montly SST anomalies. TAO/project/Office/PIMEL/NOAA. Disponível na INTERNET via [www.pmel.noaa.gov/tao/el-nino/el-nino-story.html](http://www.pmel.noaa.gov/tao/el-nino/el-nino-story.html) . Consultado em 2001.

- NOBRE, P. A. On the genesis of anomalous SST and rainfall patterns over the tropical Atlantic Basin. (Ph.D. Thesis)-University of Maryland at College Park, Maryland, 151p., 1993.
- \_\_\_\_\_. A variabilidade interanual do Atlântico tropical e sua influência no clima da América do Sul. *Climanálise Especial*, 1996.
- NOBRE, P.; SHUKLA, J. Interannual variability of SST and wind stress over the tropical Atlantic and rainfall over Amazon and northeast Brazil. In Conference on Climate Variations 15., Denver, *American Meteorological Society*, 464 – 467. 1991.
- \_\_\_\_\_. Variations of sea surface temperature, wind stress, and rainfall over the tropical Atlantic and South America. *Journal of Climate*, in press. 1996.
- OLIVEIRA, A. S. Interações entre sistemas frontais na América do Sul e a convecção da Amazônia. Dissertação de Mestrado em Meteorologia, INPE, S. José dos Campos, 115p., 1986.
- OLIVEIRA, L. L. Zonas de Convergência no Atlântico Sul e suas influência no regime de precipitação no Nordeste do Brasil. Dissertação de Mestrado em Meteorologia, INPE, S. José dos Campos, 125p., 1982.
- PENLAND, C. ; MATROSOVA, L. Prediction of tropical Atlantic sea surface temperatures using linear inverse modeling. *Journal of Climate*, v. 11, 483 – 496. 1998.
- PHILANDER, S. G. H. Ocean-atmosphere interactions in the tropics: a review of recent theories and models. *Journal of Applied Meteorology*, v. 31, 938 – 945, 1992.
- QUINN; NEAL, V. T. The historical record of El Niño events. Climate since A. D. 1500, Bradley, R. S. and Jones, P.D. Eds., Routledge, 623 – 648, 1992
- RAMOS, R. P. L. Precipitation characteristic in the Northeast Brazil dry region. *Journal Geophysical Research*, v. 80(12), 1665 – 1678, 1975 .
- 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.
- RAO, V. B.; BONATTI, J. P. On the origin of upper tropospheric cyclonic vortices in the South Atlantic ocean and adjoining Brasil during the summer. *Meteorology and Atmospheric Physics*, v. 37, 11 – 16, 1987.
- RATISBONA, C. R. The climate of Brazil. In: Schwerdfeger, W., ed. Climates of Central and South America. Amsterdam, Elsevier, Cap. 5. 219-293. *World Survey of Climatology*, 12, 1976.
- RIEHL, H. venezuelan rain systems and the general circulation of the summer tropics II: Relations between low and high latitudes. *Monthly Weather Review*, v. 105, 1421 – 1433, 1977.

- ROPELEWISKI, C. F.; HALPERT, S. Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño-Southern Oscillation, *Monthly Weather Review*, v. 115, 1606 – 1626, 1987.
- 
- \_\_\_\_\_. Precipitation patterns associated with the El Niño Global and regional scale precipitation patterns associated with the high index phase of Southern Oscillation. *Journal of Climate*, v. 2, 268 – 284, 1989.
- ROPELEWISKI, C. F.; JONES, P. D. An extension of the Tahiti-Darwin southern oscillation index. *Monthly Weather Review*, Washington, v. 115, 2161 – 2165, 1987.
- SCHNEIDER, U.; FLEER, H. E. Development of sea surface temperature, surface wind and divergence anomalies during a composite ENSO episode. *Theoretical and Applied Climatology*, v. 39, 146 – 159, 1987.
- SERVAIN, J.; LEGLER, D. M. Empirical orthogonal function analyses of tropical Atlantic sea surface temperature and wind stress: 1964-1979. *Journal of Geophysical Research*, 91(C12): v. 14, 181-191, 1986.
- SHUKLA, J. Predictability of the tropical atmosphere. NASA Tech. Memo. 83829, 51p. 1981.
- SHUKLA, J.; FENNESSY, M. J. Prediction of time- mean atmospheric circulation and rainfall: Influence of Pacific sea surface temperature anomaly. *Journal of the Atmospheric Sciences*, v. 45; 9 – 28, 1988.
- SILVA, F. A . S; RAO, T. V. R. Regionalização referente a pluviosidade e sua distribuição intra-anual no estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 2, 93 – 97, 1994.
- SOUSA, I. F; NETTO, A. O. A.. Comportamento da precipitação pluviométrica durante o período chuvoso em anos de enos no estado de Sergipe. *Revista Atmosfera & Água*, Maceió, v. 6, 33 – 36, 2000.
- SOUZA, E. B. Um estudo observacional sobre o padrão de dipolo de anomalias de temperatura da superfície do mar no Oceano Atlântico Tropical. Dissertação de Mestrado em Meteorologia, INPE, S. José dos Campos, 117p., 1997.
- SOUZA, E. B. ; ALVES, J. M. B. A variabilidade espacial da precipitação sobre o norte do Nordeste associada aos eventos de dipolo observados no Atlântico Tropical. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, IX, Anais, v. 2, Campos do Jordão, 702 – 705, 1996.
- SOUZA, E. B. ; NOBRE, P. Características atmosféricas e oceânicas observadas durante os eventos do padrão Dipolo no Atlântico Tropical. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, IX, Anais, Campos do Jordão, v. 2, 710 – 714, 1996.
- SPIEGEL; M. Y. R. Estatística. Editora McGraw-Hill do Brasil Ltda. 579p 1976.
- STOECKNIUS, T. Interannual variations of tropical precipitation patterns. *Monthly Weather Review*, v. 109(6), 1233-1247, 1981.

