



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA - CAMPUS II
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS
PÓS - GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA

UM ESTUDO DAS ANOMALIAS DE PRECIPITAÇÃO NO PANAMÁ ASSOCIADAS
AOS EPISÓDIOS EL NIÑO/OSCILAÇÃO DO SUL DOS ANOS DE 1969,
1972, 1976 E 1982.

AUTOR: ALBERTO SMITH MARTÍNEZ

CAMPINA GRANDE

1990

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CURSO DE MESTRADO EM METEOROLOGIA

UM ESTUDO DAS ANOMALIAS DE PRECIPITAÇÃO NO PANAMA ASSOCIADAS AOS
EPISÓDIOS EL NIÑO/OSCILAÇÃO DO SUL DOS ANOS DE 1969, 1972, 1976 E
1982.

DIGITALIZAÇÃO:
SISTEMOTECA - UFCG

POR

ALBERTO SMITH MARTÍNEZ

CAMPINA GRANDE
DEZEMBRO-1990

ALBERTO SMITH MARTÍNEZ

UM ESTUDO DAS ANOMALIAS DE PRECIPITAÇÃO NO PANAMÁ ASSOCIADAS AOS
EPISÓDIOS EL NIÑO/OSCILAÇÃO DO SUL DOS ANOS DE 1969, 1972, 1976 E
1982.

Dissertação apresentada ao curso
de MESTRADO EM METEOROLOGIA da
Universidade Federal da Paraíba,
em cumprimento às exigências pa-
ra obtenção do Grau de Mestre.

AREA DE CONCENTRAÇÃO: DINAMICA DA ATMOSFERA TROPICAL

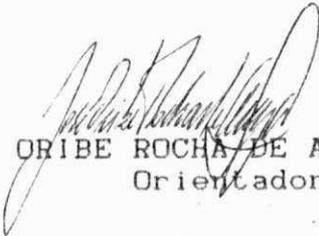
JOSÉ ORIBE ROCHA DE ARAGÃO, Ph.D.
Orientador

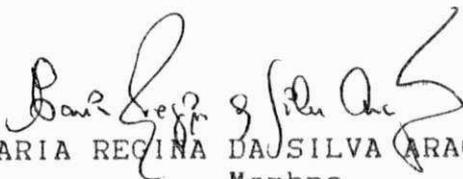
CAMPINA GRANDE
DEZEMBRO-1990

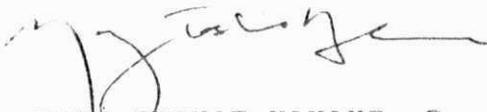
UM ESTUDO DAS ANOMALIAS DE PRECIPITAÇÃO NO PANAMA ASSOCIADAS AOS
EPISODIOS EL NINO/OSCILAÇÃO DO SUL DOS ANOS DE 1969, 1972, 1976 E
1982.

ALBERTO SMITH MARTINEZ

DISSERTAÇÃO APROVADA COM DISTINÇÃO EM 19/12/90


JOSE ORIBE ROCHA DE ARAGAO, Ph.D.
Orientador


MARIA REGINA DA SILVA ARAGAO, Ph.D.
Membro


MARY TOSHIE KAYANO, Dr.
Membro

CAMPINA GRANDE
DEZEMBRO-1990

DEDICATORIA

A Memória do meu querido pai
ALBERTO SMITH FERNÁNDEZ

AGRADECIMENTOS

A minha querida mãe Gloria e a minha adorável esposa Rosely pelo apoio e incentivos dados.

As minhas filhas Ielena e Iéssica pelos alegres momentos de descontração e às minhas irmãs Ymelda e Marika por seus incentivos.

Ao Sr. Antonio Emidio e Família pelas atenções dispensadas.

A Universidade Federal da Paraíba, Campus II, pelo apoio e contribuição dados por intermédio do Departamento de Ciências Atmosféricas e Coordenação de Pós-Graduação em Meteorologia para o meu aperfeiçoamento profissional.

A Coordenação de Aperfeiçoamento do pessoal de Ensino Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudo a nível de mestrado.

Ao Dr. José Oribe Rocha de Aragão pela valiosa orientação e incentivo na elaboração deste trabalho.

Ao Instituto de Recursos Hidráulicos e Electrificación (IRHE), com sede no Panamá, pelo fornecimento dos dados.

A Engenheira Eyres Diana Ventura Silva pelo auxílio nos trabalhos de computação.

Ao Dr. Vernon E. Kousky pelo fornecimento de literaturas de valiosa contribuição à realização deste trabalho.

À professora Zenaide Rosa Sobral pelo auxílio e sugestões nas análises das cartas contidas neste trabalho.

A desenhista Cleide dos Santos pela confecção das cartas.

E, finalmente, meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que, num ato de solidariedade e amizade, contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

RESUMO

O relacionamento entre o fenômeno El Niño/Oscilação do Sul (ENSO) e a precipitação no Panamá foi estudado para o período de 1967 a 1986 mediante a utilização de dados de totais mensais e de anomalias de precipitação, cartas de anomalias de precipitação, dados e composições da anomalia da temperatura da superfície do mar (TSM) na costa do Peru e proximidades, e por uma análise estatística simples.

Os resultados indicam que durante os anos ENSO a precipitação apresenta-se, em média, 12,7% abaixo do normal. Porém, há regiões com anomalias negativas de até 50% devido à considerável variabilidade espacial de precipitação. A estação chuvosa (abril-novembro) é interrompida por desvios negativos predominantes nos meses de julho e agosto ocasionando uma significativa redução de precipitação durante a estação. Correlações efetuadas indicam uma estreita relação negativa entre a precipitação e o sinal do ENSO, com os mais altos índices para os atrasos ("lag") de 3 meses, sugerindo que a precipitação total de um mês pode ser prevista com antecedência através dos dados da TSM.

Mediante os resultados obtidos neste estudo e pelas descrições do comportamento do sistema oceano-atmosfera durante o ENSO apresentadas por vários pesquisadores conclue-se que é o deslocamento anômalo da Zona de Convergência Intertropical (ITCZ), principal fator de precipitação no Panamá, o maior

responsável pelas anomalias de precipitação apresentadas no país durante o evento.

ABSTRACT

The relationship between the El Niño/Southern Oscillation (ENSO) phenomenon and Panama precipitation was studied for the period 1967-1986 using precipitation composites and total means, deviation maps of precipitation, sea surface temperature anomalies data from Peru coast and proximities and a simple statistic analysis.

Results indicate that during the ENSO years the precipitation show, on the average, 12.7% below normal. However a considerable precipitation variability in space exhibit regions with negatives anomalies up to 50%. The rainy season (April-November) is interrupted by negatives deviations prevailing on the months of July and August causing a significative reduction in precipitation during the season. Correlations indicates a close negative relation between precipitation and the ENSO signal, introducing the most higher indexes for delay ("lag") of 3 months and indicating that a month total precipitation can be expected in advance with the TSM data.

With the results on this study and descriptions of the ocean-atmosphere system behaviour during the ENSO presented by various researchers, we may conclude that the anomaly shift of the Inter-Tropical Convergence Zone (ITCZ), mainly factor of precipitation on Panama, is the major responsible for the precipitation anomalies presented in the country during the event.

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1.1 - Área em estudo e seus limites geográficos...	2
Figura 1.2 - Isoietas médias anuais (mm) para a década 1961 - 1970. Fonte: ATLAS NACIONAL DO PANAMÁ (1970).....	3
Figura 3.1 - Localização dos 12 postos pluviométricos utilizados com seus respectivos códigos nacionais.....	20
Figura 3.2 - Localização da estação costeira de Puerto Chicama, do trajeto SST1 e divisão em blocos das regiões oceânicas próximas da região em estudo.....	22
Figura 4.1 - Divisão territorial da República do Panamá em províncias.....	27
Figura 4.2 - Curvas dos desvios médios normalizados da precipitação ao longo do ano de 12 postos pluviométricos no Panamá para a década de 1967 a 1976.....	28
Figura 4.3 - Curvas dos desvios médios normalizados da precipitação ao longo do ano de 12 postos pluviométricos no Panamá para a década de 1977 a 1986.....	29
Figura 4.4 - Curvas de desvio médio normalizado da precipitação ao longo do ano de 12 postos pluviométricos no Panamá para os anos nos quais houve interrupção da estação chuvosa: a) 1969; b) 1972; c) 1976; d) 1977; e) 1982; f) 1986.....	31
Figura 4.5 - Anomalia de precipitação no Panamá para um período de três anos centrado no ano do episódio ENSO de 1969.....	34
Figura 4.6 - Distribuição espacial da anomalia de precipitação no Panamá, em percentagem, no ano de 1968.....	36
Figura 4.7 - Distribuição espacial da anomalia de precipitação no Panamá, em percentagem, no ano do episódio ENSO de 1969.....	37

Figura 4.8	- Distribuição espacial da anomalia de precipitação no Panamá, em percentagem, no ano de 1970.....	38
Figura 4.9	- Composição da anomalia de precipitação no Panamá para um período de três anos centrado no ano do episódio ENSO de 1972....	39
Figura 4.10	- Distribuição espacial da anomalia de precipitação no Panamá, em percentagem, no ano de 1971.....	41
Figura 4.11	- Distribuição espacial da anomalia de precipitação no Panamá, em percentagem, no ano do episódio ENSO de 1972.....	42
Figura 4.12	- Distribuição espacial da anomalia de precipitação no Panamá, em percentagem, no ano de 1973.....	43
Figura 4.13	- Anomalia de precipitação no Panamá para um período de três anos centrado no ano do episódio ENSO de 1976.....	45
Figura 4.14	- Distribuição espacial da anomalia de precipitação no Panamá, em percentagem, no ano de 1975.....	46
Figura 4.15	- Distribuição espacial da anomalia de precipitação no Panamá, em percentagem, no ano do episódio ENSO de 1976.....	47
Figura 4.16	- Distribuição espacial da anomalia de precipitação no Panamá, em percentagem, no ano de 1977.....	48
Figura 4.17	- Anomalia de precipitação no Panamá para um período de três anos centrado no ano do episódio ENSO de 1982.....	50
Figura 4.18	- Distribuição espacial da anomalia de precipitação no Panamá, em percentagem, no ano de 1981.....	51
Figura 4.19	- Distribuição espacial da anomalia de precipitação no Panamá, em percentagem, no ano do episódio ENSO de 1982.....	52
Figura 4.20	- Distribuição espacial da anomalia de precipitação no Panamá, em percentagem, no ano de 1983.....	53

Figura 4.21 - Anomalia de precipitação no Panamá para um período de três anos centrado nos episódios ENSO de 1969, 1972, 1976 e 1982.....	57
Figura 4.22 - Composições das anomalias de temperatura da superfície do mar (TSM) em SST1 e Puerto Chicama para os episódios ENSO de 1951, 1953, 1957, 1965, 1969 e 1972 (Rasmusson e Carpenter, 1982).....	58
Figura 4.23 - Regressão da anomalia de temperatura da superfície do mar (TSM) em SST1 sobre a anomalia de precipitação no Panamá para o "lag 3" e o período dos anos antes, durante e após o ENSO.....	62
Figura 4.24 - (a) Localização média da Zona de Convergência Intertropical (ITCZ) e das células de pressão na América do Sul durante as estações de verão e inverno no Hemisfério Sul; (b) Localização média da ITCZ e dos ventos alísios do Hemisfério Sul durante os anos do evento ENSO Fonte: CAVIEDES, 1973.....	64

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1 - Postos pluviométricos selecionados da República do Panamá com suas respectivas coordenadas locais e períodos de observação.....	19
Tabela 2 - Anos com os respectivos meses que apresentaram índices dos desvios médios normalizados (Dj) negativos.....	33
Tabela 3 - Predomínio do sinal da anomalia de precipitação na maior parte do Panamá nos anos antes, durante e após o evento ENSO.....	54
Tabela 4 - Correlações para vários atrasos ("lag") de 0 a 5 meses entre as anomalias de precipitação no Panamá e as anomalias da TSM (SST1 e Puerto Chicama) do período antes, durante e após o ano ENSO.....	60

SUMÁRIO

	Página
1 - INTRODUÇÃO.....	1
2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
3 - MATERIAIS E MÉTODOS.....	18
3.1 - Materiais.....	18
3.1.1 - Disponibilidade de dados.....	18
3.1.2 - Programas computacionais.....	23
3.2 - Métodos.....	23
3.2.1 - Caracterização dos períodos secos e chuvosos.....	23
3.2.2 - Teste de correlação.....	24
4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	26
4.1 - Períodos secos e chuvosos.....	26
4.2 - Comportamento da precipitação durante o ENSO de 1969.....	30
4.3 - Comportamento da precipitação durante o ENSO de 1972.....	35
4.4 - Comportamento da precipitação durante o ENSO de 1976.....	44
4.5 - Comportamento da precipitação durante o ENSO de 1982.....	49
4.6 - Composição da anomalia da precipitação dos episódios ENSO.....	55
4.7 - Padrões da circulação atmosférica que deter- minam a anomalia da precipitação no Panamá durante o evento ENSO.....	61

5 - CONCLUSÕES E SUGESTÕES..... 68

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 71

APENDICE

1 - INTRODUÇÃO

A República do Panamá está situada no Hemisfério Norte, aproximadamente entre as latitudes de $7^{\circ}12'$ - $9^{\circ}39'N$ e longitude de $77^{\circ}10'$ - $83^{\circ}03'W$, limitando-se ao norte com o oceano Atlântico, ao sul com o oceano Pacífico, a leste com a República da Colombia e a oeste com a República da Costa Rica (Figura 1.1).

A temperatura no Panamá é praticamente uniforme ao longo do ano. O país tem duas estações, a chuvosa, que vai de meados de abril até novembro, e a seca, que compreende os meses restantes. Segundo estudos realizados pelo Instituto de Recursos Hidráulicos e Electrificación do Panamá (1970), as precipitações médias anuais no País estão compreendidas entre 1.000 e 6.000mm. É na região costeira do Caribe onde estão localizados os centros de maior precipitação. A região com a maior irregularidade de chuvas e de menor precipitação anual, inferior a 1.500mm, fica na parte leste da Península de Azuero e região costeira do Golfo de Parita (Figuras 1.2 e 4.1).

Devido à sua posição geográfica, o País possui clima tropical. Entre os principais fatores que determinam o clima do Panamá estão: o relevo que, em alguns casos, produz no País fortes variações no regime pluviométrico entre regiões vizinhas; a grande influência marítima, devido à estreita porção de terra

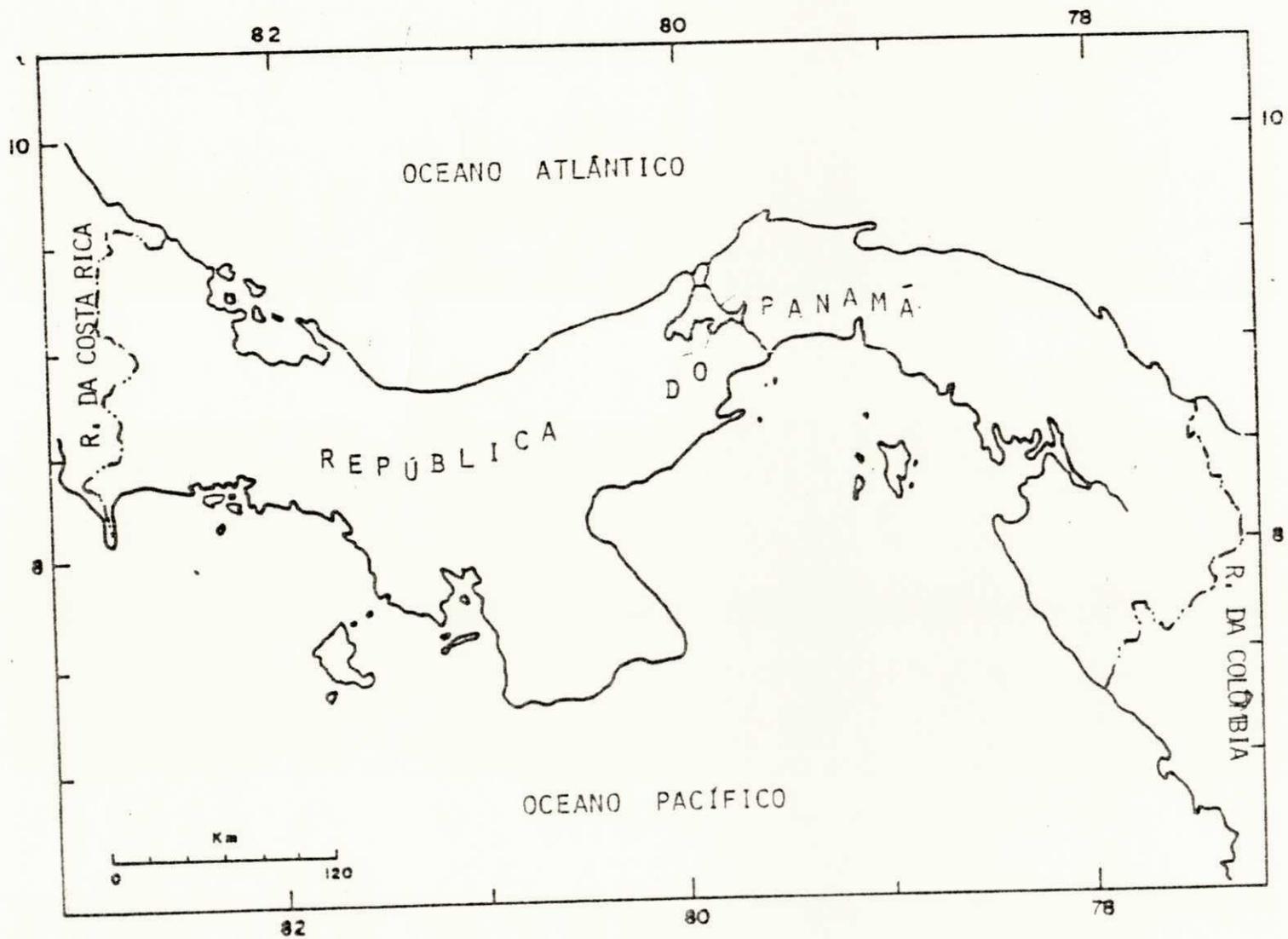


Figura 1.1 - Área em estudo (77.082 KM²) e seus limites geográficos.

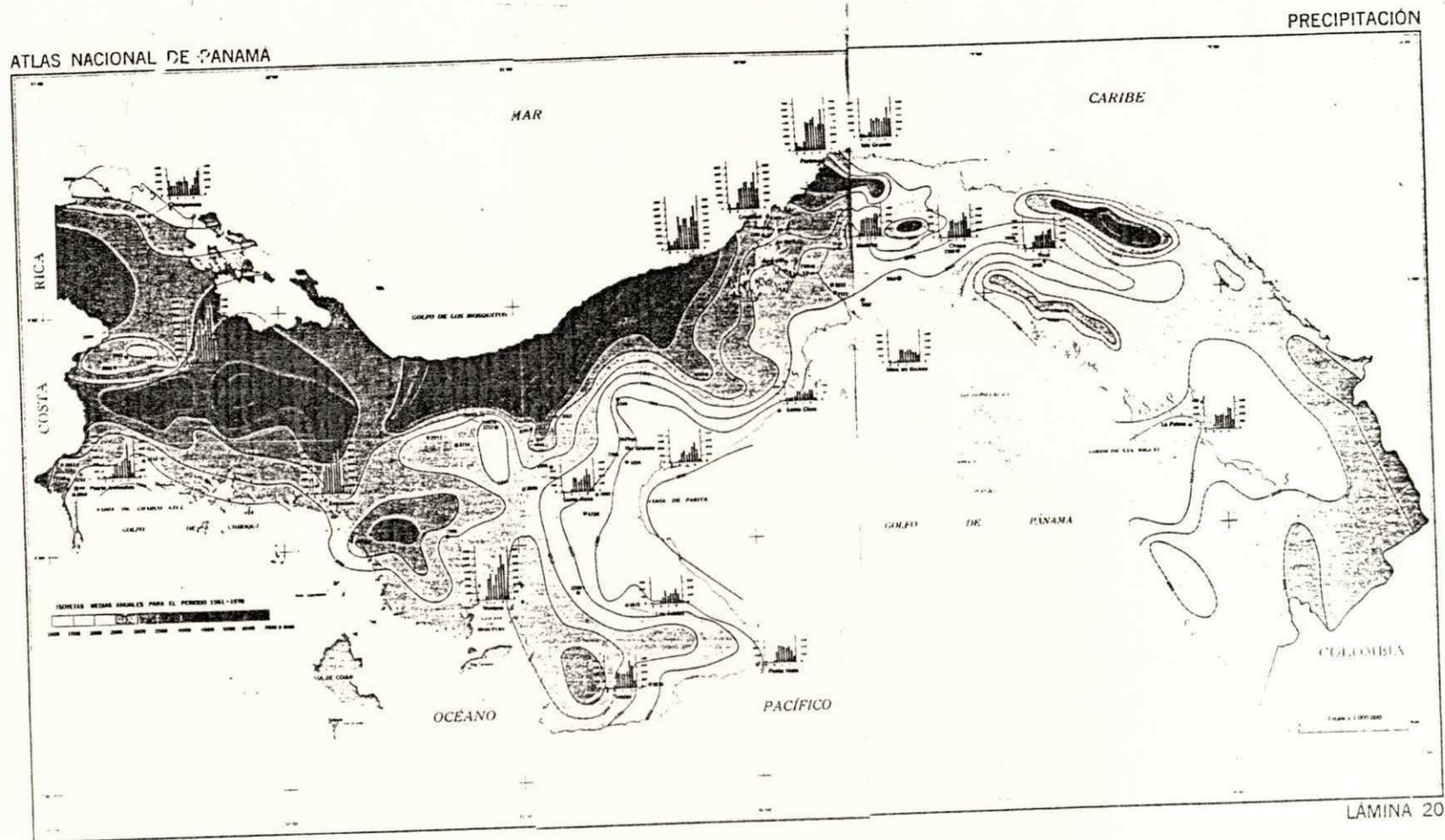


Figura 1.2 - Isoietas médias anuais (mm) para a década 1961-1970. FONTE: ATLAS NACIONAL DO PĀNAMĀ (1970).

que constitui o País e que separa ambos oceanos, responsáveis pelo fornecimento da grande quantidade de umidade transportada sobre o País; o anticiclone semipermanente do Atlântico Norte, gerando os ventos alísios que nas baixas camadas da atmosfera chegam ao Panamá com direção predominante de norte e nordeste; e a Zona de Convergência Intertropical que é, normalmente, a responsável pela maior parte da precipitação no País.

O evento El Niño/Oscilação do Sul é um fenômeno global que exerce forte influência, principalmente, sobre o clima de toda a região tropical. No final do século passado, os pescadores peruanos usaram o termo "El Niño", que no idioma espanhol significa "O Menino" (em referência ao Menino Jesús), para referir-se a uma corrente costeira anormalmente quente que corre anualmente para o sul ao longo das costas do Peru e Equador, próximo à época natalina (WYRTKI, 1975). Já o termo "Oscilação do Sul", documentado pela primeira vez no início deste século, pode ser considerado como uma gangorra no campo da pressão sobre a região tropical dos oceanos Índico e Pacífico. Atualmente sabe-se que ambos os fenômenos, El Niño e Oscilação do Sul, estão relacionados entre si.

