

ANOMALIAS DE PRECIPITAÇÃO PARA A REGIÃO SUL DO BRASIL

Daniela Wancura Barbieri

Relatório final de projeto de iniciação científica (PIBIC/Cnpq/INPE)
Orientador: Dr(a). Tania Maria Sausen

INPE
Centro Regional Sul de pesquisas Espaciais
2008



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

ANOMALIAS DE PRECIPITAÇÃO PARA A REGIÃO SUL DO BRASIL

**RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA
(PIBIC/CNPq/INPE)**

Daniela Wancura Barbieri (UFSM, Bolsista PIBIC/CNPq)
E-mail: daniela.barbieri@crs.inpe.br

Dra. Tania Maria Sausen (INPE/CRS, Orientador)
E-mail: tania.sausen@crs.inpe.br

COLABORADORES

MSc. Silvia Midori Saito (INPE/CRS)
MSc. Camila Cossetin Ferreira (INPE/CRS)
MSc. Isabela Marcelino

Julho de 2008

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao principalmente ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, ao CRS e ao Núcleo de Pesquisa e Aplicação de Geotecnologias em Desastres Naturais e Eventos Extremos pela oportunidade; confiança, amizade e contribuições científicas durante a realização desta pesquisa.

E a todos que de forma direta ou indiretamente vieram a contribuir para realização desta.

Muito obrigada!!!

RESUMO

Os desastres naturais que ocorrem no Brasil são, na sua maioria, de origem atmosférica. Dentre estes, destacam-se as inundações bruscas e graduais e as estiagens que estão diretamente relacionadas com as anomalias pluviométricas, sejam elas positivas ou negativas. Esta pesquisa tem como objetivo analisar a relação entre as anomalias de precipitação e os desastres naturais na Região Sul do Brasil. Para tanto foram elaborados mapas de desvio de precipitação em relação a média climatológica no período de 1980-2006. Os dados pluviométricos utilizados foram disponibilizados pela Agência Nacional de Águas (ANA). Após a coleta dos dados de todas as estações pluviométricas da Região Sul, foram selecionadas 600 estações que possuíam série histórica superior a 30 anos. Em seguida foi realizada a análise de consistência dos dados a qual compreende a verificação dos dados duvidosos e o preenchimento das falhas que são fundamentais para ajustar e completar valores ausentes. Posteriormente foi feito o cálculo da normal climatológica e das anomalias de precipitação. Para a interpolação espacial dos dados foi utilizado o método de Krigeagem no software SPRING e para a definição das classes de anomalias, o software TERRAVIEW. Diante dos resultados obtidos foi possível verificar a relação entre as anomalias de precipitação positiva e negativa e a ocorrência de desastres naturais na área de estudo. A análise do comportamento da precipitação de uma região e a identificação dos episódios anômalos é fundamental para auxiliar a elaboração de medidas de prevenção e mitigação dos impactos causados pelos eventos extremos.

ABSTRACT

Most natural disasters in Brazil has atmospheric origin. The flash flood, flood and drought are directly related with precipitation anomalies, either positive or negative. The main purpose of this research was to analyze the relation between the precipitation anomalies and the natural disasters in the South Region of Brazil. Therefore, maps of rainfall anomalies were created, according to the average climatological precipitation in the period 1980 and 2006. Pluviometric data used was made available by Agência Nacional de Águas. After the collection of all pluviometric stations from the Southern Region, 600 stations which had historic series over 30 years were selected. Afterwards the data consistency analysis which consists the verification of doubtful data and the filling of the gaps, fundamental to adjust and complete the missing values.

Subsequently, the calculus of normal climatological and precipitation anomalies were done. For the spatial interpolation of these, the Krigeagem method was used in the SPRING software; TERRAVIEW software was utilized to define the classes. According to the results it was possible to verify the relation between negative and positive precipitation anomalies and natural disasters occurrence in the study area. The precipitation behavior analysis of a region and the identification of the anomalous episodes are fundamental to auxiliary on the elaboration of preventive measures; and to mitigate the impacts caused by extreme events.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

LISTA DE SÍMBOLOS

1	INTRODUÇÃO.....	17
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
2.1	Inundações.....	21
2.2	Estiagens.....	22
2.3	Geotecnologias aplicadas ao estudo de desastres naturais.....	23
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	25
4	RESULTADOS.....	35
4.1	Análise das anomalias de precipitação - El Niño 1997/1998.....	35
4.2	Análise das anomalias de precipitação - La Niña 1988/1989.....	40
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	45
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA.....	47
	ANEXO 1.....	53
	ANEXO 2.....	59

LISTA DE FIGURAS

3.1	Fluxograma de trabalho.....	25
3.2	Dados diários de precipitação armazenados na extensão “xls”.....	26
3.3	Cabeçalho contendo informações sobre a estação pluviométrica.....	26
3.4	Distribuição espacial das estações selecionadas da ANA.....	27
3.5	Transformação dos dados para análise de consistência.....	28
3.6	Resultados da análise de dados duvidosos.....	28
3.7	Exemplo de erro detectado através da análise dos dados duvidosos.	29
3.8	Resultado da análise de dados faltantes.....	29
3.9	Imagem gerada após a aplicação de krigeagem.....	31
3.10	Exemplo das classes de anomalias.....	32
4.1.1	Mapa de anomalias de precipitação para Região Sul do Brasil - 1997.....	38
4.1.2	Mapa de anomalias de precipitação para Região Sul do Brasil - 1998.....	39
4.2.1	Mapa de anomalias de precipitação para Região Sul do Brasil - 1988.....	42
4.2.2	Mapa de anomalias de precipitação para Região Sul do Brasil - 1989.....	43
A.1.1	Mapa da normal climatológica dos meses de janeiro; fevereiro; março; abril.....	55
A.1.2	Mapa da normal climatológica dos meses de maio; junho; julho; agosto.....	56
A.1.3	Mapa da normal climatológica dos meses de setembro; outubro; novembro; dezembro.....	57
A.2	Painel apresentado em congresso.....	61