- STRANG, D. M. G. D. Análise climatológica das normais pluviométrica do Nordeste do Brasil. CTA, S. José dos Campos, 29p, 1972.
- STUDIZINSKY, C. D. S. Um estudo da precipitação na Região Sul e sua relação com os Oceanos Pacífico e Atlântico Tropical e Sul. Dissertação de Mestrado em Meteorologia, INPE, S. José dos Campos, 1995.
- TALJAARD, J. J. Synoptic meteorology of the Southern Hemisphere. *American Meteorological Society*, 13, 1972.
- TENÓRIO, R.S. *The Meteorology of Northeast Brazil and its influence for Agriculture*. Dissertação de Mestrado, Reading, UK. 76p., 1989.
- TREMBERTH, K. E. Spatial and temporal variations of the southern oscillation. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, v. 102(433), 639 – 653, 1976.
- \_\_\_\_\_. The definition of El niño. *Bull. American Meteorological Society*, v. 178, 2771 – 2777, 1997.
- UVO, C. R. B. A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e sua relação com a precipitação da Região norte do Nordeste Brasileiro. Dissertação de Mestrado, INPE. S. José dos Campos, 79p., 1989.
- UVO, C. R. B. ; NOBRE, C. A . CITEAU, J. Análise da posição da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) no Atlântico Equatorial e sua relação com a precipitação no Nordeste do Brasil. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 5. Rio de Janeiro, Anais. v. 1, 3.23 – 3.27, 1988.
- VIANELO, R. L; ALVES. A . R. Meteorologia básica e aplicações. Viçosa, UFV, Impr. Univ., 449p, 1991
- WALKER, G. T. Correlation in seasonal variation of weather IX. A preliminary study of world weather. *Memoirs of the Indian Meteorological Departament*. v. 24, 275 – 332. 1924.
- \_\_\_\_\_. Correlation in seasonal variation of weather VIII. A preliminary study of world weather. *Memoirs of the Indian Meteorological Departament*. v. 24, 75 – 131, 1923.
- \_\_\_\_\_. World weather III. *Memoirs of the Royal Meteorological Society*, v. 2, 97 – 104, 1928
- WALKER, G. T.; BLISS, E. W. World weather IV. *Memoirs of the Royal Meteorological Society*, v. 3, 81 – 95, 1930.
- \_\_\_\_\_. World weather V. *Memoirs of the Royal Meteorological Society*, v. 4 (36) 53 – 84, 1932.
- \_\_\_\_\_. World weather VI. *Memoirs of the Royal Meteorological Society*, v. 4, 119 – 139, 1937.

- WALLACE, J. M. Time – Longitude sections of Tropical Cloudiness December 1966 – Novembro 1967. National Environmental Satellite Center, Washington D. C., 37p. (ESSA Techn. Rept. NESSE 56), 1970.
- WARD, M. N.; FOLLAND, C. K. Prediction of seasonal rainfall in the north nordeste of Brazil using eigenvectors of sea-surface temperature. *International Journal of Climatology*, v. 11, 711 – 743, 1991.
- WEBB, E. K. A face cambiante do nordeste brasileiro. Cap. 3: O habitat físico e seu processo de formação. Apec Editora/BNB, Rio de Janeiro, 49 – 106, 1979.
- WISLER, C. O. ; BRATER, E. F. Hidrologia. Tradução: Leonino Junior, Livro Técnico S/A., Rio de Janeiro, 464p., 1964.
- WOLTER, K. Modes of tropical circulation, Southern Oscillation, and Sahel rainfall anomalies. *Journal of Climate*, v. 8: 149 – 172, 1989.
- XAVIER, A. F. S.; XAVIER; T. M.; ALVES, J. M. B. Uma Análise da cronologia de eventos Enos (El Niño e La Niña) : 1900-2000. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, XI, Anais, Rio de Janeiro, 986 – 995, (CD-rom), 2000.
- YAMAZAKI , Y; RAO, V. B. Tropical cloudiness over the south atlantic ocean. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, v. 55(2), 205-207, 1977.
- ZEBIAK, S. E. Air-Sea interaction in the equatorial Atlantic region. *Journal of Climate*, v. 6, 1567-1586. 1993.

