



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

INPE-11267-TDI/949

**VARIABILIDADE SAZONAL E INTERANUAL DAS
PRECIPITAÇÕES NA REGIÃO SUL DO BRASIL ASSOCIADAS ÀS
TEMPERATURAS DOS OCEANOS ATLÂNTICO E PACÍFICO**

Iuri Rojahn da Silva

Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Meteorologia, orientada pelos
Drs. Cláudio Solano Pereira e Clóvis Angeli Sansigolo, aprovada em
10 de dezembro de 2001

INPE
São José dos Campos
2004

551.577 (816)

SILVA, I. R.

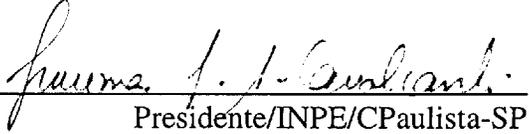
Variabilidade sazonal e interanual das precipitações na região sul do Brasil associadas às temperaturas dos oceanos Atlântico e Pacífico / I. R. Silva. – São José dos Campos: INPE, 2001.

98p. – (INPE-11267-TDI/949).

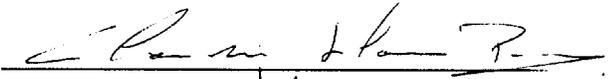
1.Oceano Atlântico. 2.El Niño. 3.Temperatura do oceano. 4.Precipitação meteorológica. 5.Temperatura da superfície do mar. I.Título.

Aprovado pela Banca Examinadora em cumprimento a requisito exigido para a obtenção do Título de **Mestre em Meteorologia.**

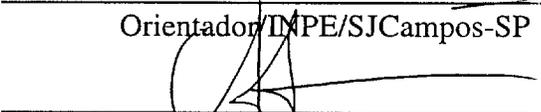
Drª Iracema Fonseca de A. Cavalcanti


Presidente/INPE/CPaulista-SP

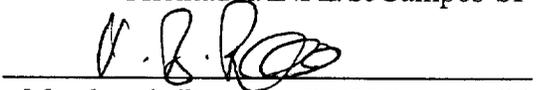
Dr. Cláudio Solona Pereira


Orientador/INPE/SJCampos-SP

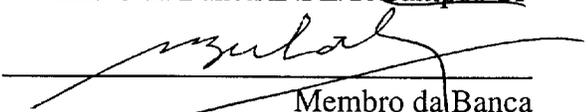
Dr. Clóvis Angeli Sansigolo


Orientador/INPE/SJCampos-SP

Dr. Vadlamudi Brahmananda Rao


Membro da Banca/INPE/SJCampos-SP

Dr. Moacir Antonio Berlato


Membro da Banca
Convidado/UFRGS - RS

Candidato: Iuri Rojahn da Silva

São José dos Campos, 10 de dezembro de 2001.

Dedico

**A meus pais Luiz Carlos e Maria Elaine,
a meus irmãos Igor e Paulo Roberto,
a minha companheira Elisangela e
as minhas primas Mauren, Rosana, Marta e Sonia**

**Em Memória de meus avós e a minha irmã
Aline Rojahn da Silva
uma pessoa com uma coragem exemplar**

AGRADECIMENTOS

Gostaria de prestar meus agradecimentos

Aos meus companheiros da PGMet, pela união, incentivo e amizade em especial a Rita Valéria Andreoli e Paulo Yoshio Kubota pelo auxílio na elaboração deste trabalho.

Aos meus amigos Luciano Rosler, Alexandra Lima, Adriane Coitinho, Douglas e Liza, Ricardo e Cláudia Vilaça, Liomar e a todos que participaram da minha formação pessoal.

Aos meus orientadores, Dr. Clóvis Angeli Sansigolo e Dr. Cláudio Solano Pereira, que muito contribuíram para a realização deste trabalho.

À Lilian Escobar e a todos funcionários do LMO, pela dedicação e auxílio no desenvolvimento deste trabalho.

À Pós-Graduação em Meteorologia (PGMet), pelos recursos disponíveis, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo auxílio financeiro.

Ao Dr Jonas Nery da Universidade Estadual de Maringá, PR pela disponibilidade dos dados de precipitação da região Sul.

Aos membros participantes da banca de proposta de dissertação, pelas críticas e sugestões que foram de grande auxílio para o aprimoramento deste trabalho.

A meus familiares, pelo apoio emocional e a minha companheira Elisangela pela paciência no período de finalização deste trabalho.

RESUMO

Analisaram-se as variabilidades sazonais e interanuais das precipitações na região Sul do Brasil associadas às temperaturas da superfície dos Oceanos Pacífico e Atlântico. Tabelas de contingência foram usadas para avaliar, através do escore das características operacionais relativas, as ocorrências simultâneas trimestrais das 3 categorias de precipitação (abaixo, quase e acima da normal), agrupadas em 3 sub-regiões homogêneas (Litorânea, Sul e Continental), e de temperatura da superfície dos 2 oceanos, no Pacífico Equatorial (Niño 3.4) e no Atlântico Sudoeste. Também avaliaram-se as influências das temperaturas da superfície do Pacífico no Atlântico Sudoeste. Temperaturas abaixo da normal no Atlântico Sudoeste estão significativamente associadas a precipitações abaixo da normal na Primavera e Verão, principalmente no grupo litorâneo. Por outro lado, temperaturas acima da normal estão associadas às precipitações acima da normal no Verão no grupo Sul, Outono no Continental e no ano todo no litorâneo. Os eventos de El Niño, classificados pelo critério de Trenberth, estão significativamente associados a precipitações acima da normal no Inverno e na Primavera nos grupos litorâneo e Sul. Os eventos de La Niña estão significativamente associados com precipitações abaixo da normal somente na Primavera, nos grupos litorâneo e Sul. As temperaturas da superfície do Pacífico Equatorial durante os eventos de La Niña, independente da estação do ano, estão significativamente associadas a temperaturas abaixo da normal no Atlântico Sudoeste. Durante os eventos de El Niño, influências significativas com temperaturas abaixo da normal no Atlântico Sudoeste foram observadas no Verão (simultânea) e no Outono (defasada de 1 trimestre).

**INTERANNUAL AND SEASONAL VARIABILITY OF RAINFALL IN THE
SOUTHERN REGION OF BRAZIL ASSOCIATED WITH THE PACIFIC AND
ATLANTIC OCEAN TEMPERATURES**

ABSTRACT

The interannual and seasonal variability of rainfall in the Southern region of Brazil associated with the Pacific and Atlantic SSTs were analyzed. Contingency tables were used to evaluate, through the relative operating characteristics score, the quarterly simultaneous occurrence of the 3 rainfall categories (below, near and above normal), grouped in 3 homogeneous sub-regions (Coastal, Southern and Continental) and Equatorial Pacific (Niño 3.4) and SW Atlantic SST categories. Also were evaluated the Pacific surface temperature influence on the SW Atlantic ones. Below normal temperatures over the SW Atlantic were significantly associated with below normal rainfall in Austral Spring and Summer, mainly in the coastal group. On the other hand, above normal temperatures were associated with above normal rainfall in Summer in the Southern group, in Autumn in the continental, and all over the year in the coastal group. El Niño events, classified by Trenberth's criterion, are significantly associated to above normal rainfall in Winter and Spring in the coastal and Southern groups. La Niña events are significantly associated to below normal rainfall only in Spring in the coastal and Southern groups. Equatorial Pacific SSTs during La Niña events, independently of season, were significantly associated to below normal temperatures in the SW Atlantic. During El Niño events, significant influences with below normal temperatures in the SW Atlantic were observed in Summer (simultaneous) and Autumn (1 quarter lagged).

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
LISTA DE FIGURAS	
LISTA DE TABELAS	
LISTA DE SIGLAS E/OU ABREVIATURAS	
1 - <u>INTRODUÇÃO</u>	19
2 - <u>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</u>	23
2.1 - Características das Precipitações na Região Sul do Brasil	23
2.2 - Influência das Temperaturas da Superfície dos Oceanos Atlântico Sul e Sudoeste e Pacífico Equatorial nas Precipitações Mensais da Região Sul	24
2.3 - Influência das Temperaturas da Superfície do Pacífico Equatorial nas TSM do Atlântico Sudoeste	28
3 - <u>DADOS E METODOLOGIA</u>	33
3.1 - Dados	33
3.2 - Metodologia	35
3.2.1- Tabelas de Contingência e Escores das Características Operacionais Relativas.....	40

4 -	RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
4.1 -	Variabilidade da Precipitação da Região Sul do Brasil	43
4.1.1 -	Aspectos Climatológicos da Região Sul	46
4.1.2 -	Distribuição Pluviométrica da Região Sul em Categorias de Tercis	52
4.2 -	Influência das TSM dos Oceanos Atlântico e Pacífico no Regime de precipitação Mensal da Região Sul	54
4.3 -	Influência das Temperaturas da Superfície do Oceano Atlântico Sul e Sudoeste no Regime de Precipitação Mensal da Região Sul do Brasil	58
4.4 -	Relações entre as Temperaturas da Superfície do Oceano Pacífico e as Precipitações na Região Sul	71
4.5 -	Influência das Temperaturas da Superfície do Pacífico Equatorial nas Temperaturas do Atlântico Sul e Sudoeste	78
5 -	<u>CONCLUSÕES</u>	85
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87
	APÊNDICE A - Tabelas das Estações Pluviométricas	97

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
3.1 - Distribuição geográfica das 61 estações pluviométricas selecionadas na região Sul do Brasil e sua orografia	34
3.2 - Regiões consideradas sobre os Oceanos Pacífico (Niño 3.4), Atlântico Sudoeste (ATLSW) e Atlântico Sul (ATLS)	35
3.3 - Anomalias de TSM na região do Niño 3.4 durante os principais eventos de El Niño (A) e La Niña (B) no período de 1950 - 98	39
3.4 - Redução de tabelas de contingência 3 x 3 em três tabelas de contingência 2 x 2, para a verificação de ocorrência dos eventos (X_i) em três categorias (Y_i)	41
3.5 - Escores das Características Operacionais Relativas (COR)	42
4.1 - Dendograma de agrupamento das estações pluviométricas pelo método hierárquico aglomerativo de Ward	44
4.2 - Distribuição geográfica das 61 estações pluviométricas nos 3 grupos homogêneos A, B e C	45
4.3 - Isoietas de precipitação total anual na região Sul do Brasil alocados nos 3 grupos homogêneos	47
4.4 - Histogramas das precipitações médias mensais (1950-97) nos 3 grupos homogêneos A, B e C	49
4.5 - Séries temporais dos desvios normalizados mensais das precipitações nos grupos homogêneos A, B e C (1950-97)	51
4.6 - Limites das 3 categorias de precipitação mensal (tercis) para os 3 grupos homogêneos considerados (A, B e C), na região Sul do Brasil	53
4.7 - Categorias de precipitação (seco e chuvoso) para os grupos A, B e C em função das ATSM nos Oceanos ATLSW e PACE (1950-97).....	55
4.8 - Categorias de precipitação (seco e chuvoso) para os grupos homogêneos A, B e C em função das ATSM nos Oceanos ATLSW e PACE, na Primavera (1950-97)	57

4.9	Séries temporais da anomalias de TSM no Atlântico Sudoeste e Sul	59
4.10 -	Climatologia trimestral global das temperaturas dos Oceanos de 1950 a 1992 nos 4 trimestres do ano (A, B, C e D)	60
4.11 -	Limites das 3 categorias de TSM mensais (tercis) para as 2 regiões consideradas no Oceano Atlântico Sudoeste (A) e Atlântico Sul (B)	62
4.12 -	Isolinhas de correlação simultânea no primeiro trimestre do ano entre o (IPT) dos grupos A, B e C e as ATSM trimestrais no ATLSW	63
4.13 -	Isolinhas de correlação simultânea no segundo trimestre do ano entre o (IPT) dos grupos A, B e C e as ATSM trimestrais no ATLSW	64
4.14 -	Isolinhas de correlação simultânea no terceiro trimestre do ano entre o (IPT) dos grupos A, B e C e as ATSM trimestrais no ATLSW	65
4.15 -	Isolinhas de correlação simultânea no quarto trimestre do ano entre o (IPT) dos grupos A, B e C e as ATSM trimestrais no ATLSW	66
4.16 -	Séries temporais da anomalias de TSM no Atlântico Sudoeste x 3 e Pacífico Equatorial	79
4.17 -	Isolinhas de correlação simultânea entre os eventos de TSM do Pacífico e as respectivas categorias de TSM no Atlântico SW, no primeiro (A) e no terceiro (B) trimestre do ano	80
4.18 -	Isolinhas de correlação defasada entre os eventos de TSM do Pacífico e respectivos categorias de TSM no Atlântico SW, no primeiro (A) e no terceiro (B) trimestre do ano	81

LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
3.1 - Principais características (início, fim, duração e magnitude) dos eventos El Niño e La Niña no Pacífico definidos pelo critério de Trenberth (1997) no período de 1950-98	38
4.1 - Contribuições percentuais trimestrais para as precipitações totais anuais dos 3 grupos homogêneos	48
4.2 - Percentagem dos casos (secos e chuvosos) nos 3 grupos homogêneos de precipitação na região Sul, em função das anomalias de TSM nos Oceanos Pacífico (Niño 3.4) e Atlântico Sudoeste	54
4.3 - Percentagem dos casos (secos e chuvosos) na primavera nos 3 grupos homogêneos de precipitação na região Sul em função das anomalias de TSM nos Oceanos Pacífico e Atlântico	56
4.4 - Tabelas de contingências entre as ocorrências simultâneas das diferentes categorias de precipitação nos 3 grupos e as de TSM no Atlântico Sudoeste nos 4 trimestres do ano e no ano todo	67
4.5 - Taxas de acerto, falso alarme e características operacionais relativas entre as categorias de precipitação nos 3 grupos considerados e as categorias de TSM no Atlântico Sudoeste nos 3 trimestres do ano e no ano todo	68
4.6 - Correlações mensais simultâneas e defasadas entre o índice de precipitação mensal (IPM) nos 3 grupos homogêneos considerados e o índice do Pacífico Equatorial (IPE)	72
4.7 - Tabelas de contingências entre as categorias de precipitação nos 3 grupos considerados nos 4 trimestres do ano e no ano todo durante os eventos de TSM no Pacífico	75

4.8 -	Taxas de acerto, falso alarme e características operacionais relativas entre as categorias de precipitação nos 3 grupos homogêneos, considerando, os 4 trimestres do ano e no ano todo, durante os eventos de TSM no Pacífico	76
4.9 -	Tabelas de contingências simultânea (a) e defasada de 1 trimestre (b) entre os eventos de TSM no Pacífico e as categorias de TSM no Atlântico Sudoeste, nos 4 trimestres do ano e no ano todo	82
4.10	Taxas de acerto, falso alarme e características operacionais relativas simultâneas(A) e defasadas (B) entre os eventos de TSM no Pacífico e as categorias de TSM no Atlântico Sudoeste nos 4 trimestres do ano e no ano todo	83

LISTA DE SIGLAS E/OU ABREVIATURAS

ATSM	Anomalia de Temperatura da Superfície do Mar
ATL	Oceano Atlântico
ATLS	Oceano Atlântico Sul
ATLSW	Oceano Atlântico Sudoeste
ASAS	Alta Subtropical do Atlântico Sul
CM	Corrente das Malvinas
CB	Corrente do Brasil
COR	Características Operacional Relativas
ENOS	El Niño/Oscilação Sul
FA	Taxa de Falso Alarme
HS	Hemisfério Sul
IATLS	Índice de temperatura da superfície do Oceano Atlântico Sul
IATLSW	Índice de temperatura da superfície do Oceano Atlântico Sudoeste
IOS	Índice de Oscilação Sul
IPE	Índice de temperatura da superfície do Oceano Pacífico Equatorial
IPM	Índices de Precipitação Mensal
IPT	Índice Pluviométrico Trimestral
NEB	Nordeste do Brasil
PACE	Pacífico Equatorial
PR	Paraná
PNM	Pressão do Nível do Mar
RS	Rio Grande do Sul
SC	Santa Catarina
TA	Taxa de Acerto ou Proporção Correta
TSM	Temperatura da Superfície do Mar
ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul
ZCPS	Zona de Convergência do Pacífico Sul

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

A Região Sul do Brasil é composta pelos estados do Paraná (PR), Santa Catarina (SC) e Rio Grande do Sul (RS) e ocupa uma superfície de aproximadamente 577800 Km². O setor leste, que possui uma extensão de 1350 Km é banhado pelo Oceano Atlântico Sudoeste (ATLSW), e está delimitado pelos paralelos de 22,5^o e 33,5^oS e pelos meridianos de 48^o e 57,5^o W. As altitudes variam desde o nível do mar até 1200 m nas regiões próximas às serras Geral e do Mar, mas em média, 2/3 da superfície está acima dos 500m. A economia da região Sul é baseada principalmente na agricultura, com aproximadamente 57% da produção nacional de grãos, na pecuária e na geração de energia, atividades bastante dependentes da quantidade e distribuição das precipitações (Berlato, 1992).

A precipitação na região Sul está relacionada à atuação de vários sistemas meteorológicos, como os sistemas frontais, que possuem uma frequência de 5 a 7 eventos por mês (Oliveira, 1986). Na escala global, observam-se influências remotas dos Oceanos Pacífico e Atlântico, que podem causar impactos econômicos e sociais significativos na região.

Para se estudar a variabilidade das precipitações deve-se considerar a influência dos Oceanos, que possuem um papel determinante nos fluxos de calor sensível e umidade para a atmosfera, afetando desta forma o regime de precipitação. No Oceano Atlântico, as relações entre os padrões anômalos das temperaturas da superfície do mar (TSM) com o clima no Brasil tem sido objeto de muitas pesquisas, porém a maioria relacionada à influência do Atlântico Tropical nas precipitações do Nordeste (Moura e Shukla, 1986). Em relação à influência do Atlântico Sul (ATLS) no clima da região Sul do Brasil existem poucos estudos, porém há indicações da influência de TSM do Atlântico Subtropical na variabilidade interanual das chuvas na região (Studzinski, 1995).

Na América do Sul, grande parte da variabilidade interanual do clima, principalmente das precipitações, é modulada pelos efeitos do fenômeno El Niño/Oscilação Sul (ENOS), no Oceano Pacífico Equatorial (PACE), além do gradiente meridional de temperatura da superfície do Atlântico Tropical. Para a região Sul do Brasil também é importante considerar-se as variações das TSM do Atlântico Sul (Diaz e Studzinsky, 1994; Diaz et al., 1998).

O fenômeno El Niño pode ser caracterizado por um aquecimento anormal das águas do PACE centro - leste propagando-se para leste em direção à costa oeste da América do Sul, atingindo principalmente o Peru. Este aquecimento produz mudanças na posição da convecção no Pacífico causando alterações nas condições climáticas em várias regiões ao redor do planeta. No Brasil, extremos deste fenômeno estão associados a ocorrências de secas no Nordeste e enchentes no Sul e Sudeste. Durante os eventos de La Niña, as anomalias climáticas são geralmente inversas às observadas durante o El Niño (Philander, 1989).

Nos anos de 1982/83 o sistema climático global exibiu a maior variabilidade observada no século. Os desastres climáticos ocorridos neste período são exemplos das conseqüências de um El Niño de magnitude histórica, responsável pela maior enchente do século na região Sul, deixando mais de 600 cidades alagadas, a maioria em estado de calamidade pública com várias mortes e milhares de desabrigados. Os prejuízos financeiros afetaram a economia da região Sul, com perdas de até 50% da safra agrícola, e ultrapassaram 1 bilhão de dólares (Berlato, 1992; Gasquez e Magalhães, 1987). As conseqüências destes desastres poderiam ser amenizadas caso se dispusessem de previsões confiáveis que possibilitassem a tomada de medidas de prevenção contra as chuvas intensas que poderiam ocorrer na região.

A influência do ENOS sobre o Atlântico Equatorial também tem sido estudada por vários autores, entre eles Latif e Groetzner (1996). Visando estabelecer as influências das TSM do PACE sobre o ATLSW, Ward et al. (1989) analisaram as influências deste dois Oceanos nas precipitações no Nordeste do Brasil e verificaram que as temperaturas do PACE em janeiro

influenciavam as do Atlântico de janeiro a março em regiões significativas para as precipitações do Nordeste.

Desta forma pretende-se contribuir para um melhor entendimento das variabilidades sazonais e interanuais das precipitações na região Sul do Brasil, associadas às TSM do PACE e ATLSW. Para alcançar estes objetivos serão utilizadas séries longas (1950-97) e homogêneas de precipitação e TSM, visando caracterizar as precipitações agrupadas objetivamente em regiões homogêneas, verificar a importância dos Oceanos PACE e Atlântico S - SW no regime de precipitação da região e estabelecer a influência das TSM do PACE sobre as TSM do Atlântico S e SW, usando tabelas de contingências 3 X 3 avaliadas pelo escore das características operacionais relativas (ROC).

CAPÍTULO 2

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Características das Precipitações na Região Sul do Brasil

As precipitações na região Sul do Brasil são bem distribuídas, possuindo altos totais anuais, que variam entre 1250 mm e 2000 mm (Nimer, 1989). Devido sua posição latitudinal esta região sofre grande influência de sistemas de latitudes médias, sendo os sistemas frontais os mais freqüentes causadores de chuvas durante o ano todo (Oliveira, 1986). Outros sistemas também atuam na região, como os vórtices ciclônicos ou cavados de altos níveis (Cavalcanti, 1985), os sistemas que se organizam no Sul e Sudeste do Brasil, com intensa convecção associada à instabilidade causada pelo jato subtropical (Conrado, 1992) e os sistemas que se organizam na própria região, resultantes de frontogênese e ciclogênese (Gan e Rao, 1991).

Nery (1996) estudou as distribuições das precipitações no Brasil meridional (São Paulo, PR, SC e RS) e classificou a região em função de um período úmido que vai de outubro a março, onde as precipitações são determinadas por sistemas convectivos e outro período seco, de abril a setembro, onde as precipitações são determinadas pelos sistemas frontais.

Sansigolo e Nery (1998) utilizaram a análise fatorial em componentes principais para derivar os padrões de variabilidade temporal e espacial das precipitações nas regiões Sudeste e Sul do Brasil, identificando 3 grupos homogêneos em relação às precipitações anuais e distribuição sazonal: um bem definido no Sudeste e dois mais dispersos na região Sul.

A variabilidade anual das precipitações mensais na região Sul é bem menor que as encontradas em outras regiões do país tais como no Nordeste Brasileiro, não possuindo

assim estações secas e chuvosas bem definidas, mas mesmo com uma pequena variabilidade mensal, ocorrem secas intensas e chuvas torrenciais. Entre os outros sistemas que influenciam as precipitações na região destacam-se a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), que possui correlação significativa e negativa com o El Niño e com as precipitações na região (Quadro, 1994), os sistemas de escala subsinótica que apresentam uma atuação complementar para a ocorrência de precipitação na região (Conrado, 1992) os sistemas de nuvens do tipo vírgula invertida (Satyamurty et al., 1982) e as brisas, um dos mecanismos responsáveis pelo transporte de umidade do Oceano para o continente.