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CCM Complexos convectivos de mesoescala
IOS Índice de Oscilação Sul
ENOS Oscilação Sul
ANA Agência Nacional de Águas

1 INTRODUÇÃO

Os desastres naturais que ocorrem no Brasil são, na sua maioria, de origem atmosférica. A precipitação, seja em excesso ou em escassez, é o elemento atmosférico que mais contribui para a ocorrência de desastres na região Sul. Uma das conseqüências mais drásticas da ocorrência de chuvas intensas sobre uma determinada região são as inundações que ainda podem ser agravadas por outros fenômenos como ventos fortes, granizo, entre outros (TEIXEIRA E SATYAMURTY, 2004). Por outro lado, os baixos índices de precipitação são responsáveis por elevados prejuízos para diversos segmentos da economia, afetando diretamente a sociedade. Dentre tais prejuízos destacam-se a deficiência no fornecimento de água para abastecimento urbano; perdas na agricultura, indústria e produção de energia hidroelétrica (SANTOS, 1998).

Vários fatores afetam a variabilidade da precipitação na região Sul do Brasil podendo ser responsáveis por anomalias positivas e negativas, entre os quais destacam-se o El Niño e a La Niña que causam impactos na circulação atmosférica regional e global. Na região Sul do Brasil, Berlato e Cordeiro (2005) ressaltam que esses fenômenos geram precipitação pluvial superior e inferior a média climatológica.

Entende-se que a análise do comportamento da precipitação pode auxiliar no diagnóstico de eventos extremos, como inundações e estiagens, e também servir de subsídios na prevenção de desastres. Nesse sentido, a presente pesquisa tem por objetivos:

- criar um banco de dados das estações pluviométricas na região Sul;
- gerar mapas da normal climatológica e das anomalias de precipitação sazonal para a região Sul do Brasil; e
- analisar e relacionar os mapas de anomalias de precipitação com os dados de ocorrência de desastres naturais.

O projeto ainda tinha como objetivo elaborar mapas de anomalias quinzenais e decendiais para alguns episódios significativos de desastres naturais. Entretanto, devido ao longo tempo despendido na organização dos dados de precipitação, tais mapas não foram feitos. Cabe salientar que isso não prejudicou os resultados da pesquisa, visto que os produtos cartográficos apenas complementariam a análise.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A precipitação é uma das variáveis meteorológicas mais importantes para os estudos climáticos das diversas regiões do Brasil. Períodos de estiagem ou de chuvas intensas são responsáveis por grandes prejuízos sócio-econômicos, a região Sul, por ter sua economia baseada na agricultura e pecuária, é especialmente afetada por estes fenômenos adversos.

A climatologia da precipitação na região Sul é influenciada por alguns fenômenos atmosféricos, entre os mais importantes, podemos citar a passagem de sistemas frontais, que são responsáveis por grande parte dos totais pluviométricos registrados (OLIVEIRA, 1986) e os complexos convectivos de mesoescala (CCM) (MADOX, 1983), uma vez que contribuem para o balanço hidrológico local e global (LAING e FRITSCH 1997).

As frentes frias atuam durante todo o ano (CAVALCANTI e KOUSKY, 2003) e afetam mais significativamente as regiões Sul e Sudeste do Brasil, com uma frequência mensal de 5 a 7 eventos na região Sul e 4 a 5 eventos na região Sudeste do Brasil, Oliveira (1986).

Os CCM são áreas de instabilidade que se formam no Paraguai e norte da Argentina, deslocando-se para leste e atingindo os estados do sul com elevados índices de precipitação, ventos fortes, granizos e ocasionalmente tornados (SILVA DIAS, 1996). Os complexos convectivos de mesoescala atuam principalmente nas estações de transição, outono e primavera, Satyamurty, Nobre e Dias (1998). É importante destacar que estes são fenômenos meteorológicos severos, à medida que provocam grandes quantidades de precipitações em curto período de tempo.

A variabilidade interanual da precipitação na região Sul do Brasil é fortemente influenciada pelo Índice de Oscilação Sul (IOS). Esse fenômeno oceânico-

atmosférico caracteriza-se por um aquecimento ou resfriamento anormal da temperatura da superfície do mar no Oceano Pacífico Equatorial, que interfere na mudança dos padrões de ventos em escala global (VOITURIEZ e JACQUES, 2000).

Vários estudos observacionais indicam uma relação entre anomalias positivas de precipitação na região Sul e a ocorrência do fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS). Ropelewski e Halpert (1987) e Kousky e Ropelewski (1989) notaram que esta relação tem maior intensidade no período de novembro a fevereiro. Rao e Hada (1994) encontraram significativas correlações entre as anomalias de precipitação e o IOS durante a primavera. Grimm, Ferraz e Gomes (1998), utilizando uma série de dados mensais de precipitação para a região Sul do Brasil, mostraram que esta região apresenta fortes e consistentes anomalias de precipitação associadas com eventos El Niño e La Niña. Um exemplo significativo é a enchente de maio de 1941 que inundou um terço da cidade de Porto Alegre e foi ocasionada por um forte El Niño. A estiagem de 1917, com mais de um ano de duração, ocorreu devido a uma La Niña forte. Entretanto, nem todas as estiagens e enchentes no Rio Grande do Sul ocorrem devido a esses fenômenos. Mas cabe salientar que as mais intensas e extensas estão relacionadas a tais fenômenos (BERLATO e FONTANA, 2003).