**APÊNDICE**

Quadro 1. Média histórica, Desvio Padrão e Coeficiente de Variação da precipitação anual dos postos integrantes deste estudo, em Alagoas.

Postos pluviométricos	Média Anual (mm)	Desvio Padrão( $\sigma$ ) (mm)	Coeficiente Variação (CV) (%)
Água Branca	1005,5	293,4	29,2
MataGrande	1051,8	324,1	30,8
Piranhas	499,9	157,8	31,6
Canapi	548,9	242,2	44,1
O.D'Água do Casado	551,9	221,5	40,1
Delmiro Gouveia	515,9	206,0	39,9
Major Isidoro	683,1	213,3	31,2
Santana do Ipanema	741,4	211,0	28,5
Pão de Açúcar	544,5	182,0	33,4
O.D'Água das Flores	669,0	270,1	40,4
Poço das Trincheiras	774,9	263,8	34,0
Palmeira dos Índios	1018,9	292,4	28,7
Minador do Negrão	650,8	195,8	30,1
Mar Vermelho	1218,4	256,4	21,0
Tanque D'Arca	1163,6	327,5	28,1
Santana do Mundaú	1346,5	292,7	21,7
Atalaia	1350,3	280,9	20,8
Flexeiras	1815,6	364,3	20,1
Viçosa	1321,1	314,7	23,8
União dos Palmares	1115,3	296,4	26,6
Capela	1414,4	291,7	20,6
Maragogi	1398,1	463,3	33,1
Passo de camaragibe	1830,8	451,0	24,6
Porto de Pedra	1624,0	574,1	35,4
Matriz de Camarajibe	1430,1	574,3	40,2
Porto Calvo	1375,3	649,3	47,2
S.Luiz do Quitunde	1588,4	687,3	43,3
Traipu	709,8	234,2	33,0
Lagoa da Canoa	945,5	236,7	25,0
Limoeiro de Anadia	957,6	308,9	32,3
Junqueiro	1025,2	280,1	27,3
S.Miguel dos Campos	1550,9	307,8	19,8
Coruripe	1548,4	348,7	22,5
Satuba	2341,4	724,5	30,9
Maceió	1636,0	442,4	27,0
P.Real do Colégio	921,4	230,7	25,0
Penedo	1290,3	349,2	27,1
Piaçabuçu	1242,8	444,0	35,7
Igreja Nova	1149,6	309,3	26,9

Quadro 2. Coeficientes de Assimetria de Pearson observados para os postos integrantes deste estudo e utilizados para a identificação das regiões pluviometricamente homogêneas em Alagoas.

Postos pluviométricos	Coeficientes de Assimetria
Água Branca	0,43
MataGrande	0,46
Piranhas	0,28
Canapi	0,29
O.D'Água do Casado	0,00
Delmiro Gouveia	-0,06
Major Isidoro	0,39
Santana do Ipanema	0,30
Pão de Açúcar	0,41
O.D'Água das Flores	0,50
Poço das Trincheiras	0,28
Palmeira dos Índios	0,56
Minador do Negrão	0,34
Mar Vermelho	0,51
Tanque D'Arca	0,46
Santana do Mundaú	0,33
Atalaia	0,42
Flexeiras	0,36
Viçosa	0,48
União dos Palmares	0,47
Capela	0,48
Maragogi	0,24
Passo de camaragibe	0,28
Porto de Pedra	0,31
Matriz de Camarajibe	0,41
Porto Calvo	0,38
S.Luiz do Quitunde	0,35
Traipu	0,65
Lagoa da Canoa	0,66
Limoeiro de Anadia	0,50
Junqueiro	0,58
S.Miguel dos Campos	0,52
Coruripe	0,58
Satuba	0,40
Maceió	0,53
P.Real do Colégio	0,67
Penedo	0,71
Piaçabuçu	0,49
Igreja Nova	0,42

Quadro 3. Índices de Anomalia da Precipitação (IAP) para o estado de Alagoas e suas mesorregiões (1931-1991).