2.2 Influência das Temperaturas da Superfície dos Oceanos Atlântico Sul e Sudoeste E Pacífico Equatorial nas Precipitações Mensais da Região Sul

O Oceano recebe mais da metade da energia que entra no sistema climático e, devido ao seu baixo albedo, é um excelente absorvedor de radiação solar. Muito desta energia absorvida nos primeiros 100m é balanceada localmente pelo processo de evaporação, tornando o Oceano a fonte primária de vapor de água e de calor para a atmosfera, com um papel importante no ciclo hidrológico global (Philander, 1989).

O Oceano Atlântico Sul tem o mais importante contraste de TSM ocorrendo no seu contorno oeste, onde águas quentes e salinas da Corrente do Brasil (CB) fluindo para o Sul encontram em aproximadamente 38^o S com as águas frias e pouco salinas da Corrente das Malvinas (CM) fluindo para o norte (Giarolla, 1999).

Abreu e Moura (1996) realizaram simulações numéricas com um Modelo de Circulação Geral atmosférica (MCGA) forçados por ATSMs dos Oceanos Pacífico, Atlântico e Índico e seus resultados indicaram que todos os Oceanos são importantes na determinação de padrões de precipitação no verão da região S e SE, porém, o Atlântico parece predominar na região SE, com uma atuação mais evidente em janeiro nos verões de 1995 e 1996 quando a ATSM é moderadamente positiva (~ 0,6^o C) ao longo do ATLSW.

A influência da frente Oceanográfica na formação de ciclones no ATLSW foi estudada por Saraiva (1996), obtendo resultados semelhantes aos de Sinclair (1995) que desenvolveu um estudo sobre a climatologia de ciclogêneses no Hemisfério Sul encontrando no Inverno uma tendência dos ciclones formarem-se à Leste do continente Sul Americano, sugerindo alguma ligação com a corrente do Brasil, conforme observado por Giarolla (1999), que mostra uma língua de água quente ao norte de 40⁰ S.

A variabilidade das TSM no Oceano Atlântico tem sido alvo de vários artigos nesta década, dentre eles Moura e Shukla (1981); Diaz e Studzinski (1994); Diaz et al. (1998); Grimm e Feuser (1998) e Pezzi e Cavalcanti (1998).

Moura e Shukla (1981) associaram as secas no Nordeste com as TSM do Atlântico Tropical, relacionando a diminuição do gradiente do dipolo com o aumento da secas na região.

Diaz e Studzinski (1994) estudaram a influência das TSM no Atlântico Sul e do PACE nas precipitações da região Sul do Brasil, encontrando uma boa coerência espacial entre as anomalias de TSM, principalmente para o período de outubro a dezembro, com uma maior homogeneidade na região mais ao Sul.

Diaz et al. (1998) estudando a influência dos Oceanos Atlântico Subtropical e PACE Oeste sobre a precipitação no Uruguai e RS, verificaram a necessidade de incluir os dois Oceanos em todos os períodos considerados para uma melhor previsão das anomalias de precipitação, com o Atlântico subtropical exercendo uma maior influência nos períodos de outubro a dezembro e abril a julho.

Pezzi e Cavalcanti (1998) estudaram a influência do dipolo de TSM no Atlântico Tropical associados com situações de El Niño nas precipitações da América do Sul. Eles

apresentaram resultados de um modelo de circulação geral, mostrando que na presença de um dipolo positivo (anomalias de TSM positivas no Atlântico tropical Norte e negativas no Atlântico Tropical Sul) ocorre um déficit de precipitação no Nordeste e um excesso no Sul da América do Sul. No caso de um dipolo negativo, observa-se um regime de precipitação normal no Sul da América do Sul.

O Oceano Pacífico possui a maior bacia, tendo um destaque para sua alta variabilidade interanual, provocando mudanças climáticas globais. Arkin (1982) sugeriu que as anomalias de TSM associadas a eventos El Niño induzem a intensificação da corrente de jato em ambos hemisférios, tendo grande influência sobre os padrões mensais e sazonais de temperatura e precipitação.

Ropelewski e Halpert (1987) analisando séries temporais e precipitação em 1700 estações, identificaram as principais regiões do globo cuja precipitação é relacionada com o evento El Niño. Na América do Sul, eles verificaram que essa associação ocorreria no período da Primavera - Verão. Outros autores, entre eles Kousky et al. (1984) observaram que durante os eventos El Niño ocorreram precipitações excessivas no Sul do Brasil, mas no período de Inverno. Rao e Hada (1990) correlacionaram as precipitações no Brasil com o Índice de Oscilação Sul (IOS) e obtiveram valores negativos significativos para a região Sul do Brasil, no Outono e Primavera.

Chu (1991) investigando anomalias climáticas no sul do Brasil, associadas ao ENOS, observou que nos anos de El Niño as precipitações na região Sul do Brasil tendem a ser acima do normal de abril a dezembro e de março a julho do ano seguinte, com os maiores valores em maio e junho.

Gan e Rao (1991) utilizando cartas de superfície analisaram, no período de janeiro de 1979 à dezembro de 1988, as variações sazonais e interanuais de ciclogênese sobre a América do Sul. Eles encontraram uma maior ocorrência de ciclogênese durante os anos de El Niño e

que a ciclogênese estava relacionada com o aumento de precipitação na região Sul do Brasil.

Pisciottano et al. (1994) comprovaram, usando longos registros de uma rede pluviométrica densa sobre o Uruguai, que as precipitações de novembro a janeiro tendem a ser acima do normal nos anos de El Niño, assim como as de março a julho nos anos seguintes. Studizinski (1995) encontrou uma relação quente - chuvoso e frio - seco entre as TSM dos Oceanos Pacífico e Atlântico e as precipitações no Sul do Brasil. A influência do PACE seria indireta através da variação interanual da posição da Zona de Convergência do Pacífico Sul (ZCPS) e de uma anomalia ciclônica próxima a costa oeste da América do Sul.

Grimm et al. (1996) analisando séries de precipitação na região Sul do Brasil durante os eventos de El Niño e La Niña, utilizando o método de Ropelewski e Halpert (1987), mostraram que durante os eventos de El Niño, na Primavera definiam-se várias sub-áreas com grande coerência espacial em relação às precipitações e para os eventos de La Niña havia uma menor coerência.

Grimm e Feuser (1998) encontraram correlações positivas e significativas para o estado do RS e SC no mês de janeiro, indicando uma possível influência local, independente do El Niño nestas regiões, já que não há anomalias significativas de precipitação em janeiro associadas ao El Niño. Em Novembro eles encontraram uma forte correlação devido às anomalias significativas de precipitação e ao padrão de TSM associado ao El Niño.

Grimm et al. (1998) estudando a variabilidade espacial e temporal da precipitação sobre o Sul da América do Sul associado com os eventos El Niño e La Niña encontraram uma continuidade do sinal em alguns meses. Para a Primavera de El Niño o sinal começa em agosto na região Sul do Brasil expandindo para oeste em setembro a novembro alcançando os Andes em dezembro.

Pezzi (1998) usando um modelo estatístico de previsão das precipitações na região Sul, tendo como preditores as TSM dos Oceanos Atlântico e Pacífico, obteve bons resultados principalmente durante a Primavera. Grimm e Sant'Anna (2000) relacionaram as fases extremas da Oscilação Sul com a intensidade e frequência das chuvas no Sul do Brasil e concluíram que a Primavera é a estação que sofre maior influência dos eventos El Niño e La Niña, com uma maior influência do El Niño na região continental e da La Niña na região litorânea.

Grimm et al. (2000) estudaram as anomalias de circulação responsáveis por processos geradores das anomalias de precipitação em diferentes regiões do Sul da América do Sul durante eventos El Niño e La Niña e concluíram que sua conexão com as anomalias de precipitação se dá pela mudança da posição do jato subtropical e da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) com efeitos inversos durante os eventos de El Niño e La Niña. No ano de 1983 por exemplo (forte El Niño), os jatos subtropicais mais fortes favoreceram os bloqueios atmosféricos em latitudes médias e altas e esta situação manteve os sistemas frontais estacionados na região ocasionando precipitações muito altas no Sul do Brasil (Kousky e Cavalcanti, 1984).

A região Sul também pode sofrer influências de outras regiões oceânicas como visto por Khan et al. (1998) sugeriram que as anomalias das precipitações no Sul do Brasil são influenciadas pela região onde se encontra a corrente Circumpolar Antártica (White e Peterson, 1996) e a Zona de Convergência do Índico Sul.

2.3 Influência das Temperaturas da Superfície do Pacífico Equatorial nas TSM do Atlântico Sudoeste

Vários autores estudando as anomalias de precipitação principalmente nas regiões Nordeste e Sul do Brasil (Covey e Hastenrath, 1978; Ward et al., 1989; Wolter, 1987; Servain, 1991; Ward e Folland, 1991; Uvo et al., 1998) evidenciaram a necessidade da utilização conjunta das anomalias de TSM dos Oceanos Atlântico e Pacífico como preditores, alternando a

época e posição relacionada à importância de cada um deles. A ligação entre as TSM do PACE sobre as TSM do Atlântico fica evidente, porém quase todos estes trabalhos se concentram no Atlântico Norte e Tropical.

Covey e Hastenrath (1978) estudando a relação do PACE com a circulação no Atlântico, através da pressão do nível do mar (PNM), velocidades dos ventos e TSM, para o período de março a abril, mostraram que os eventos do PACE são associados à configurações distintas no Atlântico Tropical, indicando que as variações de pressão sobre o Atlântico Sul estão em fase com a Indonésia e fora de fase com o PACE, e que quando acontecia um aquecimento (resfriamento) no PACE ocorria uma banda de água fria (quente) vinda do oeste da África para a costa do Brasil descendo para o Pólo.

Ward et al. (1989) avaliaram as precipitações no Nordeste do Brasil, através da influência das TSM do Oceano Pacífico em janeiro sobre as do Atlântico de janeiro a maio (1946-86), encontrando regiões de influência do ENOS sobre as TSM do Atlântico, entre elas uma próxima à costa Sul - Sudeste do Brasil.

Wolter (1987) mostrou que a influência das TSM do Pacífico (El Niño/La Niña), sobre algumas regiões da superfície do Atlântico é significativa em algumas áreas, relacionando o Índice de Oscilação Sul (IOS) com às TSM do Atlântico Tropical, encontrando um coeficiente de correlação significativo de 0,85.

Kilads e Diaz (1989) analisaram as influências das fases extremas da Oscilação Sul sobre as anomalias climáticas sobre o globo, encontrando uma relação significativa com o Atlântico Sul no setor leste e extremo Sul, no Inverno e Primavera.

Curtis e Hastenrath (1995) observaram a evolução da ATSM no Atlântico Tropical durante os períodos de El Niño no Pacífico. Eles encontraram o Atlântico Tropical com anomalias positivas de TSM e um relaxamento do gradiente de TSM entre os dois hemisférios, durante os eventos de El Niño, sugerindo que as anomalias positivas de TSM em abril no

Atlântico Sul seriam uma consequência do aquecimento de janeiro a março no Atlântico Norte.

Latif e Groetzner (1996) analisaram as TSM sobre o Atlântico Equatorial identificando uma oscilação com o período de aproximadamente 30 meses denominada El Hermanito, um modelo próprio do Atlântico, não existindo semelhantes no Pacífico e Índico, que pode ser comparado com um ENSO no Atlântico e ser considerado como um importante preditor para as suas anomalias climáticas.

Enfield (1996) estudando a relação entre as precipitações na América e a variabilidade de TSM na região Tropical dos Oceanos Pacífico e Atlântico, encontraram uma relação significativa do Pacífico com a do Atlântico na escala interanual. A variabilidade das TSM do Pacífico (região do Niño 3) representa 25% da variância do Atlântico Norte e apenas 6% da variância do Atlântico Sul, que poderia ser devido a região escolhida para representar o Atlântico Sul ($22^{\circ}\text{S} - 02^{\circ}\text{N}$, $35^{\circ}\text{W} - 10^{\circ}\text{E}$).

Enfield e Mayer (1997); Grimm e Feuser (1998) encontraram relações do ENOS com regiões distintas do Atlântico, destacando a correlação simultânea durante o ano todo no setor subtropical Oeste, com o mesmo sinal entre o ENOS e o Atlântico Norte, e mais intensas nos meses de junho a agosto. As maiores correlações ocorrem com defasagem de 4 - 5 meses em relação ao Pacífico.

Venegas et al. (1998) observaram uma variabilidade interdecadal no Atlântico Sul de aproximadamente 20 anos, identificando como principal causa física a influência positiva dos fluxos de calor da atmosfera e a influência negativa da advecção horizontal de calor das correntes oceânicas nas TSM da Zona de Confluência entre as correntes do Brasil e Malvinas. A ligação desse sinal com outros de baixa frequência também foi detectado, estando em fase com o sinal do Pacífico Norte e Sul. Os autores sugeriam que o sinal interdecadal do Atlântico Sul possui um aspecto regional e global.

Campos et al. (1999) estudaram a variabilidade de TSM no Sul do Brasil em um período de 13 anos utilizando dados de satélite num caso específico de penetração de uma massa de água fria próximo a 23⁰S. Os autores encontram valores significativos entre a penetração de massas de água fria e o índice de Oscilação Sul, sugerindo uma influência mais importante do Evento de La Niña sobre as anomalias negativas de TSM no Atlântico Sul com uma defasagem de 3 meses.

Lentini et al. (2001) estudando a relação entre as ATSM do ATLSW com os eventos do Pacífico utilizando dados de satélite semanais de 13 anos, sugeriram uma tendência das anomalias negativas de TSM do ATLSW estarem relacionadas com os eventos de La Niña e uma relação significativa entre as anomalias de TSM acima de 30⁰S com o Índice de Oscilação Sul com uma defasagem de 6 meses.

Elliott et al. (2001) estudando o impacto do evento El Niño de 1997-98 sobre o Oceano Atlântico identificaram anomalias positivas em uma região específica do ATLSW entre as latitudes de 40⁰S e 10⁰S e as longitudes de 40⁰W a 0⁰W no Inverno e Primavera de 1997.

CAPÍTULO 3

DADOS E METODOLOGIA

3.1 Dados

No presente estudo foram utilizados os totais mensais de precipitação referentes à 61 estações pluviométricas bem distribuídas pela região Sul do Brasil, entre as latitudes 24^oS a 33^o S e as longitudes de 52^oW e 48^o W, no período de janeiro de 1950 a dezembro de 1997. A distribuição geográfica das estações sobre a orografia é mostrada na Figura 3.1 e suas coordenadas (latitude, longitude, altitude) e a precipitação total anual, encontram-se no apêndice A.

Um dos principais fatores para o controle de chuvas na região Sul é a orografia. A Figura 3.1 mostra o mapa da orografia da região Sul no qual pode-se ver algumas diferenças regionais entre algumas regiões, como o litoral do RS que caracteriza-se por regiões com cotas inferiores a 500m, conhecido como terras baixas. Os estados de SC e PR possuem relevo mais acidentado com grande parte do seus territórios leste acima dos 1000m e com o setor oeste, com cotas mais baixas, protegidas pelas serras Geral e do Mar.

Para o estudo da influência das TSM na precipitação foi considerada uma região sobre o Oceano ATLSW, definida entre as latitudes de 10^oS a 40^oS e as longitudes de 60^oW a 10^oW, para a qual foram calculados no período de 1950-97, índices de anomalias mensais, baseados na climatologia de Smith et al. (1996) e Smith e Reynolds (1998) obtida usando interpolação ótima, em grade de 2^o x 2^o, a partir das séries temporais reconstruídas por componentes principais.

Para comparar os resultados das relações estatísticas entre o índice do ATLSW, a precipitação na região Sul e as TSM do Pacífico foram também utilizados os índices

mensais de anomalias de TSM no Oceano Atlântico Sul (IATLS) definidos entre as latitudes de 0⁰S e 20⁰S e as longitudes 30⁰W e 10⁰E, disponível no site do *National Center for Environmental Prediction* (NCEP) no período de 1950-97.

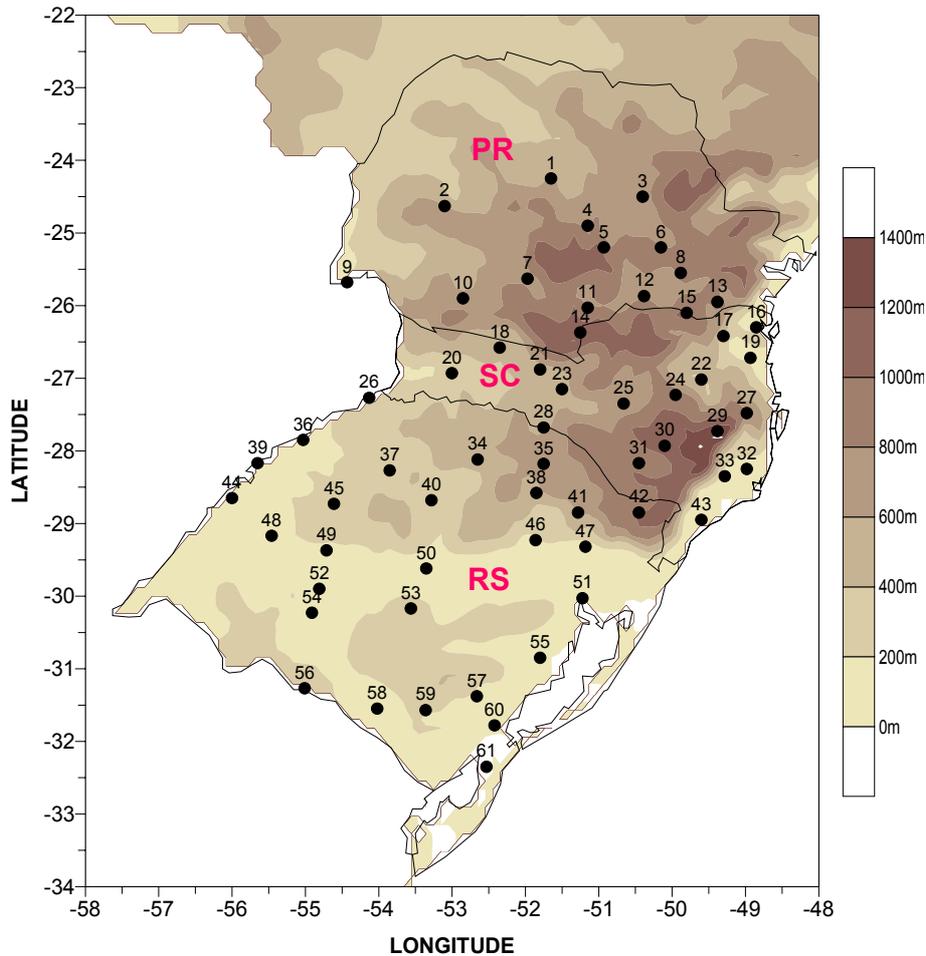


FIGURA 3.1- Distribuição geográfica das 61 estações pluviométricas selecionadas na região Sul do Brasil e sua orografia.

No estudo as influências das anomalias de temperatura da superfície do mar (ATSM) no Oceano Pacífico Equatorial (PACE), nas precipitações da região Sul e ATSM do Oceano Atlântico Sul e Sudoeste, foram utilizadas as ATSM mensais na região do Niño 3.4 (5⁰ N-5⁰S, 120⁰-170⁰ W), representadas pelo índice mensal do PACE (IPE) no período 1950-97.

Para representar a localização das regiões consideradas nos Oceanos Pacífico e Atlântico para a realização deste estudo é construída a Figura 3.2.

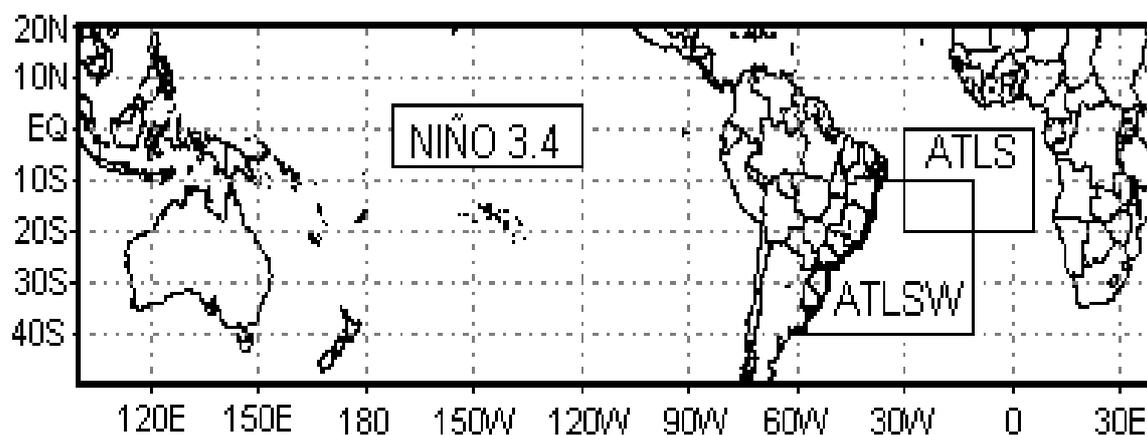


FIGURA 3.2 - Regiões consideradas sobre os Oceanos Pacífico (Niño 3.4), Atlântico Sudoeste (ATLSW) e Atlântico Sul (ATLS).

3.2 METODOLOGIA

Para definição dos grupos homogêneos de precipitação foram utilizados os fatores comuns espaciais e temporais das precipitações mensais na região Sul e Sudeste do Brasil, derivados por Sansigolo e Nery (1998). Análise de componentes principais tem sido bastante utilizada para derivar os padrões espaciais e temporais de diferentes variáveis meteorológicas, e uma das principais aplicações é regionalização (White et al. 1991). Análise de agrupamentos das cargas fatoriais espaciais significativas tem sido usada para subdividir áreas geográficas em regiões com características temporais similares (Fovell e Fovell, 1993; Gong e Richman, 1995).

Foi realizada uma análise de agrupamento hierárquicos aglomerativos pelo método de Ward, usando a distância Euclidiana como medida de similaridade, dos principais fatores comuns espaciais, que explicam 85,8% da variância regional (37 +15 +7 +6 +5 +4,5 +3,4 +3,1 +2,6 +2,2) e temporais, que explicam 59,3% da variância sazonal (43,1+ 11,6+4,6).

Para o estudo da variabilidade das precipitações mensais foram utilizadas as séries temporais dos índices pluviométricos mensais (IPM), definidos como as anomalias normalizadas pelo desvio padrão. No cálculo do IPM foram consideradas todas as estações compreendidas numa região homogênea. Os índices Pluviométricos trimestrais (IPT) foram obtidos pelas médias dos 3 meses consecutivos.