Estudos realizados indicam que o sinal do fenômeno El Niño/Oscilação do Sul tem sido encontrado na região da América Central, região da qual o Panamá faz parte. A anomalia climática de maior repercussão durante o evento é a dos grandes desvios no padrão da precipitação na forma de secas prolongadas ou chuvas em

excesso que, na maioria dos casos, afetam tanto a vida dos habitantes como a situação econômica da região.

Reconhece-se atualmente a existência de apenas um trabalho que tenta determinar os efeitos de El Niño sobre a precipitação no Panamá (ESTOQUE et alii, 1985). O estudo mostrou a existência da ligação entre o evento e a precipitação (anomalia negativa), assim como também uma variabilidade espacial anômala da precipitação no Panamá durante o evento. No entanto, devido ao período escolhido para o estudo (1920-1983), estes pesquisadores tiveram que concentrar as análises nos dados de precipitação da rede de postos pluviométricos localizados na área da Zona do Canal, que compreende uma área de pouco mais de 1,8% do total do território panamenho. Isto deveu-se ao fato da rede que cobre o restante do País possuir muito poucas estações com o período de observação requerido.

Este estudo objetiva, inicialmente, verificar a existência do sinal do fenômeno El Niño/Oscilação do Sul no Panamá, estudando para isto, quatro dos mais recentes eventos ocorridos como foram os de 1969, 1972, 1976 e 1982. A escolha destes eventos possibilitará a análise da magnitude e variabilidade espacial da precipitação no País durante os mesmos já que a rede de estações possui um número razoável de registros necessários ao período em estudo (1967-1986) e também uma razoável distribuição espacial sobre o território

panamenho. Além disso, o estudo individual desses eventos El Niño/Oscilação do Sul torna-se de grande importância pelo fato deles serem de intensidades diferentes, segundo classificação feita por QUINN et alii (1978) onde o evento de 1969 é classificado como fraco, os de 1972 e 1982 como fortes e o evento de 1976 como moderado.

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nas últimas décadas muitos estudiosos tem redobrado esforços no que diz respeito ao entendimento do fenômeno El Niño/Oscilação do Sul e várias teorias tem sido formuladas na tentativa de explicar as causas e efeitos deste importante fenômeno do vasto sistema das flutuações climáticas oceano-atmosfera.

Uma recente teoria para explicar o evento de El Niño foi apresentada por WYRTKI(1975). Nela, nos dois anos que precedem o evento é constatado um fortalecimento anormal da intensidade dos ventos alísios de sudeste (aproximadamente 50% acima da média) no Pacífico Central Equatorial. Quando esta anomalia dos ventos se prolonga por muito tempo (período de até um ano), elas chegam a intensificar o anticiclone subtropical do Pacífico Sul, fortalecer a Corrente Equatorial Sul e arrastar a água da superfície do mar em direção ao oeste, aumentando a inclinação do nível do mar de leste para oeste sob o cinturão dos ventos alísios devido à subida do nível no Pacífico Equatorial Ocidental.

Logo que os ventos alísios anômalos de sudeste se relaxam, a energia da água que se acumulou no Pacífico Ocidental

tende a retornar para o leste, na forma de uma onda de Kelvin equatorial interna, dando como resultado um acúmulo de água quente nas proximidades do Peru e causando uma depressão na estrutura da termoclina.

Esta teoria rebate uma outra apresentada por BJERKNES(1969) na qual o autor dizia ser o enfraquecimento anômalo dos ventos alísios de sudeste nas proximidades do Peru o principal responsável pela ocorrência de El Niño.

Tanto o fenômeno de El Niño (EN) como o fenômeno de Oscilação do Sul (SO) foram descobertos independentemente e considerados sem ligação até que BERLAGE(1966) e pouco depois DOBERITZ(1968) encontraram evidências da relação entre ambos os fenômenos. Berlage notou forte relação entre as variações interanuais da pressão à superfície em Jacarta (Indonésia) e a temperatura da superfície do mar (TSM) em Puerto Chicama (Costa do Peru). Já Doberitz documentou a correlação positiva entre a TSM e a precipitação nas ilhas centrais do Pacífico equatorial. Posteriormente, pesquisadores como BJERKNES(1966,1969,1972), WYRTKY(1975), TRENBERTH(1976) e muitos outros conseguiram também estabelecer fortes evidências da ligação entre EN e a SO, entendida como um fenômeno global do sistema oceano-atmosfera e denominado de ENSO (El Niño/Oscilação do Sul) por muitos autores.

CAVIEDES(1973) notou que é ocasional a ocorrência simultânea de El Niño com as secas na América do Sul, ressaltando

a região noroeste do Peru onde o fenômeno de El Niño apresenta forte influência e a região do Nordeste do Brasil onde ocorrem secas. O autor escolheu um período de 83 anos (1890-1972) estudando a frequência da ocorrência simultânea desses fenômenos.

Estudos anteriores mostram que a ITCZ, durante os meses normais de verão do Hemisfério Sul é responsável direta por chuvas no Nordeste do Brasil e no Noroeste do Peru devido ao seu avanço até aproximadamente os 3°S de latitude. Porém, CAVIEDES(1973) observou que, durante os anos de EN a ITCZ não atinge o Nordeste do Brasil e que o anticiclone do Atlântico Sul estende sua influência sobre o Nordeste do Brasil durante um longo tempo provocando o fenômeno da seca. Por outro lado, observou um avanço anômalo da ITCZ em direção ao sul, no lado ocidental da América do Sul, que provocou pesadas chuvas no Peru. Através desses estudos foi encontrado que a probabilidade de ocorrer um ano de seca no Brasil enquanto o Peru atravessa um ano de EN é de 46,1%, e que a probabilidade de acontecer um ano de EN no Peru dado que o Nordeste do Brasil atravessa um ano de seca é de 60%. Por outro lado, assumindo a independência estatística entre EN e as secas, obtém-se a probabilidade de 1,8%. Conclui assim, que ambos fenômenos estão relacionados a algum mecanismo geral cuja natureza exata ainda não é conhecida, mas que para CAVIEDES(1973) é consequência da variação em grande escala da circulação equatorial e tropical.

HASTENRATH(1976), estudando a relação entre a SO e a variabilidade da precipitação na América Central e região do Caribe, encontrou uma correlação significativa de $r=-0,43$ entre a estação chuvosa (julho-agosto), usando dados de 48 estações pluviométricas das regiões acima mencionadas, e dados da temperatura do mar do Peru/Equador entre os anos de 1921 a 1973. A precipitação da região do Caribe mostrou uma fraca correlação negativa com a precipitação do Nordeste do Brasil. Em analogia com CAVIEDES(1973), foi confirmada uma significativa correlação negativa entre a precipitação do Nordeste do Brasil e a TSM ao longo das costas do Peru/Equador. Conclui, no estudo realizado sobre o comportamento da estação chuvosa extrema da região da América Central e do Caribe, que é prometedora a sua previsão mediante o uso dos desvios padrões durante o período que precede o inverno, que é de aproximadamente 6 meses, e que é favorecida pelo comportamento inercial do sistema oceano-atmosfera.

Dando continuidade à linha de pesquisa de HASTENRATH(1976), HASTENRATH e HELLER(1977) concluíram através de análises de correlação, que a forte ligação estatística entre as secas do Nordeste do Brasil e EN, é devida à variação inversa da pressão sobre o leste do Pacífico Sul e do Atlântico Sul, representando uma remota manifestação da SO.

COVEY e HASTENRATH(1978) demonstram que os eventos extremos de EN e anti-EN (fenômeno oposto ao EN cuja

característica principal é o aparecimento de águas superficiais com temperatura abaixo do normal no Pacífico Tropical) no Equador/Peru, estão associados com as distintas configurações dos desvios no Atlântico Tropical. O início de EN é anunciado tanto pelos desvios negativos da pressão ao nível do mar (PNM) na ilha da Páscoa ("Easter Island"), no mês de novembro precedente ao evento, com 94% de frequência, como pelos desvios positivos da PNM no Atlântico Sul e no Atlântico Norte Equatorial durante o mês de janeiro do ano do evento, e que é esperado com 91% de frequência. Por outro lado, o evento anti-EN é previsível com maior acerto através dos desvios negativos da PNM do Atlântico Sul e Atlântico Sul Equatorial no mês de dezembro, antes do evento com 91 e 84% de frequência, respectivamente.

Os eventos extremos do clima do Nordeste do Brasil aparentemente são precedidos mais intensamente por eventos no Atlântico Tropical do que no Pacífico Leste. Portanto, COVEY e HASTENRATH(1978) concluíram que há perspectiva de prever os eventos de EN e anti-EN, assim como também eventos hidrometeorológicos extremos no Nordeste do Brasil, através do comportamento da PNM do Atlântico Sul.

RASMUSSON e CARPENTER(1982) desenvolveram um trabalho descritivo sobre o ciclo de vida do comportamento anômalo da TSM, da variação dos ventos e da precipitação ao longo do Pacífico Tropical associados ao evento de EN, baseado em seis eventos. Eles denotaram como ano(-1), ano(0) e ano(+1) aos anos antes,

durante e após as máximas anomalias da TSM no Pacífico Tropical, respectivamente. Eles notaram que durante o período de julho(-1) a setembro(-1) os ventos equatoriais de leste estão fortes além do normal a oeste da linha-data (meridiano de 180°) e que a Zona de Convergência do Pacífico Sul (SPCZ) é deslocada para sudoeste da sua posição normal. Pouco depois, durante outubro (-1) e novembro(-1) os ventos equatoriais de leste acima mencionados são substituídos por ventos anômalos de oeste. Por sua vez, a TSM ao longo das costas do Equador/Peru, se encontra abaixo do normal. Neste período se apresentam índices de precipitação abaixo do normal no Pacífico Equatorial Central, Line Island e em Nauru-Ocean Island. Durante dezembro(-1) que é o mês que marca o estágio inicial de EN, os ventos fluem anormalmente de oeste e de noroeste atravessando o Pacífico Sul até 10° S. Há uma diminuição dos ventos alísios de sudeste no Pacífico Leste e a SPCZ aproxima-se da sua posição normal. Neste estágio a TSM ao longo das costas do Equador/Peru aumenta rapidamente. Há um aumento de precipitação a oeste da linha-data ao longo do equador, enquanto que a leste da linha-data não há indicação de precipitação anômala. De janeiro(0) a abril(0), quando se inicia a fase de maior intensidade do evento, as anomalias positivas da TSM estendem-se ao longo do equador a partir da costa oeste da América do Sul até 160° E. A Zona de Convergência Intertropical (ITCZ) é deslocada para o sul entre a região de 110° W e 170° E. A SPCZ é deslocada levemente para o norte da sua posição normal enquanto próximo ao equador, os ventos anômalos de oeste

apresentados durante o período de outubro(-1) a novembro(-1) estendem-se para leste até aproximadamente 160°W. A fase de transição vai de maio(0) a dezembro(0). Entre julho(0) e setembro(0) a TSM anômala próxima à costa da América do Sul diminui rapidamente. Nas regiões costeiras, a TSM se aproxima do seu valor normal em setembro(0) e outubro(0), havendo novamente um aumento máximo anômalo em dezembro (0) e janeiro(+1). Esta anomalia estende-se para o Pacífico Equatorial Central. Durante esta fase de transição há um enfraquecimento considerável dos ventos alísios, tanto a leste como a oeste da linha-data. A fase de maturidade do evento, que vai de janeiro(+1) até abril(+1) mostra que a TSM próxima à costa da América do Sul se aproxima da média, enquanto anomalias positivas da TSM continuam a cobrir uma extensa região do Pacífico Equatorial Leste e Central. Nesta fase a ITCZ desloca-se para o sul, enquanto que a SPCZ desloca-se para norte no Hemisfério Sul e ambos deslocamentos resultam numa pequena zona seca no leste do Pacífico Tropical e numa concentração de convergência anômala no Pacífico Equatorial Central.

KOUSKY et alii(1984) encontraram uma forte tendência de EN ocorrer simultaneamente com a seca no Nordeste do Brasil. Chegaram à conclusão que o monitoramento das anomalias da PNM na região de Australásia-Oceano Índico pode ser útil na previsão de severas secas no Nordeste do Brasil.

ESTOQUE et alii(1985) estudaram os efeitos de EN sobre a precipitação do Panamá. Os resultados encontrados foram de que EN favorece precipitação abaixo do normal, pois o desvio médio anual da anomalia da precipitação durante os anos de EN é de 8% abaixo do normal (na Zona do Canal), e que há uma considerável variação espacial nas anomalias da precipitação. Para chegar a este último resultado o país foi dividido em 5 regiões e foi analisada a precipitação nas várias regiões para os anos de EN de 1972 e 1976. Notaram que em 1976 houve anomalia negativa da precipitação na parte sudoeste do Panamá, justo ao sul da cordilheira central na região do Pacífico enquanto que a anomalia foi positiva ao norte da cordilheira na região costeira do Atlântico. Estas anomalias parecem ser consistentes com o deslocamento para sul da ITZC durante o ano de EN, principalmente ao considerar o fato de que a maior parte da precipitação no Panamá é normalmente devida à ITCZ. Finalmente, encontraram uma alta correlação negativa entre as anomalias da precipitação e da TSM dos meses anteriores.

ARAGÃO(1986) observou uma anomalia positiva bem definida da precipitação a leste da linha-data e a existência de um par de anticiclones na alta troposfera durante o evento quente anômalo da TSM no Pacífico Tropical. Este par de anticiclones, um em cada lado do equador, se sobrepõem à anomalia positiva descrita acima, que se estende ao longo do equador. A manifestação deste par de anticiclones nos baixos níveis é um par

de ciclones um pouco fracos. O anticiclone do Hemisfério Sul permanece próximo à longitude de 140°W durante grande parte do ano, enquanto que o anticiclone do Hemisfério Norte muda de longitude mês a mês, entre 140°W e 160°E . Este comportamento sugere a influência das médias latitudes do Hemisfério Norte extratropical.

Foi verificada uma complicada variabilidade mensal da circulação de Walker em regiões de movimento vertical descendente (de 160°E para oeste até 100°W) e, conseqüentemente, a localização das várias regiões de subsidência máxima variando muito de um mês para outro. O fato da troposfera tropical estar aquecida por uma TSM anômala no Pacífico Tropical durante o evento de EN é provavelmente uma conseqüência da anomalia da circulação de Walker. A localização precisa e individual das subsidências máximas torna-se de grande importância. Foi mostrado que para os meses de dezembro, janeiro e fevereiro, em média, uma destas estreitas células está situada sobre o setor equatorial da América do Sul, provocando uma anomalia negativa de precipitação estatisticamente significativa e diminuindo a umidade relativa em toda a troposfera. Conclui o autor que a presença da célula nesta época é responsável pela existência da seca no Nordeste do Brasil atuando como um fator climatológico associado à fase de maturidade de um evento EN.

ROPELEWSKY e HALPERT (1987) analisando os vetores harmônicos de precipitação para a região da América Central e do

Caribe, notaram que os resultados sugerem uma região de relação entre o evento ENSO e a precipitação que se estende desde o sul do México e sul da Guatemala, penetrando no Panamá até o lado leste do Caribe. Esta região está próxima de áreas de relação ENSO-precipitação já demonstradas em estudos anteriores. A coerência encontrada (i.e., a razão entre a média dos vetores harmônicos da região e a média da magnitude de cada vetor) para a região da América Central e do Caribe foi de 0,77. A composição do ENSO-precipitação em percentil indica que condições de precipitação abaixo da média estão associadas ao ENSO no período que vai de julho(0) até outubro(0). Para o número total de 19 episódios de ENSO, 14 apresentaram precipitação abaixo do normal na região, enquanto que 5 apresentaram precipitação acima do normal, concluindo que nessa região há tendência de precipitação abaixo do normal durante o evento ENSO.

ROGERS(1988) analisando a variabilidade espacial de grande escala e sazonal da precipitação sobre as ilhas do Caribe e a região do continente americano durante os dois modos extremos da SO, alta/seca (A/S) e baixa/úmida (onde alta e baixa refere-se à pressão sobre o Oceano Pacífico leste e tropical central e seca e úmida refere-se à precipitação no Pacífico equatorial), encontrou que a precipitação é significativamente mais alta durante o evento A/S do que durante o evento B/U no outono, inverno e verão do Hemisfério Norte em muitas estações da região sul do Caribe e norte da América do Sul. A precipitação, em

geral, resulta ser significativamente mais alta em eventos B/U do que em eventos A/S nas altas latitudes subtropicais de ambos hemisférios.

Para o caso específico da América Central, de julho até dezembro a precipitação é maior no evento A/S do que no evento B/U. De janeiro a março, a média da precipitação em quase todas as estações é abaixo de 100mm, e devido à distribuição da frequência da precipitação em algumas estações serem afetadas, a interpretação da variabilidade da precipitação nos extremos da SO é pouco confiável. De abril a junho as diferenças da precipitação são menos significativas e a tendência na região não é bem definida.

Os textos consultados e descritos neste capítulo não deixam margem à dúvida sobre o acontecimento simultâneo dos fenômenos El Niño e Oscilação do Sul. Neste contexto, utiliza-se neste estudo o termo "ENSO" ao fazer-se referência ao aquecimento anômalo da superfície do mar no Pacífico Equatorial. Ainda, a descrição do comportamento anômalo dos sistemas atuantes na atmosfera e principalmente, daqueles sistemas próximos à região em estudo durante o evento ENSO, contida nos textos acima citados, serão de grande contribuição na tentativa de explicar as causas das anomalias de precipitação que deveremos encontrar no Panamá segundo indicações dos mesmos textos.

3 - MATERIAIS E MÉTODOS

3.1-Materiais

3.1.1 - Disponibilidade de Dados

Os dados de precipitação pluviométrica utilizados no presente estudo foram cedidos pelo Departamento de Hidrometeorologia do Instituto de Recursos Hidráulicos y Electrificación (I.R.H.E.) do Panamá. São totais mensais referentes a 12 postos pluviométricos da República do Panamá, selecionados dentre 113 postos.

Para a seleção dos 12 postos pluviométricos envolvidos neste estudo foram considerados aqueles com séries de dados de duração igual ou superior a dezoito anos e que contivessem os anos dos eventos de El Niño em estudo. Procurou-se também uma distribuição espacial o mais homogênea possível para que houvesse uma melhor representatividade nos resultados.

Nestes termos, os postos pluviométricos selecionados são os que figuram na Tabela 1 e a distribuição espacial dos mesmos é apresentada na Figura 3.1. O período em comum ao conjunto de postos selecionados compreende os anos de 1967 a 1986 os quais possuem pouca interrupção nos registros.

TABELA 1

os pluviométricos da República do Panamá com respectivas coordenadas locais e períodos de observação. (Postos selecionados).

GO LOCAL	POSTOS PLUVIOMÉTRICOS	LATITUDE (o ')S	LONGITUDE (o ')W	ALTITUDE (metros)	PERÍODO
014	Veladero Gualaca	08 25	82 18	045	1963-86
033	Santa Fé	08 28	81 05	463	1957-86
003	LLano de los Reyes	07 54	80 40	080	1967-86
001	El Cortezo	08 21	80 36	060	1955-86
002	El Harino	08 37	80 33	185	1955-86
001	Boca de Toabre	08 55	80 33	170	1958-86
003	Rio Grande	08 25	80 29	020	1955-86
001	Las Tablas	07 46	80 17	043	1958-86
001	Chepo	09 10	79 05	030	1955-86
004	Piria	09 05	78 20	085	1963-86
001	Boca de Cupe	08 03	77 34	050	1961-86
004	Altos de Balboa	08 57	79 33	030	1960-84

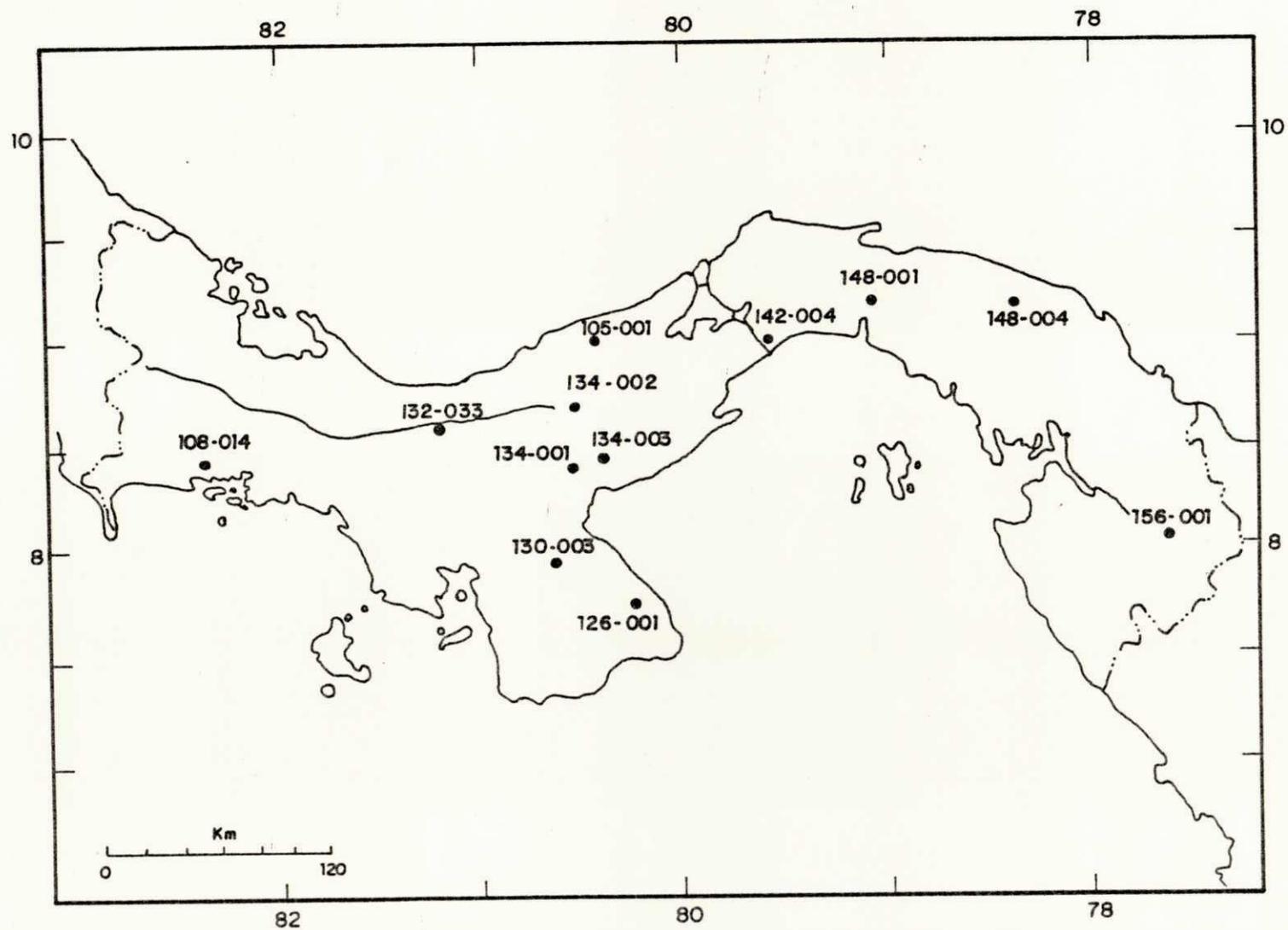


Figura 3.1 - Localização dos 12 postos pluviométricos utilizados com seus respectivos códigos nacionais.