Anos	Estado de Alagoas	Sertão Alagoano	Agreste Alagoano	Leste Alagoano
1931	-1.13	-0.42	-0.44	-1.25
1932	-2.03	-1.89	-1.98	-1.12
1933	-0.28	0.17	0.52	-0.25
1934	-0.68	-0.07	-0.65	-0.29
1935	0.34	2.15	0.42	-0.53
1936	-0.56	-0.04	0.38	-0.85
1937	-1.03	0.18	-0.54	-1.66
1938	-1.11	-1.31	-1.19	-0.64
1939	-0.37	-0.81	-0.25	0.11
1940	1.58	1.33	2.20	1.53
1941	-0.58	0.03	-0.45	-0.77
1942	-0.94	-0.77	-0.79	-0.82
1943	-0.92	-0.79	-0.96	-0.70
1944	1.78	1.57	1.53	2.06
1945	0.84	0.17	1.06	1.30
1946	-0.79	-1.18	-1.05	-0.14
1947	0.45	1.41	0.16	0.13
1948	1.15	1.42	1.58	0.90
1949	0.36	0.72	0.98	0.05
1950	-0.55	-0.36	-0.17	-0.57
1951	0.19	0.60	0.67	-0.08
1952	-1.3	-0.46	-0.84	-1.70
1953	-0.75	-0.56	0.20	-0.98
1954	-0.85	-0.11	-0.31	-1.26
1955	-1.32	-1.38	-0.36	-1.43
1956	-0.68	-0.28	-0.57	-0.80
1957	-0.45	0.68	-0.16	-1.12
1958	-1.18	-0.87	-0.30	-1.55
1959	-1.02	-1.20	-0.83	-0.90
1960	-0.27	0.42	-0.44	-0.57
1961	0.55	-0.35	-0.19	1.19
1962	0.12	-0.30	0.02	0.35
1963	0.43	-0.23	0.42	0.40
1964	2.26	1.22	2.39	2.09
1965	-0.17	-1.01	-0.50	0.07
1966	1.64	1.35	1.89	1.22
1967	0.62	0.50	0.76	0.29
1968	0.48	0.51	1.02	-0.03
1969	1.08	1.36	1.42	0.55
1970	-0.99	-1.34	-1.18	-0.78
1971	-0.74	-1.10	-0.57	-0.63
1972	0.42	0.22	0.36	0.42
1973	-0.39	-0.88	-0.39	0.01
1974	0.23	0.41	0.00	0.30
1975	1.55	1.64	0.85	1.73
1976	-0.43	-0.47	-1.47	-0.06
1977	1.88	1.66	1.42	1.81
1978	1.1	1.40	0.50	0.94
1979	-0.18	-0.08	-0.46	-0.14
1980	-0.12	-0.39	-0.59	0.18
1981	-0.99	-0.33	-1.33	-1.10
1982	0.1	-0.45	-0.65	0.63
1983	-1.7	-1.72	-2.42	-1.21
1984	0.28	-0.19	-0.68	0.86
1985	1.11	1.78	0.76	0.70
1986	1.36	0.02	0.46	1.81
1987	-0.65	-1.33	-1.32	-0.38
1988	1.21	0.35	0.84	1.23
1989	2.2	1.62	1.89	1.97
1990	-0.27	-1.72	-0.52	-0.29
1991	0.1	-0.52	-0.11	-0.22

Quadro 4. Média e Desvio Médio (absoluto e percentual) da precipitação anual para a composição de anos de ocorrência de evento El Niño.

Postos pluviométricos	Média Anual (mm)	Desvio Médio (mm)	Desvio Médio (%)
Água Branca	879,0	-126,6	-12,6
MataGrande	941,7	-110,1	-10,5
Piranhas	443,3	-56,6	-11,3
Canapi	508,7	-40,2	-07,3
O.D'Água do Casado	445,8	-106,1	-19,2
Delmiro Gouveia	500,7	-15,3	-03,0
Major Isidoro	608,0	-75,1	-11,0
Santana do Ipanema	637,8	-103,6	-14,0
Pão de Açúcar	489,6	-54,9	-10,1
O.D'Água das Flores	526,8	-142,2	-21,3
Poço das Trincheiras	704,8	-70,1	-09,0
Palmeira dos Índios	944,8	-74,2	-07,3
Minador do Negrão	536,2	-114,5	-17,6
Mar Vermelho	1087,4	-131,1	-10,8
Tanque D'Arca	1092,9	-70,7	-06,1
Santana do Mundaú	1250,0	-96,5	-07,2
Atalaia	1295,2	-55,2	-04,1
Flexeiras	1732,7	-82,9	-4,6
Viçosa	1263,8	-57,3	-4,3
União dos Palmares	1073,1	-42,2	-3,8
Capela	1306,0	-108,3	-7,7
Maragogi	1301,4	-96,7	-6,9
Passo de camaragibe	1759,8	-71,1	-3,9
Porto de Pedra	1507,8	-116,2	-7,2
Matriz de Camarajibe	1517,7	87,6	6,1
Porto Calvo	1335,2	-40,1	-2,9
S.Luiz do Quitunde	1377,1	-211,3	-13,3
Traipu	607,6	-102,3	-14,4
Lagoa da Canoa	883,1	-62,3	-6,6
Limoeiro de Anadia	851,6	-106,0	-11,1
Junqueiro	966,4	-58,9	-5,7
S.Miguel dos Campos	1516,6	-34,3	-2,2
Corunipe	1364,8	-183,7	-11,9
Satuba	2329,8	-11,6	0,5
Maceió	1614,1	-21,9	-1,3
P.Real do Colégio	823,2	-98,2	-10,7
Penedo	1233,1	-57,2	-4,4
Piaçabuçu	1089,5	-153,3	-12,3
Igreja Nova	958,3	-191,3	-16,6