Os IPM foram subdivididos em 3 categorias equiprováveis (seco, normal e chuvoso) ordenando-se do menor para o maior os 48 índices (1950-97) e considerando o correspondente à 16^a posição como limite superior para a categoria abaixo da normal (seco) e o correspondente à 32^a como limite inferior para a categoria acima da normal (chuvoso) e entre esses 2 limites, situa-se a categoria quase normal. As ATSM dos Oceanos Atlântico Sul e Sudoeste também foram ordenadas e subdivididas em três categorias equiprováveis: abaixo, quase e acima da normal, com 192 casos cada ((48 anos x 12 meses)/3).

Para estabelecer uma relação entre as anomalias mensais de precipitação na região Sul, representadas pelo IPM em cada grupo, e as anomalias mensais dos campos de TSM na região do Oceano ATLSW, em pontos de grade $2^0 \times 2^0$, foi utilizada correlação linear.

Para estudar a influência das anomalias mensais da temperatura da superfície do PACE (IPE), nas anomalias de precipitação mensais na Região Sul (IPM), utilizou-se correlações simultâneas e defasadas, do IPE com o IPM, com defasagem de até -7 meses (IPM com até sete meses adiantada em relação ao IPE), pretendendo-se estabelecer possíveis relações entre anomalias locais de precipitação mensal na região Sul e fenômenos de escala global como o ENOS. Também foram utilizados correlações lineares simultânea e defasada para verificar uma possível relação das anomalias mensais de temperatura da superfície do

PACE (IPE) com as anomalias mensais de temperatura da superfície do ATLSW, em pontos de grade $2^0 \times 2^0$ com defasagem de até -1 trimestre entre as anomalias mensais de TSM no ATLSW em relação ao IPE.

Para o Oceano Pacífico, no período de 1950 a 1997, foram considerados pelo critério de Trenberth (1997) 16 eventos de El Niño, num total de 180 meses, 10 eventos de La Niña, com de 132 meses e finalmente 264 meses de eventos normais. A definição quantitativa para os eventos El Niño e La Niña pelo critério de Trenberth (1997) é baseada em médias móveis de 5 meses das TSM do Pacífico na região do Niño 3.4, definindo o evento El Niño quando a média excede $0,4^0 \text{ C}$ e para o evento La Niña quando a média é inferior a $-0,4^0 \text{ C}$, obtendo-se assim definições objetivas do início, duração, fim e magnitude dos eventos.

Na Tabela 3.1 encontram-se as principais características (início, fim, duração e as ATSM médias e máximas dos eventos de El Niño e La Niña no período entre 1950 e 98, definidas pelo critério de Trenberth (1997).

TABELA 3.1 - Principais Características (Início, Fim, Duração e Magnitude) dos Eventos El Niño e La Niña no Pacífico Definidos pelo Critério de Trenberth no Período de 1950-98.

EVENTOS EL NIÑO					EVENTOS LA NIÑA				
Início	Fim	Duração (meses)	ATSM (°C)		Início	Fim	Duração (meses)	ATSM (°C)	
			Média	Máx.				Média	Máx.
ago 51	fev 52	7	0,7	1	mar 50	fev 51	12	-0,7	-1,2
mar 53	nov 53	9	0,6	1,1	jun 54	mar 56	22	-0,9	-2
abr 57	jan 58	10	1,1	2,1	mai 56	nov 56	7	-0,4	-0,7
jun 63	fev 64	9	0,9	1,2	mai 64	jan 65	9	-0,7	-1,1
mai 65	jun 66	14	1,2	1,9	jun 70	jan 72	20	-0,8	-1,8
set 68	mar 70	19	0,8	1,3	jun 73	jun 74	13	-1,1	-1,8
abr 72	mar 73	12	1,4	2,3	set 74	abr 76	20	-0,8	-1,7
ago 76	mar 77	8	0,8	1,1	set 84	jun 85	10	-0,7	-1,1
jul 77	jan 78	7	0,7	1	mai 88	jun 89	14	-1,3	-2,1
out 79	abr 80	7	0,5	0,8	set 95	mar 96	7	-0,7	-0,8
abr 82	jun 83	16	1,6	3,1					
ago 86	fev 88	19	1,3	2					
mar 91	jul 92	17	1,1	2					
fev 93	set 93	8	0,7	1,3					
jun 94	mar 95	10	0,8	1,4					
abr 97	mai 98	14	1,9	2,9					

A Figura 3.3 (A) mostra os 6 principais eventos de El Niño, entre 1950 E 1998, onde pode-se verificar que os El Niños mais prolongados possuem médias de ATSM menores. Os 2 eventos que tiveram as maiores ATSM foram os de 1982/83 (3,1⁰C em 01/83) e 1997/98 (2,9⁰C em 11/97), como mostrado na Tabela 3.1.

Na fig 3.3 (B) encontram-se os 4 principais eventos de La Niña, destacando-se 2 eventos mais intensos, a La Niña de 1988/89 (-2,1⁰C em 10/88) e a de 1954/56 (-2⁰C em 10/55).

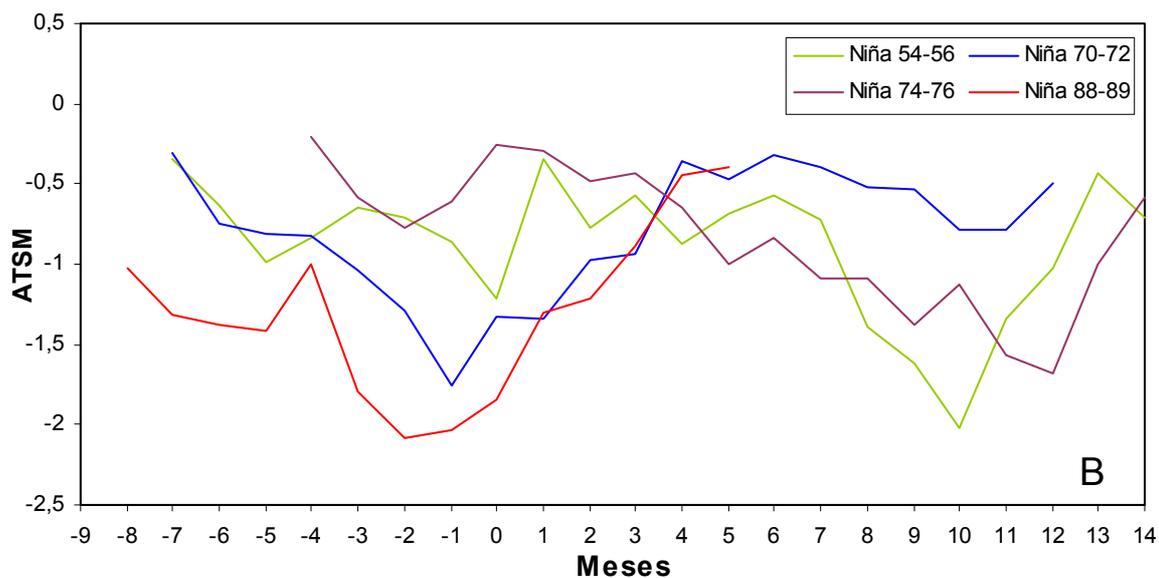
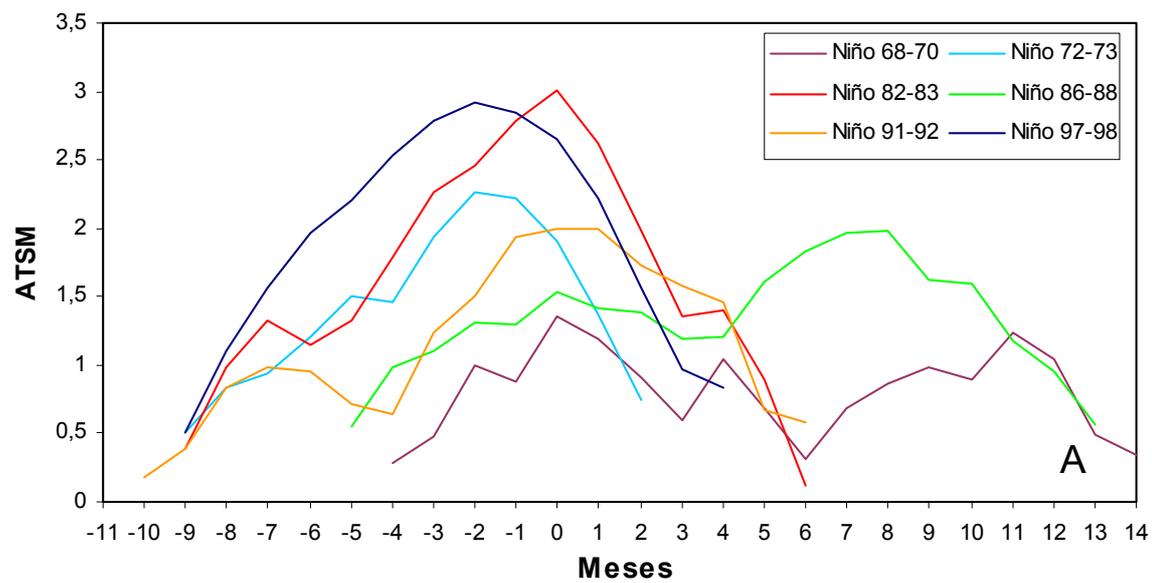


FIGURA 3.3 Anomalias de TSM na região do Niño 3.4 durante os principais eventos de El Niño (A) e de La Niña (B) no período de 1950 a 1998 (O primeiro janeiro do evento é o mês 0).

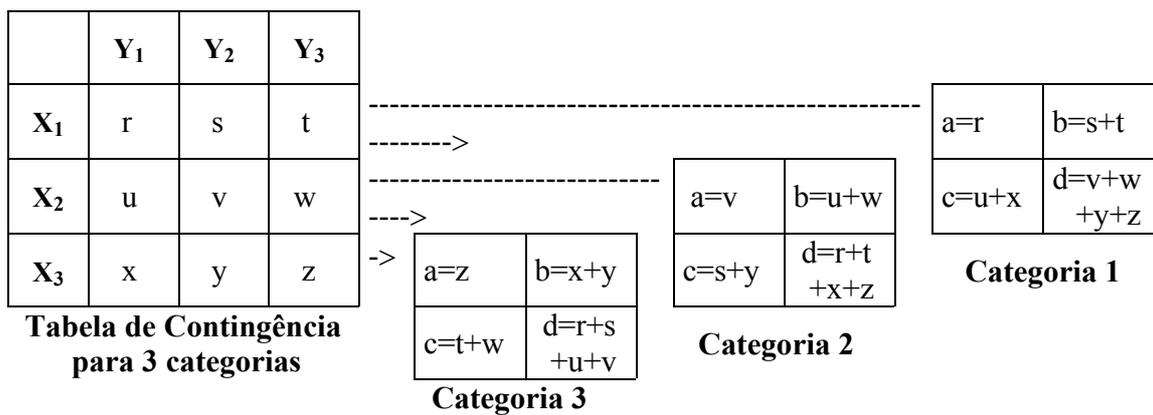
3.2.1 Tabelas de Contingência e Escores das Características Operacionais Relativas

Um dos principais aspectos no desenvolvimento de um modelo estatístico é a obtenção de estimativas realísticas da destreza de previsão. Comumente, as verificações de previsões em tabelas de contingência são caracterizadas pelo uso de escores de destreza, que são medidas relativas de exatidão entre as previsões de interesse e as obtidas por um procedimento de referência, tal como chance, climatologia ou persistência. O escore de destreza utilizado no trabalho é o das Características Operacionais Relativas (COR) (Sweets, 1973; Mason, 1982; Graham e Mason, 1999).

Para a avaliação das relações entre as categorias de ATSM do ATLS e ATSW (abaixo, quase e acima da normal) do PACE (La Niña, normal e El Niño) e as categorias de precipitação na região Sul (abaixo, quase e acima da normal) ou sejam as ocorrências simultâneas das diferentes categorias de TSM e de precipitação foram utilizadas tabelas de contingências 3 x 3. A obtenção das medidas de exatidão, incluindo as taxas de acerto e de falso alarme, as tabelas de contingência 3 x 3 foram reduzidas para 2 x 2, como mostrado na Figura 3.4 (Wilks, 1995).

Em tabelas de contingência definem-se duas principais medidas de exatidão: a taxa de acerto ou proporção correta ($TA = (a + d)/n$) e a taxa de falso alarme ($FA = a/(a + c)$), que representa a proporção dos eventos considerados que não ocorreram.

O escore das Características Operacionais Relativas foi usado para verificar estatisticamente as taxas de acerto e de falso alarme. Este escore, baseado na teoria de detecção de sinais, é calculado por meio do parâmetro d , dado pela diferença entre as médias das distribuições normais das TA e FA (Figura 3.5).



FOGIRA 3.4 - Redução de Tabelas de contingência 3 x 3 em três Tabelas de contingência 2 x 2, para a verificação de ocorrência dos eventos (X_i) em três categorias (Y_i).

As Características Operacionais Relativas, são gráficos das taxas de acerto TA [1- probabilidades de erros do tipo II (rejeitar a hipótese verdadeira)] em função das taxas de falso alarme FA [probabilidades de erros do tipo I (aceitar a hipótese falsa)]. O escore COR é obtido por $(P_{(d=x)} - P_{(d=0)}) / (P_{(d=0)})$, onde $P(d = 0) = 0,5$.

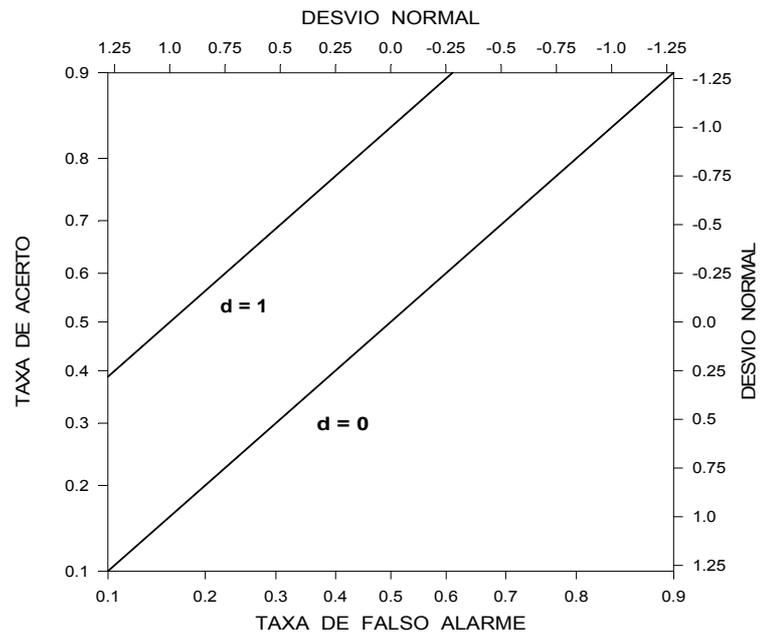


FIGURA 3.5 - Escores das Características Operacionais Relativas (COR). Os valores estatisticamente significativos situam-se acima da diagonal $d = 0$ e os perfeitos no canto esquerdo superior.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão discutidos os resultados obtidos nas quatro etapas do trabalho. Em princípio será comentado a constituição dos grupos homogêneos de precipitação na região Sul do Brasil, após procurar-se-á estabelecer relações entre as anomalias de TSM do Atlântico e os índices de precipitação nos diferentes grupos, na terceira fase será estudada a influência das anomalias de TSM do PACE nas anomalias de precipitação e finalmente a relação existente entre as TSM do Atlântico Sul e Sudoeste, utilizando um período comum de 48 anos de dados mensais entre 1950 e 1997.

4.1 Variabilidade da Precipitação da Região Sul do Brasil

A região Sul possui uma baixa variabilidade anual e interanual das precipitações quando comparada à outras regiões do Brasil (Ratisbona, 1976; Conrado, 1992), no entanto vários trabalhos envolvendo as distribuições mensais das precipitações não encontraram um comportamento homogêneo dividindo a região em grupos (Kim, 1996; Rao e Hada, 1990).

Para verificar o comportamento de cada estação, procurando encontrar grupos homogêneos é utilizada a análise de agrupamentos hierárquico aglomerativo. O dendograma de agrupamento das estações pluviométricas na região Sul do Brasil, pelo método de Ward, é mostrado na Figura 4.1.

No dendograma da Figura 4.1 definem-se 3 grupos (A, B e C) com uma boa homogeneidade em relação aos totais anuais e distribuição mensal das precipitações com uma distância Euclidiana quadrática média entre seus componentes máximas de 8, enquanto a distância entre cada um dos grupos ultrapassa 15.

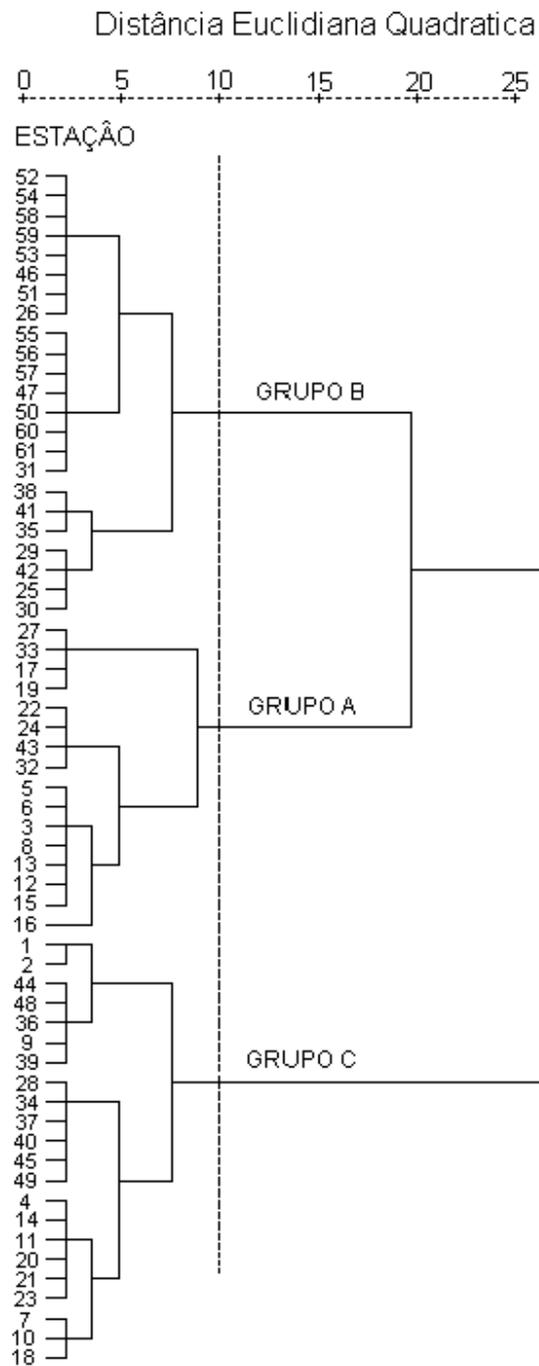


FIGURA 4.1 - Dendrograma de agrupamento das estações pluviométricas na região Sul do Brasil pelo método hierárquico aglomerativo de Ward.

Para observar a localização de cada grupo foi construída a Figura 4.2, que mostra a distribuição geográfica das 61 estações sub-divididas nos 3 grupos homogêneos.

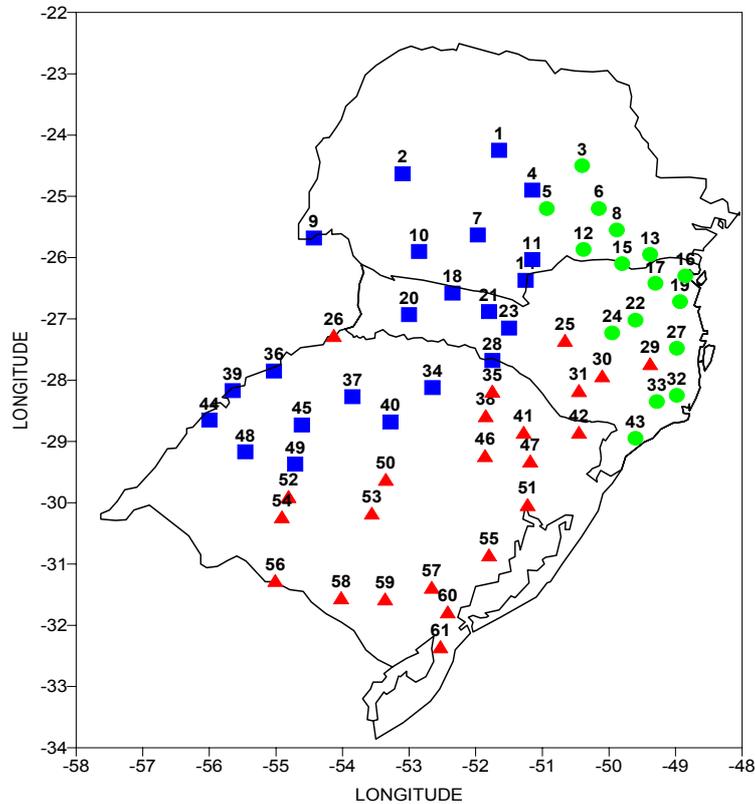


FIGURA 4.2 - Distribuição geográfica das 61 estações pluviométricas nos 3 grupos homogêneos (A- círculos verdes, B- triângulos vermelhos e C- quadrados azuis).

A distribuição geográfica de cada grupo observada na Figura 4.2 tem boa concordância com as características fisiográficas e efeitos de continentalidade e maritimidade. No grupo A tem-se todas as estações no setor leste em uma posição mais litorânea. O grupo B possui estações litorâneas e continentais, mas todas localizadas no extremo sul do Brasil, e o grupo C se constitui de estações localizadas no setor Oeste da região Sul, sendo considerado o grupo mais continental. Algumas destas tendências foram sugeridas por Khan e Kim (1998)

que também analisaram os agrupamentos das estações pluviométrica nos Estados do RS e SC.

Quando comparam-se as Figuras 3.1 e 4.2 pode-se observar a influência do relevo em cada grupo. O grupo A, possui as estações em dois níveis de relevo, o primeiro, na parte litorânea de SC, com cotas baixas e o segundo, com as estações da parte sudeste do PR, com maiores cotas devido a serra do Mar. No grupo B, as estações estão localizadas basicamente do extremo Sul, na planície do RS e algumas na área montanhosa, fronteira dos estados de SC e RS. O restante das estações localizam-se no grupo C também em dois níveis de relevo com as maiores cotas entre 600m e 1200m, em SC e PR e no RS com cotas baixas porém protegidas pelas serras Geral e do Mar.

4.1.1 Aspectos Climatológicos da Região Sul

A distribuição geográfica dos totais anuais das precipitações na região Sul do Brasil, assim como os 3 agrupamentos das estações são apresentados na Figura 4.3.

As isoietas da Figura 4.3 mostram uma baixa variabilidade dos totais anuais em toda a região, como também verificado por alguns outros autores como Rao e Hada (1990) e Conrado (1992).