Os dados de temperatura da superfície do mar utilizados neste estudo foram tirados das composições elaboradas por Rasmusson e Carpenter (1982). As composições correspondem a séries temporais da anomalia da temperatura da superfície do mar para seis eventos de El Niño (1951, 1953, 1957, 1965, 1969 e 1972) observadas em 1) Puerto Chicama ($8^{\circ}\text{S}, 80^{\circ}\text{W}$) e 2) por navios que trafegam numa trajetória paralela às costas da América Central e norte da América do Sul denominada de SST1 por Rasmusson e Carpenter (1982) denominação que adotar-se-á neste estudo. A Figura 3.2 mostra a localização das regiões aqui descritas. Os dados SST1 utilizados neste estudo são referentes às latitudes $4-12^{\circ}\text{S}$ e entre o litoral até 5° de longitude na direção oeste.

Um certo erro está associado aos dados disponíveis. Tanto para os dados de precipitação como para os dados de TSM, e apesar destes últimos dados terem recebido tratamento de filtração de erros através de métodos estatísticos é muito difícil identificar falhas do observador ou de registro. Ainda, existe a probabilidade do instrumento coletor de precipitação ou temperatura ter apresentado algum defeito de forma a alterar os resultados. Contudo, os dados de TSM utilizados neste estudo fazem parte do conjunto de dados de melhor representatividade da região durante o período de 1950-1975 na atualidade e os dados de precipitação representam o melhor acervo pluviométrico dentre aqueles a que se teve acesso.

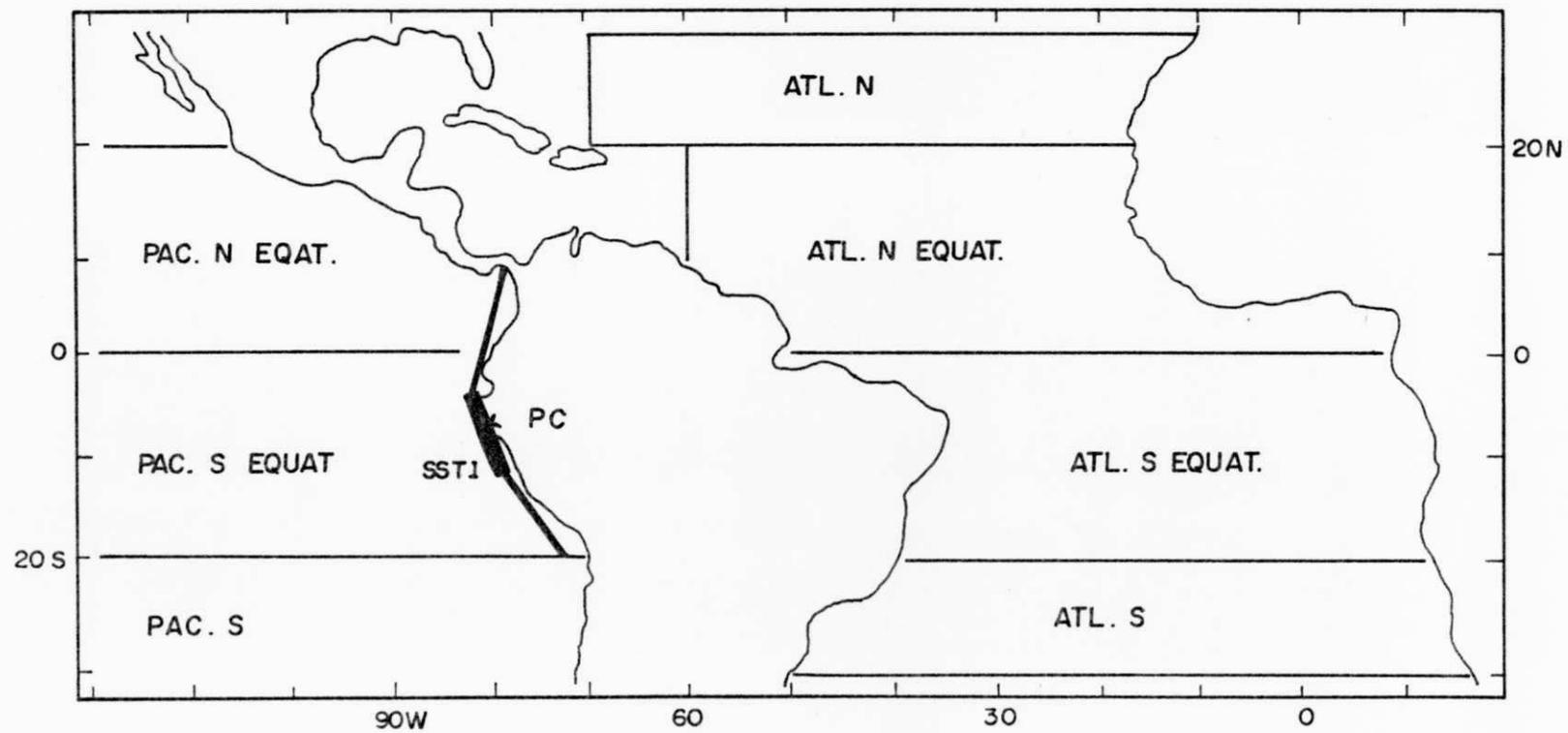


Figura 3.2 - Localização da estação costeira de Puerto Chicama, do trajeto SST1 e divisão em blocos das regiões oceânicas próximas da região em estudo.

3.1.2 - Programas Computacionais

Os resultados da análise dos dados de precipitação e temperatura foram obtidos através de programas computacionais em linguagem Fortran processados no computador IBM 4381, alocado no Núcleo de Processamento de Dados do Campus II da Universidade Federal da Paraíba. Ainda, o pacote gráfico ADMCHART do citado computador foi utilizado para traçar a maior parte dos gráficos apresentados neste estudo.

3.2-Métodos

3.2.1 - Caracterização dos Períodos Secos e Chuvosos

Para caracterizar as estações em termos de precipitação no Panamá, assim como também para identificar os anos secos e chuvosos durante o período de vinte anos em estudo, utilizou-se o índice do desvio médio normalizado. A utilização deste índice foi sugerida por Hastenrath e Heller (1977) e utilizada por Marques (1981) numa base anual e por Marques e Silva (1984) com o índice aplicado a dados diários e mensais para a Região do Nordeste do Brasil com ótimos resultados. Neste estudo, o índice foi aplicado com base em dados mensais de precipitação no Panamá.

O índice é definido como sendo a razão entre o desvio médio e o desvio padrão e é dado pela expressão:

$$D_j = \frac{(\bar{P}_j - \bar{P})}{\sigma} \quad (\text{EQ.3.1})$$

onde tem-se que D_j é o desvio médio normalizado do j -ésimo valor $_$ (dia, mês ou ano); \bar{P}_j é a precipitação média do j -ésimo valor $_$ (dia, mês ou ano) para todas as estações; \bar{P} é a precipitação média do período considerado para o conjunto de estações utilizadas; σ é o desvio padrão dos valores \bar{P}_j distribuídos na área considerada (Marques e Silva, 1984).

3.2.2 - Teste de Correlação

Tal como foi mencionado anteriormente, ao aquecimento anômalo da superfície do mar que se desenvolve ao longo das costas do Equador e Peru dá-se o nome de El Niño. Apesar da estação costeira, Puerto Chicama, e a região SST1 pertencerem à região costeira da América do Sul, estudos realizados por Rasmusson e Carpenter (1982) e Deser e Wallace (1987) mostram que existem importantes diferenças no comportamento de El Niño em cada uma destas regiões. Levando em consideração os resultados obtidos por esses pesquisadores e com a finalidade de saber se existe alguma ligação entre o fenômeno de El Niño e a

precipitação no Panamá foram feitas correlações simples entre as anomalias de precipitação no Panamá e as anomalias de temperatura da superfície do mar (TSM) em Puerto Chicama e entre as anomalias de precipitação no Panamá e as anomalias da temperatura da superfície do mar ao longo do SST1.

Os testes de correlação foram com atrasos ("lag") de 0 a 5 meses para testar a hipótese de que a precipitação total de um mês pode ser prevista com antecedência de um até cinco meses através dos dados da temperatura da superfície do mar.

A correlação simples será linear, dada pela fórmula

$$r = \frac{\delta XY}{\delta X \delta Y} = \frac{\Sigma XY - N \bar{X} \bar{Y}}{N \delta X \delta Y} \quad (\text{EQ.3.2})$$

onde r é o coeficiente de correlação; X e Y são os parâmetros de precipitação e temperatura do mar, respectivamente; N é o número de meses utilizados; δX e δY são os desvios padrões de X e Y , respectivamente.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo procura-se apresentar e discutir os resultados obtidos acerca do comportamento da precipitação no Panamá durante os episódios ENSO em estudo, considerando a atual divisão territorial do país, dada em províncias (Figura 4.1), e obedecendo a sequência abaixo descrita.

4.1 - Períodos Secos e Chuvosos

Através da utilização do índice do desvio médio normalizado, D_j , (EQ.3.1), aplicado à precipitação mensal dos 12 postos pluviométricos selecionados e para o período de vinte anos, de 1967 a 1986, observou-se que no Panamá há duas estações em termos de precipitação: uma chuvosa, que vai de abril a novembro, e outra seca que compreende os meses restantes como é mostrado nas Figuras 4.2 e 4.3.

Em média, a estação chuvosa do período em estudo é de sete meses e meio de duração, porém, ao observar-se as figuras do desvio médio normalizado nota-se que há anos em que ocorrem dentro da estação chuvosa interrupções da mesma indicadas através dos índices negativos do D_j . Todavia, os anos que apresentaram estas anomalias ou interrupções foram os anos de 1969, 1972, 1976-1977, 1982 e 1986, justamente anos em que houve o fenômeno

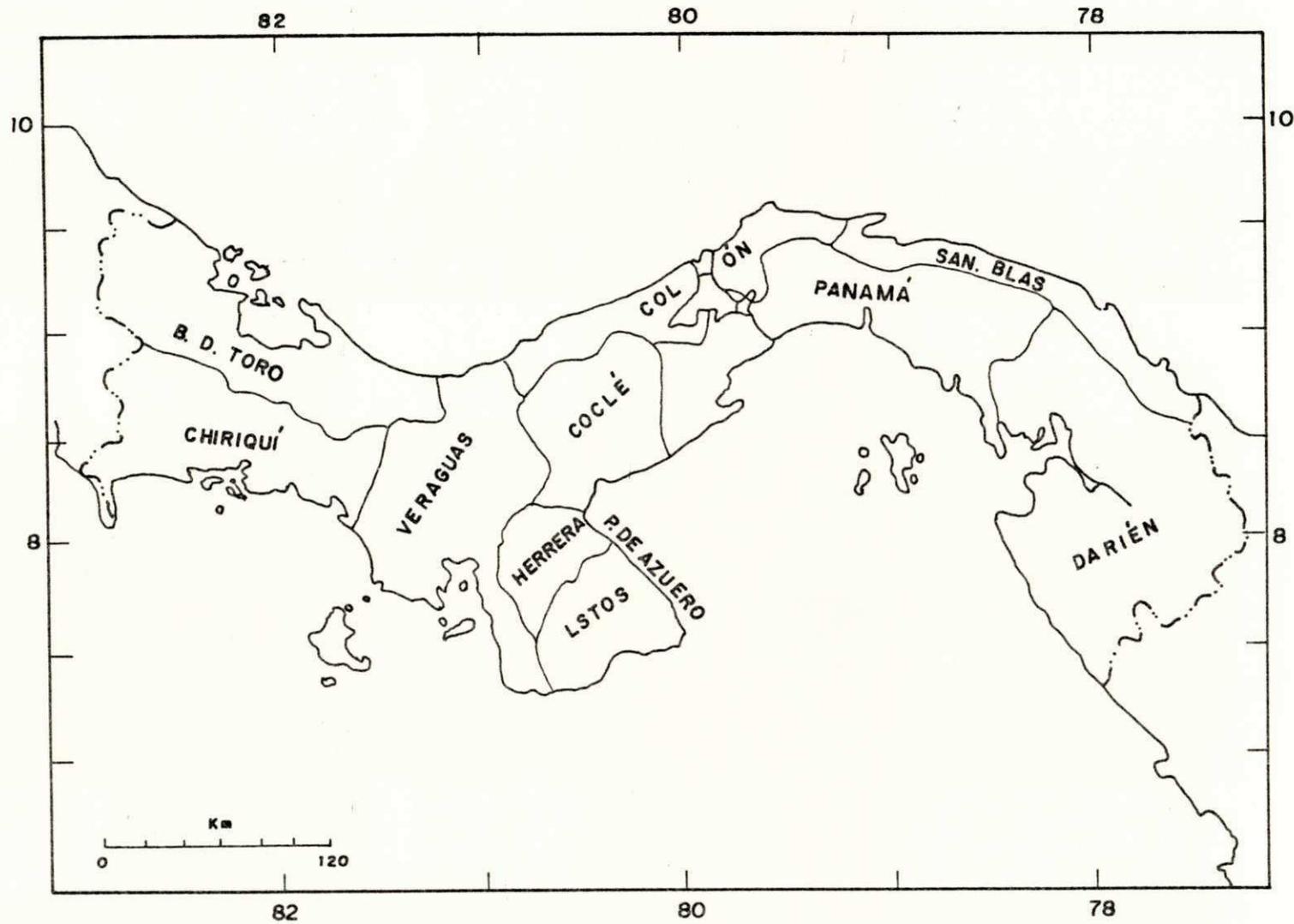


Figura 4.1 - Divisão territorial da República do Panamá em províncias.

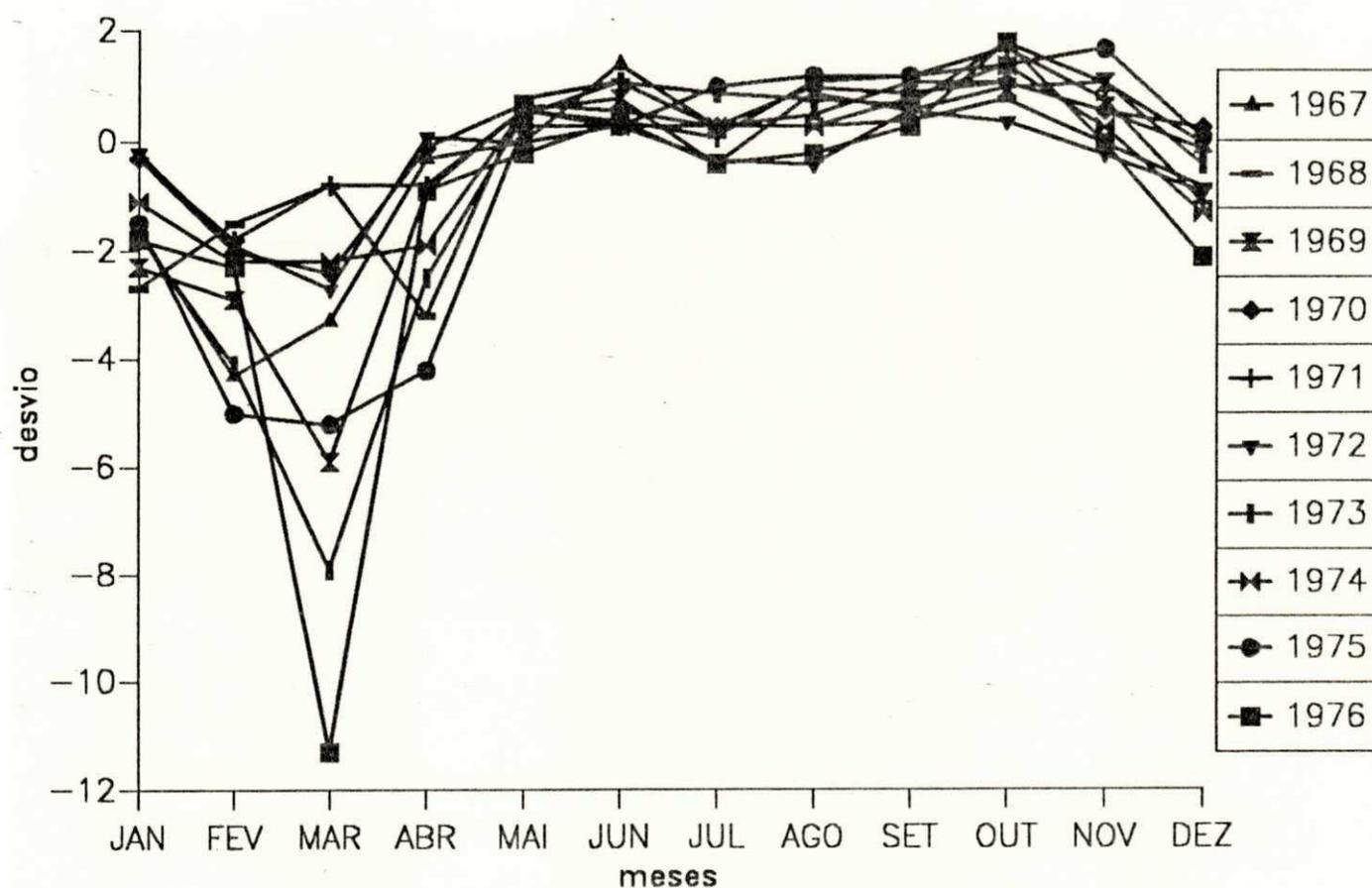
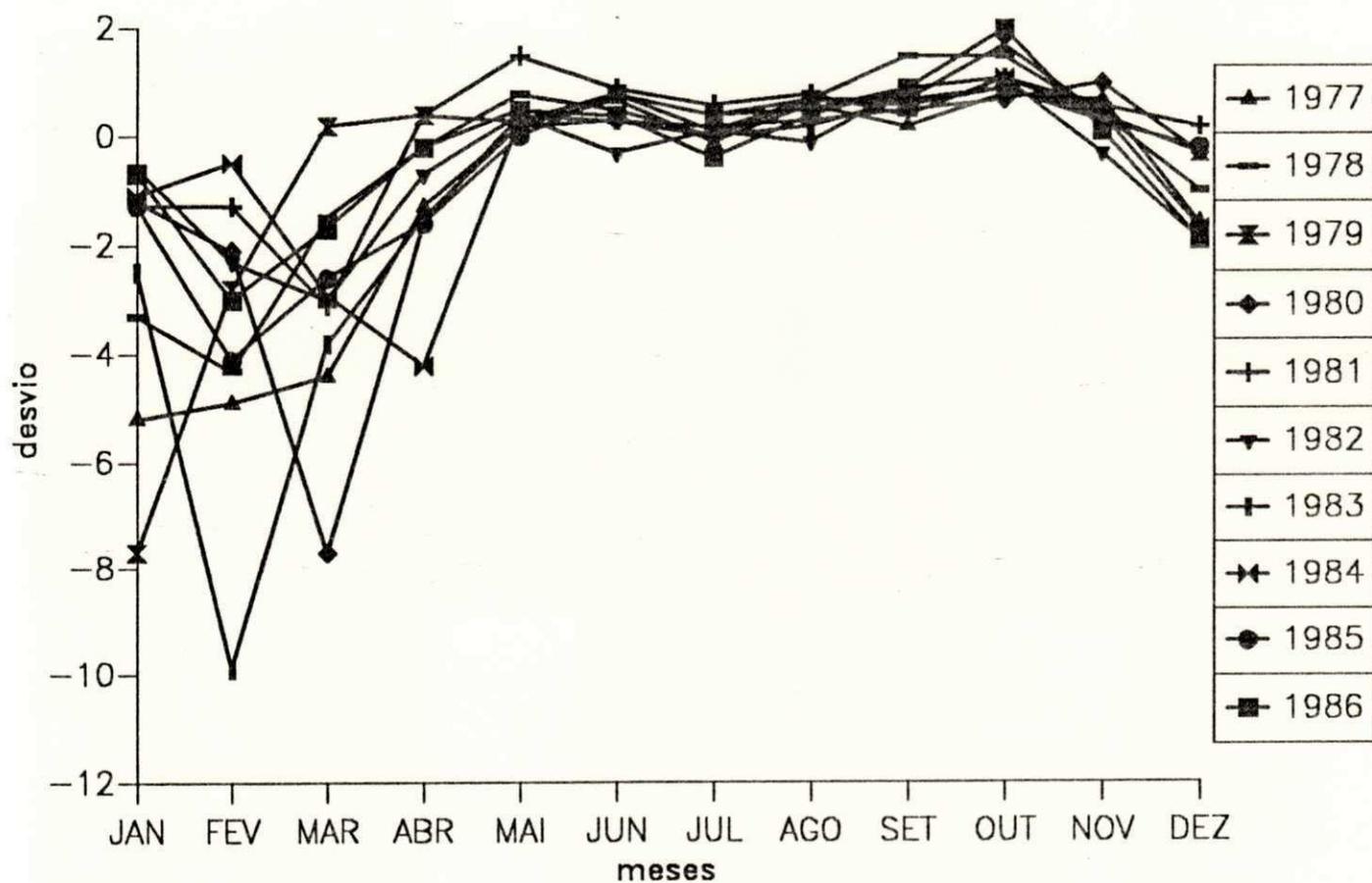


Figura 4.2 - Curvas dos desvios médios normalizados da precipitação ao longo do ano de 12 postos pluviométricos no Panamá para a década de 1967 a 1976.



gura 4.3 - Curvas dos desvios médios normalizados da precipitação ao longo do ano de 12 postos pluviométricos no Panamá para a década de 1977 a 1986.

de El Niño. A Figura 4.4 mostra estes anos separadamente. Observando a Figura 4.4(a) para o ano de 1969, considerado um ano de evento de El Niño fraco, tem-se que, apesar de apresentar um índice negativo no mês de julho, a duração da estação chuvosa não ficou comprometida já que ela apresentou um período chuvoso de sete meses, muito próximo da duração média. As estações chuvosas dos anos de 1977 e 1986 (Figuras 4.4 (d) e (f)) apresentaram índices negativos no mês de julho, contribuindo para a diminuição da duração da estação chuvosa que foi de aproximadamente 20% nesses anos. Porém, as mais duradouras anomalias deram-se nos anos de 1972, 1976 e 1982 (Figuras 4.4 (b), (c) e (e)) o que resultou na diminuição da duração da estação chuvosa em aproximadamente 50% nesses anos. Ainda, o ano de 1976, que foi de todos os anos o que apresentou a menor duração da estação chuvosa, teve o mais tardio início da estação chuvosa, começando somente em maio; em contrapartida, os anos de 1972 e 1982 foram os que tiveram o fim da estação chuvosa de maior antecedência, em outubro. A Tabela 2 mostra os períodos que apresentaram D_j negativos e onde foi incluído o ano ENSO de 1986 por ter-se os dados de precipitação desse ano.