Quadro 5. Média e Desvio Médio (absoluto e percentual) da precipitação anual para a composição de anos de ocorrência de evento El La Niña.

Postos pluviométricos	Média Anual (mm)	Desvio Médio (mm)	Desvio Médio (%)
Agua Branca	1033,0	27,5	2,7
MataGrande	1147,4	95,7	9,1
Piranhas	528,9	28,9	5,8
Canapi	581,4	32,6	5,9
O.D'Água do Casado	651,0	99,1	18,0
Delmiro Gouveia	519,9	3,9	0,8
Major Isidoro	710,3	27,2	4,0
Santana do Ipanema	781,5	40,1	5,4
Pão de Açúcar	566,7	22,2	4,1
O.D'Água das Flores	787,6	118,6	17,7
Poço das Trincheiras	817,7	42,8	5,5
Palmeira dos Índios	1035,4	16,5	1,6
Minador do Negrão	763,2	112,5	17,3
Mar Vermelho	1405,5	187,1	15,4
Tanque D'Arca	1260,7	97,1	8,3
Santana do Mundaú	1520,3	173,8	12,9
Atalaia	1401,0	50,6	3,8
Flexeiras	1961,7	146	8,0
Viçosa	1328,6	7,5	0,6
União dos Palmares	1122,2	6,8	0,6
Capela	1495,8	81,5	5,8
Maragogi	1756,6	358,5	25,6
Passo de camaragibe	2081,5	250,6	13,7
Porto de Pedra	1986,5	362,5	22,3
Matriz de Camarajibe	1121,2	-308,9	-21,6
Porto Calvo	1059,3	-316	-23,0
S.Luiz do Quitunde	1583,3	-5	-0,3
Traipu	766,0	56,2	7,9
Lagoa da Canoa	980,8	35,4	3,7
Limoeiro de Anadia	1003,5	45,9	4,8
Junqueiro	1023,6	-1,6	-0,2
S.Miguel dos Campos	1555,3	4,4	0,3
Coruripe	1716,8	168,4	10,9
Satuba	2530,3	188,9	7,5
Maceió	1783,4	147,4	9,0
P.Real do Colégio	941,9	20,5	2,2
Penedo	1269,4	-21,0	-1,6
Piaçabuçu	1637,6	394,8	31,8
Igreja Nova	1392,9	243,3	21,2

Quadro 6. Média e Desvio Médio (absoluto e percentual) da precipitação anual para a composição de anos de ocorrência do padrão Dipolo do Atlântico – fase positiva.

Postos pluviométricos	Média Anual (mm)	Desvio Médio (mm)	Desvio Médio (%)
Agua Branca	954,7	-50,8	-5,1
MataGrande	1130,6	78,8	7,5
Piranhas	457,9	-42,0	-8,4
Canapi	494,8	-54,1	-9,9
O.D'Água do Casado	555,9	4,0	0,7
Delmiro Gouveia	454,1	-61,8	-12,0
Major Isidoro	652,9	-30,2	-4,4
Santana do Ipanema	709,2	-32,2	-4,3
Pão de Açúcar	496,4	-48,1	-8,8
O.D'Água das Flores	725,5	56,4	8,4
Poço das Trincheiras	795,5	20,6	2,7
Palmeira dos Índios	985,5	-33,5	-3,3
Minador do Negrão	563,1	-87,6	-13,5
Mar Vermelho	1140,1	-78,3	-6,4
Tanque D'Arca	1245,7	82,1	7,1
Santana do Mundaú	1238,9	-107,6	-8,0
Atalaia	1286,2	-64,1	-4,7
Flexeiras	1770,0	-45,7	-2,5
Viçosa	1291,8	-29,3	-2,2
União dos Palmares	1067,8	-47,6	-4,3
Capela	1340,3	-74,1	-5,2
Maragogi	1440,0	41,8	3,0
Passo de camaragibe	1642,5	-188,4	-10,3
Porto de Pedra	1440,1	-183,9	-11,3
Matriz de Camarajibe	1605,4	175,3	12,3
Porto Calvo	1083,8	-291,4	-21,2
S.Luiz do Quitunde	1012,2	-576,2	-36,3
Traipu	697,2	-12,7	-1,8
Lagoa da Canoa	916,0	-29,5	-3,1
Limoeiro de Anadia	923,4	-34,3	-3,6
Junqueiro	967,1	-58,2	-5,7
S.Miguel dos Campos	1620,6	69,7	4,5
Coruripe	1454,5	-94,0	-6,1
Satuba	2520,6	179,2	7,1
Maceió	1494,1	-141,9	-8,7
P.Real do Colégio	888,2	-33,2	-3,6
Penedo	1302,7	12,4	1,0
Piaçabuçu	1056,2	-186,6	-15,0
Igreja Nova	1085,5	-64,1	-5,6