Com o auxílio da Figura 3.1 pode-se caracterizar algumas relações entre o relevo e os totais anuais de precipitação. Verifica-se que os maiores totais anuais encontram-se a oeste das áreas mais altas, As maiores cotas estão localizadas no grupo C aproximadamente no seu centro geográfico. O segundo máximo encontra-se no litoral, fronteira leste dos estados de SC e PR, localizado também próximo ao centro geográfico das estações do grupo A estes valores concordam com os encontrados por Nimer (1989).

O mínimo de precipitação anual situa-se sobre as estações com menor altitude, que formam o grupo B. Estas variações nos totais anuais ocorrem devido à influência do relevo e interação do Oceano com o continente na região Catarinense (Abreu e Moura, 1996).

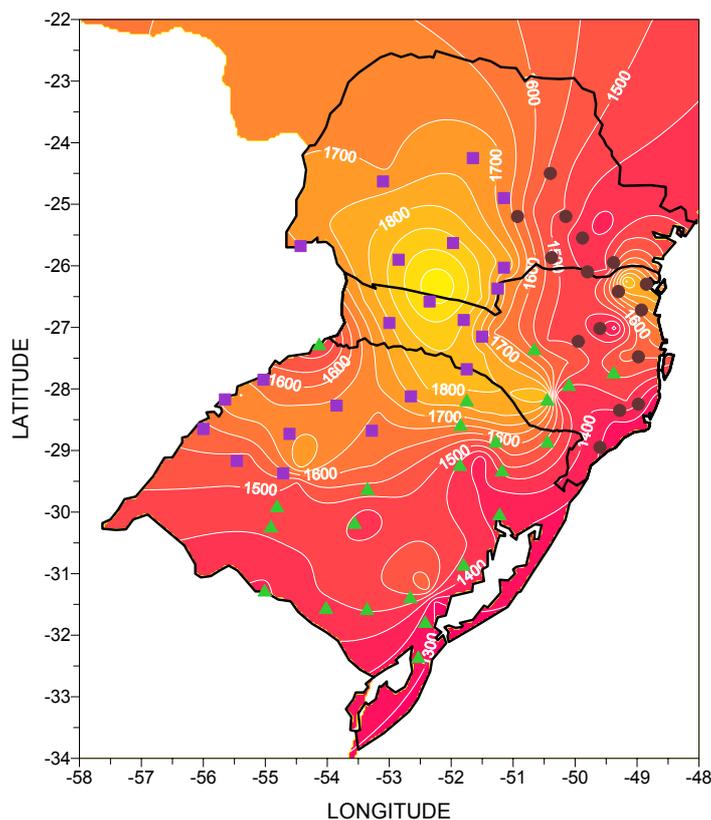


FIGURA 4.3 - Isoietas dos totais anuais da precipitação (mm) na região Sul do Brasil e a localização das estações nos 3 grupos homogêneos. (A- círculos pretos, B- triângulos verdes e C- quadrados azuis).

Para estudar a distribuição mensal das precipitações nos 3 grupos homogêneos são construídos os histogramas com as médias mensais no período de 1950-97 para os 3 grupos A, B e C mostrado na Figura 4.4.

Na Figura 4.4 pode-se confirmar a baixa variabilidade da precipitação mensal em praticamente toda a região Sul quando comparada a outras regiões do Brasil. Estes resultados concordam com outros estudos que tratam de toda a região Sul (Sansigolo e Nery, 1996) ou de uma determinada parte, como o extremo Sul do País (Conrado, 1992).

Ainda na Figura 4.4 pode-se ver que a maior variação da precipitação mensal encontra-se no grupo A, podendo ser considerado como o mais sazonal, que tem em janeiro o mês mais chuvoso, com 180mm e uma contribuição de 13,6% para o total anual, e o mês mais seco o de agosto, com 75mm, correspondendo a 5,6% do total anual.

O grupo B possui a menor variabilidade mensal da precipitação, tendo um comportamento quase homogêneo, com uma variação máxima de 110 a 150 mm. O grupo C segue as mesmas características, porém com uma maior variação mensal de 110 a 170 mm entre o mês mais seco e o mais chuvoso. A contribuição de cada trimestre para a precipitação total anual de cada grupo é apresentada na Tabela 4.1.

TABELA 4.1 – Contribuições Percentuais Trimestrais Para as Precipitações Totais Anuais dos 3 Grupos Homogêneos.

Região Sul	JFM	AMJ	JAS	OND
Grupo A	33	20	21	26
Grupo B	26	23	27	24
Grupo C	27	23	24	26

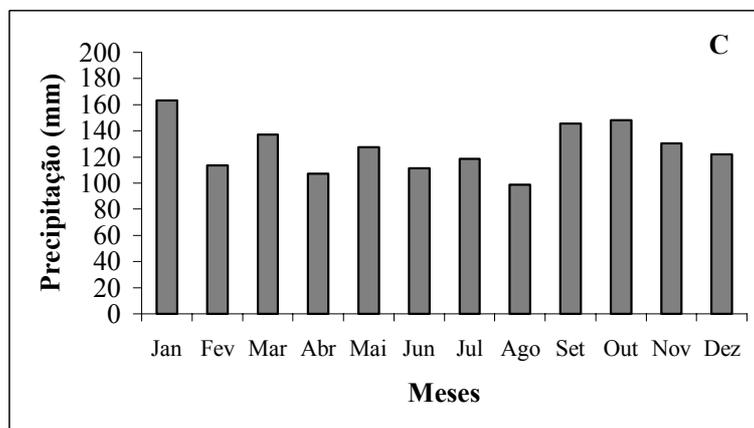
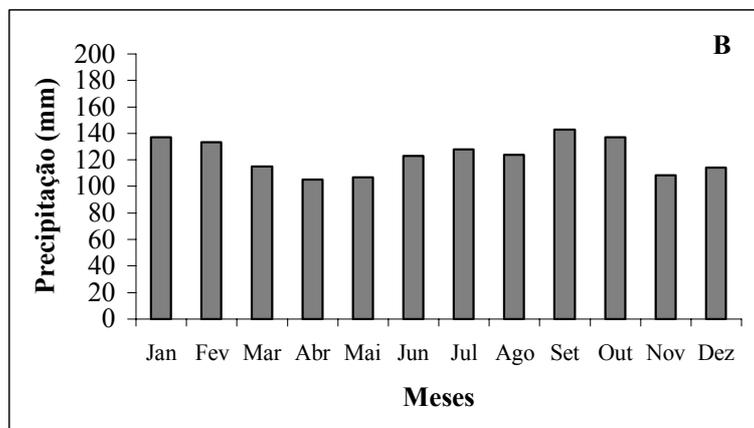
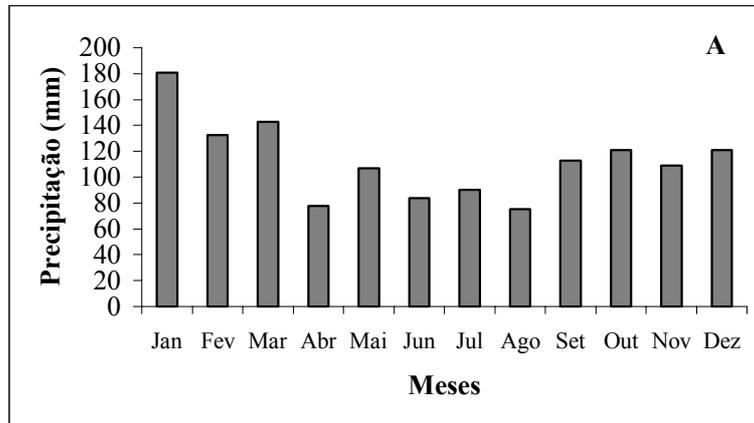


FIGURA 4.4 - Histogramas das precipitações médias mensais no período de (1950-97) nos 3 grupos homogêneos A, B e C na região Sul do Brasil.

Observando a Tabela 4.1 verifica-se uma maior homogeneidade da precipitação trimestral nos grupos B e C. A maior contribuição de precipitação trimestral para o total anual está no grupo A no Verão, que sendo um período de baixa frequência de entradas de frentes frias indica a possibilidade de interferências de outros mecanismos dinâmicos gerados ou intensificados pela proximidade com o Oceano Atlântico. A influência deste Oceano na região do grupo A foi sugerida por Abreu e Moura (1996).

No grupo B observa-se o máximo de precipitação durante o Inverno, provavelmente devido ao aumento da frequência de entrada das frentes frias, 6 a 8 mensais segundo Oliveira (1986). A estação em que ocorre menos precipitação é no Outono com a menor contribuição no grupo A, o único onde se pode encontrar estação chuvosa mais bem definida no Verão e na Primavera e uma estação seca no Outono e Inverno (Rao e Hada, 1990). Estes valores discordam com alguns autores como Kane (2000) que encontrou o segundo semestre como o período mais chuvoso, provavelmente devido ao fato do autor ter usado apenas 3 estações para representar a região Sul.

A importância da variabilidade interanual das precipitações na região Sul, já foi descrita por alguns autores entre eles Nimer (1989) e Conrado (1992). Para visualizar estas variações foi construída a Figura 4.5, onde encontram-se as séries temporais de 1950-97 com os desvios normalizados para as precipitações médias mensais nos grupos A, B e C.

Na Figura 4.5 observa-se que em geral a região Sul apresenta uma baixa variabilidade interanual com os maiores picos no grupo A que apresenta uma maior variabilidade com um máximo no primeiro trimestre de 1983. O grupo B apresentou no primeiro semestre de 1983 4 meses com precipitações de até 3 desvios padrões superiores à média climatológica, enquanto no grupo C as precipitações chegaram a 4 desvios padrões mensais caracterizando o El Niño de 1982/83 como um dos casos mais pesquisados na região Sul do Brasil.

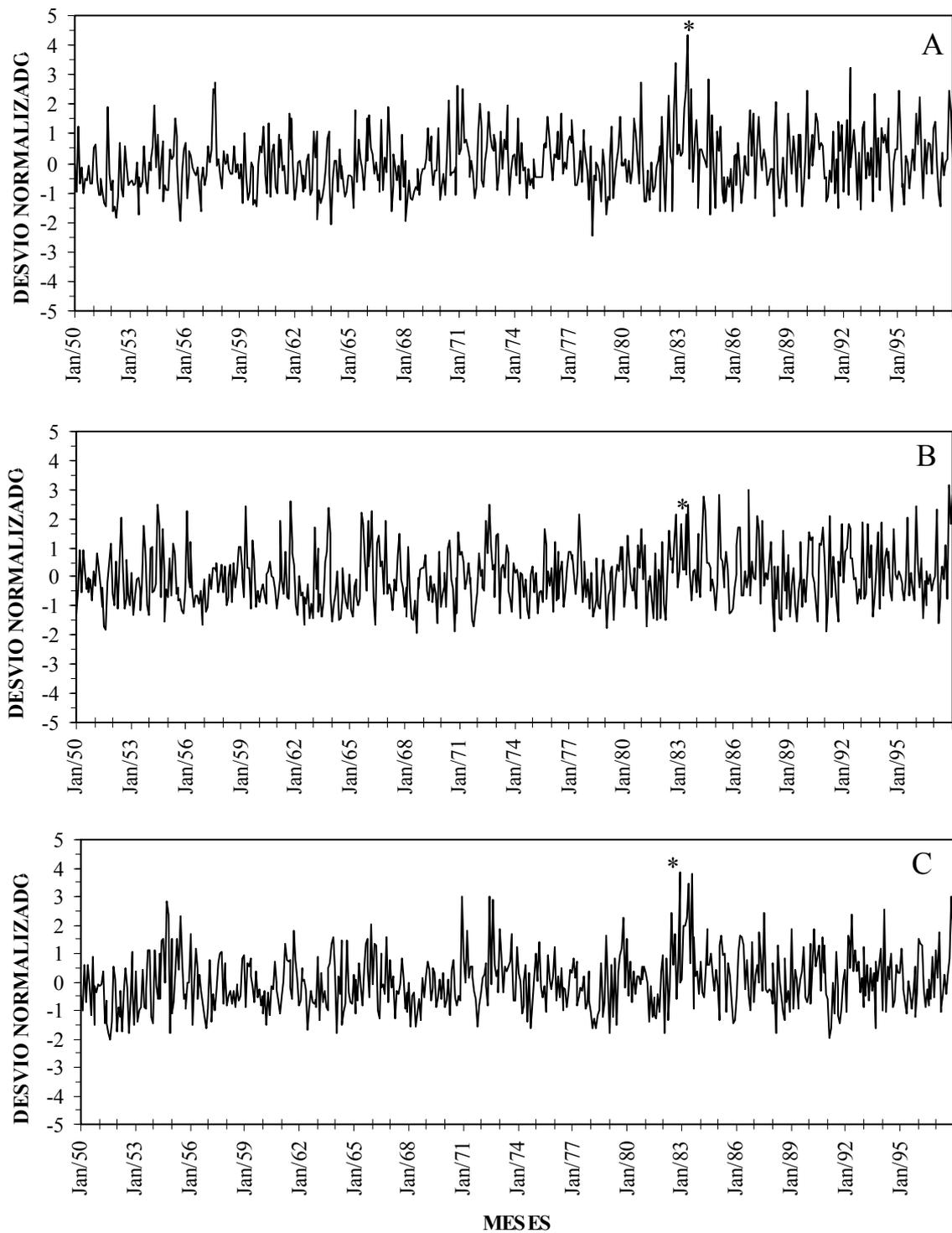


FIGURA 4.5 Séries temporais dos desvios normalizados mensais das precipitações nos grupos A, B e C (1950-97), onde os * indicam os desvios mais significativos.

4.1.2 Distribuição Pluviométrica da Região Sul em Categorias de Tercis

As 3 categorias de precipitação mensal (abaixo, quase e acima da normal), para os 3 grupos homogêneos de precipitação na região Sul do Brasil computados conforme descrito no item 3.2 encontra-se na Figura 4.6.

Na Figura 4.6 pode-se observar que o menor valor da precipitação mensal (categoria abaixo da média) com menos de 50 mm encontra-se no grupo A, no mês de agosto, e a maior (categoria acima da média) com mais de 200 mm, no Grupo A em janeiro. O grupo B possui a menor variação entre os limites abaixo da média (80 e 100 mm) e acima da média (120 e 160 mm). No grupo C tem-se uma regularidade semelhante a do grupo B com valores próximos aos do grupo A, pois as precipitações acima da média no grupo A em agosto possuem valores superiores a 100 mm, não representando uma possibilidade de inundação na região.

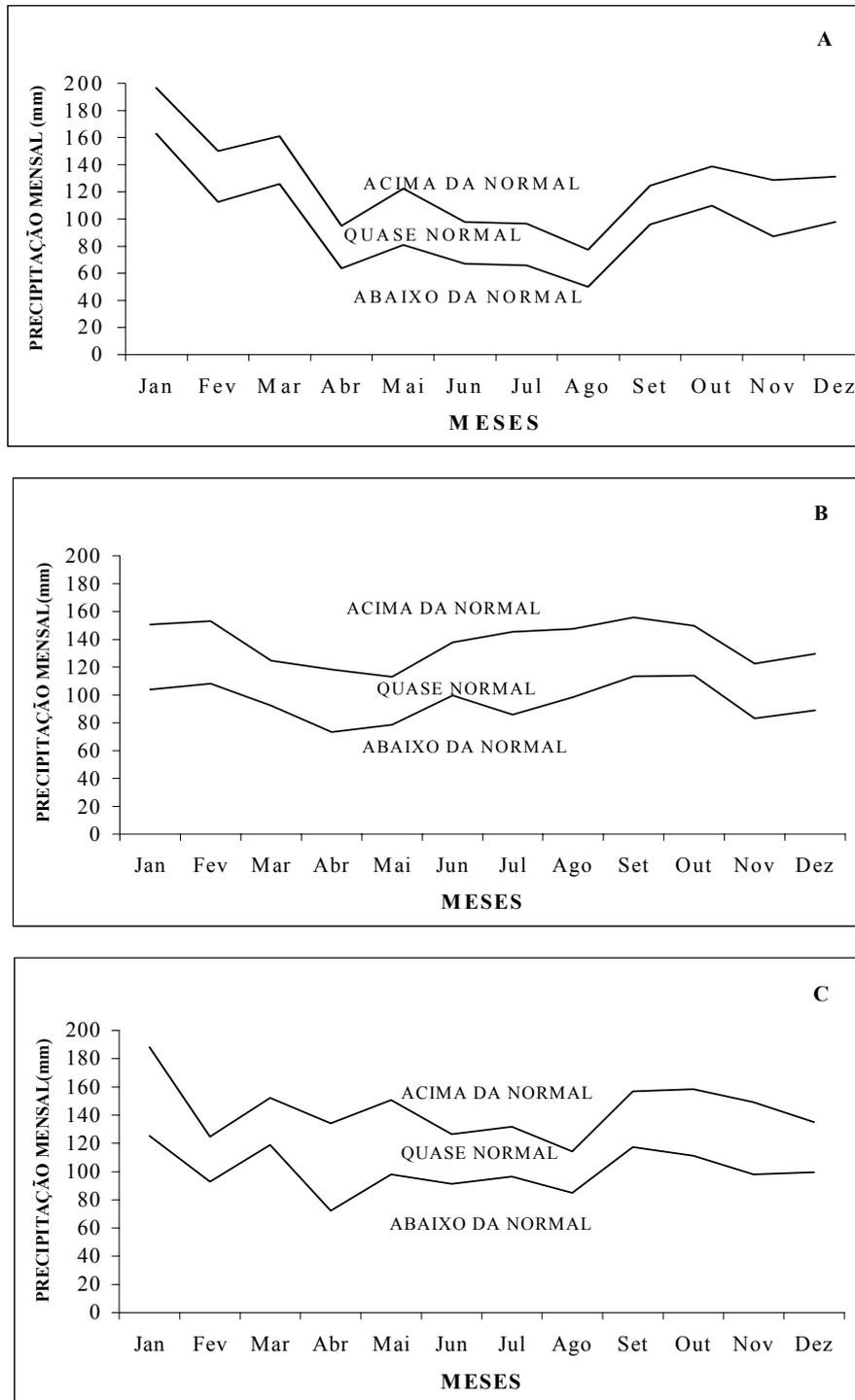


FIGURA 4.6- Limites das 3 categorias de precipitação mensal (tercis) para os 3 grupos homogêneos (Litorâneo A, Sul B e Continental C), para a região Sul do Brasil.

4.2 Influência das TSM dos Oceanos Atlântico e Pacífico no Regime de Precipitação Mensal da Região Sul

A importância de considerar a influência dos 2 Oceanos nas precipitações da região Sul do Brasil já foi descrita por alguns autores na literatura (Diaz e Studzinski, 1988; Uvo et al., 1988). Para visualizar a relação entre as TSM dos Oceanos Pacífico e Atlântico nas precipitações mensais de cada grupo na região Sul é construída a Figura 4.7 onde são mostradas as categorias de precipitação acima da normal (chuvoso) e abaixo da normal (seco) em função das anomalias positivas e negativas das temperaturas nos Oceanos PACE e ATLSW durante o ano todo (1950-97).

Através dos gráficos da Figura 4.7 verifica-se uma maior quantidade de meses chuvosos no quadrante das ATSM positivas nos dois Oceanos, indicando a necessidade de incluir estes dois Oceanos para estudar as anomalias de precipitações positivas na região Sul (Uvo et al., 1998), mas para os meses secos não há uma tendência tão evidente, não obedecendo a relação frio/seco encontrada por Studzinski, (1995). Uma interpretação mais objetiva pode ser feita a partir da Tabela 4.2, que representa a percentagem de meses secos e chuvosos nos 3 grupos em função das ATSM nos dois Oceanos.

TABELA 4.2 - Percentagem dos Casos (Secos E Chuvosos) nos 3 Grupos Homogêneos de Precipitação na Região Sul, em Função das ATSM nos Oceanos Pacífico (Niño 3.4) e Atlsw.

	Pac.+ e Atl.+		Pac.- e Atl.+		Pac.- e Atl.-		Pac.+ e Atl.-	
	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso
Grupo A	30	47	28	29	21	12	20	12
Grupo B	34	52	25	25	23	12	19	12
Grupo C	30	49	27	29	21	11	22	11

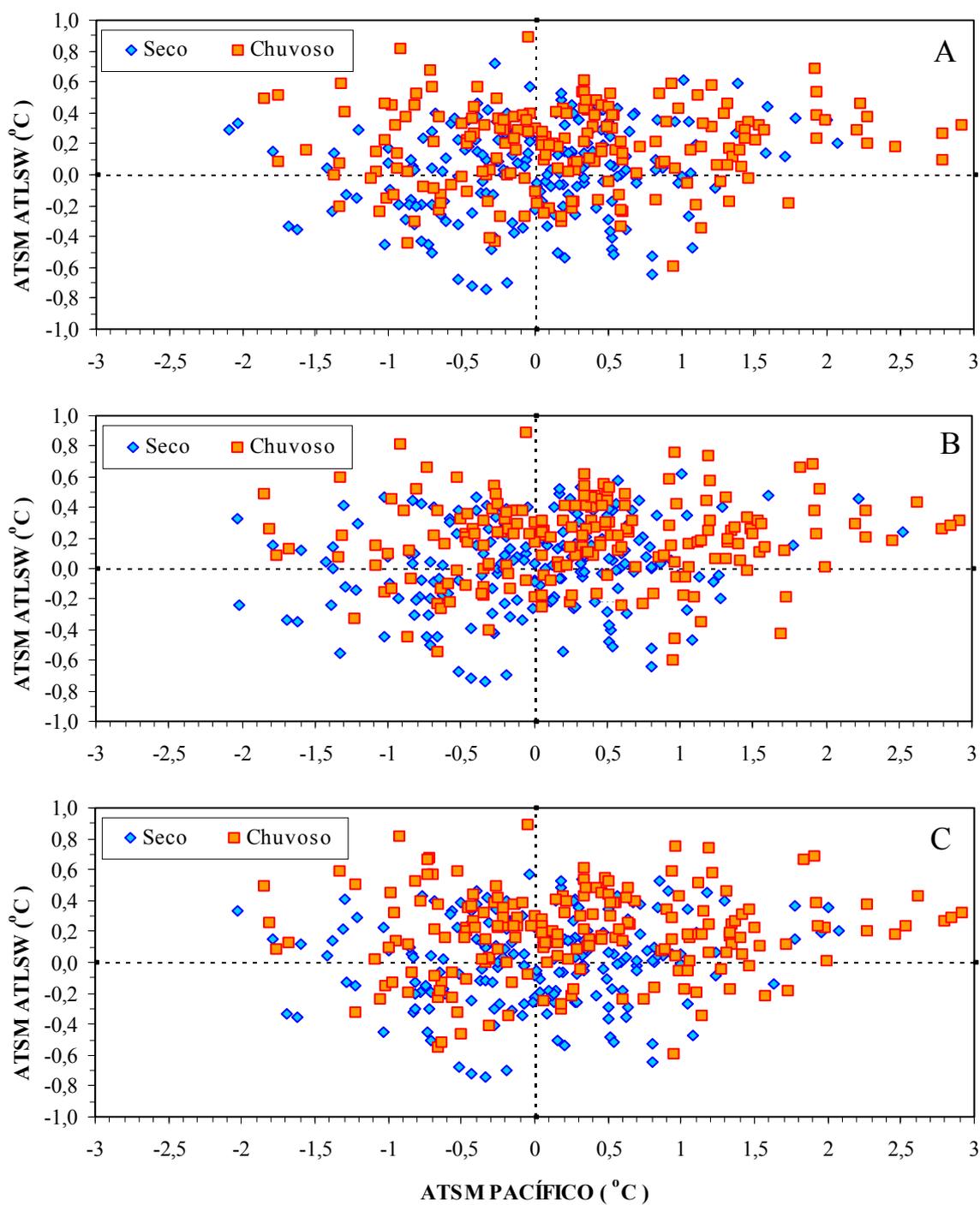


FIGURA 4.7- Categorias de precipitação (seco e chuvoso) para os grupos A, B e C em função das ATSM nos Oceanos ATLSW e PACE (1950-97).