4.2 - Comportamento da Precipitação durante o ENSO de 1969

Na Figura 4.5 apresenta-se a anomalia da precipitação para o ano do episódio ENSO de 1969 em termos de milímetros de

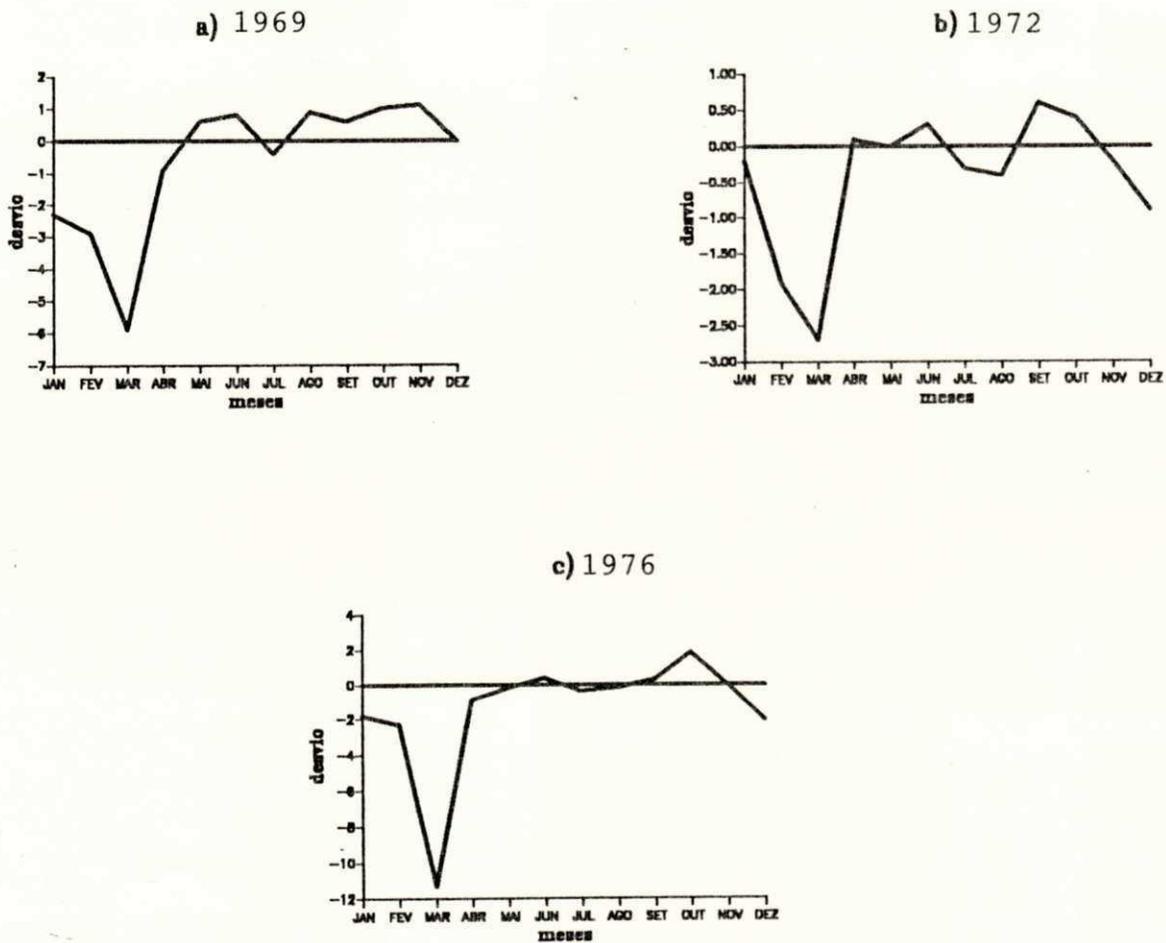
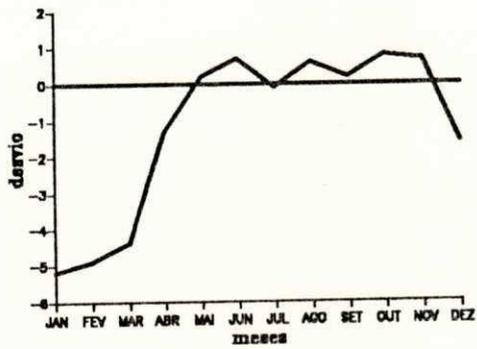
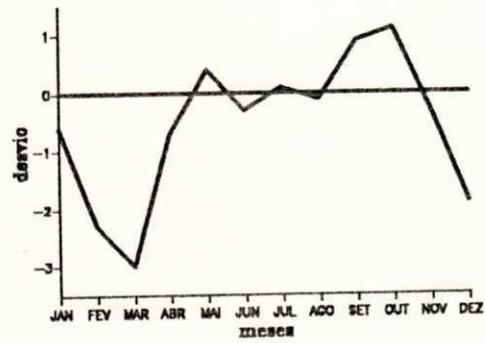


Figura 4.4 - Curvas de desvio médio normalizado da precipitação ao longo do ano de 12 postos pluviométricos no Panamá para os anos nos quais houve interrupção da estação chuvosa: a) 1969; b) 1972; c) 1976; d) 1977; e) 1982; f) 1986.

d) 1977



e) 1982



f) 1986

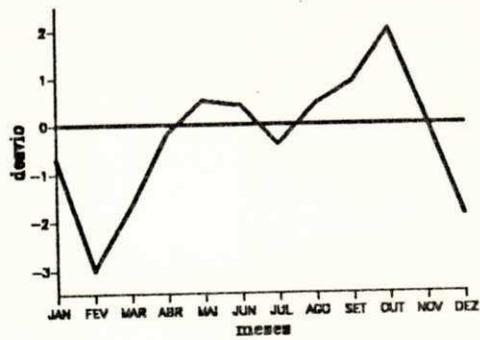


Figura 4.4 - continuação

TABELA 2

Anos com os respectivos meses que apresentaram índices dos desvios médios normalizados (Dj) negativos.

ANO	MESFS - Dj (negativos)
1969	julho ----
1972	julho agosto
1976	julho agosto
1977	julho ----
1982	junho agosto
1986	julho ----

precipitação. A figura mostra a variação da precipitação a partir de janeiro de 1968, ano que antecede o ano do episódio, até o mês de dezembro de 1970, ano que se sucede ao episódio. Daqui em diante passar-se-á a empregar os índices (-1), (0) e (+1) para fazer referência ao ano antes, durante e após o episódio ENSO em estudo, respectivamente.

Através da figura pode-se observar que, embora não muito pronunciada, houve precipitação abaixo do normal no período compreendido entre meados do ano(-1) até meados do ano (0) com dois meses neste período (outubro(-1) e maio(0)) com precipitação ligeiramente acima do normal. Ainda, o mês de abril(-1) apresentou precipitação abaixo do normal.

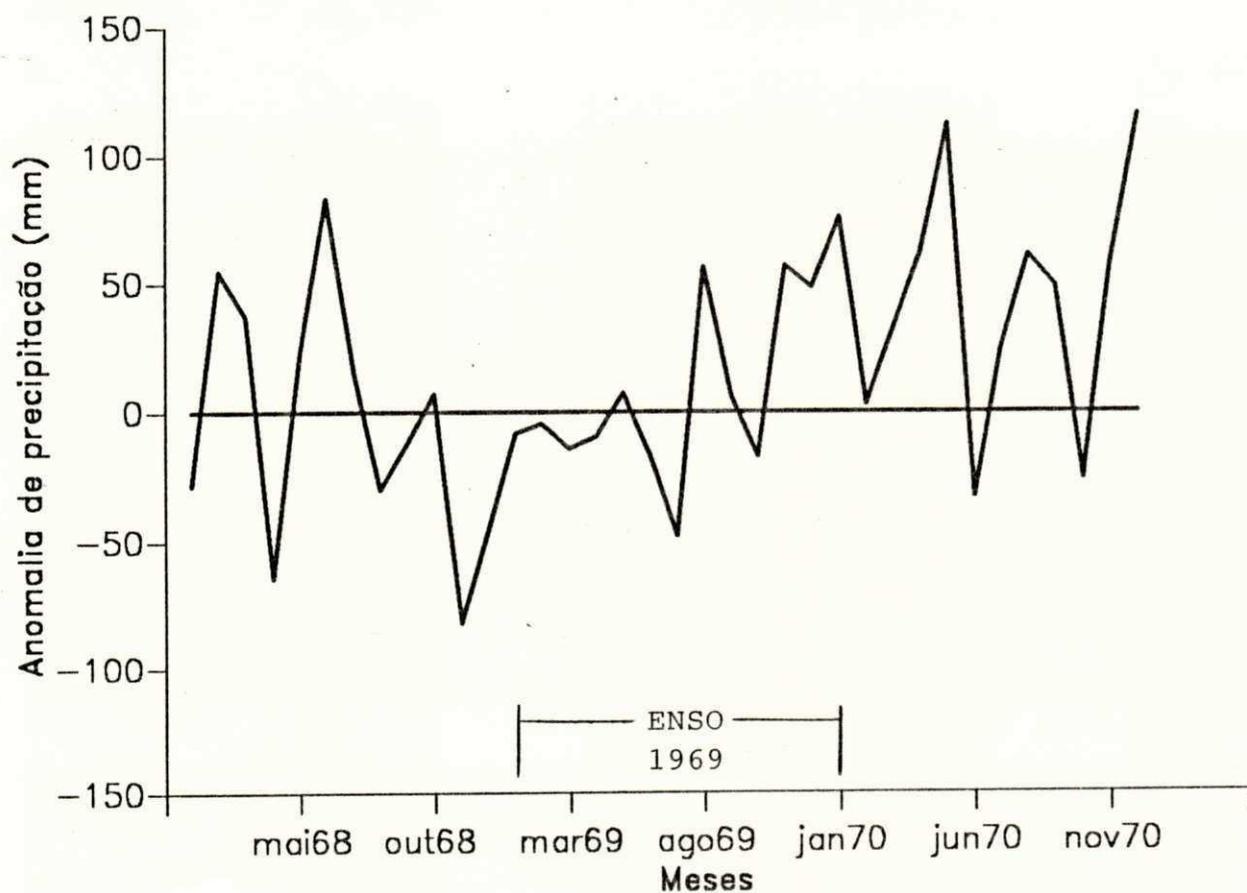


Figura 4.5 - Anomalia de precipitação no Panamá para um período de três anos centrado no ano do episódio ENSO de 1969.

Os cálculos indicam que, em média, a precipitação anual no Panamá durante 1969 foi 2,7% acima do normal. Deve-se esclarecer que esta anomalia positiva encontrada não significa que não haja regiões no Panamá que apresentem anomalias negativas nesse ano visto que trabalha-se com a média da precipitação do conjunto de estações localizadas em várias regiões do país. O ano de 1968 apresentou uma anomalia negativa de precipitação da ordem de 2% enquanto que 1970 apresentou uma anomalia positiva de 25%.

As Figuras 4.6 a 4.8 mostram as cartas da distribuição espacial da precipitação total anual anômala no Panamá para estes anos, expressa em percentagem. Observou-se que o ano de 1968 apresentou anomalias negativas numa grande área central do território panamenho enquanto foram observadas anomalias positivas na região oeste do país, mais precisamente nas províncias de Chiriquí, Bocas del Toro e Veraguas e na província de Darién, no lado leste do país. As anomalias negativas mais intensas estavam localizadas na região oeste da província do Panamá e na província de Coclé (-40%). O ano do episódio, 1969, e o ano de 1970 apresentaram anomalias positivas muito acima do normal, principalmente este último.

4.3 - Comportamento da Precipitação durante o ENSO de 1972

Na Figura 4.9, apresentada para o ano do episódio de 1972, foi observado que há uma predominância de anomalia positiva de precipitação durante o ano(-1) que se estende até abril(0),

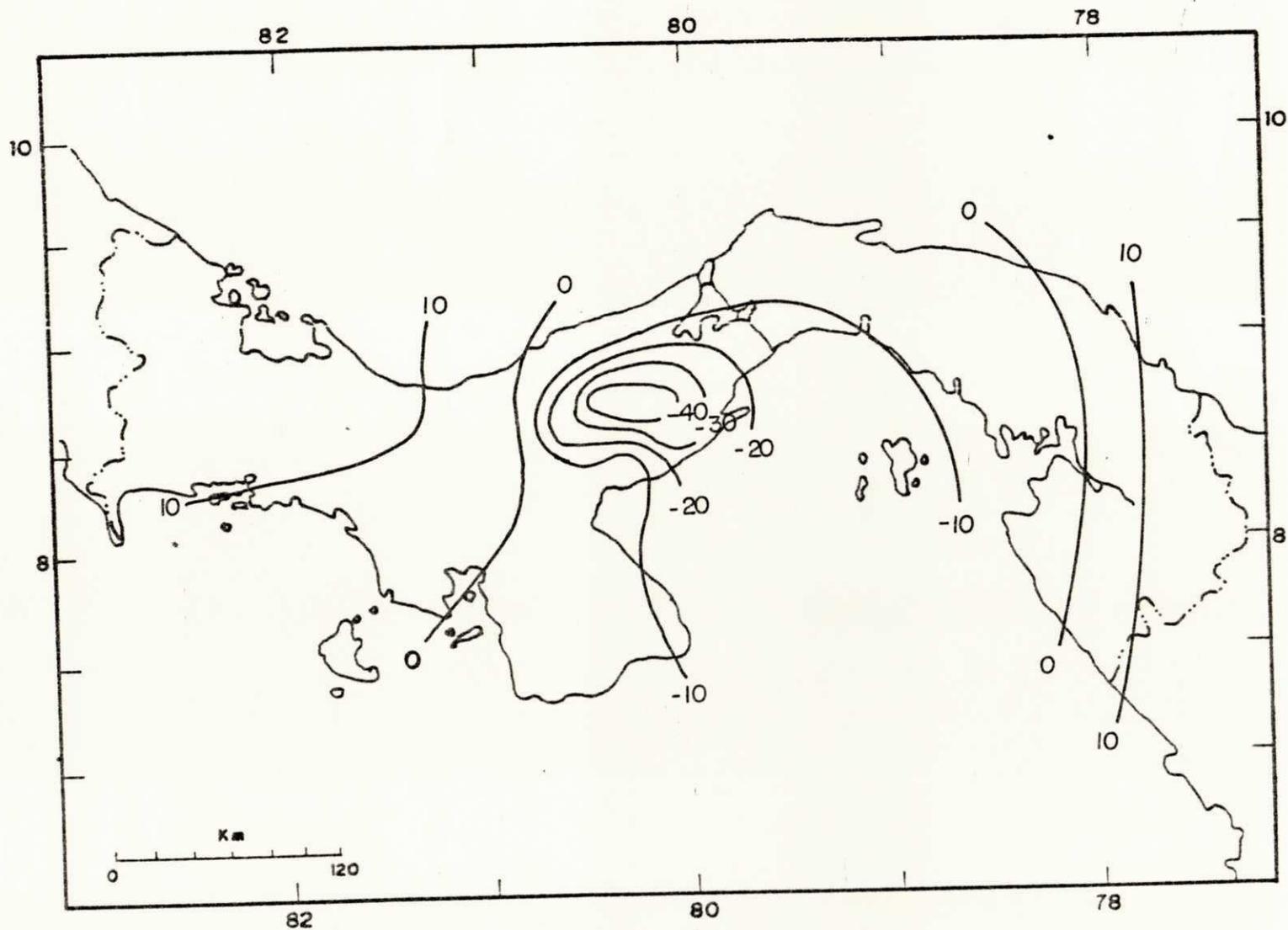


Figura 4.6 - Distribuição espacial da anomalia de precipitação no Panamá, em percentagem, no ano de 1968.

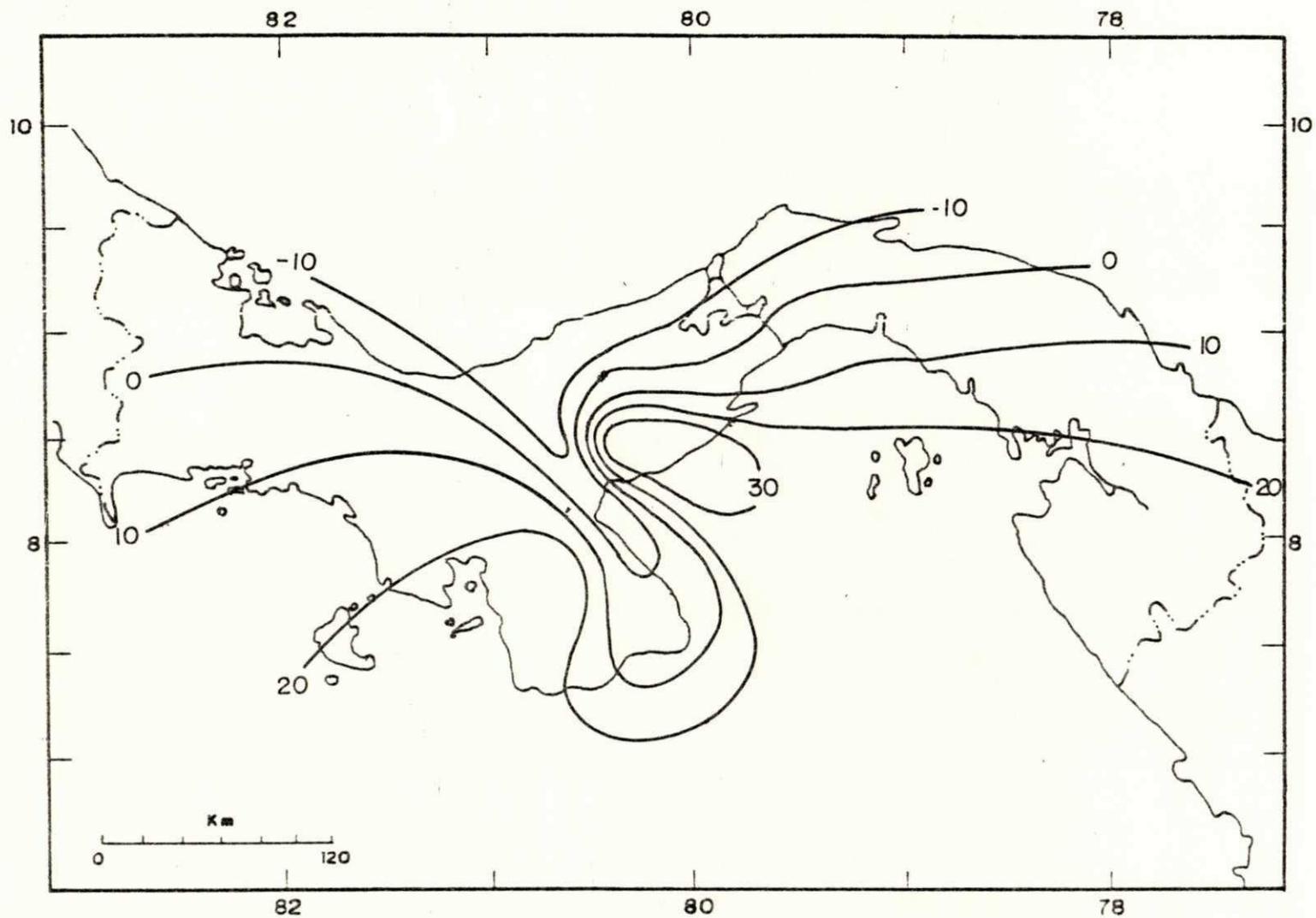


Figura 4.7 - Distribuição espacial da anomalia de precipitação no Panamá, em percentagem, no ano do episódio ENSO de 1969.

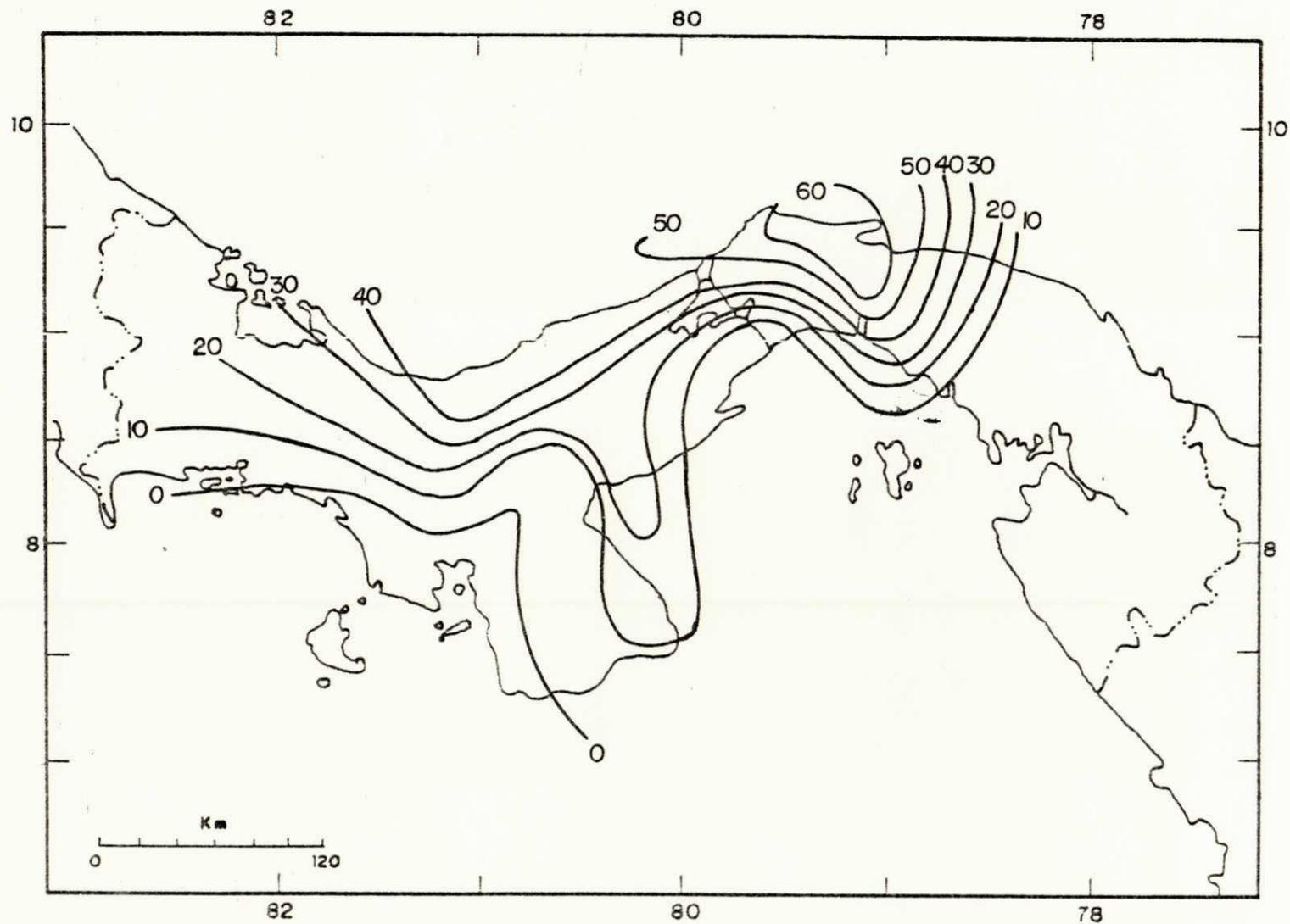


Figura 4.8 - Distribuição espacial da anomalia de precipitação no Panamá, em percentagem, no ano de 1970.