Quadro 7. Média e Desvio Médio (absoluto e percentual) da precipitação anual para a composição de anos de ocorrência do padrão Dipolo do Atlântico – fase negativa

Postos pluviométricos	Média Anual (mm)	Desvio Médio (mm)	Desvio Médio (%)
Água Branca	1072,5	67,0	6,7
MataGrande	1186,9	135,1	12,8
Piranhas	524,5	24,5	4,9
Canapi	600,0	51,1	9,3
O.D'Água do Casado	604,1	52,2	9,5
Delmiro Gouveia	538,5	22,6	4,4
Major Isidoro	803,5	120,4	17,6
Santana do Ipanema	750,5	9,1	1,2
Pão de Açúcar	670,2	125,7	23,1
O.D'Água das Flores	699,0	30,0	4,5
Poço das Trincheiras	871,3	96,4	12,4
Palmeira dos Índios	1105,4	86,5	8,5
Minador do Negrão	734,6	83,9	12,9
Mar Vermelho	1329,7	111,3	9,1
Tanque D'Arca	1231,4	67,8	5,8
Santana do Mundaú	1459,2	112,7	8,4
Atalaia	1383,3	32,9	2,4
Flexeiras	1929,8	114,1	6,3
Viçosa	1722,0	400,9	30,3
União dos Palmares	1150,2	34,9	3,1
Capela	1450,4	36,0	2,5
Maragogi	1387,5	-10,6	-0,8
Passo de camaragibe	2069,3	238,4	13,0
Porto de Pedra	2097,3	473,3	29,1
Matriz de Camarajibe	1421,4	-8,7	-0,6
Porto Calvo	1604,7	229,5	16,7
S.Luiz do Quitunde	2265,2	676,9	42,6
Traipu	827,9	118,0	16,6
Lagoa da Canoa	981,7	36,2	3,8
Limoeiro de Anadia	1091,8	134,2	14,0
Junqueiro	1134,1	108,8	10,6
S.Miguel dos Campos	1901,0	350,1	22,6
Coruripe	1712,0	163,6	10,6
Satuba	2561,4	220,0	8,6
Maceió	1903,8	267,8	16,4
P.Real do Colégio	997,9	76,5	8,3
Penedo	1245,8	-44,5	-3,5
Piaçabuçu	1454,7	211,9	17,0
Igreja Nova	1269,8	120,2	10,5

Quadro 8. Índices de Anomalia da Precipitação (IAP) para as composições de ocorrência de evento El Niño, La Niña e padrão Dipolo do Atlântico (fase positiva e negativa) das microrregiões, mesorregiões e estado de Alagoas.

Microrregiões Mesorregiões e Estado	IAP Médio anual			
	Composição	Composição	Composição	Composição
	El Niño	La Niña	Dipolo - fase positiva	Dipolo - fase negativa
113	-0,44	0,26	-0,06	0,35
114	-0,42	0,23	-0,06	0,47
115	-0,27	0,28	0,01	0,46
116	-0,16	0,27	-0,24	0,64
117	-0,18	0,02	-0,51	0,50
118	-0,41	0,28	-0,20	0,57
119	-0,28	0,35	-0,06	0,87
120	-0,05	0,33	-0,32	0,61
121	-0,30	0,36	-0,21	0,67
<b>Sertão</b>	-0,44	0,26	-0,05	0,42
<b>Agreste</b>	-0,36	0,28	-0,12	0,62
<b>Leste</b>	-0,21	0,28	-0,31	0,78
<b>Alagoas</b>	-0,30	0,26	-0,20	0,78

Quadro 9. Índice de Anomalia da Precipitação (IAP) médio anual e classificação anual média para a composição de anos com ocorrência de evento El Niño, para todos os postos analisados.