Através da Figura 4.7 e da Tabela 4.2 verifica-se um comportamento similar para os 3 grupos com uma maior percentagem de meses chuvosos no caso das ATSM positivas nos dois Oceanos variando entre 47 e 52%. Na relação entre as ATSM negativas e os meses secos há uma pequena percentagem 21 a 23% não havendo uma contribuição significativa. Outras características podem ser observadas, como a baixa percentagem de meses chuvosos quando as ATSM do Atlântico são negativas.

Com a finalidade de observar a contribuição dos Oceanos PACE e ATLSW especificamente no último trimestre do ano, período com os maiores índices de precipitação e uma maior influência das TSM do Pacífico como observado nas Tabelas 4.5 e 4.6, é construída a Figura 4.8, que mostra a distribuição dos casos de precipitação mensal (seco/chuvoso) na Primavera nos 3 grupos homogêneos, em função das anomalias de TSM nos Oceanos Pacífico e ATLSW.

Na Figura 4.8 pode-se observar que na Primavera há uma intensificação da influência das ATSM negativas e positivas dos Oceanos PACE e ATLSW sobre os meses secos e chuvosos como observado por Studzinski (1995). Observa-se ainda algumas tendências como o decréscimo de casos secos no quadrante com ATSM positivas nos dois Oceanos e um acréscimo da influência do PACE no caso ATSM negativas nos meses secos. Os valores específicos podem ser observados na Tabela 4.3 que mostra a percentagem de cada relação de meses secos e chuvosos com ATSM negativas e positivas da Figura 4.8.

TABELA 4.3 - Percentagem dos Casos (Secos E Chuvosos) na Primavera nos 3 Grupos Homogêneos de Precipitação na Região Sul Em Função das ATSM nos Oceanos Pacífico e Atlântico.

	Pac.+ e Atl.+		Pac.- e Atl.+		Pac.- e Atl.-		Pac.+ e Atl.-	
	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso
Grupo A	13	54	42	23	29	10	17	13
Grupo B	17	67	40	15	29	0	15	19
Grupo C	21	60	40	21	27	4	13	15

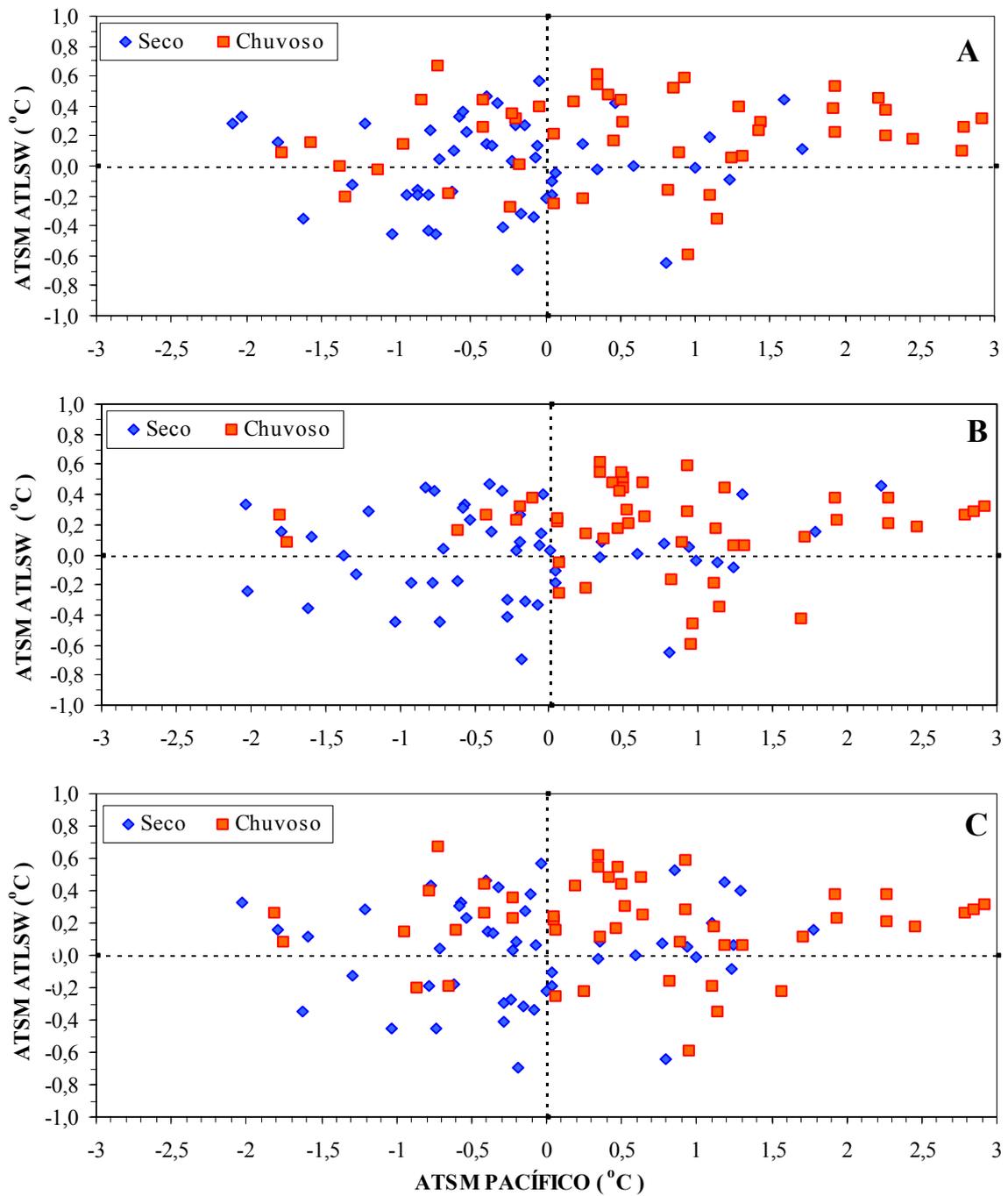


FIGURA 4.8- Categorias de precipitação (seco e chuvoso) para os grupos homogêneos A, B e C, em função das ATSM nos Oceanos ATLSW e PACE, na Primavera de (1950-97).

As principais características observadas na Tabela 4.3 são uma maior percentagem de ocorrência, 54 a 67% de meses chuvosos quando as ATSM são positivas nos dois Oceanos. Na relação entre ATSM negativas nos dois Oceanos e os meses secos não há valores significativos (27 a 29%), mas pode-se observar que para a relação ATSM negativa com os meses chuvosos é baixa com o máximo de 10% no grupo A e nula no grupo B.

Na Primavera pode-se ter algumas características evidentes como, uma intensificação na relação inversa entre as ATSM negativas no ATLSW com os meses chuvosos, o aumento de 30 para 40 % na relação entre as ATSM negativas no PACE e os meses secos, indicando uma possível influência do evento La Niña na região, mas somente estes cálculos não possibilitam a determinação precisa da influência de cada Oceano, sendo apenas uma avaliação preliminar.

4.3 Influência das Temperaturas da Superfície do Oceano Atlântico Sul E Sudoeste no Regime de Precipitação Mensal da Região Sul do Brasil

O Oceano Atlântico possui algumas diferenças quando comparado aos outros Oceanos do globo, destacando-se uma baixa variabilidade interanual, tendo um maior destaque para as variabilidades sazonais e interdecadais (Venegas et al., 1998; Tourre et al., 1999). A variabilidade interanual das ATSM do Atlântico Sul e Sudoeste (Figura 3.2) pode ser vista na Figura 4.9, onde encontram-se as série temporais das anomalias de TSM para estas regiões do Atlântico, com coeficiente de correlação significativo a 95% pelo teste t de $r = 0,45$ para os 576 meses.

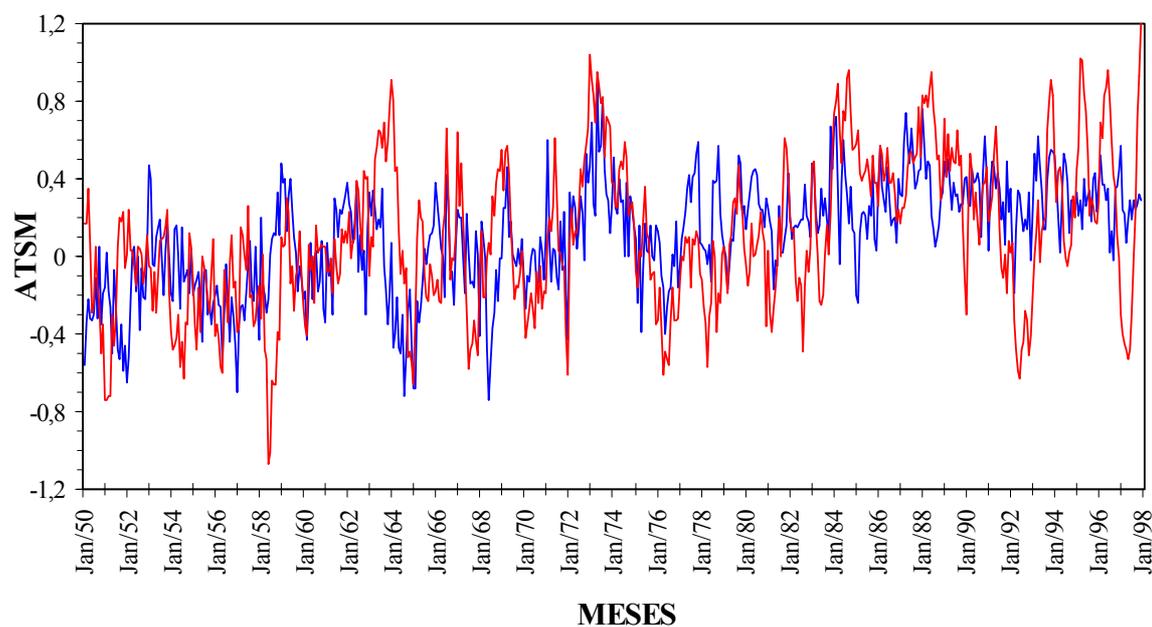


FIGURA 4.9 - Séries temporais da anomalias de TSM no ATLSW (azul) e Sul (vermelho).

Na grande maioria dos meses as anomalias de TSM, nestas duas regiões do Atlântico estão em fase. As maiores amplitudes de ATSM são observadas no setor Sul (entre $-1,1^{\circ}\text{C}$ e $+1,1^{\circ}\text{C}$). Na parte Sudoeste, as amplitudes ficam entre $-0,7^{\circ}\text{C}$ e $+0,7^{\circ}\text{C}$. As climatologias das TSM trimestrais globais, baseadas nos dados de Smith e Reynolds(1998) são apresentada na Figura 4.10.

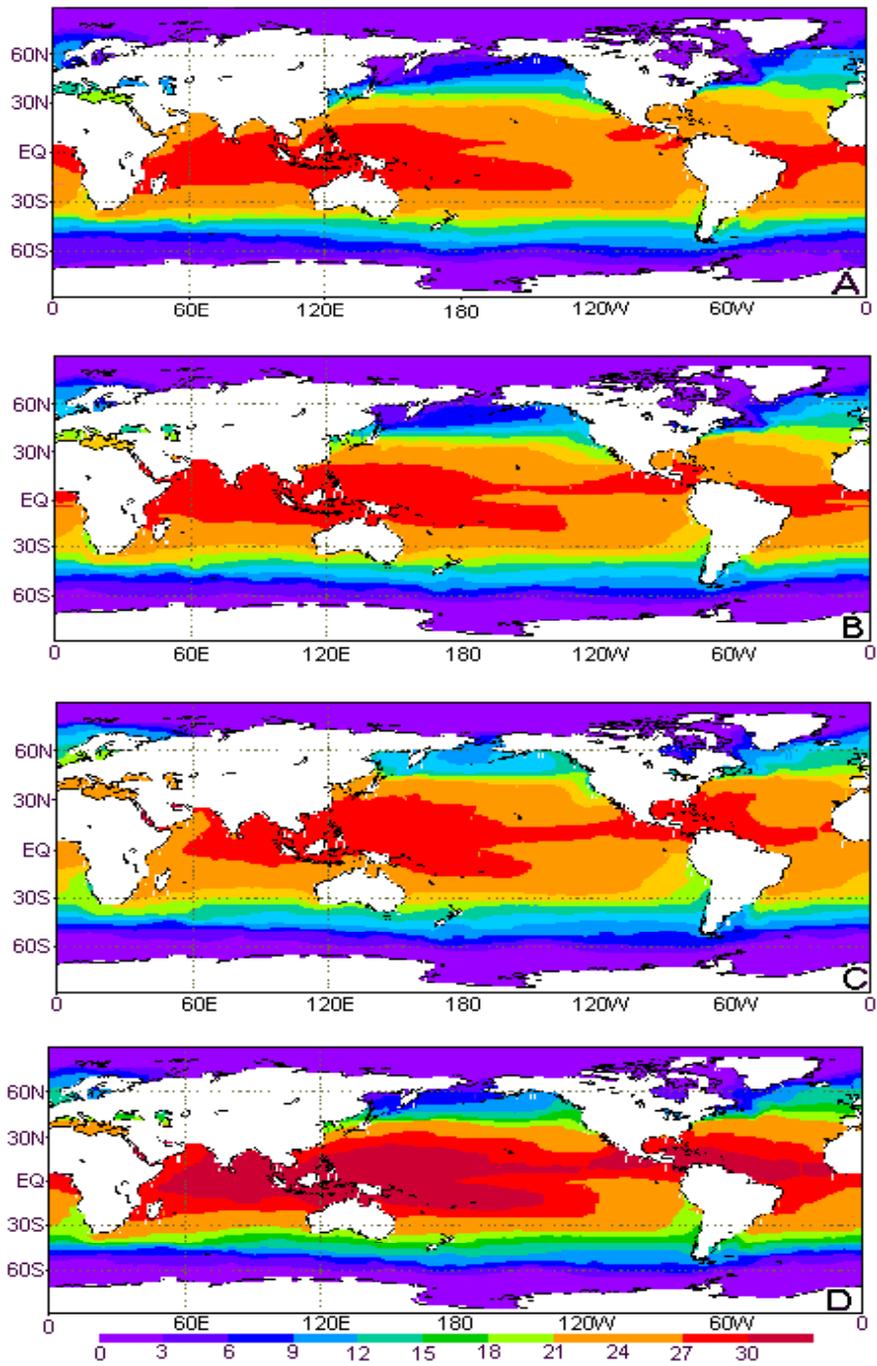


FIGURA 4.10 Climatologia trimestral global das temperaturas dos Oceanos (1950 a 1992) - primeiro trimestre do ano (A), segundo (B), terceiro (C) e quarto (D).
 FONTE: Smith e Reynolds (1998).

Pode-se observar na Figura 4.10 uma grande variabilidade sazonal das TSM no Atlântico principalmente no setor Norte e Sudoeste (Enfield, 1996) com uma variação de até 5^oC entre o terceiro e quarto trimestre do ano. Na região do Niño 3.4 tem-se as maiores temperaturas globais, com uma média de 30^oC para os 3 primeiros trimestres do ano, e de 33^oC para o último trimestre do ano. Pode-se também observar um aquecimento em toda a região tropical no último trimestre, que se estende até aproximadamente 25^oS.

Comparando os setores Norte (30^oN 50^oE) e Sudoeste (30^oS 50^oE) do Atlântico pode-se observar algumas características em comum, como uma semelhança na variação sazonal das TSM nestes 2 setores com uma maior variação entre o terceiro e quarto trimestres e uma situação estável no primeiro e segundo trimestres, estas relações entre os dois setores do atlântico já foram citadas em alguns trabalhos como de Curtis e Hastenrath (1995).

Para estudar a relação das ATSM do Oceano Atlântico Sul e Sudoeste com as precipitações da região Sul utilizando categorias de tercís, é construída a Figura 4.11 com as categorias de ATSM mensais (abaixo, quase e acima da normal), obtidas conforme descrito no item 3.2 da metodologia.

Na Figura 4.11 observa-se um comportamento mais regular do ATLSW (A) em relação ao Atlântico Sul (B), principalmente para a categoria quase normal, pode-se observar que a categoria abaixo da normal possui ATSM maiores .

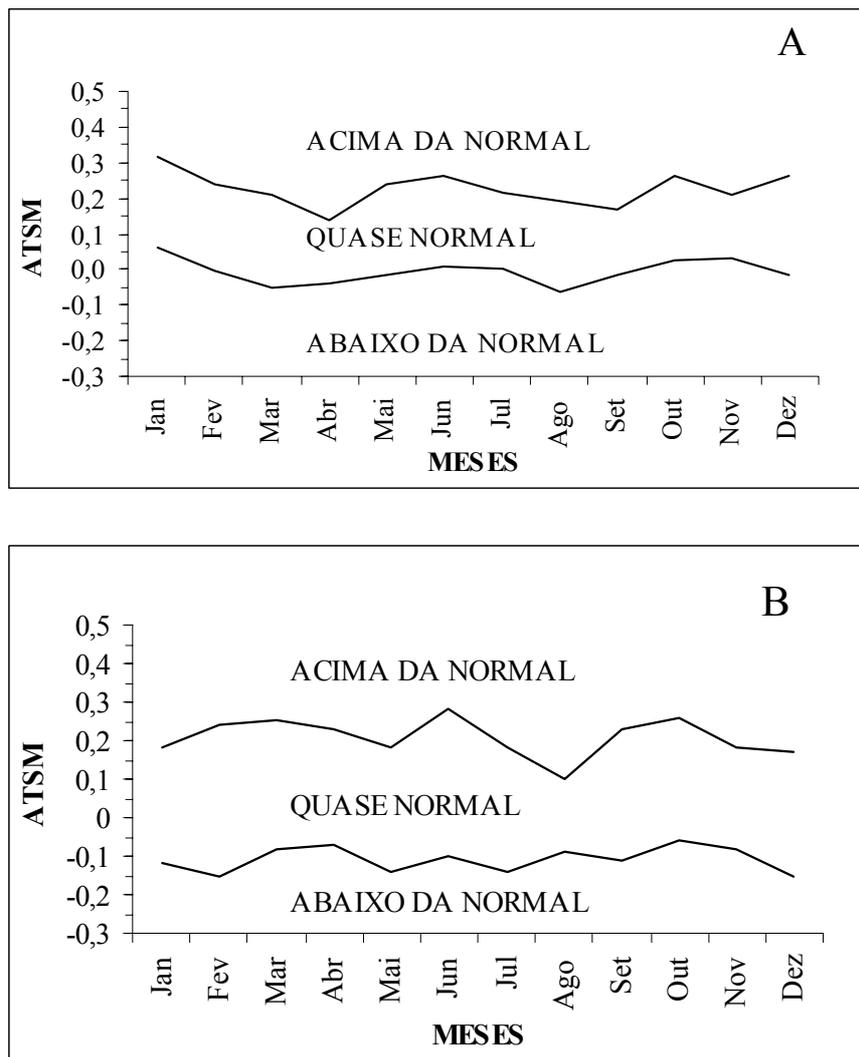


FIGURA 4.11 - Limites das 3 categorias de TSM mensais (tercis) para as 2 regiões consideradas no Oceano ATLSW (A) e ATLS (B).

Uma análise prévia da influência do ATLSW nas precipitações da região Sul pode ser vista nas figs. 4.12, 4.13, 4.14 e 4.15 que mostram os mapas das isolinhas de correlação significativas nos 4 trimestre do ano respectivamente, entre os índices de precipitação trimestrais (IPT) dos grupos homogêneos A, B e C e as ATSM trimestrais no ATLSW em ponto de grade $2^0 \times 2^0$.

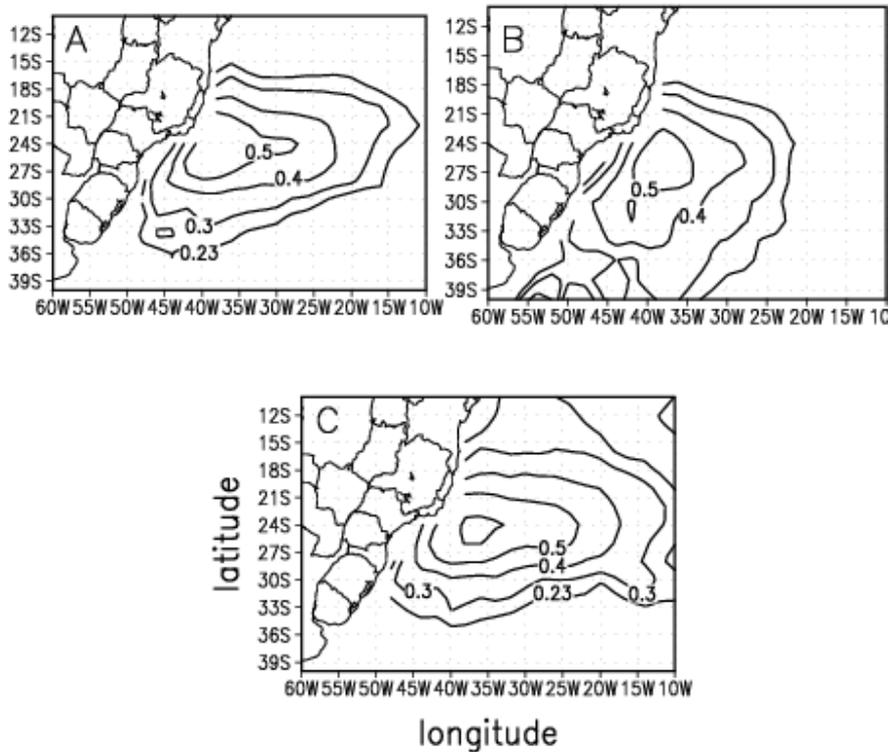


FIGURA 4.12- Isolinhas de correlação simultânea no primeiro trimestre do ano entre o (IPT) dos grupos A, B e C e as ATSM trimestrais no ATLSW.