2.1 Inundações

Os desastres que mais assustam a população são os causados por precipitações acumuladas em um curto espaço de tempo, como o caso das inundações, que conforme sua evolução podem ser classificadas em graduais e bruscas. Castro (1998, p.48) define como inundações graduais aquelas que “ocorrem quando a água eleva-se de forma lenta e previsível, mantêm-se em situação de cheia durante algum tempo, e a seguir escoam gradualmente” e as inundações bruscas são as que ocorrem em períodos curtos com chuvas concentradas, principalmente onde o relevo é acidentado, a elevação do nível da água é rápida e seu escoamento é violento. A maneira de diferenciá-las diz respeito ao tempo com que a água leva para transbordar. Se o tempo for curto e a chuva concentrada, trata-se de inundação brusca, ao contrário, se o tempo for longo e a água elevar-se de forma lenta, tratar-se-á de inundação gradual.

Dentre os principais desastres associados ao excesso de precipitação na região Sul do Brasil, destaca-se:

a) Inundações de 1983 em Santa Catarina: fortes e prolongadas chuvas que ocorreram no outono e inverno afetaram principalmente as mesorregiões Oeste, Norte e Vale do Itajaí. Os maiores desvios de precipitação foram medidos no inverno, mais de 500mm em relação à média climatológica, por decorrência de um sistema frontal estacionário sob influência do El Niño (MARCELINO et al., 2006b). Essa inundação atingiu 90 municípios, deixou 197.790 desabrigados e 49 mortos. Os municípios mais atingidos foram Blumenau, Itajaí e Rio do Sul (HERRMANN, 2006).

b) Escorregamentos de 1995 em Santa Catarina: nos dias 23 e 24 de dezembro de 1995 uma grande área de instabilidade proveniente do oceano atingiu as encostas da Serra Geral na região Sul catarinense, produzindo chuvas orográficas excepcionais que ultrapassaram os 500 mm/dia (PELLERIN et al., 2002). As chuvas desencadearam, de forma generalizada, uma série de

escorregamentos e fluxos de detritos nas áreas próximas a serra e inundações a jusante da bacia do rio Araranguá. Em virtude dos danos e prejuízos, 11 municípios da bacia decretaram estado de calamidade pública. Foram mais de 20.000 desabrigados e um total de 29 mortes (HERRMANN, 2006).

c) Inundação de 2007 no Rio Grande do Sul: entre os dias 21 e 23 de setembro de 2007 um sistema frontal estacionário favoreceu a formação de intensas áreas de instabilidades sobre a bacia do rio Caí (RS). Choveu muito forte nos primeiros dias, em alguns municípios da bacia foi registrado mais de 300mm de precipitação. O nível do rio aumentou consideravelmente e atingiu em alguns pontos mais de 7m acima da vazão normal. Milhares de moradores em todo o vale ficaram desabrigados, principalmente nas áreas mais pobres da região metropolitana de Porto Alegre (METSUL, 2007).

2.2 Estiagens

A estiagem é resultante da redução dos níveis pluviométricos para índices inferiores ao valor médio; neste fenômeno, ocorre o atraso do período chuvoso ou ausência de chuva para uma determinada temporada. Se comparada à seca, a estiagem ocorre em períodos menores e são menos intensas, além disso, acontecem com maior frequência em locais de clima tropical, em consoante a esses fatores a média da precipitação pluviométrica dos meses chuvosos atingem limites inferiores a 60% das médias mensais de longo período (CASTRO, 2003). Santos (1998) definiu seca como situações de escassez de água com longa duração, que abrangem extensas áreas, repercutem de forma negativa em atividades sócio-econômicas e nos ecossistemas. Em períodos de seca as disponibilidades hídricas são insuficientes para desempenhar as necessidades de água de uma determinada região. O autor ainda afirma que a seca é um desastre natural com efeito duradouro que atinge grande extensão territorial e prejudica basicamente o setor primário da economia, sendo percebida de forma diferente conforme a

região de ocorrência. A região Sul do Brasil, por exemplo, que tem sua economia baseada no setor primário, quando afetada por períodos longos de estiagem tem sua produção agrícola, em especial a de grãos, intensamente prejudicada, o que repercute nas economias locais.

Cunha (1982) citado por Santos (1998) menciona que o valor para se determinar o limiar de seca e estiagem, varia conforme o nível de utilização de água da região em análise, que vai depender de fatores sociais, econômicos, culturais e tipo de produção. Para a ocorrência das estiagens outros condicionantes também devem ser considerados, como fatores climáticos e geomorfológicos, como as formas de relevos, e a altitude da área.

Destaca-se a estiagem de 2005 que atingiu a região em estudo. Considerada a maior estiagem dos últimos 40 anos, afetando 80% dos municípios do Rio Grande do Sul, 30% de Santa Catarina e 10% do Paraná. Produtos como o milho, o feijão e a soja apresentaram perdas elevadas, além de afetar os centros urbanos que enfrentaram problemas de racionamento de água. Devido a intensidade da estiagem 397 municípios do Rio Grande do Sul e 91 municípios em Santa Catarina decretaram situação de emergência.

2.3 Geotecnologias aplicadas ao estudo de desastres naturais

Para MARCELINO (2008) uma das principais ferramentas para o gerenciamento de desastres naturais são as geotecnologias, representadas especialmente pelo Sistema de Informação Geográfica (SIG) e o Sensoriamento Remoto. Através dessas geotecnologias pode-se, coletar, armazenar e analisar uma grande quantidade de dados, que devido à complexidade dos desastres naturais, seriam praticamente inviáveis de serem tratados utilizando métodos analógicos e/ou tradicionais. O uso de geotecnologias ocupa espaço cada vez maior em trabalhos que carecem de

ferramentas precisas e ágeis e que necessitam de uma representação espacial.

No contexto brasileiro destaca-se atuação do Núcleo de Pesquisa e Aplicação de Geotecnologias em Desastres Naturais e Eventos Extremos (GEODESASTRES-SUL), localizado no Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais (CRS), do Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais (INPE) que utiliza as geotecnologias com o objetivo de desenvolver metodologias e sistemáticas voltadas ao suporte à prevenção de desastres naturais e eventos extremos para a região Sul do Brasil e Mercosul (SAUSEN et al., 2007). Exemplo de tal atuação pode ser verificado em Trentin et al (2008), Silva (2008), Barbieri et al (2008), Pampuch e Marcelino (2007), Sausen et al (2007), entre outros.