Postos pluviométricos	IAP médio anual (p/Composição)	Classificação Anual Média (p/Composição)
Água Branca	-0,43	Seco
Mata Grande	-0,34	Seco
Piranhas	-0,36	Seco
Canapi	-0,17	Normal
O.D'Água do Casado	-0,48	Seco
Delmiro Gouveia	-0,07	Normal
Major Isidoro	-0,35	Seco
Santana do Ipanema	-0,49	Seco
Pão de Açúcar	-0,30	Normal
O.D'Água das Flores	-0,53	Seco
Poço das Trincheiras	-0,27	Normal
Palmeira dos Índios	-0,25	Normal
Minador do Negrão	-0,59	Seco
Mar Vermelho	-0,51	Seco
Tanque D'Arca	-0,22	Normal
Santana do Mundaú	-0,33	Seco
Atalaia	-0,20	Normal
Flexeiras	-0,23	Normal
Viçosa	-0,18	Normal
União dos Palmares	-0,14	Normal
Capela	-0,37	Seco
Maragogi	-0,21	Normal
Passo de Camaragibe	-0,16	Normal
Porto de Pedra	-0,20	Normal
Matriz de Camarajibe	-0,27	Normal
Porto Calvo	-0,06	Normal
S.Luiz do Quitunde	-0,31	Normal
Traipu	-0,44	Seco
Lagoa da Canoa	-0,26	Normal
Limoeiro de Anadia	-0,34	Seco
Junqueiro	-0,21	Normal
S.Miguel dos Campos	-0,11	Normal
Corunipe	-0,18	Normal
Satuba	-0,02	Normal
Maceió	-0,05	Normal
P.Real do Colégio	-0,43	Normal
Penedo	-0,16	Normal
Piaçabuçu	-0,35	Seco
Igreja Nova	-0,62	Seco

Quadro 10. Índice de Anomalia da Precipitação (IAP) médio anual e classificação anual média para a composição de anos com ocorrência de evento La Niña, para todos os postos analisados.

Postos pluviométricos	IAP médio anual (p/Composição)	Classificação Anual Média (p/Composição)
Agua Branca	0,09	Normal
MataGrande	0,30	Normal
Piranhas	0,18	Normal
Canapi	0,13	Normal
O.D'Água do asado	0,45	Chuvoso
Delmiro Gouveia	0,02	Normal
Major Isidoro	0,13	Normal
Santana do Ipanema	0,19	Normal
Pão de Açúcar	0,12	Normal
O.D'Água das Flores	0,44	Chuvoso
Poço das rincheiras	0,16	Normal
Palmeira dos Indios	0,06	Normal
Minador do Negrão	0,57	Chuvoso
Mar Vermelho	0,73	Muito Chuvoso
Tanque D'Arca	0,30	Normal
Santana do Mundaú	0,59	Chuvoso
Atalaia	0,18	Normal
Flexeiras	0,40	Chuvoso
Viçosa	0,02	Normal
União dos Palmares	0,02	Normal
Capela	0,28	Normal
Maragogi	0,77	Muito Chuvoso
Passo de amarajibe	0,56	Normal
Porto de Pedra	0,63	Normal
Matriz de amarajibe	0,54	Seco
Porto Calvo	-0,49	Seco
S.Luiz do Quitunde	-0,01	Normal
Traipu	0,24	Normal
Lagoa da Canoa	0,15	Normal
Limoeiro de Anadia	0,15	Normal
Junqueiro	-0,01	Normal
S.Miguel osCampos	0,03	Normal
Coruripe	0,57	Chuvoso
Satuba	0,26	Normal
Maceió	0,33	Chuvoso
P.Real do Colégio	0,09	Normal
Penedo	-0,06	Normal
Piaçabuçu	0,89	Muito Chuvoso
Igreja Nova	0,79	Muito Chuvoso

Quadro 11. Índice de anomalia da precipitação (IAP) médio anual e classificação anual média para a composição de anos com ocorrência do padrão Dipolo do Atlântico – fase positiva, para todos os postos analisados.

Postos pluviométricos	IAP médio anual (p/Composição)	Classificação Média Anual (p/Composição)
Água Branca	-0,17	Normal
Mata Grande	0,24	Normal
Piranhas	-0,27	Normal
Canapi	-0,22	Normal
O.D'Água do Casado	0,02	Normal
Delmiro Gouveia	-0,30	Normal
Major Isidoro	-0,14	Normal
Santana do Ipanema	-0,15	Normal
Pão de Açúcar	-0,26	Normal
O.D'Água das Flores	0,21	Normal
Poço das Trincheiras	0,08	Normal
Palmeira dos Índios	-0,11	Normal
Minador do Negrão	-0,45	Seco
Mar Vermelho	-0,31	Normal
Tanque D'Arca	0,25	Normal
Santana do Mundaú	-0,37	Seco
Atalaia	-0,23	Normal
Flexeiras	-0,13	Normal
Viçosa	-0,09	Normal
União dos Palmares	-0,16	Normal
Capela	-0,25	Normal
Maragogi	0,09	Normal
Passo de Camaragibe	-0,42	Seco
Porto de Pedra	-0,32	Normal
Matriz de Camarajibe	0,00	Normal
Porto Calvo	-0,45	Seco
S.Luiz do Quitunde	-0,84	Muito Seco
Traipu	-0,05	Normal
Lagoa da Canoa	-0,12	Normal
Limoeiro de Anadia	-0,11	Normal
Junqueiro	-0,21	Normal
S.Miguel dos Campos	0,23	Normal
Coruripe	-0,10	Normal
Satuba	0,25	Normal
Maceió	-0,32	Normal
P.Real do Colégio	-0,14	Normal
Penedo	0,04	Normal
Piaçabuçu	-0,42	Seco
Igreja Nova	-0,21	Normal