Para todas as figuras que envolvem correlação em pontos de grade $2^{\circ} \times 2^{\circ}$ com índices possuem valores significativos pelo teste t a 95% com $r \geq 0,23$. Na Figura 4.12 os maiores valores são no grupo C, ao norte de 33° S. No grupo A a região significativa situa-se entre 15° e 35° S e no grupo B entre 18° e 40° S. A área decresce da costa para leste, indicando uma maior influência da parte costeira do Oceano, concordando com os resultados de Abreu e Moura (1996), Zaviyalov et al. (1999) e Lentini et al. (2001) e indicando que o fluxo de umidade do Oceano para a atmosfera seria o principal fator que influenciaria as anomalias de precipitação nas regiões próximas aos Oceanos.

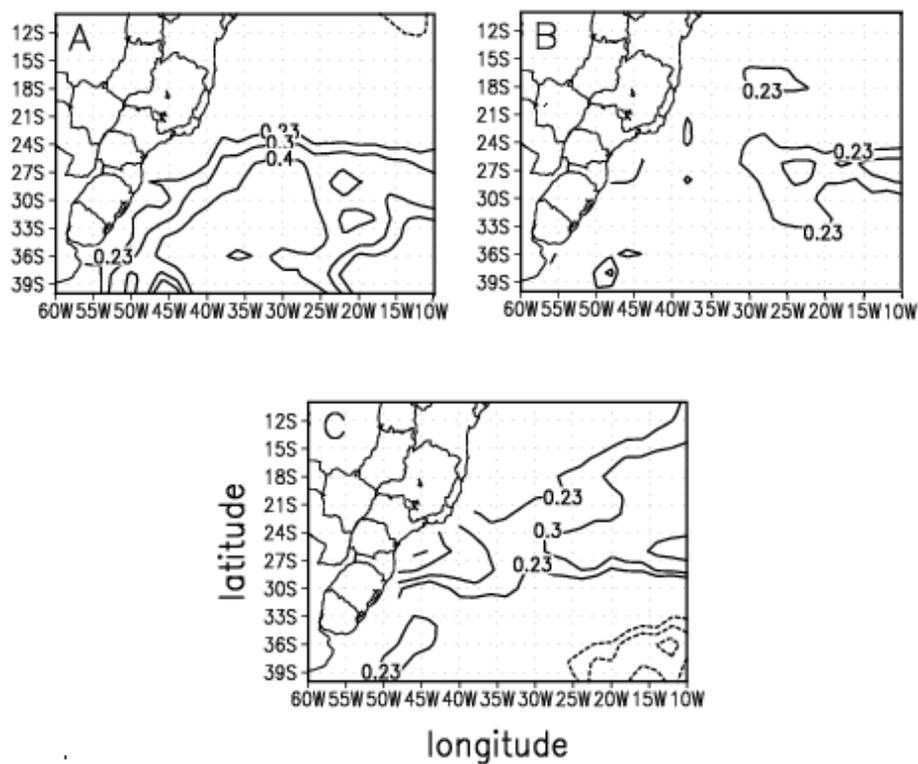


FIGURA 4.13- Isolinas de correlação simultânea no segundo trimestre do ano entre o (IPT) dos grupos A, B e C e as ATSM trimestrais do ATLSW.

Na Figura 4.13 os maiores valores estão localizados no grupo A, até 21°S, para o grupo B há uma pequena região significativa situando-se entre 24° e 33° S. O grupo C possui valores significativos em praticamente toda a região, desaparecendo apenas na região costeira acima de 21°S, neste grupo também surgem valores significativos de correlações negativas entre as latitudes de 33° a 40°S e as longitudes de 25° a 10°W.

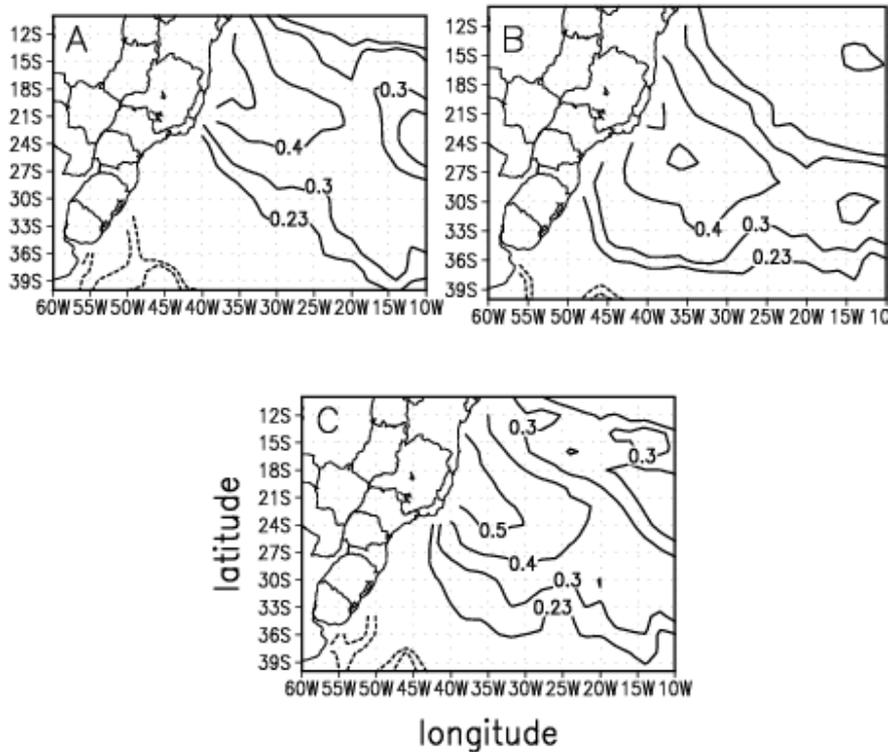


FIGURA 4.14 - Isolinhas de correlação simultânea no terceiro trimestre do ano entre o (IPT) dos grupos A, B e C e as ATSM trimestrais do ATLSW.

As influências das TSM do Oceano Atlântico na região Sul no Inverno é vista na Figura 4.14. Para o terceiro trimestre voltam a existir os valores mais intensos semelhantes ao primeiro trimestre porém com linhas mais esparsas e deslocadas para o Norte nos 3 grupos.

Na Figura 4.15 observa-se um decréscimo nas correlação significativas em relação ao trimestre anterior, diminuindo também o valor máximo do coeficiente de correlação de 0,5 para 0,4. Observando as 4 figuras pode-se atribuir algumas características em comum tais como os valores das correlações diminuem nos grupos A e B no Inverno em relação ao Verão. Isto pode ser devido ao fato da diminuição de temperatura do ATLSW nesta estação como mostrado na Figura 4.10, levando à uma redução no fluxo de umidade do Oceano para a atmosfera. Os padrões das isolinhas de correlação no grupo C, mantém-se

semelhante ao de Verão. Observa-se também a existência de isolinhas de correlação negativa ao Sul da zona de confluência, que deveria se encontrar mais ao norte nesta estação (Giarolla, 1999), indicando provavelmente a penetração da corrente das Malvinas mais ao Norte.

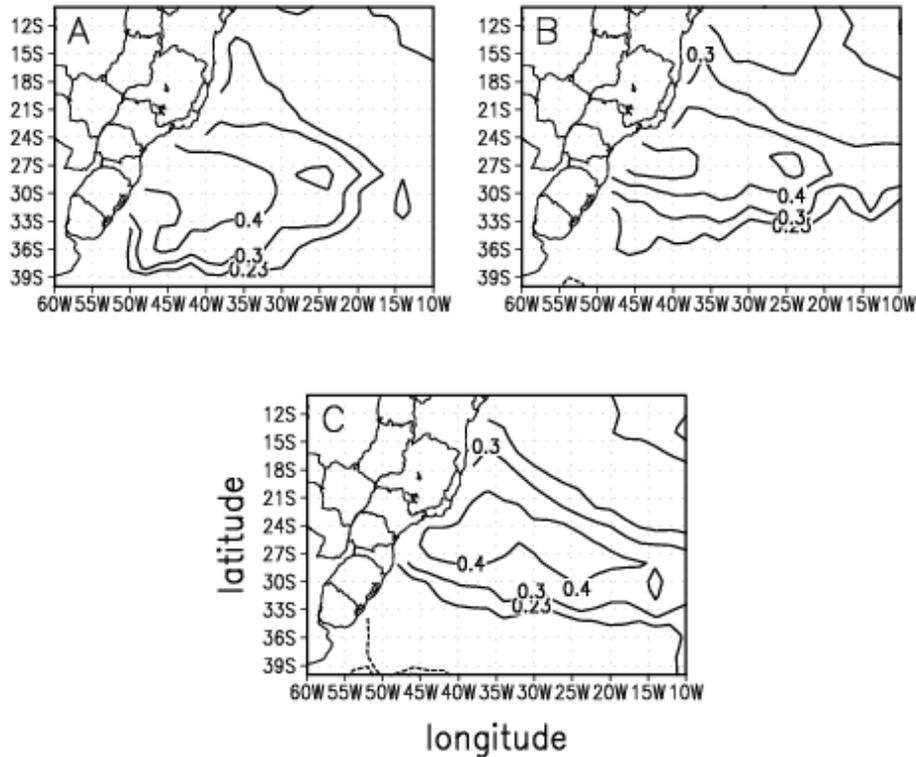


FIGURA 4.15 - Isolinhas de correlação simultânea no quarto trimestre do ano entre o (IPT) dos grupos homogêneos A, B e C e as ATSM trimestrais do ATLSW.

Para analisar a influência das ATSM do ATLSW nas precipitações da região Sul utilizando-se os tercís (abaixo, quase e acima da normal), é construída a Tabela 4.4, onde encontram-se as frações percentuais dos trimestres com ocorrência de determinada categoria de ATSM no ATLSW e sua categoria correspondentes de precipitação nos 3 grupos homogêneos considerados, para os 4 trimestres e o ano todo.

TABELA 4.4 - Tabelas de Contingências entre as Ocorrências Simultâneas das Diferentes Categorias de Precipitação nos 3 Grupos Homogêneos e as de TSM No ATLSW (Abaixo, Quase e Acima da Normal) nos 4 Trimestres do Ano e no Ano Todo.

GRUPO A

TSM.	PREC.	JFM	AMJ	JAS	OND	ANO
ABAIXO	ABAIXO	41	33	43	60	44
	NORMAL	35	41	26	21	32
	ACIMA	24	25	30	20	24
QUASE NORMAL	ABAIXO	35	40	33	20	32
	NORMAL	33	26	38	51	37
	ACIMA	33	33	29	29	31
ACIMA	ABAIXO	24	28	22	23	24
	NORMAL	33	32	34	24	31
	ACIMA	43	41	44	52	45

GRUPO B

TSM	PREC.	JFM	AMJ	JAS	OND	ANO
ABAIXO	ABAIXO	46	42	37	49	43
	NORMAL	28	38	39	31	34
	ACIMA	26	20	24	20	22
QUASE NORMAL	ABAIXO	37	33	32	30	33
	NORMAL	30	34	30	34	32
	ACIMA	33	23	38	36	35
ACIMA	ABAIXO	19	25	30	23	24
	NORMAL	40	27	30	35	34
	ACIMA	40	48	40	42	42

GRUPO C

TSM	PREC.	JFM	AMJ	JAS	OND	ANO
ABAIXO	ABAIXO	44	48	41	44	44
	NORMAL	35	28	33	36	33
	ACIMA	22	24	26	20	23
QUASE NORMAL	ABAIXO	33	37	30	32	33
	NORMAL	34	28	26	32	30
	ACIMA	33	34	44	36	37
ACIMA	ABAIXO	25	15	28	25	23
	NORMAL	31	44	43	33	37
	ACIMA	44	42	30	42	40

Os maiores valores encontrados na Tabela 4.4 são observados no grupo A em todas relações no último trimestre do ano, para o grupo B as maiores percentagens estão na relação abaixo da normal no primeiro e último trimestres do ano e na relação acima da normal no segundo e quarto trimestres do ano, finalmente o grupo C apresenta os maiores valores nas relações abaixo da normal e acima da normal no primeiro, segundo e quarto trimestres do ano. Na verificação destas taxas de acerto foram utilizadas tabelas de contingência como as da Tabela 4.5.

TABELA 4.5 Taxas de Acerto, Falso Alarme e Escore das Características Operacionais Relativas entre as Categorias de Precipitação nos 3 Grupos e as Categorias de TSM do ATLSW nos 4 Trimestres do Ano e no Ano Todo.

(A)

MESES	TSM X PREC.	TA	FA	D	ESCORE
JFM	Abaixo x Abaixo	61,8	58,7	0,08	0,06
	Normal x Normal	55,6	67,4	-0,3	-0,24
	Acima x Acima	61,8	55,8	0,16	0,12
AMJ	Abaixo x Abaixo	55,6	66	-0,28	-0,22
	Normal x Normal	52,1	71,7	-0,52	-0,4
	Acima x Acima	61,8	58,3	0,08	0,06
JAS	Abaixo x Abaixo	61,8	54,9	0,18	0,14
	Normal x Normal	58,3	62,3	-0,1	-0,08
	Acima x Acima	63,2	57,5	0,16	0,12
OND	Abaixo x Abaixo	72,9	40	0,64	0,48
	Normal x Normal	68,1	48,9	0,52	0,4
	Acima x Acima	67,4	48,1	0,5	0,38
ANO TODO	Abaixo x Abaixo	62,9	55,7	0,18	0,14
	Normal x Normal	58	63	-0,14	-0,12
	Acima x Acima	63,2	55,2	0,2	0,16

(Continua)

TABELA 4.5 (Conclusão).

(B)

MESES	TSM X PREC.	TA	FA	D	ESCORE
JFM	Abaixo x Abaixo	63,9	54,3	0,24	0,2
	Normal x Normal	54,2	63	-0,22	-0,18
	Acima x Acima	59,7	59,6	0	0
AMJ	Abaixo x Abaixo	61,1	58	0,06	0,04
	Normal x Normal	56,9	65,2	-0,22	-0,18
	Acima x Acima	65,3	52,1	0,36	0,28
JAS	Abaixo x Abaixo	57,6	62,7	-0,12	-0,1
	Normal x Normal	52,1	69,8	-0,46	-0,36
	Acima x Acima	61,1	60	0,02	0,02
OND	Abaixo x Abaixo	66	51,1	0,4	0,32
	Normal x Normal	56,2	66	-0,26	-0,2
	Acima x Acima	61,1	57,7	0,08	0,06
ANO TODO	Abaixo x Abaixo	62,2	56,8	0,16	0,12
	Normal x Normal	54,9	67,7	-0,36	-0,28
	Acima x Acima	61,8	57,3	0,12	0,1

(C)

MESES	TSM X PREC.	TA	FA	D	ESCORE
JFM	Abaixo x Abaixo	62,5	56,5	0,16	0,12
	Normal x Normal	56,9	65,2	-0,22	-0,18
	Acima x Acima	62,5	55,8	0,18	0,14
AMJ	Abaixo x Abaixo	65,3	52	0,36	0,28
	Normal x Normal	52,8	71,7	-0,5	-0,38
	Acima x Acima	61,1	58,3	0,06	0,04
JAS	Abaixo x Abaixo	60,4	58,8	0,04	0,04
	Normal x Normal	49,3	73,6	-0,64	-0,48
	Acima x Acima	55,6	70	-0,4	-0,32
OND	Abaixo x Abaixo	63,2	55,6	0,2	0,16
	Normal x Normal	54,9	68,1	-0,36	-0,28
	Acima x Acima	61,1	57,7	0,08	0,06
ANO TODO	Abaixo x Abaixo	62,8	55,7	0,18	0,14
	Normal x Normal	53,5	69,8	-0,44	-0,34
	Acima x Acima	60	60	0	0

* Os escores significativos estão assinalados

Analisando a Tabela 4.5 pode-se verificar que as tendências encontradas na Tabela 4.4 se confirmaram encontrando para o grupo A o maior número de escores significativos entre as categorias de TSM no ATLSW e as de precipitação, com um destaque para o último trimestre (Primavera) encontrando uma relação direta entre TSM e precipitação. No

primeiro semestre o único valor significativo foi na relação acima da normal no primeiro trimestre e considerando a ano todo as relações abaixo e acima da normal foram significativas com escores de 0,14 e 0,16 respectivamente.

Os valores significativos para os grupos B e C são similares na relação abaixo da normal sendo significativa durante o ano todo, diferenciando-se apenas no fato da relação abaixo da normal, no segundo trimestre não ser significativa no grupo B. Para as relações acima da normal os grupos B e C possuem apenas um valor significativo no segundo e primeiro trimestre respectivamente.

Os valores em cada grupo discordam em período e magnitude, justificando a formação de grupos para caracterizar a influência do ATLSW na região, mas com uma tendência a homogeneidade na Primavera e Verão, o que concorda com os resultados encontrados na bibliografia como por exemplo Studizinski (1995), Pezzi (1998) e Grimm e Feuser (1998). Outra característica evidente é que os maiores valores encontram-se no grupo A, mais próximo ao litoral, indicando uma maior influência dos processos de interação Oceano - atmosfera nesta região. A Primavera - Verão também é o período em que há maior fluxo de umidade do Oceano para a atmosfera por estar mais quente neste período.

A maior influência das ATSM do ATLSW em relação ao PACE se dá no grupo A, e menos intensa no grupo C. No grupo B observa-se uma influência das ATSM do ATLSW em períodos e categorias de precipitação diferentes quando comparado ao PACE Tabela 4.6, indicando que para esta região o ATLSW é mais importante no primeiro semestre na categoria de ATSM abaixo da normal. O PACE parece ser mais importante durante o segundo semestre no caso de El Niño e precipitações acima da normal.

Construindo as mesmas tabelas, que representam a relação entre o ATLSW e os grupos da região Sul, só que para a relação entre o Atlântico Sul com as precipitações na região Sul, obteve-se apenas 2 resultados significativos, no grupo A para a categoria abaixo x abaixo

na Primavera com escore de 0,16 e no grupo B para a categoria acima x acima no Outono com escore de 0,18.

4.4 Relações Entre as Temperaturas da Superfície do Oceano Pacífico e as Precipitações na Região Sul

A região Sul é uma das regiões mais atingidas pelo efeito ENOS como descrito por alguns autores (Kousky e Ropelewski, 1989; Rao e Hada, 1990; Grimm et al., 2000). Estes trabalhos mostram os efeitos do ENOS com intensidade e posições variadas para diferentes sub-regiões inseridas na região Sul, provavelmente porque a maioria destes trabalhos não possuíam séries mensais suficientemente longas e um número razoável de estações pluviométricas para bem caracterizar sua variabilidade.

Para um estudo preliminar da influência do PACE na precipitação mensal dos grupos A, B e C, foram calculados índices de correlação mensal (48 meses) simultânea e defasada, entre as precipitações mensais (IPM) e as TSM do PACE na região do Niño 3.4 (IPE). Na Tabela 4.6 encontram-se estes coeficientes de correlação entre o (IPM x IPE).

O período com as maiores correlações, ou seja, aquele na qual as ATSMs do PACE causam uma maior influência nas precipitações da região Sul, é a Primavera e parte do Inverno, o que concorda com alguns trabalhos que levam em conta somente anos de El Niño e La Niña, como os de Kousky e Ropelewski (1989), Rao e Hada (1990), Pisciotano et al. (1994) e Grimm et al. (2000).

As maiores correlações são observadas no grupo B, com as estações mais ao Sul e este é o único grupo a manter o sinal durante o mês de dezembro, confirmando os resultados de Pisciotano et al. (1994) e Diaz et al. (1998) que mostram as correlações aumentando em direção ao Sul da América do Sul, com um máximo no Uruguai, no início da Primavera e no Outono - Inverno do ano seguinte.

TABELA 4.6 - Correlações Mensais Simultâneas e Defasadas entre o Índice de Precipitação Mensal (IPM) nos 3 Grupos Homogêneos Considerados e o Índice do Pace (IPE).

GRUPO A

MÊS	DEFASAGEM (MESES)							
	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7
Janeiro	0,13	-0,11	-0,11	-0,16	-0,13	-0,10	-0,14	-0,12
Fevereiro	0,14	0,12	0,06	0,07	0,10	0,13	0,06	0,07
Março	-0,11	-0,22	-0,18	-0,20	-0,17	-0,17	-0,16	-0,19
Abril	-0,02	0,12	0,11	0,07	0,01	0,01	0,00	0,05
Maio	0,28	0,32	0,49	0,40	0,32	0,26	0,26	0,25
Junho	0,17	0,27	0,23	0,25	0,33	0,28	0,29	0,26
Julho	0,08	0,21	0,35	0,25	0,33	0,32	0,22	0,16
Agosto	0,13	0,10	0,03	0,12	0,10	0,13	0,09	0,00
Setembro	-0,04	0,00	0,01	0,13	0,31	0,31	0,33	0,31
Outubro	0,52	0,51	0,47	0,48	0,46	0,29	0,30	0,10
Novembro	0,44	0,42	0,43	0,40	0,39	0,40	0,38	0,22
Dezembro	0,11	0,12	0,09	0,12	0,04	0,10	0,19	0,13

GRUPO B

MÊS	DEFASAGEM (MESES)							
	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7
Janeiro	-0,03	-0,10	-0,09	-0,12	-0,04	0,07	0,09	0,09
Fevereiro	0,26	0,23	0,25	0,25	0,24	0,23	0,16	0,23
Março	-0,09	-0,15	-0,12	-0,11	-0,09	-0,09	-0,04	-0,10
Abril	0,17	0,16	0,20	0,11	0,10	0,04	0,04	0,04
Maio	0,28	0,30	0,27	0,20	0,12	0,15	0,14	0,11
Junho	0,08	0,21	0,26	0,18	0,19	0,19	0,19	0,22
Julho	0,18	0,32	0,42	0,39	0,51	0,44	0,48	0,46
Agosto	0,35	0,33	0,25	0,19	0,09	0,11	0,03	0,01
Setembro	0,02	-0,02	0,00	-0,02	-0,01	0,00	-0,02	-0,03
Outubro	0,54	0,55	0,51	0,54	0,53	0,42	0,42	0,22
Novembro	0,60	0,58	0,59	0,52	0,49	0,47	0,35	0,23
Dezembro	0,30	0,31	0,32	0,30	0,31	0,37	0,42	0,27

(Continua)

TABELA 4.6 (Conclusão).

GRUPO C								
DEFASAGEM (MESES)								
MÊS	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7
Janeiro	-0,16	-0,19	-0,15	-0,12	-0,13	0,12	0,03	0,06
Fevereiro	0,3	0,27	0,06	0,07	0,13	-0,13	0,12	0,08
Março	-0,03	-0,01	-0,04	-0,04	-0,06	-0,08	-0,03	-0,04
Abril	0,00	0,15	0,17	0,11	0,08	0,06	0,04	0,11
Maio	0,28	0,30	0,33	0,29	0,19	0,16	0,14	0,13
Junho	0,16	0,22	0,19	0,10	0,12	0,08	0,09	0,09
Julho	0,15	0,31	0,47	0,37	0,50	0,46	0,40	0,30
Agosto	0,16	0,13	0,03	-0,03	-0,13	-0,06	-0,14	-0,13
Setembro	0,08	0,00	0,03	0,12	0,28	0,31	0,34	0,31
Outubro	0,34	0,41	0,32	0,37	0,36	0,27	0,38	0,23
Novembro	0,54	0,56	0,52	0,50	0,46	0,44	0,37	0,24
Dezembro	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	-0,01	0,00	0,00

* As correlações significativas à 90% ($r > 0,23$) estão assinaladas

Considerando as diferenças entre as correlações simultâneas e defasadas tem-se as maiores magnitude dos índices de correlação vistos nas correlações simultâneas e com defasagem de 1 mês, no último trimestre do ano (Primavera), mas pode-se observar correlações significativas entre os meses de maio a julho (Inverno), com um máximo de 4 a 5 meses de defasagem. Esta influência já foi citada por alguns autores como Ropelewski e Halpert, (1987) e Grimm et al. (1998), que encontraram relações significativas entre o El Niño e as precipitações do ano seguinte na região Sul do Brasil.