No Rio Grande do Sul, a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) possui referências com os trabalhos desenvolvidos pelo pesquisador Carlos Tucci na área de inundações. Outra instituição de ensino superior que se destaca por estudos sobre o tema é a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), ressaltando os trabalhos na linha de geotecnia publicados por Carlos Leite Maciel Filho. Ainda destaca-se as pesquisas desenvolvidas no Laboratório de Geologia Ambiental dentre os quais se destaca os trabalhos de Luis Eduardo de Souza Robaina sobre áreas de risco (RECKZIEGEL E ROBAINA, 2008; OLIVEIRA E ROBAINA, 2004).

Outra instituição que atualmente vem desenvolvendo importantes trabalhos sobre desastres naturais é a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Destacam-se nesta instituição os trabalhos desenvolvidos por Maria Lúcia de Paula Herrmann, Joel R.G.M. Pellerin, Masato Kobiyama entre outros (HERRMANN, 2006, PELLERIN et al, 1998; KOBİYAMA et al, 2006).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O plano de trabalho da pesquisa seguiu as etapas apresentadas na Figura 3.1.

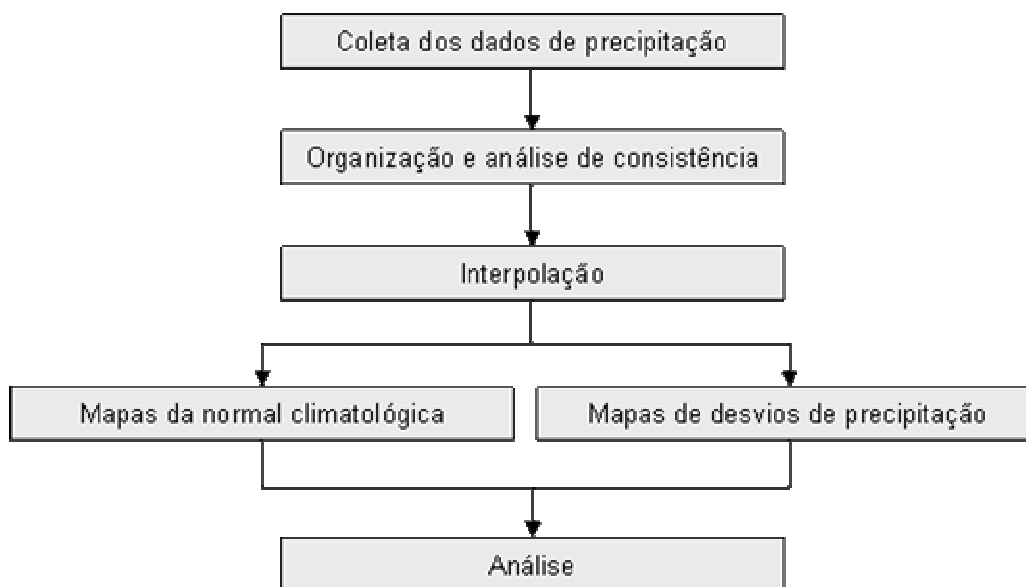


Figura 3.1: Fluxograma de trabalho

Para o desenvolvimento da pesquisa foram utilizados os seguintes softwares: Microsoft Office, Fortran, Spring 4.2, Terra View 3.2.0 e Corel Draw X3.

Os dados de precipitação utilizados são provenientes das estações pluviométricas administradas pela Agência Nacional de Águas (ANA). Esses dados foram obtidos diretamente na rede, através do endereço <http://hidroweb.ana.gov.br>. Foram coletados dados de todas as estações pluviométricas disponíveis para os três Estados da região Sul do Brasil, somando um total de 1.754 estações. Ainda foram coletadas séries históricas de estações do Estado de São Paulo que fazem fronteira com o Paraná para melhor espacialização dos dados.

Os dados foram armazenados na extensão “xls” como pode ser verificado na Figura 3.2. Em seguida foram inseridos cabeçalhos junto a esses dados diários de precipitação contendo informações sobre cada estação, tais como latitude, longitude, altitude, município localizado, tipo de estação e empresa administradora. Um exemplo desse cabeçalho pode ser visualizado na Figura 3.3.