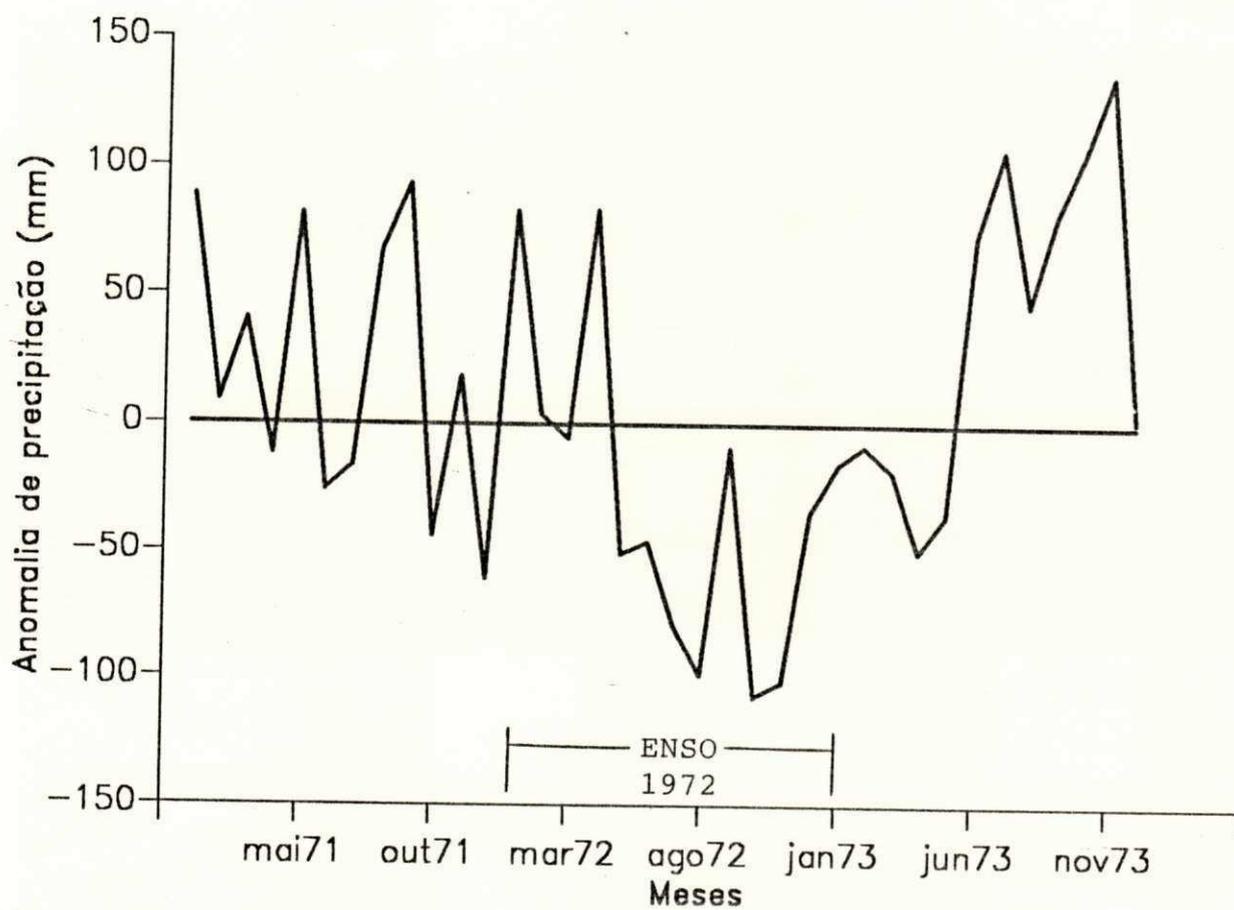


Figura 4.9 - Anomalia de precipitação no Panamá para um período de três anos centrado no ano do episódio ENSO de 1972.

quando a precipitação passa a apresentar valores abaixo do normal, prolongando-se por um período de pouco mais de um ano e com as suas magnitudes relativamente grandes. Nota-se que o aparecimento de anomalias negativas coincide com o início da estação chuvosa no Panamá. A anomalia do ano(0) é caracterizada por dois picos de precipitação negativa com a tentativa, da precipitação, para retornar aos seus valores normais em setembro(0), mas prevalecendo esta anomalia até meados do ano(+1) quando ela passa a adquirir valores positivos.

Através dos dados pluviométricos encontrou-se que a precipitação no ano de 1972 foi de 17,0% abaixo do normal, enquanto os anos de 1971 e 1973 apresentaram anomalias positivas da ordem de 11,0 e 20,0%, respectivamente.

Em termos de distribuição espacial, e excetuando a região oeste da província de Colón, assim como também parte da província do Panamá, o restante do país apresentou em 1972, anomalias negativas com duas regiões de magnitudes máximas (-50%), uma localizada na província de Coclé e a outra localizada na fronteira que separa as províncias de Panamá e Darién (Figura 4.11). Portanto, observa-se a predominância das anomalias negativas no lado sul do país, mais precisamente ao sul e do lado Pacífico da Cordilheira Central. As Figuras 4.10 e 4.12 apresentam a distribuição espacial dos anos de 1971 e 1973, ano que antecede e precede o episódio de 1972, respectivamente. Estes dois anos apresentaram predominâncias de anomalias positivas em

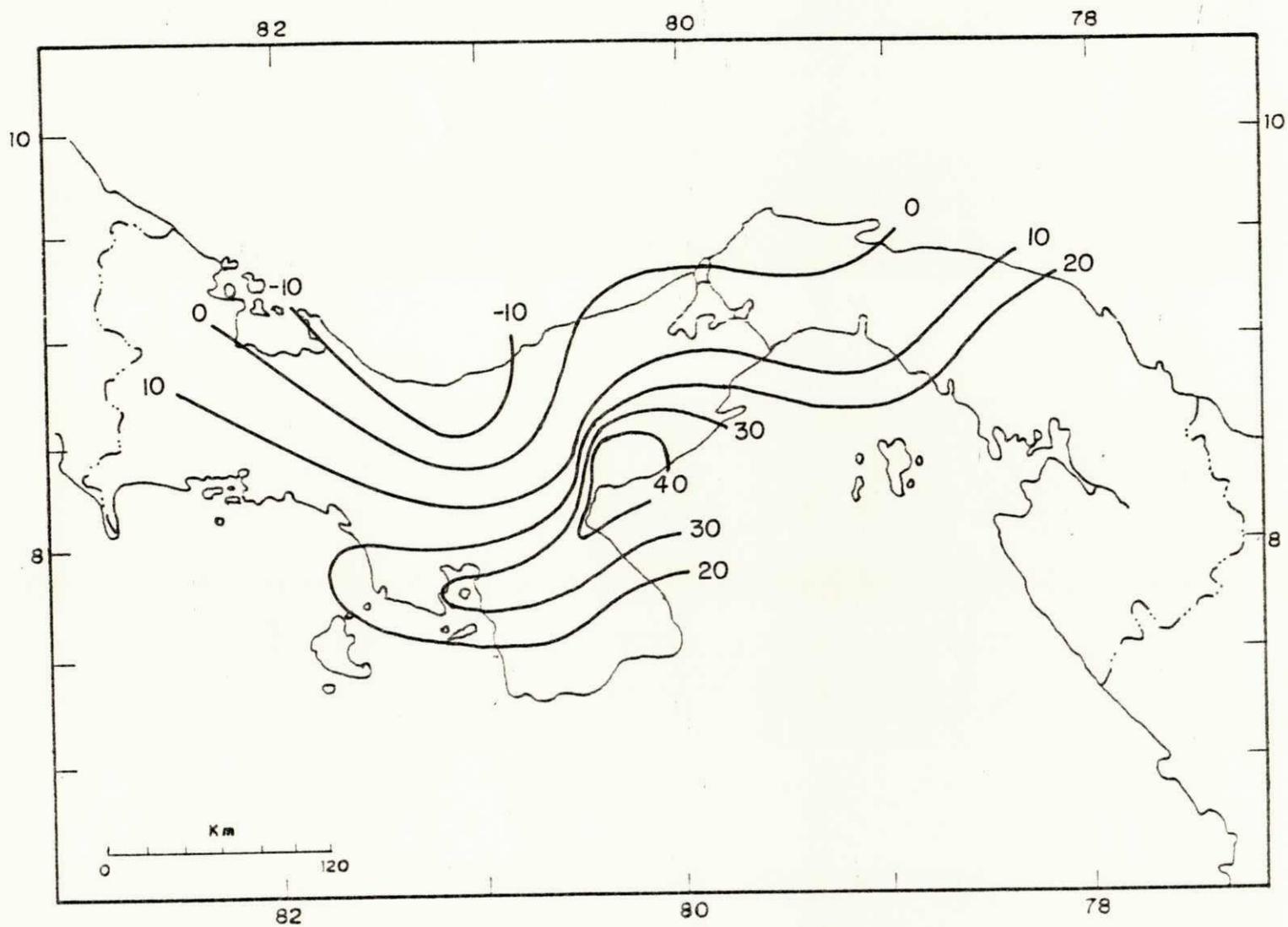


Figura 4.10 - Distribuição espacial da anomalia de precipitação no Panamá, em percentagem, no ano de 1971.

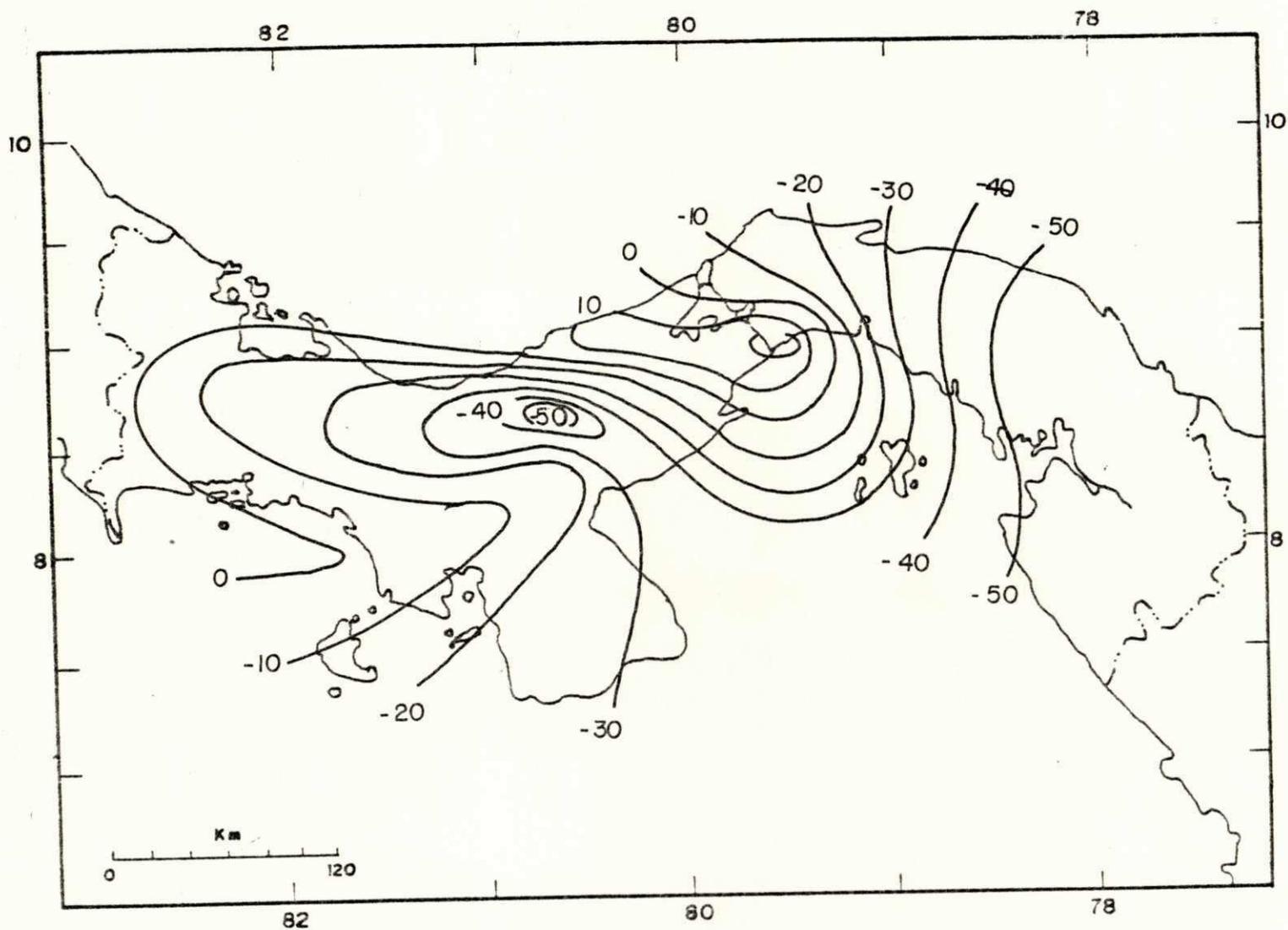


Figura 4.11 - Distribuição espacial da anomalia de precipitação no Panamá, em percentagem, no ano do episódio ENSO de 1972.

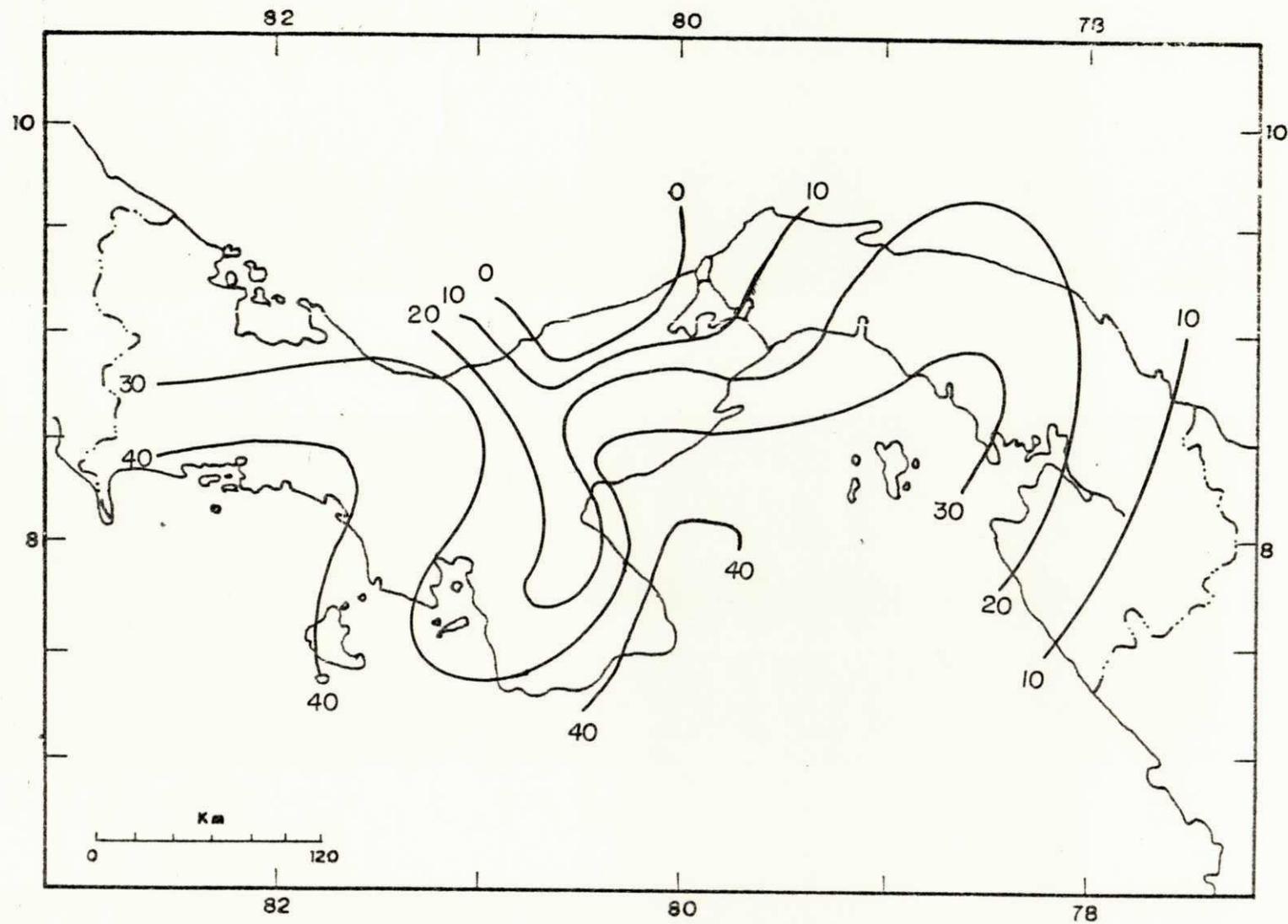


Figura 4.12 - Distribuição espacial da anomalia de precipitação no Panamá, em percentagem, no ano de 1973.

quase todo o território panamenho estando as maiores localizadas nas regiões do lado do litoral Pacífico.

4.4 - Comportamento da Precipitação durante o ENSO de 1976

A Figura 4.13 mostra a anomalia de precipitação para o episódio de 1976 onde é possível notar que, após um ano de anomalias positivas de precipitação como foi o de 1975, tiveram 2 anos sucessivos de anomalias negativas, 1976 e 1977. No ano de 1976, as anomalias negativas começam a definir-se de modo semelhante ao episódio de 1972, com o início da estação chuvosa no Panamá. Apresenta-se também, nos meses de setembro(0) e outubro(0), uma tentativa da precipitação para retornar aos seus valores normais. A anomalia negativa estende-se até 1977 só que a duração assim como as magnitudes nesse ano tornam-se menores.

Segundo os cálculos, as anomalias de precipitação para os anos de 1976 e 1977 foram de 28 e 16% abaixo do normal, respectivamente.

O ano de 1975, ano que antecede o episódio de 1976, apresentou predomínio de anomalias positivas de precipitação em quase todo o Panamá(Figura 4.14). As anomalias negativas em 1976 estiveram presentes em todo o país com exceção de uma pequena área de anomalias positivas na parte nordeste do Panamá (Figura 4.15). As anomalias negativas mais intensas estavam situadas na parte oeste do país, mais precisamente na Península de Azuero e na província de Coclé(-40%). O ano de 1977 (Figura 4.16)

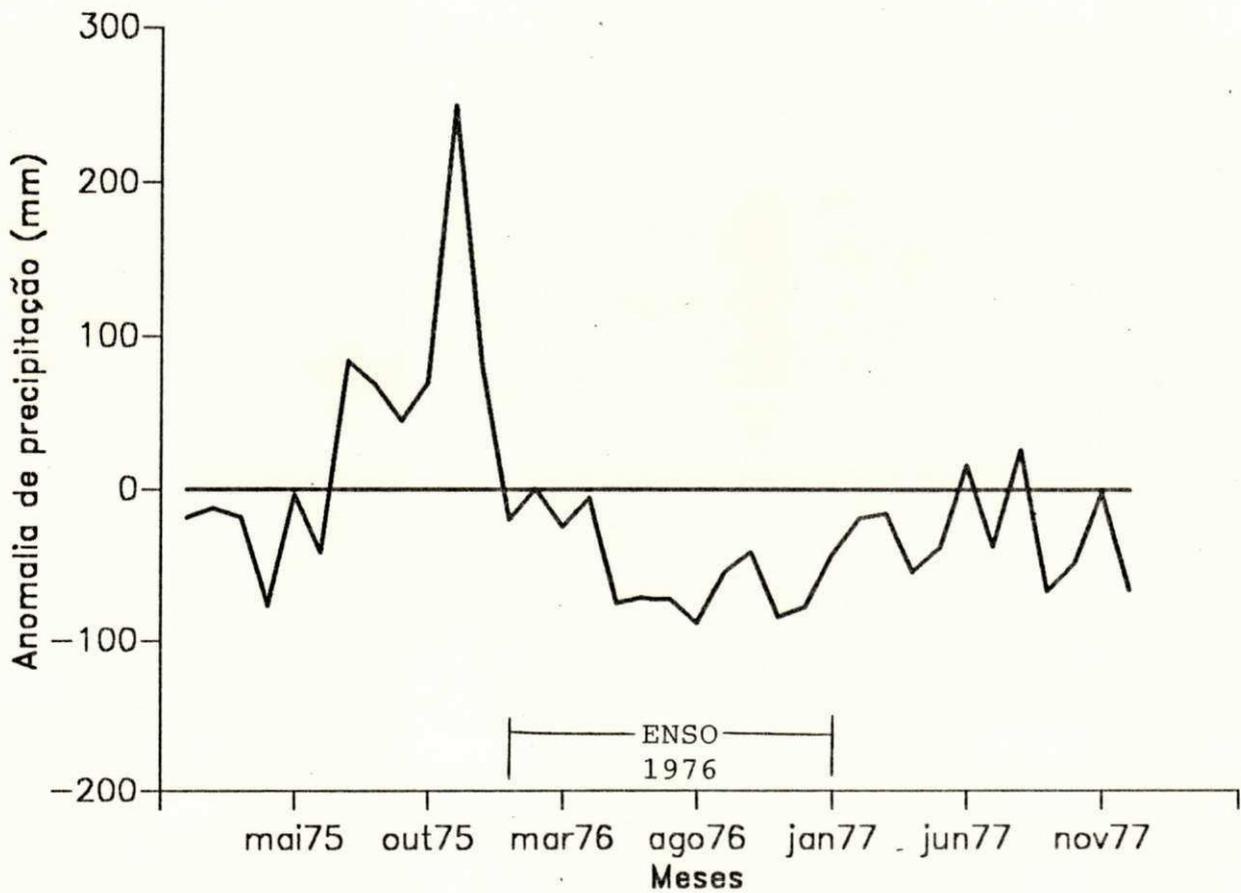


Figura 4.13 - Anomalia de precipitação no Panamá para um período de três anos centrado no ano do episódio ENSO de 1976.

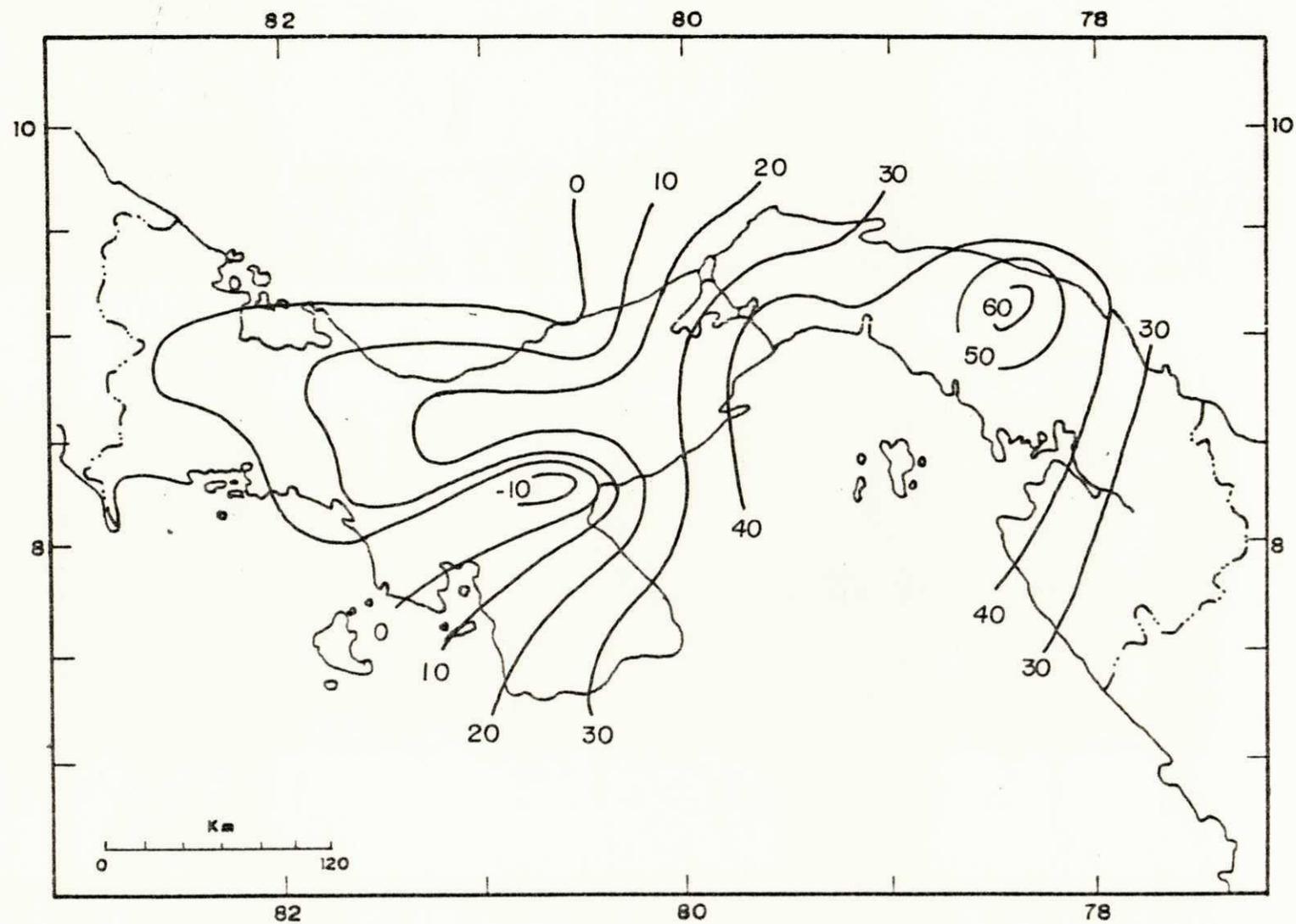


Figura 4.14 - Distribuição espacial da anomalia de precipitação no Panamá, em porcentagem, no ano de 1975.