Através deste método, considerando todos os meses, encontram-se resultados levemente diferentes dos obtidos por Studzinski (1995), que verificou influência do PACE nas precipitações da região Sul em praticamente todos os meses do ano. Uma das limitações deste tipo de análise de correlação é a impossibilidade de caracterizar qual evento do PACE (El Niño ou La Niña) causa uma maior influência na variabilidade das precipitações na região.

Para analisar somente os efeitos do PACE, classificados nos eventos de El Niño, La Niña e Normal, foi utilizado o critério de Trenberth (1997), que permite definir a duração,

intensidade e magnitude destes eventos. Neste período, houve 16 eventos de El Niño, ocorrendo em 180 meses, ou 31% do período, 10 eventos de La Niña, com 132 meses, ou 23% do período e finalmente 26 eventos Normais (sem El Niño e La Niña) ocorrendo em 46% do período.

A verificação das tendências encontradas nas tabelas da seção anterior é feita construindo a Tabela 4.7 que mostra as frações percentuais dos 4 trimestres com determinada ocorrência de eventos de TSM no PACE (PACE) (El Niño, La Niña e Normal) e correspondentes percentagens de ocorrência de determinada categoria de precipitação (abaixo, normal e acima da normal) em cada grupo. O período é dividido em 4 trimestres correspondentes às quatro estações do ano e para complementar o ano todo.

Na Tabela 4.7 pode-se observar as maiores porcentagens na relação El Niño e precipitação acima da normal em todos os grupos durante o segundo semestre e no grupo C no primeiro trimestre, com o máximo na Primavera com os maiores valores no grupo B. Considerando a relação entre os eventos de La Niña e precipitações abaixo da normal os maiores valores ocorrem somente na Primavera nos grupos A e B.

Uma análise objetiva das maiores porcentagens encontradas na Tabela 4.7 é feita através da construção das tabelas de contingências para os 3 grupos como mostrado na Tabela 4.8, destacando os escores das características operacionais (COR) para as ocorrências simultâneas mensais dos eventos de TSM no PACE e correspondente categoria de precipitação em determinado grupo, calculados a partir das taxas percentuais de acerto (TA) e de falso alarme (FA), para os 4 trimestres do ano e o ano todo.

TABELA 4.7 Tabelas de Contingências Entre as Categorias de Precipitação nos 3 Grupos Considerados nos 4 Trimestres do Ano e o Ano Todo Durante os Eventos de TSM no Pace.

(A)

TSM	PRECIPITAÇÃO	JFM	AMJ	JAS	OND	ANO
LA NIÑA 23%	ABAIXO	18	33	40	50	34
	NORMAL	30	24	34	31	31
	ACIMA	52	43	27	18	35
NORMAL 46%	ABAIXO	41	44	37	40	39
	NORMAL	37	30	33	30	34
	ACIMA	21	27	30	30	27
EL NIÑO 31%	ABAIXO	31	30	32	16	27
	NORMAL	36	30	25	34	32
	ACIMA	33	40	43	50	42

(B)

TSM	PRECIPITAÇÃO	JFM	AMJ	JAS	OND	ANO
LA NIÑA 23%	ABAIXO	19	40	36	45	35
	NORMAL	35	37	40	48	39
	ACIMA	45	33	24	7	27
NORMAL 46%	ABAIXO	44	36	33	35	37
	NORMAL	30	35	38	31	33
	ACIMA	26	30	29	33	30
EL NIÑO 31%	ABAIXO	29	33	31	20	27
	NORMAL	33	27	21	30	27
	ACIMA	38	40	48	50	45

(C)

TSM	PRECIPITAÇÃO	JFM	AMJ	JAS	OND	ANO
LA NIÑA 23%	ABAIXO	21	33	36	39	33
	NORMAL	38	41	33	42	39
	ACIMA	40	35	30	18	29
NORMAL 46%	ABAIXO	43	35	31	31	35
	NORMAL	31	34	41	28	34
	ACIMA	26	31	27	32	30
EL NIÑO 31%	ABAIXO	29	33	33	24	28
	NORMAL	28	37	32	30	32
	ACIMA	43	30	44	46	41

TABELA 4.8 Taxas de Acerto, Falso Alarme e Escore das Características Operacionais Relativas entre as Categorias de Precipitação nos 3 Grupos Homogêneos, Considerando, os 4 Trimestres do Ano e no Ano Todo, Durante os Eventos do PACE

(A)

MESES	Pac. x Prec.	TA	FA	D	ESCORE
JFM	Niña x Abaixo	52,1	83,9	-0,92	-0,64
	Normal x Normal	51,4	62,9	-0,28	-0,22
	Niño x Acima	58,3	66,7	-0,2	-0,16
AMJ	Niña x Abaixo	54,9	66,7	-0,3	-0,24
	Normal x Normal	50,7	70,3	-0,52	-0,4
	Niño x Acima	61,1	60	0,04	0,04
JAS	Niña x Abaixo	59,7	60,6	-0,02	-0,02
	Normal x Normal	54,9	66,6	-0,3	-0,24
	Niño x Acima	61,8	56,3	0,14	0,12
OND	Niña x Abaixo	66,7	50	0,42	0,32
	Normal x Normal	52,8	70,2	-0,48	-0,36
	Niño x Acima	66,7	52	0,38	0,3
ANO TODO	Niña x Abaixo	58,5	65,1	-0,16	-0,12
	Normal x Normal	52,6	65,9	-0,3	-0,24
	Niño x Acima	61,3	58,6	0,06	0,04

(B)

MESES	Pac. x Prec.	TA	FA	D	ESCORE
JFM	Niña x Abaixo	54,2	82,4	-0,8	-0,58
	Normal x Normal	50	65,3	-0,4	-0,32
	Niño x Acima	63,2	65	-0,04	-0,04
AMJ	Niña x Abaixo	59,4	60	0	0
	Normal x Normal	50,7	62,9	-0,3	-0,24
	Niño x Acima	58,3	62,8	-0,1	-0,08
JAS	Niña x Abaixo	57,6	63,6	-0,14	-0,12
	Normal x Normal	53,5	55,7	-0,04	-0,04
	Niño x Acima	61,1	55,3	0,14	0,12
OND	Niña x Abaixo	63,9	55,2	0,22	0,18
	Normal x Normal	50	69,6	-0,52	-0,4
	Niño x Acima	67,4	49	0,48	0,36
ANO TODO	Niña x Abaixo	59,5	65	-0,14	-0,12
	Normal x Normal	51,9	67	-0,4	-0,32
	Niño x Acima	63,4	53,6	0,26	0,2

(continua)

TABELA 4.8 (Conclusão).

(C)

MESES	Pac. x Prec.	TA	FA	D	ESCORE
JFM	Niña x Abaixo	52,8	80	-0,76	-0,56
	Normal x Normal	49,3	68,6	-0,5	-0,38
	Niño x Acima	62,2	57,1	0,14	0,12
AMJ	Niña x Abaixo	59	66,7	-0,2	-0,16
	Normal x Normal	49,3	66,2	-0,44	-0,34
	Niño x Acima	56,9	70	-0,36	-0,28
JAS	Niña x Abaixo	64,6	63,6	0,04	0,04
	Normal x Normal	57,6	58,7	-0,02	-0,02
	Niño x Acima	63,9	54	0,26	0,2
OND	Niña x Abaixo	60,4	60,5	0,02	0,02
	Normal x Normal	50,7	71,9	-0,56	-0,42
	Niño x Acima	64,6	54	0,28	0,22
ANO TODO	Niña x Abaixo	59,7	67,4	-0,22	-0,18
	Normal x Normal	51,2	65,4	-0,36	-0,28
	Niño x Acima	60,8	59,4	0,04	0,04

* Os valores significativos encontram-se assinalados

Analisando a Tabela 4.8 pode-se verificar que as tendências encontradas na Tabela 4.7 se confirmam. Para o grupo A e B observam-se valores significativos apenas no segundo semestre nas relações El Niño x acima da normal no terceiro e quarto trimestre e La Niña x abaixo da normal no quarto trimestre. O no grupo B é o único que possui a relação do El Niño x acima da normal significativa durante o ano todo, indicando que o Estado do RS é o mais afetado por este fenômeno, o que confirma os resultados obtidos por Rao e Hada (1990) e Diaz e Studizinski (1994).

Os valores dos grupos A e B diferenciam-se, no grupo A ocorre um alto valor de escore (0,32) na relação La Niña x abaixo da normal, praticamente o dobro do valor encontrado para o grupo B na Primavera, indicando a importância deste evento para a previsão das secas de Verão, que prejudicam a agricultura, pecuária e a produção de energia para esta região (Berlato, 1992).

No grupo C tem-se os únicos valores significativos para a relação El Niño e as precipitações acima da média no primeiro, terceiro e quarto trimestres indicando que a influência do evento El Niño neste grupo possui os maiores valores das precipitações anuais Figura 4.3, tendo grande importância para a economia da região.

Os valores encontrados na Tabela 4.8 confirmam alguns resultados obtidos pelo método da correlação linear e dos tercis, principalmente em relação ao El Niño, com sua influência estendendo-se ao segundo semestre do ano em todos os grupos. No Inverno com escores significativos entre 0,12 e 0,2 e na Primavera tendo escores entre 0,22 e 0,36. Estes resultados complementam os encontrados por Rao e Hada (1994) e Grimm et al. (1998) que obtiveram valores significativos apenas para o último trimestre do ano e para o Inverno do ano seguinte. Outra característica é que os eventos de La Niña influenciam a precipitação nos grupos A e B na Primavera, com escores entre 0,18 e 0,32.

4.5 Influência das Temperaturas da Superfície do Pacífico Equatorial nas Temperaturas do Atlântico Sul e Sudoeste

Os Oceanos Pacífico e Atlântico possuem uma forte ligação, principalmente na região Tropical estudada por alguns autores tais como, Aceituno (1988), Enfield (1996) e Enfield e Maier (1997) porém não encontrando um consenso nos fenômenos físicos responsáveis por esta ligação. Para priorizar a procura empírica destas ligações entre as TSM com as chuvas regionais é desejável que se tenha uma idéia das regiões significativamente afetadas pelas variabilidades das TSM do Atlântico e Pacífico.

A relação entre a variabilidade interanual das ATSM do PACE com as do ATLSW é primeiramente estudada com uma simples correlação entre os 576 meses, sendo significativa a 95% pelo teste t com coeficiente de correlação $r = 0,19$. Para a comparação destas duas séries é construída as Figura 4.16.

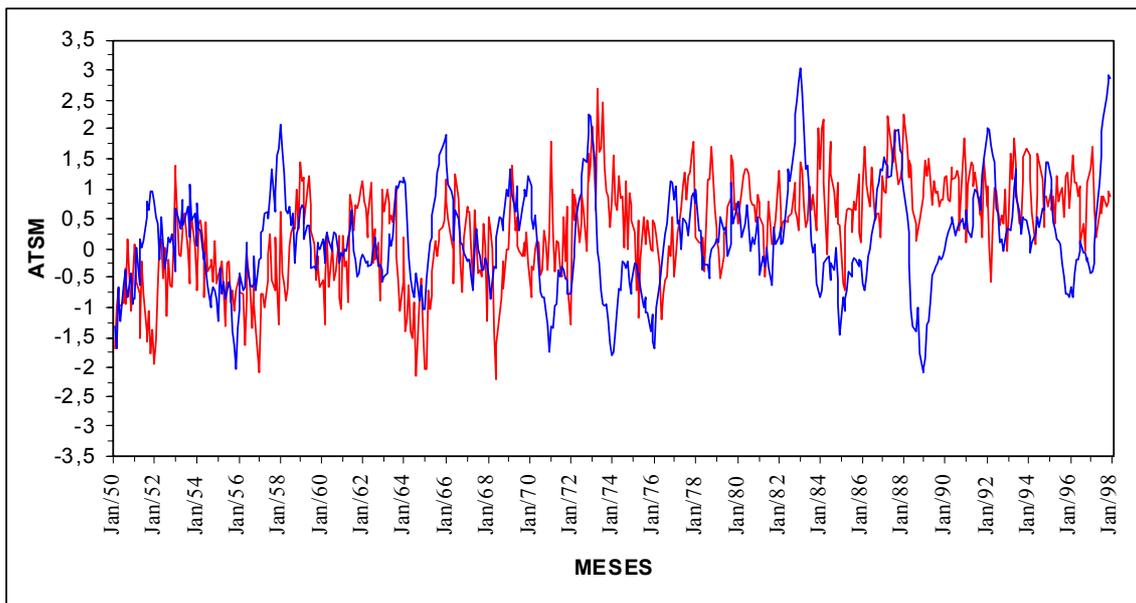


FIGURA 4.16- Séries temporais da anomalias de TSM no ATLSW x 3 (vermelho) e PACE (azul).

As amplitudes das anomalias de TSM são mais intensas no PACE (entre os -3°C e 3°C) enquanto no ATLSW as oscilações destas ATSMs estão entre os $-0,7^{\circ}\text{C}$ e $0,7^{\circ}\text{C}$.

Para visualizar a localidade da relação existente entre a região do PACE (Niño 3.4), e as TSM do ATLSW em pontos de grade de $2^{\circ} \times 2^{\circ}$, é construída a Figura 4.17, onde são mostradas as isolinhas de correlação simultânea entre as TSM do Pacífico e as TSM do ATLSW. Os trimestres escolhidos foram o primeiro (A) e o terceiro (B), a fim de identificar os contrastes existentes entre essas duas estações (Verão e Inverno).

Observa-se na Figura 4.17 que o Verão possui algumas características particulares em relação as outras estações com as isolinhas de correlação acompanhando a costa entre as latitudes de 25°S a 40°S , possuindo um máximo próximo à zona de confluência das correntes do Brasil e Malvinas, que neste período desloca-se entre 35°S e 40°S . No Inverno, a correlação diminui, tendo uma região com correlações significativas

perpendicular à costa deslocando-se aproximadamente 5° ao Norte e 15° à leste. Esta configuração é semelhante ao deslocamento da baixa do Pacífico que fortalece o jato subtropical sobre o Sul do Brasil (Grimm et al., 2000).

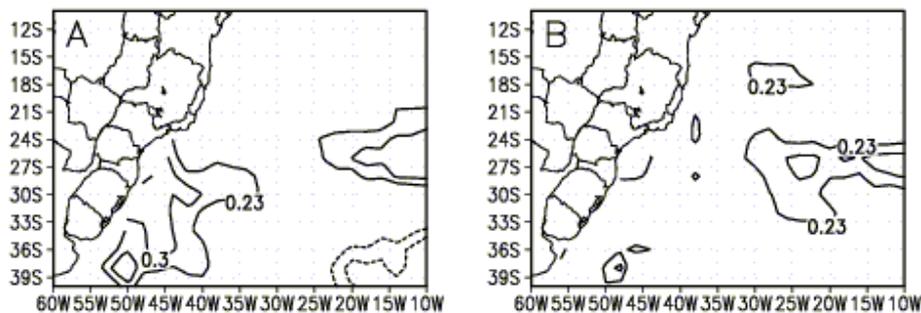


FIGURA 4.17- Isolinhas de correlação simultânea entre os eventos de TSM do Pacífico e as respectivas categorias de TSM no Atlântico SW, no primeiro (A) e no terceiro (B) trimestre do ano.

Os processos físicos envolvendo a influência das TSM do PACE sobre as do ATLSW podem ser mantidos por mais tempo (Grimm et al., 2000) para verificar este fato foram mantidas as ATSM do ATLSW e defasadas em um trimestre as do PACE, como mostrado na Figura 4.18. Segundo Elliott et al. (2001) o pico desta influência ocorre durante o próximo trimestre em algumas regiões específicas do Atlântico Sul.

Como pode-se observar, os valores das isolinhas se amplificam na Figura 4.18 A e B, indicando que as ATSM do Verão no PACE influenciam mais as ATSM do Outono que do Verão no ATLSW e o mesmo ocorre nas ATSM do Inverno no PACE que influenciam mais as ATSM da Primavera que do Inverno. As correlações entre os dois Oceanos possuem maiores valores na defasagem de um trimestre, concordando com o que foi sugerido por Elliott et al. (2001). A posição das isolinhas significativas também concordam com Lentini et al. (2001) que encontraram uma maior influência das ATSM do PACE nas regiões mais costeiras do ATLSW.

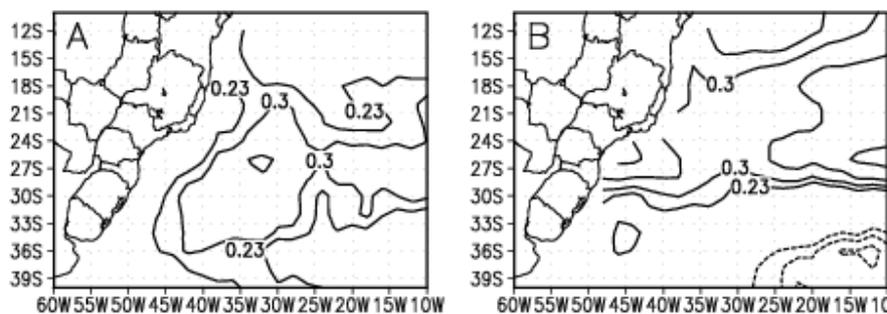


FIGURA 4.18 - Isolinhas de correlação defasada entre os eventos de TSM do Pacífico e respectivos categorias de TSM no Atlântico SW, no primeiro (A) e no terceiro (B) trimestre do ano.

Para uma análise mais detalhada, visando identificar qual evento do PACE causa a maior influência nas TSM do ATLSW são construídas as Tabelas 4.9 e 4.10 com as frações percentuais para as relações simultânea e defasada, para os 4 trimestres do ano e o ano todo.

Na Tabela 4.9 (A) observa-se que as correspondências mais significativas são as dos eventos La Niña com ATSM abaixo da normal, no ATLSW estendendo-se durante todo o ano, com maior valor no Inverno, indicando uma maior importância dos eventos de La Niña durante o Inverno para se prever quando ocorrerá as ATSM abaixo da normal no ATLSW, como mostraram os resultados de Campos (1999)

Na Tabela 4.9 (B) pode-se observar um máximo deslocado para a Primavera que também ocorre para o evento de El Niño durante o Verão com ATSM acima da normal, indicando que os eventos de El Niño no Verão influenciam as ATSM no Atlântico durante o Verão e mantêm-se no Outono.

TABELAS 4.9 - Tabelas de Contingências Simultânea (A) e Defasada de 1 Trimestre (B)
entre os Eventos de TSM no PACE e as Categorias de TSM no ATLSW
nos 4 Trimestres do Ano e o Ano Todo.

(A)

PACE	ATLSW	JFM	AMJ	JAS	OND	ANO
LA NIÑA 23%	ABAIXO	45	47	58	47	49
	NORMAL	23	30	33	32	30
	ACIMA	32	23	9	21	21
NORMAL 46%	ABAIXO	31	41	29	21	31
	NORMAL	37	27	37	33	33
	ACIMA	31	32	35	46	36
EL NIÑO 31%	ABAIXO	24	15	29	30	25
	NORMAL	29	45	40	34	37
	ACIMA	48	40	31	36	38

(B)

PACE.(-1 tri)	ATLSW	JFM	AMJ	JAS	OND	ANO
LA NIÑA 23%	ABAIXO	49	50	50	58	52
	NORMAL	24	22	33	30	27
	ACIMA	27	28	17	12	21
NORMAL 46%	ABAIXO	21	39	35	30	32
	NORMAL	37	37	32	32	35
	ACIMA	42	24	32	38	34
EL NIÑO 31%	ABAIXO	28	19	27	27	25
	NORMAL	34	29	43	38	36
	ACIMA	38	52	30	36	39

Uma análise objetiva das maiores porcentagens encontradas na Tabelas 4.9 (A e B) é feita através da construção das tabelas de contingências simultânea e defasada como mostrado na Tabela 4.10 (A e B) respectivamente.

TABELA 4.10 - Taxas de Acerto, Falso Alarme e Escore das Características Operacionais Relativas Simultâneas(A) e Defasadas (B) entre os Eventos de TSM No PACE e as Categorias de TSM no ATLSW nos 4 Trimestres do Ano e no Ano Todo.

(A)

MESES	PACE X ATLSW	TA	FA	D	ESCORE
JFM	Niña x Abaixo	65,7	54,8	0,28	0,22
	Normal x Normal	55,9	62,9	-0,16	-0,12
	Niño x Acima	62,2	52,4	0,26	0,2
AMJ	Niña x Abaixo	63,9	53,3	0,28	0,22
	Normal x Normal	43,8	73	-0,8	-0,58
	Niño x Acima	61,8	60	0,04	0,04
JAS	Niña x Abaixo	68,1	42,4	0,66	0,5
	Normal x Normal	51,4	63,5	-0,3	-0,24
	Niño x Acima	60,4	68,8	-0,22	-0,18
OND	Niña x Abaixo	67,6	52,6	0,4	0,32
	Normal x Normal	53,8	66,7	-0,32	-0,26
	Niño x Acima	54,5	64	-0,24	-0,18
ANO TODO	Niña x Abaixo	66,3	50,8	0,4	0,32
	Normal x Normal	51,2	66,7	-0,38	-0,3
	Niño x Acima	59,5	61,7	-0,06	-0,04

(B)

MESES	PACE X ATLSW	TA	FA	D	ESCORE
JFM	Niña x Abaixo	68,8	51,4	0,46	0,36
	Normal x Normal	56,7	63,2	-0,18	-0,14
	Niño x Acima	55,3	61,7	-0,16	-0,12
AMJ	Niña x Abaixo	64,5	50	0,38	0,3
	Normal x Normal	56,7	62,7	-0,16	-0,12
	Niño x Acima	68,1	47,6	0,54	0,42
JAS	Niña x Abaixo	63,8	50	0,36	0,28
	Normal x Normal	46,1	67,6	-0,56	-0,42
	Niño x Acima	61	70,3	-0,26	-0,2
OND	Niña x Abaixo	68,1	42,4	0,66	0,5
	Normal x Normal	50,4	68,3	-0,46	-0,36
	Niño x Acima	59,6	64,4	-0,14	-0,12
ANO TODO	Niña x Abaixo	66,3	48,5	0,46	0,36
	Normal x Normal	52,5	65,5	-0,34	-0,26
	Niño x Acima	61	60,8	0	0

Valores significativos foram obtidos na relação entre o evento La Niña e ATSM abaixo da normal em todos os trimestres do ano e no ano todo, tanto nos trimestres simultâneos quanto nos defasados. Os escores mais significativos foram observados no Inverno na relação simultânea e na Primavera na defasada, indicando que anomalias negativas de TSM no PACE do Inverno influenciam as ATSM do ATLSW abaixo da normal nesta estação, persistindo esta influência para a Primavera. A persistência desta influência, La Niña no Inverno sobre as ATSM abaixo da normal no ATLSW, é citada por alguns autores como Elliott. et al. (2001) que atribuem o principal efeito físico a variabilidade dos ventos.