16	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	
	//Estação	NivelCons	Data	TipoMedio	Maxima	Total	DiaMaxim	NumDias	MaximaS	TotalStatu	NumDiasP	TotalAnua	TotalAnua	Chuva01	Chuva02	Chuva03	Chuva04	Chuva05	Chuva06	
17	2450042	1	01/10/1975	1					0	0	0		0							
18	2450042	1	01/11/1975	1	64	278,1	18	14	1	1	0		0	22	0	2,3	0	0	25	
19	2450042	1	01/12/1975	1					0	0	0		0	30,4	13,5		4	50,2	4,6	
20	2450042	1	01/01/1976	1	26	133,4	16	19	1	1	0	1605,9	1	0	0	0	3,9	13,2	16,6	
21	2450042	1	01/02/1976	1	30	150,1	2	12	1	1	0	1605,9	1	22,8	30	12,4	0	0	13,4	
22	2450042	1	01/03/1976	1	40	119,6	20	15	1	1	0	1605,9	1	0	0	3,1	5	0	0	
23	2450042	1	01/04/1976	1	51,4	114,3	10	5	1	1	0	1605,9	1	0	0	0	0	0	0	
24	2450042	1	01/05/1976	1	62,4	166,8	28	10	1	1	0	1605,9	1	0	0	0	0	0	0	
25	2450042	1	01/06/1976	1	50,2	129,1	5	8	1	1	0	1605,9	1	0	0	0	2,4	50,2	39,7	
26	2450042	1	01/07/1976	1	23	85	28	8	1	1	0	1605,9	1	1	0	2	0	0	0	
27	2450042	1	01/08/1976	1	37,7	161,1	19	8	1	1	0	1605,9	1	0	0	0	0	29	17,4	
28	2450042	1	01/09/1976	1	17,9	132,8	7	11	1	1	0	1605,9	1	0	0	0	16,7	17,8		
29	2450042	1	01/10/1976	1	34	95	18	7	1	1	0	1605,9	1	6,5	0	0	0	21	0	
30	2450042	1	01/11/1976	1	38	158,2	21	6	1	1	0	1605,9	1	20	0	0	33	20	35,2	
31	2450042	1	01/12/1976	1	36,5	160,5	8	9	1	1	0	1605,9	1	24,2	20,5	0	0	0	0	
32	2450042	1	01/01/1977	1	46,4	248,5	5	16	1	1	0	1630,5	1	0	0	0	17,9	46,4	41	
33	2450042	1	01/02/1977	1	38	115,8	3	8	1	1	0	1630,5	1	0	4,9	38	0	13,6	15	
34	2450042	1	01/03/1977	1	57,9	201,2	16	19	1	1	0	1630,5	1	0	15,8	5,1	4,1	1	7,2	
35	2450042	1	01/04/1977	1	44,6	135,7	19	6	1	1	0	1630,5	1	3,1	0	0	7,6	0	0	
36	2450042	1	01/05/1977	1	10	25,4	30	4	1	1	0	1630,5	1	0	8,2	0	0	0	0	
37	2450042	1	01/06/1977	1	39,6	165,5	16	10	1	1	0	1630,5	1	39	0,5	0	1	1,7	0	
38	2450042	1	01/07/1977	1	44,4	86,2	22	5	1	1	0	1630,5	1	0	0	0	0	0	0	
39	2450042	1	01/08/1977	1	19,8	56,5	31	6	1	1	0	1630,5	1	0	10,4	0	0	0	0	
40	2450042	1	01/09/1977	1	31,8	93,7	17	7	1	1	0	1630,5	1	0,7	0	0	0	0	0	
41	2450042	1	01/10/1977	1	40,2	137,3	13	8	1	1	0	1630,5	1	20	26,4	0	0	0	0	
42	2450042	1	01/11/1977	1	51	181,5	15	14	1	1	0	1630,5	1	6,3	30,4	0	0	0	17,2	
43	2450042	1	01/12/1977	1	50	183,2	4	10	1	1	0	1630,5	1	0	30	2,3	50	2	1	

Figura 3.2 – Dados diários de precipitação armazenados na extensão “xls”.

	A	B	C
1	Instituição		SUDERHSA
2	Município		Campina da Lagoa
3	Estação	Nome	<u>Herveira</u>
4		Tipo	Telemétrica
5		Código	2452030
6		Período	1/7/1975-1/6/1997
7		<u>Lat</u>	-24:31:59
8		<u>Lon</u>	-52:43:59
9		<u>Alt</u>	419

Figura 3.3 – Cabeçalho contendo informações sobre a estação pluviométrica.

Foi feita uma análise em cada estação para selecionar as que possuíam uma série histórica maior que 30 anos e com falhas menores que 3 anos. Dessa maneira, foram selecionadas 600 estações para toda a região Sul entre as

quais 404 estações no Paraná, 110 em Santa Catarina e 86 no Rio Grande do Sul (Figura 3.4).

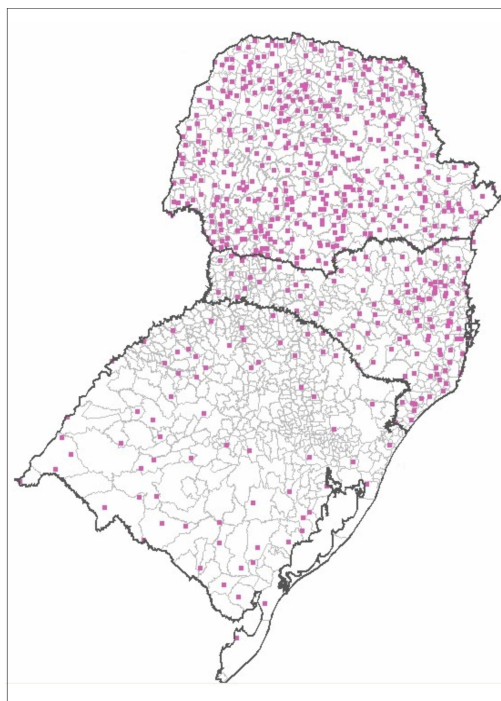


Figura 3.4 – Distribuição espacial das estações selecionadas da ANA.

Após a seleção das estações, iniciou-se a análise dos dados duvidosos e posteriormente o preenchimento das ausências de dados (falhas). A análise dos dados duvidosos foi feita com o método Tukey, que indica os valores cujo desvio padrão seja 3 vezes acima ou abaixo da média.

Para a aplicação desse método foi utilizado um programa em linguagem Fortran, os dados da planilha original em “xls” foram alterados para que pudessem ser lidos e analisados pelo programa, foram criados arquivos na extensão “prn” que posteriormente foram transformados para a extensão “chu”, a partir dos quais foi realizada a análise de consistência de dados (Figura 3.5). O programa gerou relatórios contendo os dados duvidosos, exemplificado na Figura 3.6.