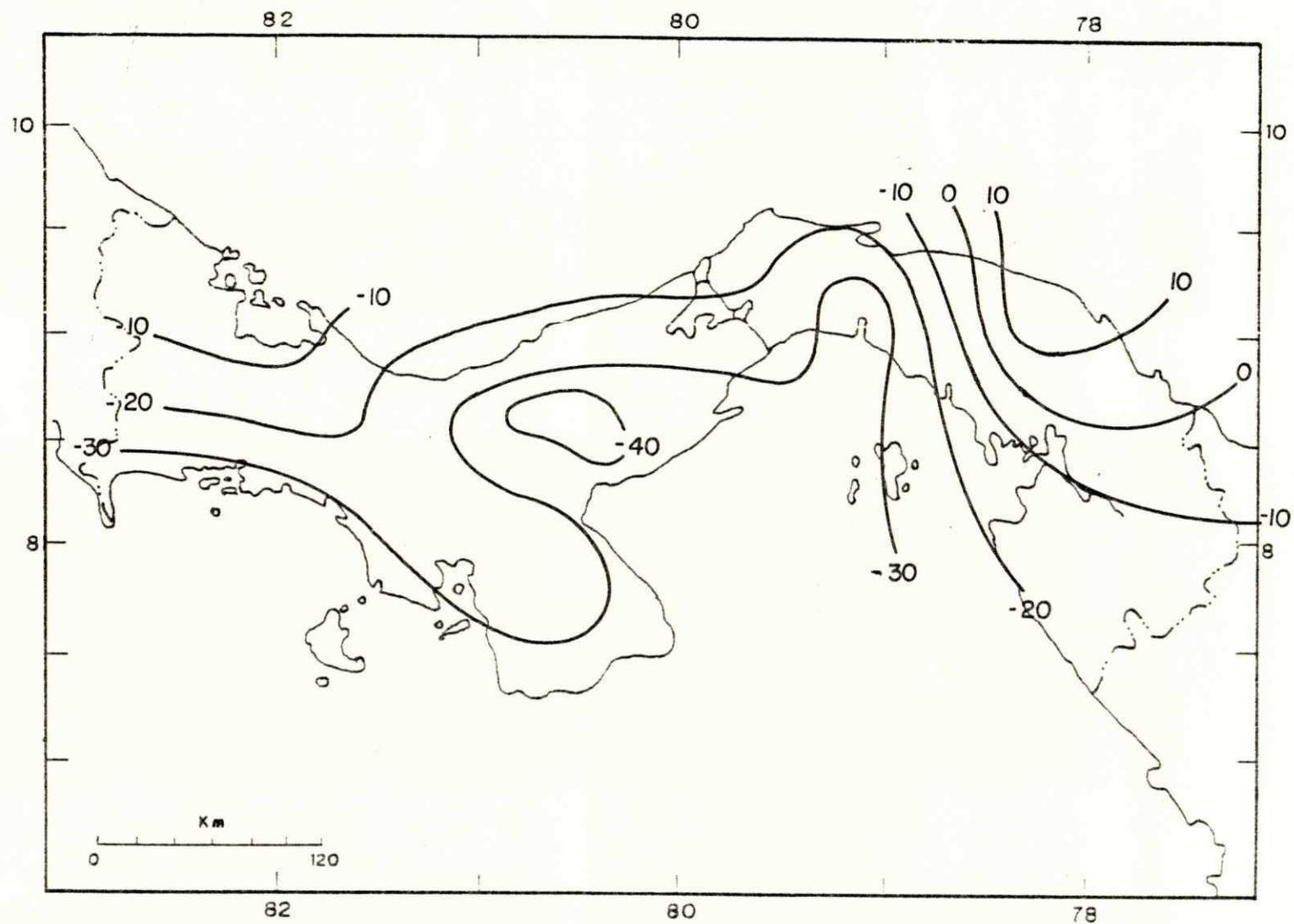


Figura 4.15 - Distribuição espacial da anomalia de precipitação no Panamá, em porcentagem, no ano do episódio ENSO de 1976.

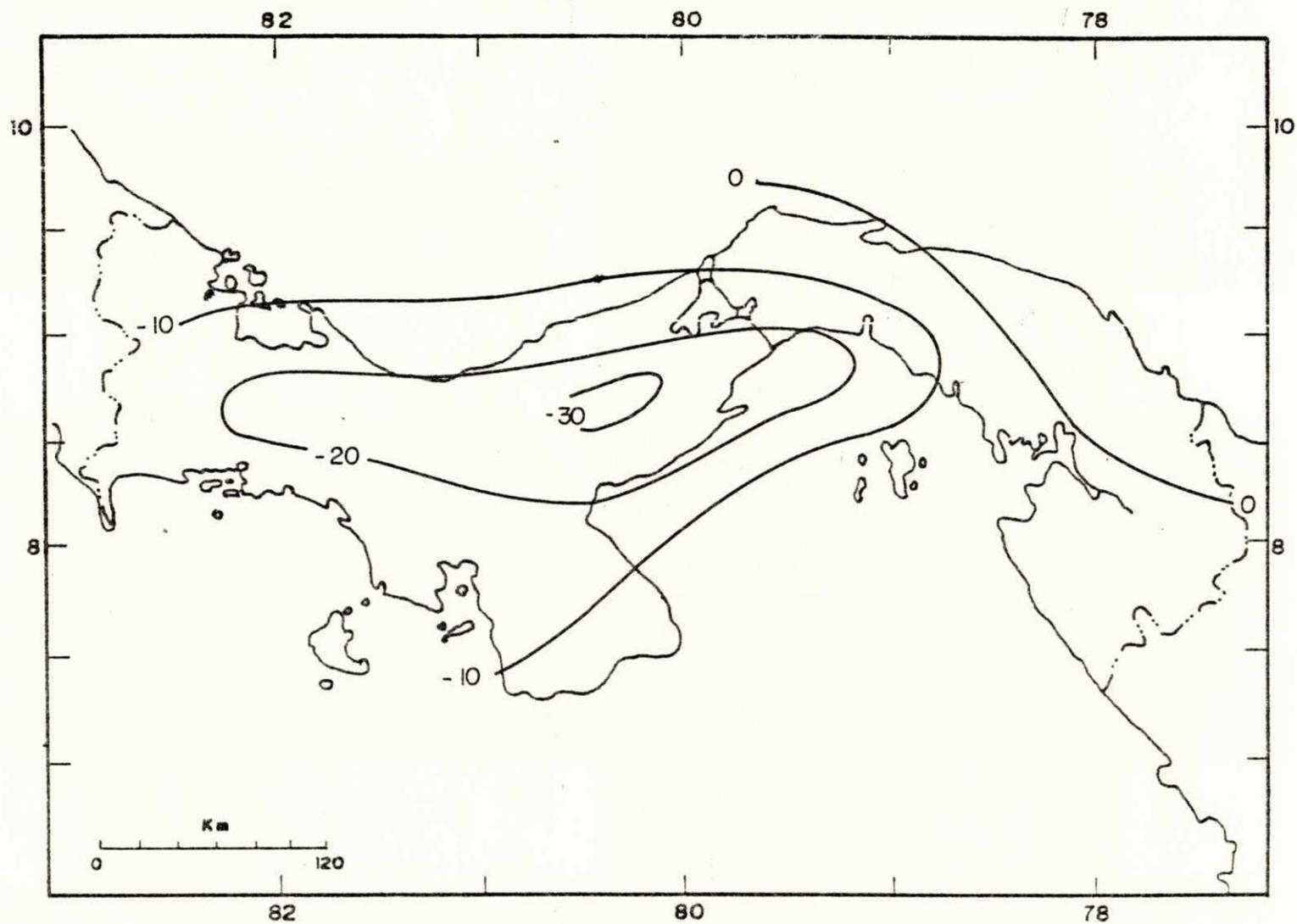


Figura 4.16 - Distribuição espacial da anomalia de precipitação no Panamá, em porcentagem, no ano de 1977.

continuou apresentando anomalias negativas nas mesmas regiões do ano de 1976 embora com as magnitudes das anomalias reduzidas. A maior anomalia, 30% abaixo do normal, esteve presente na província de Coclé.

4.5 - Comportamento da Precipitação durante o ENSO de 1982

Observando a Figura 4.17 para o ano do episódio de 1982, um dos mais fortes do século, pode-se verificar que a precipitação anormalmente negativa começou a definir-se a partir do período inicial da estação chuvosa no Panamá, estendendo-se até final do ano de 1983 embora que, neste último ano, com menor magnitude. Resalta-se a tentativa da precipitação atingir seus valores normais em setembro(0) e outubro(0). As magnitudes durante o ano de 1982 assemelham-se com as do ano de 1972 e 1976 que foram relativamente grandes. O ano que antecede ao evento mostrou ser um ano de grande anomalia positiva.

Os cálculos indicam que as anomalias de precipitação dos anos de 1982 e 1983 foram de 14,4 e 14,2% abaixo do normal, respectivamente.

As cartas da distribuição espacial da precipitação anômala das Figuras 4.19 e 4.20 dos anos de 1982 e 1983, respectivamente, mostram que houve uma grande semelhança nos padrões das anomalias nesses anos. As anomalias negativas estavam presentes ao longo de todo o país com as maiores anomalias

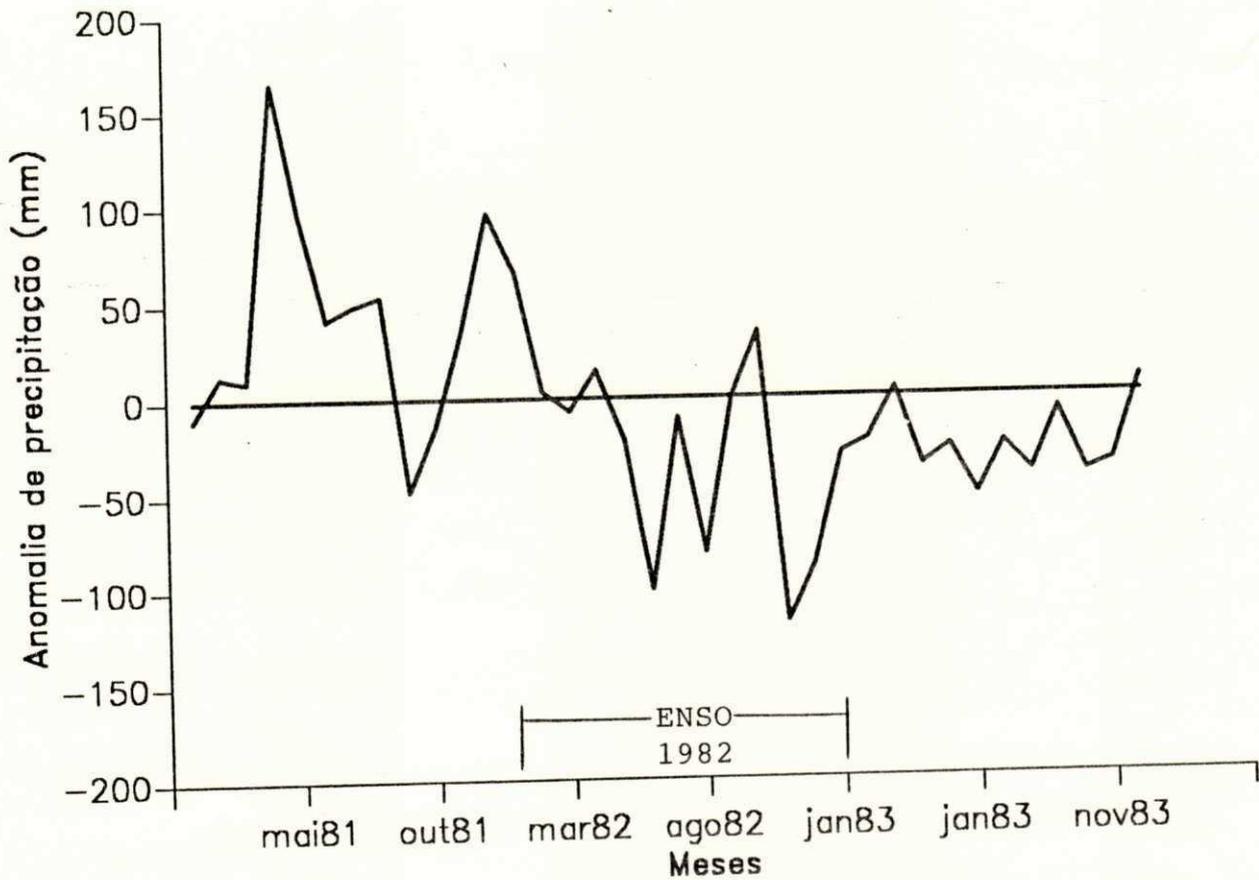


Figura 4.17 - Anomalia de precipitação no Panamá para um período de três anos centrado no ano do episódio ENSO de 1982.

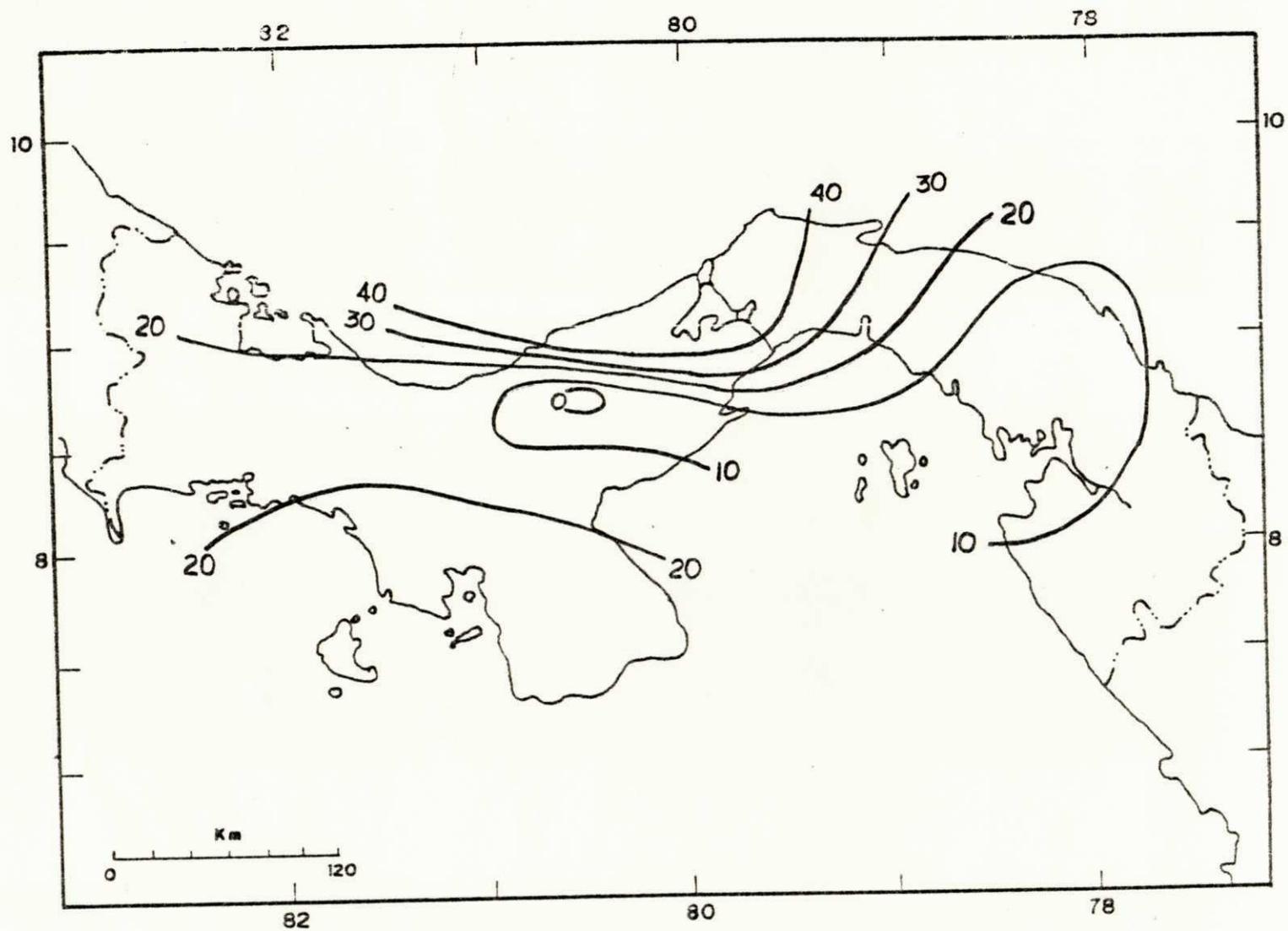


Figura 4.18 - Distribuição espacial da anomalia de precipitação no Panamá, em percentagem, no ano de 1981.

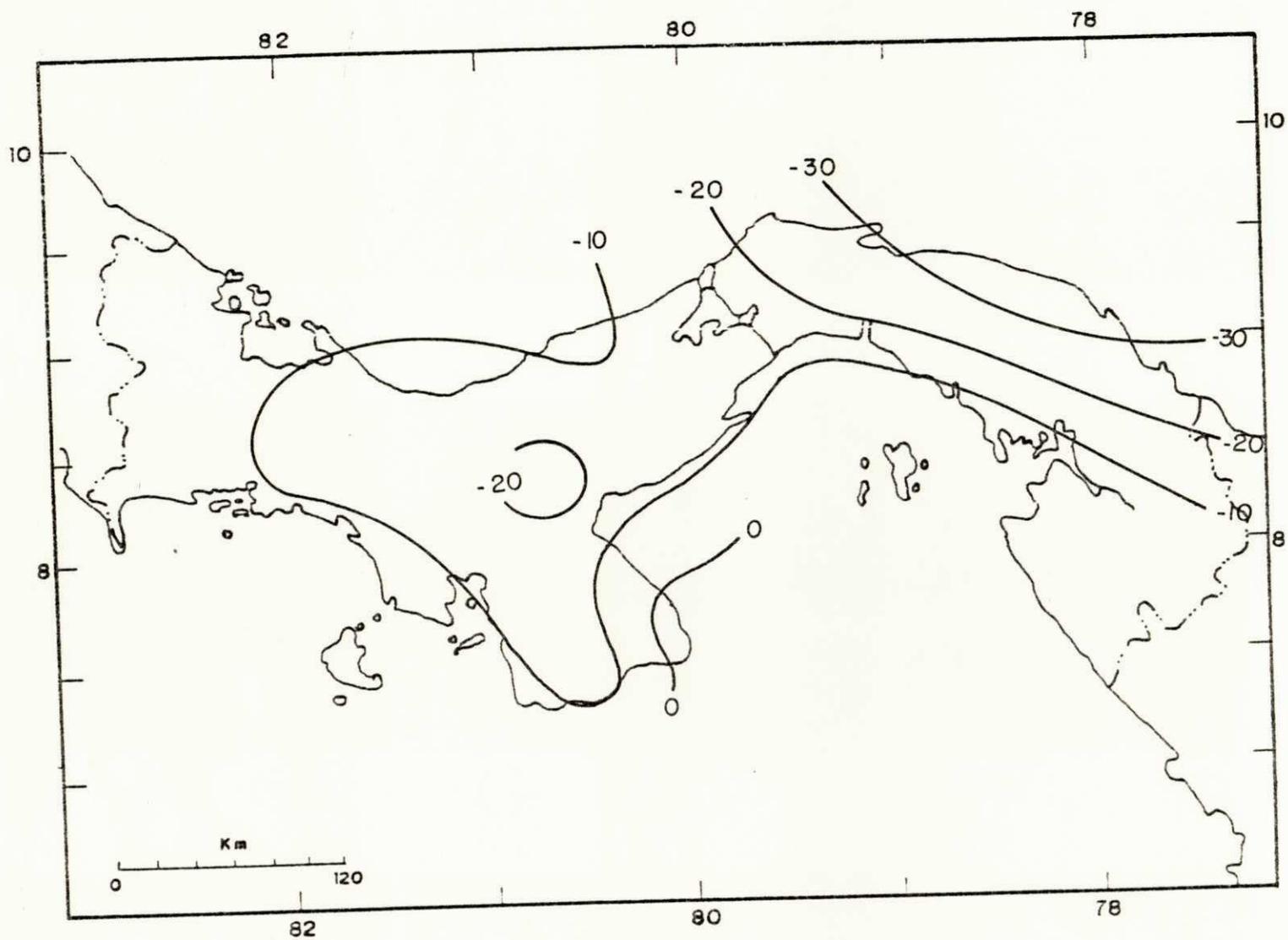


Figura 4.19 - Distribuição espacial da anomalia de precipitação no Panamá, em percentagem, no ano do episódio ENSO de 1982.