Quadro 12. Índice de anomalia da precipitação (IAP) médio anual e classificação anual média para a composição de anos com ocorrência do padrão Dipolo do Atlântico – fase negativa, para todos os postos analisados.

<b>Postos pluviométricos</b>	<b>IAP Médio Anual (p/Composição)</b>	<b>Classificação Média Anual (p/Composição)</b>
Água Branca	0,23	Normal
Mata Grande	0,42	Chuvoso
Piranhas	0,16	Normal
Canapi	0,21	Normal
O.D'Água do Casado	0,24	Normal
Delmiro Gouveia	0,11	Normal
Major Isidoro	0,56	Chuvoso
Santana do Ipanema	0,04	Normal
Pão de Açúcar	0,69	Muito Chuvoso
O.D'Água das Flores	0,11	Normal
Poço das Trincheiras	0,37	Chuvoso
Palmeira dos Índios	0,30	Normal
Minador do Negrão	0,43	Chuvoso
Mar Vermelho	0,43	Chuvoso
Tanque D'Arca	0,21	Normal
Santana do Mundaú	0,39	Chuvoso
Atalaia	0,12	Normal
Flexeiras	0,31	Normal
Viçosa	1,27	Muito Chuvoso
União dos Palmares	0,12	Normal
Capela	0,12	Normal
Maragogi	-0,02	Normal
Passo de Camarajibe	0,53	Chuvoso
Porto de Pedra	0,82	Muito Chuvoso
Matriz de Camarajibe	0,00	Normal
Porto Calvo	0,35	Chuvoso
S.Luiz do Quitunde	0,98	Muito Chuvoso
Traipu	0,50	Chuvoso
Lagoa da Canoa	0,15	Normal
Limoeiro de Anadia	0,43	Chuvoso
Junqueiro	0,39	Chuvoso
S.Miguel dos Campos	1,14	Muito Chuvoso
Coruripe	0,83	Muito Chuvoso
Satuba	0,31	Normal
Maceió	0,61	Chuvoso
P.Real do Colégio	0,33	Chuvoso
Penedo	-0,13	Normal
Piaçabuçu	0,48	Chuvoso
Igreja Nova	0,39	Chuvoso

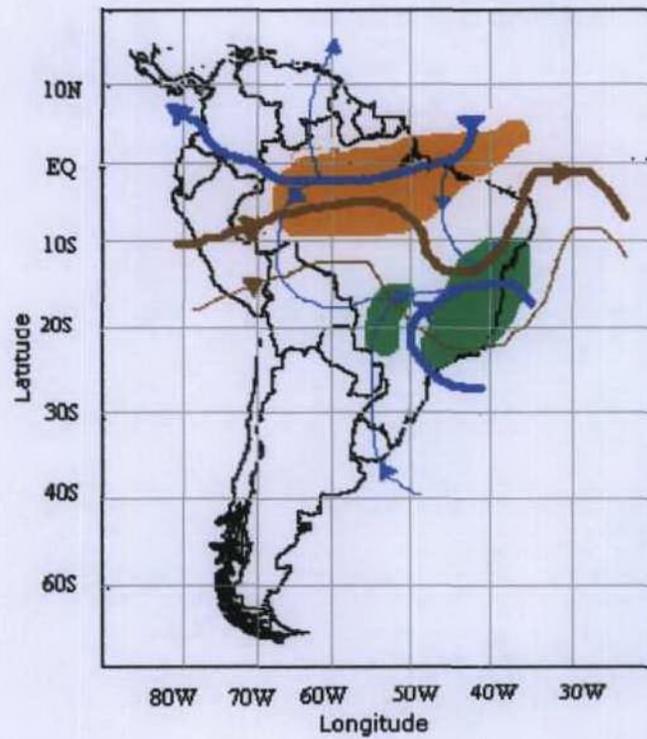


Figura 1. Esquema das anomalias de fluxo de umidade (em azul) e da função de corrente em 200 hPa (em marrom) para eventos El Niño. As áreas sombreadas em verde (laranja) indicam, esquematicamente, as regiões com convergência (divergência) de umidade. Fonte: Grimm (2000).