Arquivo	Editar	Formatar	Exibir	Ajuda							
02652010	1964	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	-999.0	95.8
02652010	1965	117.3	179.3	61.5	238.7	152.0	93.3	261.0	162.2	247.6	
02652010	1966	150.2	294.5	121.2	30.4	60.4	233.0	116.8	99.5	119.8	
02652010	1967	194.8	188.3	148.4	30.5	65.9	122.7	92.5	171.8	126.9	
02652010	1968	91.5	36.2	106.1	161.5	22.9	90.2	91.8	42.2	114.0	
02652010	1969	234.1	166.9	215.5	204.0	206.9	175.9	123.7	116.1	269.0	
02652010	1970	102.4	82.6	229.4	61.8	143.9	347.8	158.8	61.5	138.0	
02652010	1971	183.7	111.6	188.6	264.1	210.2	255.3	185.0	148.4	137.6	
02652010	1972	125.4	142.2	180.6	106.4	38.0	268.2	160.8	465.4	386.8	
02652010	1973	383.3	242.0	120.6	146.4	249.6	189.8	132.6	299.6	253.6	
02652010	1974	249.4	233.0	45.8	155.4	131.8	167.4	74.1	93.9	109.8	
02652010	1975	365.2	215.0	137.0	55.8	62.2	157.6	122.8	137.0	274.9	
02652010	1976	262.4	59.8	210.4	130.6	189.6	144.6	113.2	133.6	136.8	

Figura 3.5 – Transformação dos dados para análise de consistência.

Arquivo	Editar	Formatar	Exibir	Ajuda
02353019.chu				
PREC(12/1981)=	391.8	SE AFASTA DA	SERIE SUAVIZADA MAIS DE 3	VEZES O DESVIO PADRAO
PREC(12/1984)=	478.8	SE AFASTA DA	SERIE SUAVIZADA MAIS DE 3	VEZES O DESVIO PADRAO
PREC(12/1986)=	366.5	SE AFASTA DA	SERIE SUAVIZADA MAIS DE 3	VEZES O DESVIO PADRAO
PREC(1/1989)=	374.4	SE AFASTA DA	SERIE SUAVIZADA MAIS DE 3	VEZES O DESVIO PADRAO
PREC(4/1998)=	389.3	SE AFASTA DA	SERIE SUAVIZADA MAIS DE 3	VEZES O DESVIO PADRAO
PREC(2/2000)=	376.7	SE AFASTA DA	SERIE SUAVIZADA MAIS DE 3	VEZES O DESVIO PADRAO
PREC(5/2002)=	348.3	SE AFASTA DA	SERIE SUAVIZADA MAIS DE 3	VEZES O DESVIO PADRAO

Figura 3.6 – Resultados da análise de dados duvidosos.

Com os relatórios em mãos, foi analisado cada caso, as estações que apresentaram dados com chuvas intensas, e que em suas estações vizinhas se repetiram ou que mostravam valores próximos, permaneceram na maneira original, apenas foram excluídos os que se tratavam de erro de leitura e/ou de registro.

A partir do processo de análise e consistência dos dados foi perceptível vários erros nas séries históricas analisadas. A Figura 3.7 apresenta um exemplo de erro encontrado na análise. O primeiro quadro apresenta um registro de 2253,3mm no mês de setembro de 1987. Os dois quadros adjacentes mostram os registros de duas estações vizinhas marcando para a mesma data, os valores de precipitação de 6,3 e 41,1 mm, respectivamente. Nestas situações, é imprescindível a análise dos dados a fim de evitar que o dado errôneo afete o resultado da pesquisa.

	B	C	D
137	1051987	46,1	
138	1061987	13,8	
139	1071987	9,1	
140	1081987	11,1	
141	1091987	2253,3	
142	1101987	17,9	
143	1111987	5,7	
144	1121987	162,2	
145	1011988	228,8	
146	1021988	171,6	

	B	C	D
281	1051987	44,3	
282	1061987	15,2	
283	1071987	10,2	
284	1081987	11,6	
285	1091987	6,3	
286	1101987	19,1	
287	1111987	7,9	
288	1121987	12,3	
289	1011988	115,6	
290	1021988	111,1	

	B	C	D
185	1051987	394,4	
186	1061987	162,8	
187	1071987	96,6	
188	1081987	115,3	
189	1091987	41,1	
190	1101987	211,7	
191	1111987	136,4	
192	1121987	162,5	
193	1011988	54,1	
194	1021988	99,7	

Figura 3.7 – Exemplo de erro detectado através da análise dos dados duvidosos.

Em seguida foi realizado o preenchimento de dados faltantes e dos que apresentavam inconsistência, utilizando o método Tabony (1983) que utiliza um mínimo de 3 estações vizinhas para calcular o dado faltante. Para esse processo, foi feita a listagem de todas as estações, seguidas de suas estações vizinhas, utilizando o *link* “mapas” do *site* da ANA. Um exemplo de relatório gerado para o preenchimento das falhas é apresentado na Figura 8.

```

Arquivo Editar Formatar Exibir Ajuda
-----
ESTACAO A SER PREENCHIDA: 02453008.chu (1968-2005)
-----
2 DADOS FALTANTES
-----
ESTACOES VIZINHAS
-----
1-02451045.CHU (1976-2005)
2-02450055.CHU (1976-1998)
3-02353046.CHU (1976-1995)
-----
ESTACAO 1-02451045.CHU (1976-2005)
-----
0 DADOS FALTANTES
MEDIAS MENSAIS NO PERIODO DE SUPERPOSICAO:
193.1 145.4 122.8 116.9 161.2 117.6 98.1 71.4 147.7 156.1 145.5 277.0
NUMERO DE DADOS PARA CALCULO DAS MEDIAS:
30 30 30 30 29 30 30 30 30 30 30 30
MEDIAS MENSAIS DA ESTACAO A SER PREENCHIDA
NO PERIODO DE SUPERPOSICAO:
167.7 127.4 101.5 121.3 160.7 103.5 75.7 78.5 144.4 173.0 149.7 179.5
NUMERO DE DADOS PARA CALCULO DAS MEDIAS:
30 30 30 30 29 30 30 30 30 30 30 30
MES 1
-----
N= 30(IGUAL A LV( 1))
DEN1=( 1, 1) 1.163266E+07
DEN2=(,') 268643,000000
COEFICIENTE DE CORRELACAO: .71
EST.FISHER/D.PADRAO (>1.64 CORR.SIGN.): 4.63
LIMITE INFERIOR DO CC A 95%: .47

```

Figura 3.8 – Resultado da análise de dados faltantes.