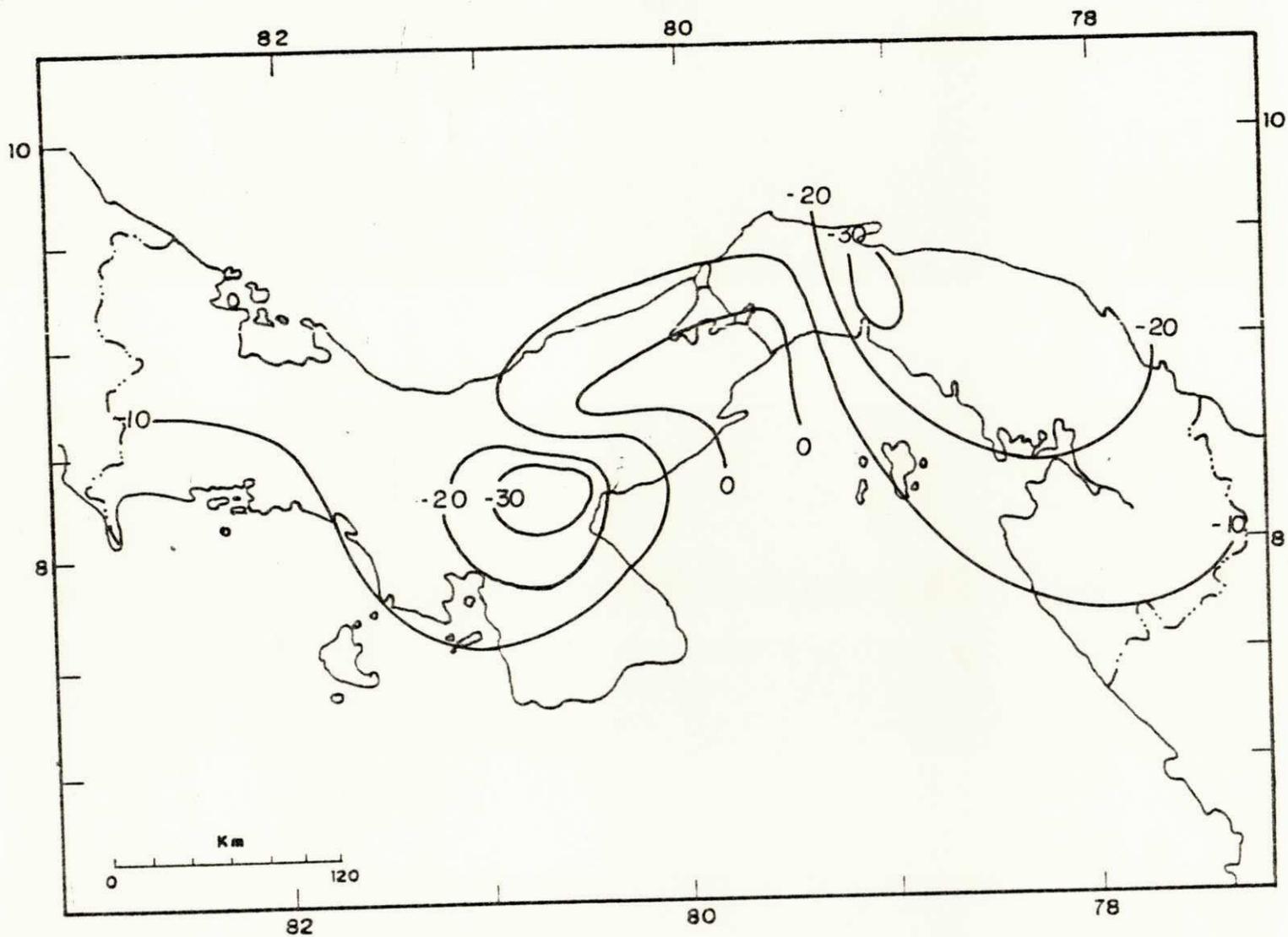


Figura 4.20 - Distribuição espacial da anomalia de precipitação no Panamá, em percentagem, no ano de 1983.

localizadas na região nordeste do país e ao norte da Península de Azuero. Já o ano de 1981, Figura 4.18, ano que antecede o ano do episódio, apresentou anomalias positivas em todo o Panamá com as maiores anomalias localizadas nas regiões próximas do litoral atlântico.

Os resultados mostram que o Panamá pode apresentar predomínio de anomalias negativas de precipitação na maior parte do seu território em dois anos sucessivos, como mostra a Tabela 3, durante os eventos classificados como moderados e fortes.

TABELA 3

Predomínio do sinal da anomalia de precipitação na maior parte do Panamá nos anos antes, durante e após o evento ENSO.

ANO (-1)	ANO (0)	ANO (+1)	INTENSIDADE
1968 (-)	1969 (+)	1970 (+)	fraco
1971 (+)	1972 (-)	1973 (+)	forte
1975 (+)	1976 (-)	1977 (-)	moderado
1981 (+)	1982 (-)	1983 (-)	forte

Observa-se que, independente da intensidade ser moderada ou forte, o sinal predominante da anomalia negativa pode ser encontrado em um ou dois anos sucessivos. Nos casos dos eventos fortes de 1972 e 1982 nota-se que, enquanto o sinal predominante da anomalia negativa no primeiro caso foi para um ano apenas,

1972, no segundo caso o sinal predominou nos anos de 1982 e 1983. Já no evento moderado o sinal negativo predominou nos anos de 1976 e 1977.

As figuras das anomalias de precipitação apresentadas e principalmente, as relativas aos eventos classificados como moderados e fortes, mostram que a duração das anomalias negativas independem da intensidade do evento. Observa-se que o evento moderado de 1976 apresentou a maior duração de anomalias negativas dentre aqueles estudados. Por outro lado, apesar dos eventos de 1972 e 1982 serem da mesma intensidade, o evento de 1972 apresentou uma duração de anomalias negativas inferior à do evento de 1982. Estes resultados indicam que a deficiência de chuvas no Panamá pode ser mais acentuada durante os eventos classificados como moderados do que durante aqueles classificados como fortes.

4.6 - Composição da Anomalia da Precipitação dos Episódios ENSO

Como uma forma de estudar o comportamento da precipitação no Panamá durante o acontecimento do fenômeno ENSO, decidiu-se fazer uma composição dos dados de precipitação para os quatro episódios em estudo e compará-los com a composição correspondente dos dados da temperatura da superfície do mar (TSM) em Puerto Chicama e ao longo da costa equatorial ocidental da América do Sul (SST1).

A Figura 4.21 mostra a composição da anomalia da precipitação total mensal no Panamá para os episódios de 1969, 1972, 1976 e 1982. Já a Figura 4.22 mostra a composição da anomalia da TSM em SST1 e Puerto Chicama.

Ao observar-se as duas composições das anomalias da TSM pode-se notar algumas diferenças entre elas, como o fato de Puerto Chicama apresentar dois picos de máxima anomalia, abril(0) e dezembro(0), sendo que o primeiro pico, aparentemente, com ligeira antecedência ao de SST1. Nota-se que após o primeiro pico há uma nítida queda da TSM na tentativa de aproximar-se de seu valor normal para depois apresentar um segundo pico. Se o SST1 apresenta um único pico, ele também apresenta um decréscimo menos pronunciado da anomalia inicial seguido de uma tentativa de estabilização da TSM, hesitante na tendência de queda. Esta última diferença entre as composições deve-se, segundo Rasmusson e Carpenter (1982), à excessiva suavização dos dados colhidos em SST1 quando filtrados.

Através da Figura 4.21 nota-se que as anomalias negativas de precipitação predominam no ano(0), começando em abril(0) e apresentando dois picos de anomalias negativas durante esse ano, com a tentativa da precipitação atingir seu valor normal em setembro(0) mas prevalecendo a anomalia até abril(+1) o que corresponde a um período de um ano de precipitação abaixo do normal. Em termos de percentagem, os maiores desvios negativos encontrados foram de -30,4 e -41,9 para os meses de dezembro(0) e

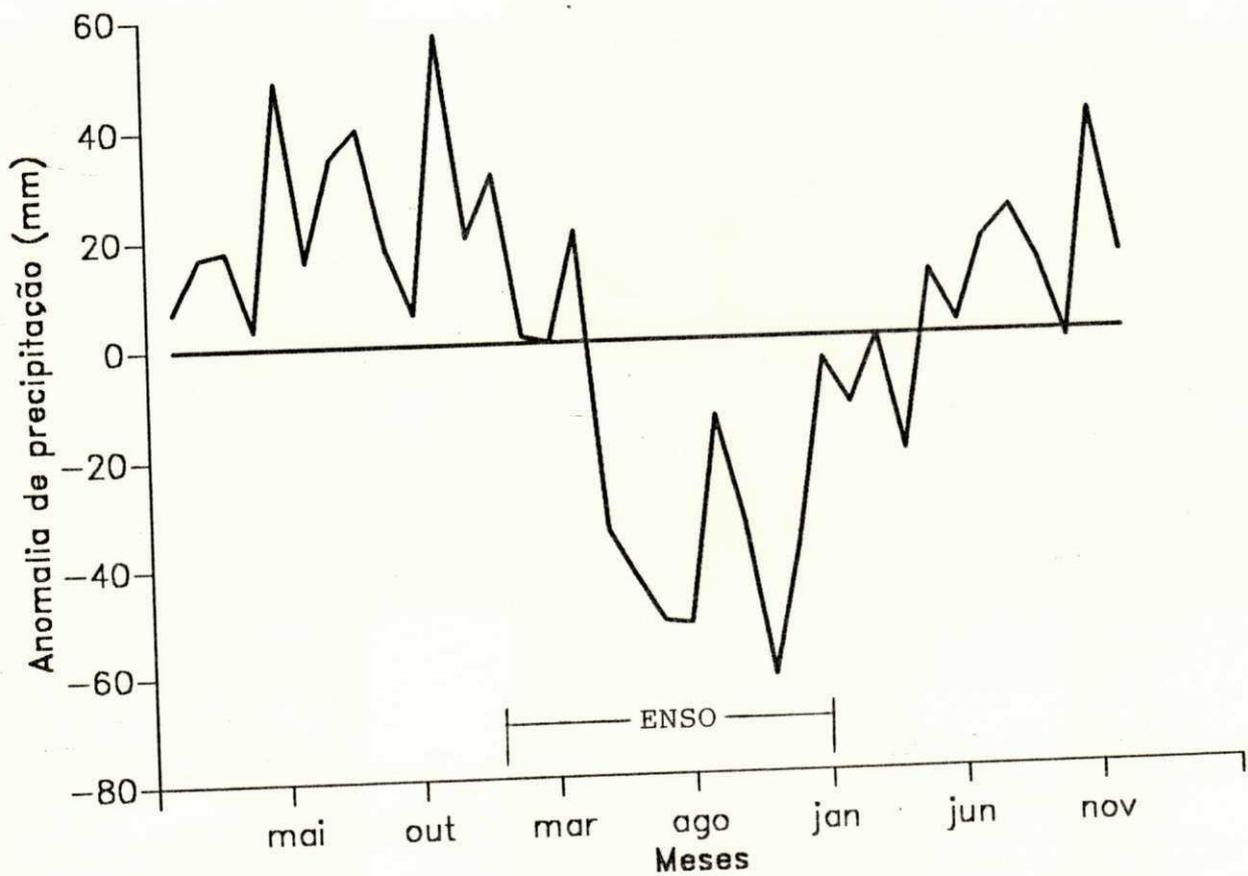


Figura 4.21 - Anomalia de precipitação no Panamá para um período de três anos centrado nos episódios de 1969, 1972, 1976 e 1982.

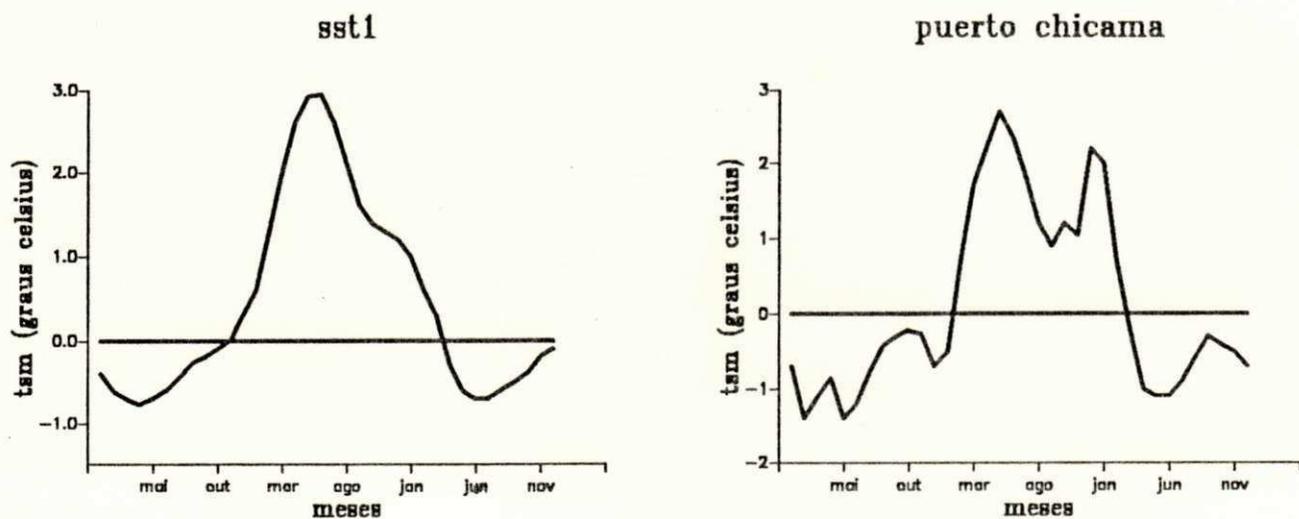


Figura 4.22 - Composições das anomalias de temperatura da superfície do mar (TSM) em SST1 e Puerto Chicama para os episódios ENSO de 1951, 1953, 1957, 1965, 1969 e 1972 (Rasmusson e Carpenter, 1982).

9 + 397

-09

fevereiro(+1), respectivamente. Ainda, em termos de percentagem encontrou-se que, em média, a anomalia de precipitação no Panamá durante o ano do evento ENSO é da ordem de -12,7%.

A primeira vista pode-se notar semelhanças no comportamento da anomalia da precipitação com o comportamento da anomalia da TSM em Puerto Chicama. As duas curvas mostram dois picos de máximos de anomalia no ano(0) parecendo ser uma a imagem invertida da outra, enquanto a anomalia SST1 mostra apenas um máximo. No entanto, apesar das semelhanças e como será visto a seguir, existe uma maior correlação entre a TSM em SST1 e a precipitação no Panamá.

Fazendo uso da EQ.3.2 passou-se a correlacionar os valores das anomalias médias mensais da precipitação no Panamá com os valores das anomalias médias mensais da temperatura da superfície do mar em Puerto Chicama e também com os de SST1. Em todos os casos o período escolhido para as correlações foram aqueles dos anos antes, durante e após os episódios ENSO. Ainda, os cálculos das correlações foram realizados para "lags" de 0 a 5 meses. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 4. Através desta tabela fica evidente que, além das correlações serem negativas, elas são mais significativas para os "lag 3" que mostram para esse nível os mais altos valores de coeficientes de correlação, -0,77 e -0,83, para a temperatura da superfície do mar em Puerto Chicama e em SST1, respectivamente. Aliás, os valores absolutos dos coeficientes de correlação para todos os

TABELA 4

Correlações para atrasos ("lag") de 0 a 5 meses entre a anomalias de precipitação no Panamá e as anomalias da TSM (SST1 e Puerto Chicama) do período antes, durante e após o ano ENSO. Os valores das correlações apresentam significância de 95%.

"LAG"	r	EQ. REGRESSÃO LINEAR	EXP. VARIANCIA
SST1			
0	-0,65	Y = 9,63 - 16,14 X	0,43
1	-0,76	Y = 11,00 - 18,90 X	0,58
2	-0,82	Y = 11,58 - 20,24 X	0,66
3	-0,83	Y = 11,90 - 20,76 X	0,70
4	-0,81	Y = 12,25 - 20,31 X	0,65
5	-0,74	Y = 10,24 - 18,16 X	0,55
P.C			
0	-0,65	Y = 4,22 - 15,45 X	0,43
1	-0,71	Y = 4,64 - 16,87 X	0,50
2	-0,75	Y = 4,69 - 17,85 X	0,56
3	-0,77	Y = 4,58 - 18,26 X	0,59
4	-0,70	Y = 4,49 - 16,68 X	0,49
5	-0,61	Y = 2,83 - 13,99 X	0,37

"lags" são maiores em SST1 do que em Puerto Chicama. No sentido estatístico, as séries temporais das TSM anômalas em SST1 num determinado mês respondem por apenas 43% da variância das anomalias de precipitação no Panamá para o mesmo mês ("lag 0"), enquanto que 70% da variância da precipitação é explicada quando a comparação é feita com a precipitação três meses à frente dos dados da TSM em SST1 ("lag 3"). A alta correlação encontrada, $-0,83$, e que explica 70% da variância indica que a relação da precipitação no Panamá com a TSM em SST1 e conseqüentemente, com o ENSO, é muito estreita.

A figura 4.23 mostra a regressão da anomalia da TSM em SST1 com a anomalia de precipitação no Panamá para o "lag 3". Por meio desta, observou-se que ambas variáveis, precipitação e TSM, não estão relacionadas funcionalmente, isto é, não existe uma relação única entre as variáveis. Contudo, e apesar de ter-se utilizado um método empírico de regressão linear, pode-se chegar à conclusão de que quando as anomalias de TSM em SST1 atingem valores extremos (aproximadamente -1°C ou $+3^{\circ}\text{C}$) verifica-se a caracterização de anos chuvosos ou secos no Panamá.

4.7 - PADRÕES DA CIRCULAÇÃO ATMOSFÉRICA QUE DETERMINAM A ANOMALIA DA PRECIPITAÇÃO NO PANAMÁ DURANTE O EVENTO ENSO

Os resultados obtidos e discutidos neste capítulo demonstram claramente que durante os eventos ENSO a precipitação

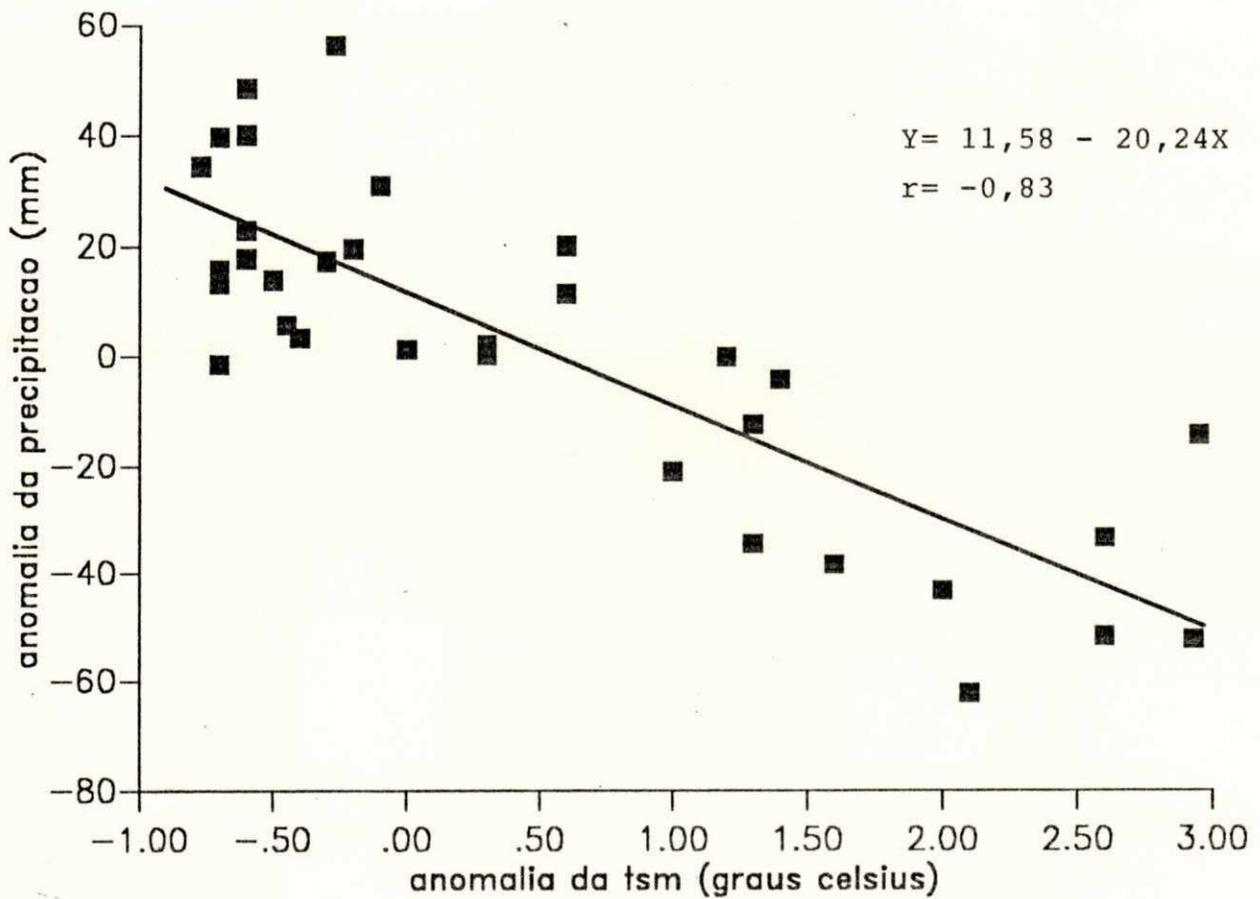


Figura 4.23 - Regressão da anomalia de temperatura da superfície do mar (TSM) em SST1 sobre a anomalia de precipitação no Panamá para o "lag 3" e período dos anos antes, durante e após o ENSO.

no país apresenta-se abaixo do normal. Evidentemente, as anomalias da circulação atmosférica que ocorrem durante as diversas fases pelas quais atravessa o evento estão relacionadas com o comportamento anômalo da precipitação, influenciando nos diversos fatores que determinam o regime de precipitação no Panamá. Certamente, dentre os fatores, o que merece maior atenção é a ITCZ que é, normalmente, a responsável por aproximadamente 70% da precipitação no país (Atlas Nacional do Panamá, 1970). Durante a fase inicial do ENSO, os ventos alísios de sudeste no Pacífico Leste enfraquecem devido ao enfraquecimento da Alta Subtropical do Pacífico, permitindo um deslocamento anômalo da ITCZ para o sul, do lado do Pacífico Leste (CAVIEDES, 1973; RASMUSSEN e CARPENTER, 1982). A figura 4.24 apresenta a localização média da ITCZ para os anos normais durante a estação de verão e inverno no Hemisfério Sul e a posição anormalmente mais ao sul da ITCZ no Pacífico Leste durante os anos ENSO. Este deslocamento anômalo da ITCZ no ano ENSO junto com a extensão do sistema da alta pressão do Atlântico Norte em direção ao equador durante a estação de verão no Hemisfério Sul é a causa principal da precipitação anormalmente negativa no Panamá e nos outros países da América Central e Caribe (HASTENRATH, 1976). Esta anomalia acentua-se no Panamá com a acentuada migração sazonal da ITCZ para o sul, no setor do Pacífico Leste, principalmente durante a fase de maturidade do evento que vai de dez(0)-fev(+1) (RASMUSSEN e CARPENTER, 1982), tal como foi mostrado na seção 4.6.