As relações significativas entre o El Niño e a categoria de TSM acima da normal no ATLSW se concentram no Verão (trimestres simultâneos) e permanecem durante o Outono.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES

Três grupos homogêneos são suficientes para representar a variabilidade sazonal e interanual das precipitações na região Sul do Brasil. Os 3 agrupamentos, obtidos por análise hierárquica aglomerativa, situam-se no litoral, extremo Sul e Interior.

Tabelas de contingências 3 x 3 entre as ocorrências de diferentes categorias de precipitação e ATSM dos Oceanos Atlântico (abaixo, quase e acima da normal) e Pacífico (La Niña, normal e El Niño) são uma forma simples, mas bastante robusta e eficiente para analisar estas conexões com vantagens sobre correlações lineares.

Anomalias positivas (negativas) nos dois Oceanos (ATLSW e PACE) estão associadas com maiores (menores) número de meses chuvosos, na Primavera estas tendências se intensificam principalmente no grupo mais ao Sul.

Considerando-se a dependência das categorias de precipitação com as ATSM do Oceano Atlântico verifica-se uma maior influência nas relações abaixo da normal, na Primavera e Verão, destacando-se os maiores valores no grupo litorâneo. Por outro lado TSM acima da normal estão associadas as precipitações acima da normal no Verão no grupo Sul, Outono no Continental e durante o ano todo no Litorâneo. Mapas de correlações entre as ATSM do ATLSW e IPM de cada grupo mostram valores decrescendo da costa para Leste.

Os eventos de El Niño, classificados pelo critério de Trenberth, estão significativamente associados as precipitações acima da normal no Inverno e Primavera com maiores escores nos grupos Litorâneo e Sul, no grupo continental estas relações ocorrem também no Verão. No caso das relações entre as precipitações abaixo da normal e eventos La Niña, valores significativos só são obtidos na Primavera nos grupos litorâneo e Sul. Os valores das

correlações entre os índices IPT X IPM de cada grupo mostram também uma influência no Inverno defasada de 4 a 6 meses.

As TSM do PACE durante os eventos de La Niña, independente da estação do ano, estão significativamente associadas as TSM abaixo da normal no ATLSW. Durante os eventos de El Niño, influências significativas com temperaturas acima da normal no ATLSW foram observadas no Verão (simultânea) e no Outono (defasada de 1 trimestre).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, M. L.; Moura, A. D. Efeitos das TSMs do Atlântico e Pacífico sobre as anomalias de precipitação no verão de 1995 e 1996, simulados pelo MCGA do CPTEC/COLA. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 9., Campos do Jordão, 1996. **Anais**. São José dos Campos: INPE, 1996. v. 1, p. 818-821.
- Aceituno, P.: On the Functioning of the Southern Oscillation in the South American Sector. Part I: Surface Climate. **Monthly Weather Review**: v. 116, n. 3, p. 505–524, 1988.
- Arkin, P. A. The relationship between interannual variability in the 200 mb tropical wind field and Southern Oscillation. **Monthly Weather Review**, v. 110, n. 10, p. 1393-1404, 1982.
- Barnston, A. G.; Van den Dool, H. M.; Zebiak, S. E.; Barnett, T. P.; Ji, M.; Rodenhuis, D. R.; Cane, M. A.; Leetmaa, A.; Graham, N. E.; Ropelewski, C. R.; Kousky, V. E.; O'Lenic, E. A.; Livezy, R. E. Long-lead seasonal forecasts-where do we stand? **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 75, n. 11, p. 2097-2114, 1994.
- Berlato, M. The Climate forecasting applications in the decision-making process for the Southern Region of Brazil. In: **Workshop Report on ENSO and seasonal to inter annual climate variability, socio-economic impacts, forecasting and applications to the decision-making process**, Florianópolis EPAGRI, 1992. v. 1, p. 14-16.
- Campos, E. J. D.; Lentini, C. A. D.; Miller, J. L.; Piola, A. R. Interannual variability of the sea surface temperature in the South Brazil bigth. **Geophysical Research Letters**, v. 26, n. 14, p. 2061-2064, 1999.

Conrado, H. **Estudo sinótico de períodos deficientes de chuvas no Rio Grande do Sul.** 146p. (INPE-5456-TDL/498). Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1992.

Cavalcanti, I. F. A. **Casos de intensa precipitação nas regiões Sul e Sudeste do Brasil no período de inverno de 1979 à 1983.**). São José dos Campos: INPE, 1985. 47p. (INPE – 3743 – RPE/489).

Chu, P. C. Teleconnections linking worldwide climate anomalies. In: Glantz, M. H.; Hatz, R. W.; Nicholls N. **Teleconnections linking worldwide climate anomalies**, Cambridge: University Press, 1991. 535p.

Covey, D. L.; Hastenrath, S. The Pacific El Niño phenomenon and the Atlantic circulation. **Monthly Weather Review**, v. 106, n. 9, p. 1280-1287, 1978.

Curtis, S.; Hastenrath, S. Forcing of anomalous sea surface temperature evolution in the tropical Atlantic during Pacific warm event. **Journal Geophysical Research**, v. 100, n. c8, p. 15835-15847, 1995.

Diaz A. F.; Studzinski, C. D. Rainfall anomalies in the Uruguay-Southern Brazil region related to SST in Pacific and Atlantic oceans using canonical correlation analysis. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia 8., e Congresso Latino - Americano de Meteorologia, 2., Belo Horizonte, 1994. **Anais**. São José dos Campos: INPE, 1994. v.1, p. 498-501.

Diaz A. F.; Studzinski, C. D.; Mechoso, C. R. Relationships between precipitation anomalies in Uruguay and Southern Brazil and sea surface temperature in the Pacific and Atlantic oceans. **Journal of Climate**, v. 11, n. 2, p. 251-171, 1998.

- Elliott, J. R.; Jewson, S. P.; Sutton, R. T. The impact of the 1997/98 El Niño event on the Atlantic ocean. **Journal of Climate**, v. 14, n. 6, p. 1069-1077, 2001.
- Enfield, D. B. Relationships of inter-American rainfall to tropical Atlantic and Pacific SST variability. **Geophysical Research Letters**, v. 23, n. 23, p. 3305-3308, 1996.
- Enfield, D. B.; Mayer, D. A. Tropical Atlantic sea surface temperature variability and its relation to El Niño - Southern Oscillation. **Journal Geophysical Research**, v. 102, n. c1, p. 929-945, 1997.
- Fovell, R. G.; Fovell, M. C. Climatic Zones of the conterminous United States defined using cluster analysis. **Journal of Climate**, v. 6, n.11, p. 2103-2135, 1993.
- Gan, A. M.; Rao, V. B. Surface Cyclogenesis over South America. **Monthly Weather Review**, v. 119, n. 5, p. 1293-1302, 1991.
- Gasquez, J. M.; Magalhães. A. R. **Climate anomalies and their impacts in Brazil during the 1982-1983 ENSO event**. Climate Crisis UNEP e NCAR, Report, Lugano, 1987 cap. 5, p 30-36, 1987.
- Giarolla, E. **Investigação numérica da variabilidade de mesoescala na confluência Brasil - Malvinas induzida pela atmosfera**. 131p. Tese (Doutorado em Meteorologia) Departamento de Ciências Atmosféricas - IAG - USP, São Paulo, 1999.
- Gong, X.; Richman, M. B. On the application of cluster analysis to growing season precipitation data in North America East of the rockies. **Journal of Climate**, v. 8, n. 4, p. 897-931, 1995.

Graham, N. E.; Mason, S. J. Conditional probabilities, relative operating characteristics, and relative operating levels. **Weather and Forecasting**, v. 14, n.10, p. 713-725, 1999.

Grimm, A. M.; Patsko, C. H.; Feuser, V. R. Identificação de anomalias de temperatura da superfície do mar no Pacífico relacionadas com anomalias de precipitação na Região Sul do Brasil. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia 9., Campos do Jordão, 1996. **Anais**. São José dos Campos: INPE, 1996. v.1, p. 328-333.

Grimm, A. M.; Feuser, V. R. Relações entre temperaturas da superfície do mar sobre o Atlântico e precipitação no Sul e Sudeste do Brasil. [CD ROM]. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia 10., Brasília, 1998. **Anais**. São José dos Campos: INPE, 1998.

Grimm, A. M.; Ferraz, S. E. T.; Gomes, J. Precipitation anomalies in Southern Brazil associated with El Niño and La Niña events. **Journal of Climate**, v. 11, n.10, p. 2863-2880, 1998.

Grimm, A. M.; Sant'anna, C. L. S. Influência de fases extremas da Oscilação Sul sobre a intensidade e frequência das chuvas no Sul do Brasil. [CD ROM]. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia 11., Rio de Janeiro, 2000. **Anais**. São José dos Campos: INPE, 2000.

Grimm, A. M.; Barros, V. R.; Doyle, M. E. Climate variability in Southern South America associated with El Niño and La Niña events. **Journal of Climate**, v. 13, n. 1, p. 35-58, 2000.

Kane, R. P. Relationship between El Niño timings and rainfall extremes in NE Brazil, São Paulo city and South Brazil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 15, n. 1, p. 45-58, 2000.

- Khan, V. M.; Kim, I. S. Análise de agrupamento pluviométrico nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. [CD ROM]. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia 10., Brasília, 1998. **Anais**. São José dos Campos: INPE, 1998.
- Khan, V. M.; Kim, I. S.; Saraiva, J. M. A relação entre as anomalias de TSM no Hemisfério Sul com as anomalias da precipitação no Sul do Brasil. [CD ROM]. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia 10., Brasília, 1998. **Anais**. São José dos Campos: INPE, 1998.
- Kim, I. S. Classificação dos campos das anomalias das precipitações acumuladas mensais e temperaturas médias mensais para a região Sul do Brasil. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 9., Campos do Jordão, 1996. **Anais**. São José dos Campos: INPE, 1996. v. 1, p. 726-729.
- Kiladis, G.; Diaz H. F. Global Climatic anomalies associated with extremes in the Southern Oscillation. **Journal of Climate**, v. 2, n. 9, p. 1069-1089, 1989.
- Kousky, V. E.; Ropelewski, C. F. Extremes in the Southern Oscillation and their relationship to precipitation anomalies with emphasis on the South American region. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 4, n. 02, p. 351-363, 1989.
- Kousky, V. E.; Cavalcanti, I. F. A. Eventos Oscilação Sul - El Niño: Características, evolução e anomalias de precipitação. **Ciência e Cultura**, v. 36, n. 11, p. 1188-1899, 1984.
- 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. 36A, n. 5, p. 490-504, 1984.

Latif, M.; Groetzner, F. H. **El Hermanito: El Niño's overlooked little brother in the Atlantic**. Max-Planck-Institut für meteorologie, Report n. 196, 1996. 14p.

Lentini, C. A. D.; Podestá, G. G.; Campos, E. J. D.; Olson, D. B. Sea surface temperature anomalies on the Western South Atlantic from 1982 to 1994. **Continental Shelf Research**, v. 21, n.1, p. 89 -112, 2001.

Mason, I. A Model for assessment of weather forecasts. **Australian Meteorological Magazine**, v. 30, n. 3, p. 291-303, 1982.

Moura, A. D.; Shukla, J. On the dynamics of droughts in Northeast Brazil: Theory and numerical experiments with a general circulation model. **Journal of Atmospheric Sciences**, v. 38, n. 4, p. 2653-2675, 1981.

Nery, J. T. **Estudio Climático de la precipitación del Brasi meridional asociado com fenómeno extrarregionales**. Buenos Aires. 140 p. Tese (Doutorado em Meteorologia) Universidade de Buenos Aires, Argentina, 1996.

Nimer, E. **Climatologia do Brasil**. Secretaria de planejamento da presidência da republica. fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE, Rio de Janeiro, 1989. 422p.

Oliveira, A. S. **Interações entre sistemas frontais na América do Sul e convecção na Amazônia**. São José dos Campos. 139p. (INPE-4008-TDL/239). Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1986.

Pezzi, L. P. Previsões regionais sazonais e comparações com observações para o Sul do Brasil durante o episódio de El Niño Oscilação Sul 97/98. [CD ROM]. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia 10., Brasília, 1998. **Anais**. São José dos Campos: INPE, 1998.

Pezzi, L. P.; Cavalcanti, I. F. A. Precipitação sobre a América do Sul para uma situação de El Niño conjugada com dipolo positivo e negativo de TSM no Atlântico em simulações com o MCG CPTEC/COLA. [CD ROM]. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia 10., Brasília, 1998. **Anais**. São José dos Campos: INPE, 1998.

Philander, S. G. **El Niño,, La Niña, and the Oscillation**. New York: Academic Press, v. 46 International Geophysics Series, 1989. 239p.

Pisciottano, G.; Cazes, G.; Díaz, A.; Mechoso, C. R. El Niño - Southern Oscillation impact on rainfall in Uruguay. **Journal of Climate**, v. 7, n. 8, p. 1286-1302, 1994.

Quadro, M. F. L. **Estudo de episódios de Zonas de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre a América do Sul**. 94 p. (INPE-6341-TDL/593). Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1994.

Rao, V. B.; Hada, K. Characteristics of rainfall over Brazil: annual variations and connections with the Southern Oscillation. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 42, n. 2, p. 81-91, 1990.

Rao, V. B.; Hada, K. An experiment with linear regression in forecasting of spring rainfall over south Brasil. **Atmosfera**, v. 7, n. 2, p. 83 -87, 1994.

- Ratisbona, C. R. The climate of Brasil. In: Schwerdtfeger, W. ed. **Climates of Central and South America**. Elsevier, Amsterdam. p. 219-293, World Survey of Climatology, v. 12, 1976.
- Ropelewski, C. F.; Halpert, M. S. Global and regional scale precipitation patterns associated with El Niño - Southern Oscillation. **Monthly Weather Review**, v. 115, n. 8, p. 1606-1626, 1987.
- Sansigolo, C. A.; Nery, J. T. Análise de fatores comuns e agrupamentos das precipitações nas regiões Sudeste e Sul do Brasil. [CD ROM]. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia 10., Brasília, 1998. **Anais**. São José dos Campos: INPE, 1998.
- Sansigolo, C. A.; Diniz, G. B.; Saldanha, R. L. Influência do eventos El Niño e La Niña no regime de precipitação de Pelotas, RS. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 15, n. 1, p. 69-75, 2000.
- Saraiva, J. M. B. **Previsão do tempo na região Sul: Efeitos locais e influências da liberação de calor latente**. 205p. Tese (doutorado em Meteorologia) Departamento de Ciências Atmosféricas - IAG - USP, São Paulo, 1996.
- Satyamurty, P.; Rao, V. B.; Moura, A. D. Subsynoptic scale baroclinic instability. **Journal of the Atmospheric Sciences**, v. 39, n. 5, p. 1052-1061, 1982.
- Servain, J. Simple climatic indices for the tropical Atlantic ocean and some applications. **Journal Geophysical Research**, v. 96, n. c8, p. 15137-15146, 1991.
- Sinclair, M. R. A climatology of cyclogenesis for the Southern Hemisphere. **Monthly Weather Review**, v. 123, n. 6, p.1601-1619, 1995.

Smith, T. M.; Reynolds, R. W.; Livezei, R. E.; Stokes, D. C. Reconstruction of historical sea surface temperature using empirical orthogonal functions. **Journal of Climate**, v. 9, n. 6, p. 1403-1420, 1996

Smith, T. M.; Reynolds, R. W. A high - resolution global sea surface temperature climatology for the 1961-95 base period. **Journal of Climate**, v. 11, n. 12, p. 3320-3323, 1998.

Studzinski, C. **Um estudo da precipitação na região Sul do Brasil e a sua relação com os Oceanos Pacífico e Atlântico tropical Sul**. 99 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1995.

Swets, J. A. The relative operating characteristic in psychology. **Science**, v. 182, n. 4116, p. 990-1000, 1973.

Toure, Y. M.; Rajagopalan, B.; Kushnir, Y. Dominant patterns of climate variability in the Atlantic ocean region during the last 136 years. **Journal of Climate**, v. 12, n. 8, p. 2285 - 2299, 1999.

Trenberth, K. E. The definition of El Niño. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 78, n. 12, p. 2771-2777, 1997.

Uvo, C. B.; Repelli, C. A.; Zebiak, S. E.; Kushnir, Y. The Relationships between tropical Pacific and Atlantic SST and Northeast Brazil monthly precipitation. **Journal of Climate**, v. 11, n. 4, p. 551-562, 1998.

Venegas, S. A.; Mysak, L. A.; Straub, D. N. An interdecadal climate cycle in the South Atlantic and its links to other ocean basins. **Journal Geophysical Research**, v. 103, n. c11, p. 24723-24736, 1998.

Zavialov, P. O.; Wainer, I.; Absy, J. M. Sea surface temperature variability on southern Brazil and Uruguay as revealed historical data since 1854. **Journal Geophysical Research**, v. 104, n. c9, p. 21021-21032, 1999.

Ward, M. N.; Brooks, S.; Folland, C. K. Predictability of seasonal rainfall in the Northern Nordeste region of Brazil. In S Gregory, ed. **Recent climate change, a regional approach**. p. 1-12, 1989.

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, n. 7, p. 711-743, 1991.

White, D. W.; Richman, R.; Yarnal, B. Climate Regionalization and rotation of principal components. **International Journal of Climatology**, v. 11, n. 4, p. 1-25, 1991.

White, D. W.; Peterson, R. G. An Antarctic circumpolar wave in surface pressure, wind, temperature and sea - ice extent. **Nature**, v.380, n. 6576, p. 699-702, 1996.

Wilks, D. S. **Statistical methods in the atmospheric sciences**. San Diego: Academic Press, 1995. 467p.

Wolter, K. The Southern Oscillation in surface circulation and climate over the tropical Atlantic, Eastern Pacific, and Indian oceans as captured by cluster analysis. **Journal of Climate and Applied Meteorology**, v. 26, n. 4, p. 540-558, 1987.

APÊNDICE A

TABELA A.1 - Características das Estações Pluviométricas Seleccionadas na Região Sul do Brasil 1950-97.

Número	Município/UF	Latitude (Sul)	Longitude (Oeste)	Altitude (m)	Total Anual (mm)
1	Ivaipora /PR	24°15'	51°39'	650	1723
2	Corbélia /PR	24°38'	53°06'	320	1693
3	Tibaji /PR	24°03'	50°24'	720	1525
4	Cândido de Abreu /PR	24°05'	51°09'	550	1675
5	Prudentópolis /PR	25°12'	50°56'	690	1516
6	Ponta Grossa /PR	25°12'	50°09'	790	1498
7	Guarapuava /PR	25°38'	51°58'	740	1777
8	Porto Amazonas /PR	25°33'	49°53'	793	1368
9	Foz do Iguaçu /PR	25°41'	54°26'	152	1742
10	Vere /PR	25°54'	52°51'	450	1870
11	União da Vitória /PR	26°01'	51°09'	840	1790
12	São Mateus /PR	25°52'	50°23'	760	1463
13	Quitandinha /PR	25°57'	49°23'	810	1492
14	General Carneiro /PR	26°22'	51°15'	800	170
15	Rio Negro /PR	26°06'	49°48'	770	1450
16	Joinville /SC	26°18'	48°51'	006	1479
17	Corupa /SC	26°25'	49°18'	200	1861
18	Abelardo Luz /SC	26°35'	52°21'	800	2001
19	Luiz Alves /SC	26°43'	48°56'	090	1781
20	Saudades /SC	26°56'	53°39'	835	1755
21	Ponte Serrasa /SC	26°53'	51°48'	950	1844
22	Ibirama /SC	27°01'	49°36'	252	1331
23	Joaçaba /SC	27°09'	51°03'	550	1645
24	Pouso Redondo /SC	27°14'	49°57'	353	1434
25	Curitibanos /SC	27°21'	50°44'	700	1498
26	Três Passos /RS	27°16'	54°08'	200	1420
27	Angelina /SC	27°29'	48°59'	215	1616
28	Paim Filho /RS	27°41'	51°45'	500	1796
29	Alfredo Wagner /SC	27°44'	49°23'	550	1568
30	Lages /SC	27°56'	50°06'	1180	1551
31	Lages /SC	28°01'	50°27'	900	1400
32	Armazém /SC	28°15'	48°59'	021	1300
33	Orleães /SC	28°21'	49°17'	090	1450
34	Carazinho /RS	28°07'	52°39'	550	1794
35	Vacaria /RS	28°11'	50°45'	800	1839

(Continua)

TABELA A.1 (Conclusão).

Número	Município/UF	Latitude (Sul)	Longitude (Oeste)	Altitude (m)	Total Anual (mm)
36	Porto Lucena /RS	27°51'	55°02'	100	1533
37	Ijuí /RS	28°16'	53°51'	200	1683
38	Casca /RS	28°35'	51°51'	600	1759
39	São Borja /RS	28°01'	55°39'	300	1703
40	Cruz Alta /RS	28°41'	53°17'	300	1645
41	Antônio Prado /RS	28°51'	51°17'	700	1730
42	São F. de Paula /RS	28°51'	50°27'	900	1532
43	Ararangá /RS	28°57'	49°36'	010	1340
44	São Borja /RS	28°39'	56°00'	099	1609
45	Santo Ângelo /RS	28°44'	54°37'	200	1675
46	Encantado /RS	29°14'	51°52'	200	1374
47	Caxias do Sul /RS	29°19'	51°11'	200	1525
48	Itaqui /RS	29°01'	55°28'	100	1541
49	Santiago /RS	29°22'	54°43'	200	1737
50	Dona Francisca /RS	29°37'	53°21'	100	1585
51	Porto Alegre /RS	30°01'	51°13'	047	1356
52	Cacequi /RS	29°54'	54°49'	100	1489
53	São Sepé /RS	30°01'	53°34'	130	1419
54	Rosário do Sul /RS	30°15'	54°57'	100	1479
55	Camaquã /RS	30°51'	51°48'	040	1436
56	Dom Pedrito /RS	31°16'	55°01'	200	1396
57	Canguçu /RS	31°23'	52°04'	400	1577
58	Bagé /RS	31°02'	54°06'	242	1458
59	Pinheiro Machado /RS	31°34'	53°22'	400	1486
60	Pelotas /RS	31°47'	52°25'	013	1289
61	Rio Grande /RS	32°21'	52°32'	004	1302