Após o preenchimento das falhas e análise dos dados, foram efetuados os cálculos de normal climatológica e das anomalias de precipitação.

Para o cálculo da normal climatológica foi adotado o conceito definido pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) que se baseia em um período longo e uniforme que compreenda 30 anos. Nesta pesquisa foram utilizados dados de 1977 a 2006 (Eq. 1). O mapa da normal climatológica encontra-se no Anexo 1.

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad \text{Eq. 1}$$

Para o cálculo das anomalias de precipitação (1980 a 2006) utilizou-se o valor mensal de cada ano menos o valor da normal climatológica ($Anomalia = X_i - \bar{X}$) de todos os anos do período estudado.

Para a interpolação espacial dos dados de precipitação, utilizou-se o método *krigeagem* que segundo Valeriano et al. (2002), é um dos métodos mais aceitos para interpolação espacial de dados de chuva, especialmente quando não existe uma grande densidade espacial de dados. Lamparelli et al. (2001) afirmam que este método apresenta ótimas formas de estimação em dados esparsos, além de variedade de métodos para tratar diferentes dados.

O módulo de *Krigeagem* implementado no software SPRING 4.2 engloba 3 tipos: simples, ordinária e *Krigeagem* com vários modelos de tendência em duas dimensões (2D) ou três dimensões (3D) (LOPES, 2008). Nesta pesquisa utilizou-se estimativas utilizando com o interpolador *Krigeagem* simples, a partir de uma malha de pontos distribuídos irregularmente pelo terreno gerou-se superfícies contínuas como pode ser visto na Figura 3.9.

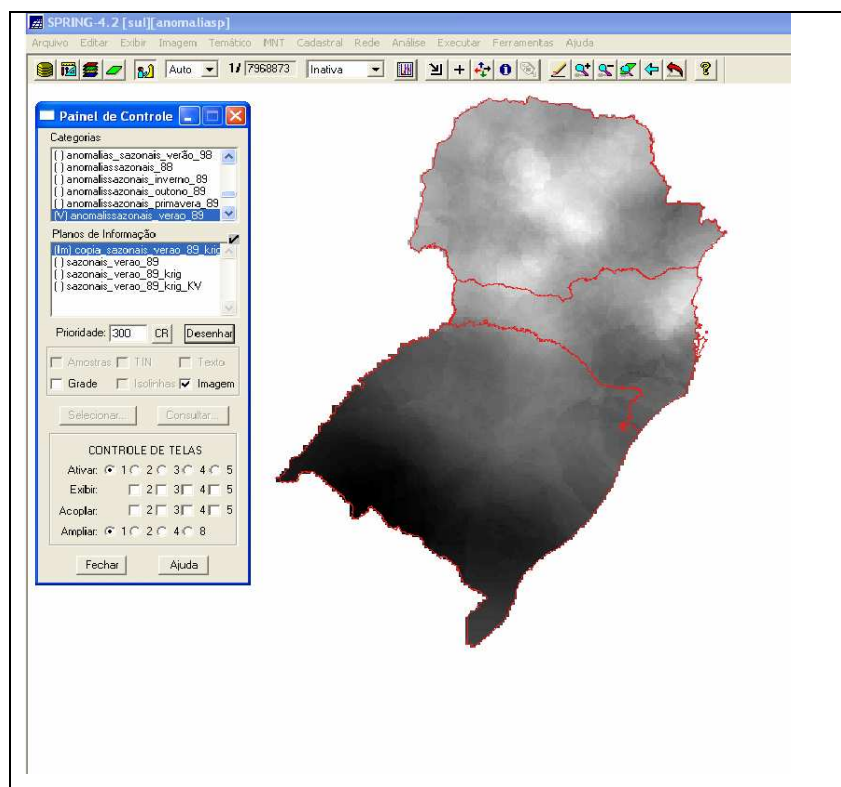


Figura 3.9: Imagem gerada após a aplicação de krigeagem

Para a definição das classes de anomalias, os mapas foram salvos na extensão “geotiff” para que pudessem ser importados para o programa TerraView 3.2.0 (Figura 3.10). As cores foram estabelecidas conforme a temática (precipitação), utilizando o azul escuro para anomalias negativas até o vermelho para anomalias positivas. O valor das classes foi definida automaticamente pelo próprio software.