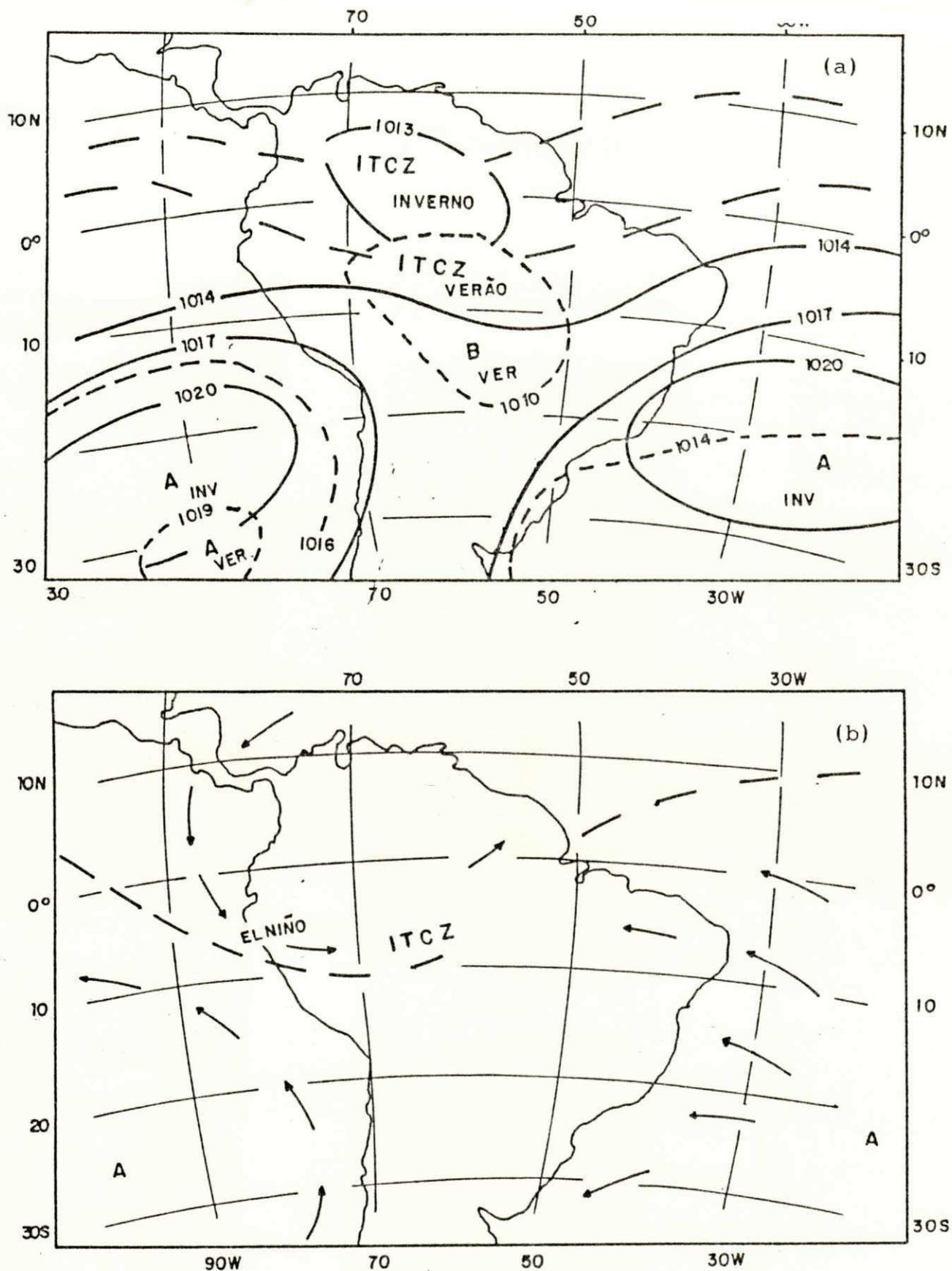


Figura 4.24 - (a) Localização média da Zona de Convergência Intertropical (ITCZ) e das células de pressão na América do Sul durante as estações de verão e inverno no Hemisfério Sul; (b) Localização média da ITCZ e dos ventos alísios do Hemisfério Sul durante os anos do evento ENSO (FONTE: CAVIEDES; 1973).

HASTENRATH (1976) observou que as condições da circulação atmosférica para a região da América Central e Caribe durante a sua estação chuvosa (verão no Hemisfério Norte) não é uniforme, principalmente durante os anos extremamente secos da região. Notou que enquanto os meses de maio/junho e setembro/outubro apresentavam condições atmosféricas semelhantes, o mesmo não acontecia com os meses julho/agosto. Nos meses maio/junho e setembro/outubro o centro do anticiclone do Atlântico Norte encontra-se próximo de sua posição mais ao norte, há um forte movimento ascendente em grande escala sobre o Caribe e a ITCZ sobre o Pacífico Leste está próxima da região. Em três dos quatro eventos ENSO estudados, a precipitação tende a retornar a seus valores normais nos meses setembro (0) e/ou outubro (0), após meses de anomalias negativas da precipitação: setembro (0) em 1972; setembro (0) e outubro (0) em 1976 e 1982; e também em setembro (0) na composição dos episódios dos quatro eventos (1969, 1972, 1976 e 1982). Uma possível explicação se deve ao fato de que, no mês de agosto, as temperaturas normais no Pacífico Equatorial Leste atingem os valores mais baixos do ano (abaixo de 25°C), o que implica que as anomalias positivas da TSM durante os eventos não são suficientes para que as temperaturas da superfície do mar atinjam valores capazes de forçar a atmosfera e provocar uma diminuição da precipitação no Panamá durante os meses de setembro (0) e outubro (0). Essa diferença de 1 a 2 meses indica que a atmosfera "demora" certo tempo para responder ao oceano de forma que a resposta se faça

sentir como uma diminuição da precipitação no Panamá. ARAGÃO (1986) já havia alertado para o fato de que a resposta da atmosfera ao fenômeno de El Niño diminui nos meses de agosto (0) e setembro (0), e isto é devido à variação sazonal da TSM na região equatorial do Pacífico Central Leste. Por outro lado, nos meses julho/agosto, a alta do Atlântico Norte encontra-se um pouco mais ao sul, a alta do Atlântico Sul recua em direção ao sul, há um fortalecimento dos ventos alísios e a ITCZ sobre o Pacífico Leste aproxima-se do equador, o que implica num afastamento da região da América Central e portanto, do Panamá, diminuindo consideravelmente a precipitação em julho/agosto. Esta diminuição para a mesma região e meses de julho/agosto durante os anos ENSO foi constatada também por ROPELFSKI e HALPERT (1987).

Os resultados apresentados neste capítulo mostram certa consistência com o comportamento dos sistemas descrito por HASTENRATH (1976). O fato dos índices dos desvios médios normalizados terem apresentado valores negativos, predominantes nos meses de julho e agosto como mostra a Tabela 2, da tendência da precipitação retornar a seus valores normais em setembro (0) e/ou outubro (0) e devido à presença dos eventos ENSO em 70% dos anos escolhidos por HASTENRATH (1976) como anos extremamente secos na região da América Central e Caribe, sugerem este comportamento dos sistemas como aquele que deve prevalecer num ano de ENSO durante a estação de inverno no Hemisfério Sul.

Nas análises das cartas das anomalias de precipitação no Panamá para os anos ENSO observou-se que a região situada ao sul da Cordilheira Central apresentou as maiores anomalias negativas, mais precisamente, nas províncias de Chiriquí, Coclé e naquelas províncias que constituem a Península de Azuero, enquanto que anomalias menores estavam localizadas ao norte da Cordilheira, do lado do litoral Atlântico. Esta variabilidade foi notada anteriormente por ESTOQUE et alii (1985) e foi atribuída ao desenvolvimento anômalo dos ventos de norte que fluem sobre o Panamá durante as fases de Pico Máximo e de Transição do ENSO (RASMUSSEN e CARPENTER, 1982) os quais, ao atingirem a Cordilheira Central -que em alguns pontos alcança a altura de 2.200 metros -deixam quase toda a umidade do lado norte da cordilheira ou lado barlavento chegando ao sul da Cordilheira Central na forma de ventos secos. Já o lado leste do país apresentou comportamentos da precipitação diferentes durante os episódios. Observou-se que para os anos de 1972 e 1982/83 essa região apresentou anomalias negativas significativas enquanto no ano de 1976 as anomalias negativas não só foram menos significativas mas até apresentaram-se como anomalias positivas de precipitação em parte da região. Sugere-se que este comportamento pode ser devido à intensidade dos episódios ENSO nos diferentes anos.

5 - CONCLUSÕES E SUGESTÕES

om base nos resultados obtidos neste estudo chega-se às seguintes conclusões:

No Panamá há duas estações em termos de precipitação: uma chuvosa que vai de meados de abril até novembro e outra seca que compreende os meses restantes.

Existe a tendência de precipitação abaixo do normal no Panamá durante os eventos ENSO, principalmente naqueles eventos classificados como moderados e fortes. As anomalias negativas começam a apresentar-se no início da estação chuvosa do País podendo-se prolongar por períodos de até 12 meses ou mais.

O posicionamento anômalo da ITCZ durante os eventos ENSO é o principal responsável pelas anomalias negativas de precipitação. Estas anomalias, durante a estação chuvosa do evento, acentuam-se, predominantemente, nos meses de julho e agosto com o deslocamento anômalo da ITCZ para o sul, provocando a interrupção da estação nesse período. Nos meses de setembro e outubro, com o posicionamento da ITCZ mais próxima do país existe a tendência da precipitação retornar a seus valores normais. As anomalias negativas acentuam-se novamente durante os primeiros meses da estação seca que precede o ano do evento.

Uma considerável variabilidade espacial da precipitação apresenta-se durante o evento. Na parte oeste do país, as maiores anomalias localizam-se ao sul da Cordilheira Central enquanto que ao norte estas anomalias são menores e diminuem em direção ao litoral Atlântico. Já as anomalias na porção leste do país parecem estar relacionadas com a intensidade do evento, isto é, quanto mais intenso for o evento, maior a possibilidade de apresentar anomalias negativas de precipitação e maior a área abarcada pelas anomalias.

A estreita relação encontrada entre as anomalias das TSM de um determinado mês com a precipitação no Panamá alguns meses depois indica a possibilidade de poder prever-se a precipitação total aproximada num determinado mês com alguns meses de antecedência. Deve-se esperar precipitação abaixo do normal nos anos ENSO, principalmente, naqueles classificados como moderados e fortes.

Sugere-se para estudos posteriores:

- Utilizar um maior número de postos meteorológicos com uma melhor representatividade espacial, e que possuam um período em comum superior ao deste estudo de forma a comportar um maior número de eventos ENSO e fazer-se uma avaliação mais apurada sobre o comportamento da precipitação durante os mesmos.
- Estudar o comportamento dos sistemas de meso-escala que,

embora com menor influência do que a ITCZ, contribuem na determinação do regime de precipitação no Panamá durante os eventos ENSO.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAGÃO, J. O. R. A general circulation model investigation of the atmospheric response to El Niño. NCAR/CT-100, Boulder, CO, USA, 144 pp., 1986.

BERLAGE, H.P. The Southern Oscillation and world weather. Konink. Neder. Meteor. Inst., Meded. Verhand., #88, 152 pp., 1966.

BJERKNES, J. A possible response of the atmospheric Hadley circulation to equatorial anomalies of ocean temperature. Tellus, 18, 820-829, 1966.

----- Atmospheric Teleconnections from the equatorial Pacific. Mon. Wea. Rev., vol.97, #3, 163-172, 1969.

----- Large-scale atmospheric response to the 1964-1965 Pacific equatorial warming. J. Phys. Oceanogr., 2, 212-217, 1972.

CAVIEDES, C. N. Secas and El Niño: Two Simultaneous Climatological Hazards in South America. Proceedings of the Association of American Geographers. vol.5, 44-49, 1973.

COVEY, D.L. & HASTENRATH, S. The Pacific El Niño phenomenon and the Atlantic circulation. Mon. Wea. Rev., 106, 1280-1287, 1978.

DESER, C. & WALLACE, J.M. El Niño events and their relation to

the Southern Oscillation: 1925-1986. *Journal of Geophysical Research*. vol. 92. NO. c13, 14.189-14.196, 1987.

DOBFRITZ, R. Cross spectrum analysis of rainfall and sea temperature of the equatorial Pacific Ocean. *Bonner Meteor. Abhand.*, 8, 61 pp., 1968.

ESTOQUE, M.A., et alii. Effects of El Niño on Panama Rainfall. IRHE, Panamá 5, Panamá. 20 pp., 1985.

GRAY, W.M. Atlantic Seasonal Hurricane Frequency. Part I: El Niño and 30mb Quasi-biennial Oscillation Influences. *Mon. Wea. Rev.*, vol.112, 1649-1668, 1984a.

HASTENRATH, S. Variations in Low-Latitude Circulation and Extreme Climatic Events in the Tropical Americas. *J. Atmos. Sci.*, 33, 202-215, 1976.

----- & HELLER, L. Dynamics of climatic hazards in north-east Brazil. *Quart. J. R. Met. Soc.*, 103, 77-92, 1977.

KOUSKY, V. E., et alii. A review of the Southern Oscillation: oceanic-atmospheric changes and related rainfall anomalies. INPE-CNPq, Brazil. 1984.

LAMB, P. J. On the surface climatology of the tropical Atlantic. *Tellus*, 36A, 292-305, 1977.

MARQUES, V.S. Estudos da Energética e do Fluxo de Vapor d'água na atmosfera sobre o Nordeste Brasileiro. Tese de Doutorado

INPE/CNPq, São José dos Campos, SP., 182 p. (Relatório INPE-2288-TDL/068), 1981.

----- & DA SILVA, A.T.A. Determinação dos períodos secos e chuvosos para a região Nordeste do Brasil. Anais 2 do III Congresso Brasileiro de Meteorologia, SBMET, Brasil. 291-308, 1984.

QUINN, W. H., et alii. Historical trends and statistics of the Southern Oscillation, El Niño, and Indonesian droughts. Fish. Bull., 76, 663-678, 1978.

RASMUSSEN, F. M. & CARPENTER, T.H. Variations in tropical sea surface temperature and surface wind fields associated with the Southern Oscillation/El Niño. Mon. Wea. Rev., 110, 354-384, 1982.

ROGERS, C. J. Precipitation variability over the Caribbean and Tropical Americas Associated with the Southern Oscillation. J. of Climate, vol. 1, 172-182, 1988.

ROPIEWSKI, C.F. & HALPERT, M. S. Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation. Mon. Wea. Rev., 115, 1606-1626, 1987.

TRENBERTH, K. E. Spatial and temporal variations in the Southern Oscillation. Quart. J. Roy. Meteor. Soc., 102, 639-653, 1976.

WEARE, B. C. El Niño and Tropical Pacific ocean surface temperatures. J. Phys. Oceanogr. vol. 12, 17-27, 1982.

JYRTKI, K. EL NIÑO-The dynamic response of the equatorial Pacific Ocean to atmospheric forcing. J. Phys. Oceanogr., 5, 572-584, 1975.

APÊNDICE

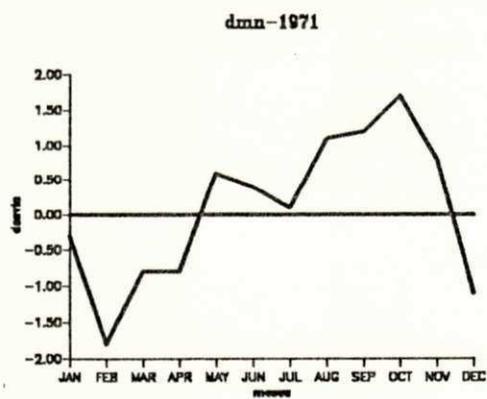
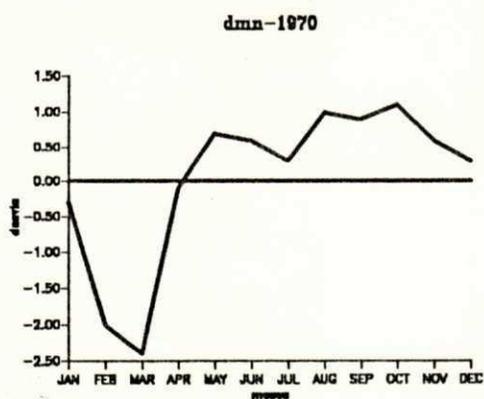
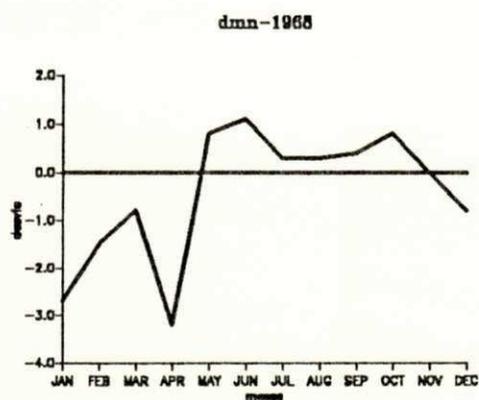
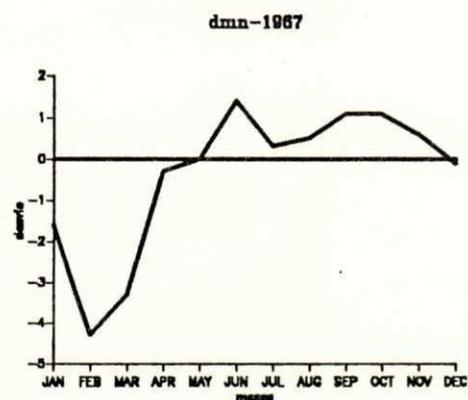


Figura A - Curvas de desvio médio normalizado da precipitação ao longo do ano de 12 postos pluviométricos no Panamá para os anos de 1967, 1968, 1970 e 1971.

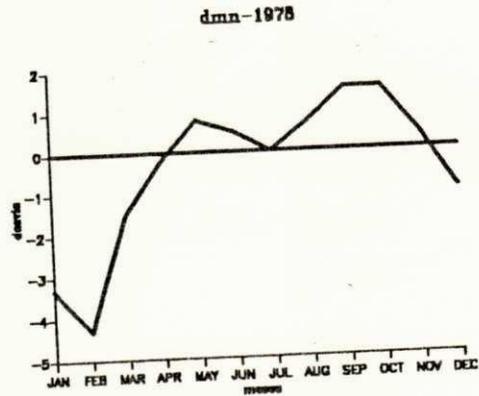
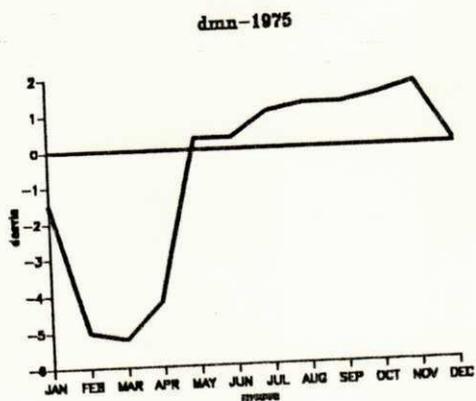
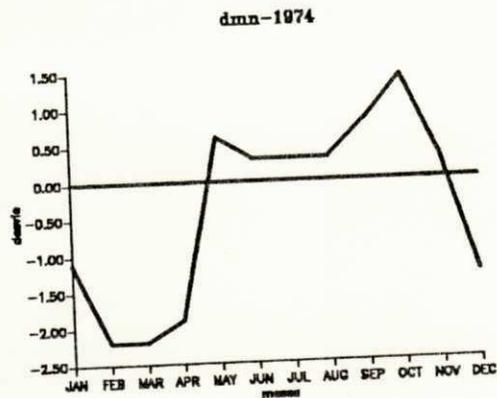
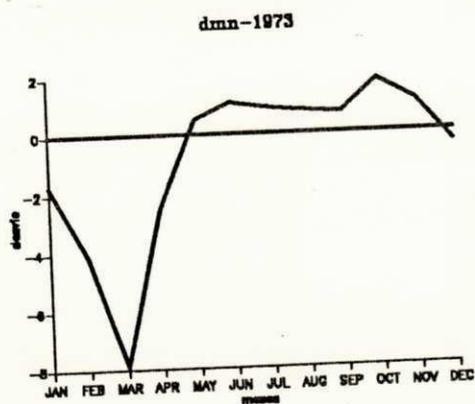
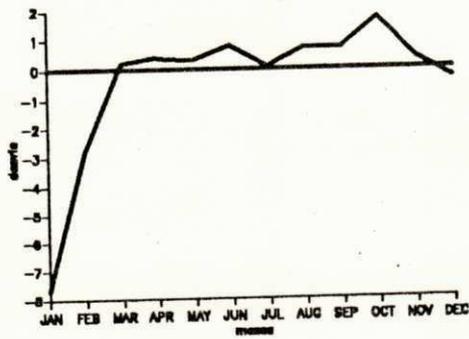
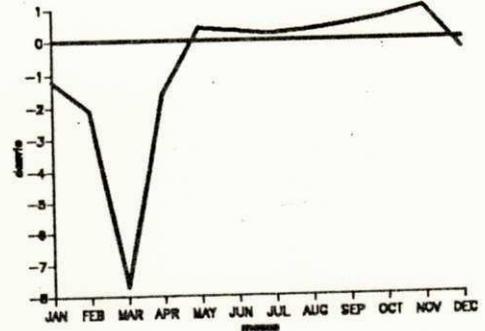


Figura A - Idem para os anos 1973, 1974, 1975 e 1978.

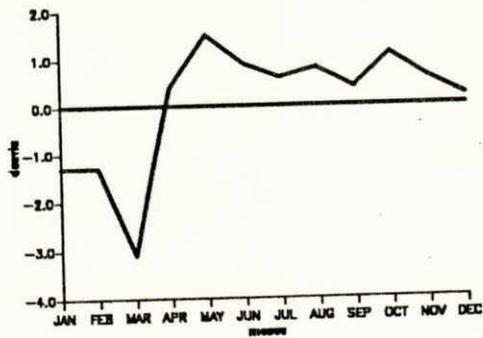
dmn-1979



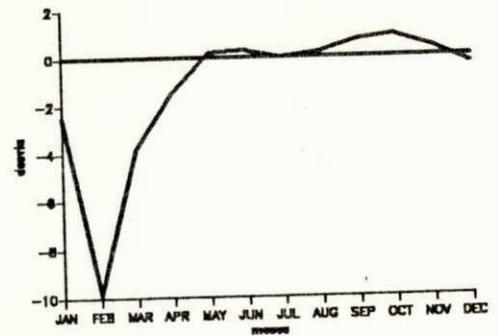
dmn-1980



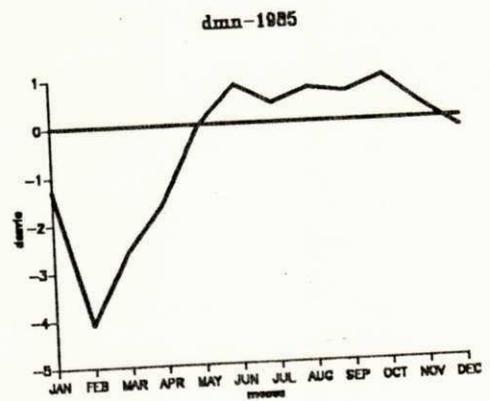
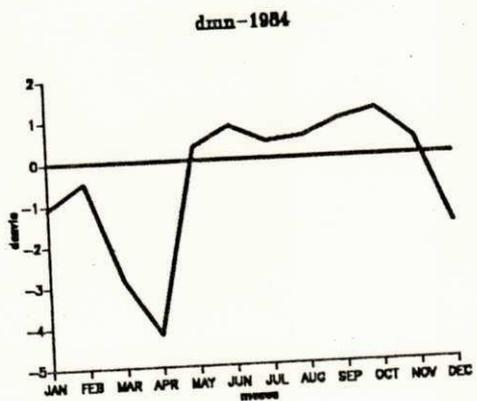
dmn-1981



dmn-1983



gura A - Idem para os anos 1979, 1980, 1981 e 1983.



igura A - Idem para os anos 1984 e 1985.