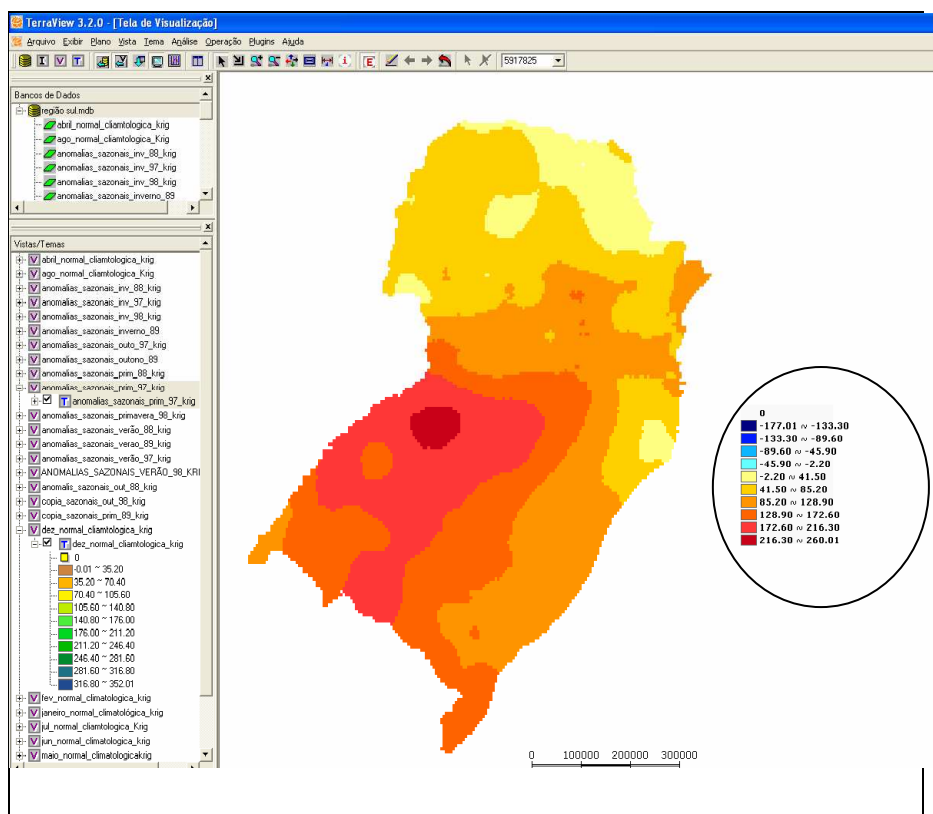


Figura 3.10: Exemplo das classes de anomalias

A edição final dos mapas gerados foi realizada no software CorelDraw X3 proporcionando, uma qualidade estética mais apurada.

Os mapas de anomalias de precipitação estão apresentados conforme as estações do ano para que seja alcançada uma boa representatividade e uma possível comparação entre as estações do ano. Os meses que compreendem as estações são apresentadas na Tabela 3.1.

Tabela 3.1: Meses representativos de cada estação do ano

Estação	Meses
Verão	Janeiro, fevereiro e março
Outono	Abril, maio e junho
Inverno	Julho, agosto e setembro
Primavera	Outubro, novembro e dezembro

4 RESULTADOS

Para a análise da relação entre as anomalias e a ocorrência de desastres naturais foram utilizados dados disponíveis no *site* da Defesa Civil do Paraná e as publicações de Herrmann (2006) e Reckziegel (2007) para Santa Catarina e Rio Grande do Sul, respectivamente. Os anos selecionados foram adotados por caracterizarem El Niño e La Niña fortes, de acordo com informações obtidas no site do CPTEC, pois são, geralmente, os anos em que se observam maiores anomalias positivas e negativas de precipitação, facilitando a comparação com o número de desastres (inundações bruscas e graduais e estiagens).

4.1 Análise das anomalias de precipitação - El Niño 1997/1998

Segundo Reckziegel (2007) entre os anos de 1980 e 2005, foram registrados 1.258 ocorrências de desastres desencadeados por inundação gradual e 925 ocorrências de desastres desencadeados por inundação brusca em municípios do estado do Rio Grande do Sul, estes eventos estão diretamente relacionados ao total de precipitação e associados a dinâmica fluvial. Os anos de 1983 e 1984 foram os que registraram maior número de ocorrências de inundação gradual, com 155 e 145, respectivamente. Os anos de 1992, 1997 e 1998 foram os que registraram maior número de ocorrências por inundação brusca com 146, 118 e 102, respectivamente.

Para Santa Catarina no período de 1980 a 2003, ocorreram 1229 ocorrências de desastres desencadeados por inundações graduais, 555 ocorrências de desastres desencadeados por inundações bruscas (HERRMANN, 2006).

Para o Estado do Paraná, no período de 1980 a 2006, foram observadas 578 ocorrências de desastres desencadeados por inundações graduais e 188 ocorrências de desastres desencadeados por inundações bruscas (DEFESA CIVIL DO PARANÁ, 2008).

Como citado anteriormente, por influência do El Niño, há um aumento das precipitações pluviométricas para a região Sul do Brasil, principalmente nos meses da primavera. Em geral, este fenômeno começa em meados de um ano, atinge seu máximo no final do ano e termina em meados do ano seguinte, com uma duração média de 12 a 14 meses, mas pode durar até dois anos ou mais (BERLATO e FONTANA, 2003). A análise dos parâmetros oceânicos e atmosféricos sobre o Pacífico indicou, em abril de 1997, a ocorrência do fenômeno El Niño.

Nas Figuras 4.1.1 e 4.1.2 é possível acompanhar o comportamento da precipitação durante o verão, outono, inverno e primavera dos anos de 1997 e 1998. As anomalias positivas de precipitação são identificadas a partir da primavera do ano de 1997, se prolongando durante o verão e outono de 1998. A partir de março de 1998 observa-se a diminuição das anomalias de TSM no oceano Pacífico e durante o inverno e a primavera de 1998 as anomalias de precipitação são negativas.

Dos 573 eventos adversos registrados no ano de 1997 no Rio Grande do Sul, 91 são inundações graduais e 118 inundações bruscas. A primavera, onde se observa as maiores anomalias positivas, foi a estação do ano com maior número de ocorrências, 272, sendo principalmente causadas por inundações bruscas. O número de ocorrências registradas no ano de 1997, por inundações bruscas, é superado apenas pelo ano de 1992, por inundações graduais, está entre os 5 maiores desde 1980.

No ano de 1998, foram registradas 272 ocorrências de eventos naturais adversos, com 55 inundações graduais e 102 inundações bruscas. O maior número de ocorrências foi registrado nos meses do verão e outono, sendo 39 por inundação gradual e 90 por inundação brusca, na Figura 16 observa-se as maiores anomalias nestes meses.

Em Santa Catarina, no ano de 1997, foram registradas 143 ocorrências de eventos naturais adversos, com 77 inundações graduais e 37 inundações bruscas. O maior número de ocorrências foi registrado nos meses de verão e primavera, principalmente em janeiro e outubro, onde são observadas as maiores anomalias de precipitação.

Em 1998, foram registradas 113 ocorrências de eventos naturais adversos, com 26 inundações graduais e 33 inundações bruscas. O maior número de ocorrências foi registrado nos meses de verão.

No ano de 1997, foram registradas 233 ocorrências de eventos naturais adversos no Estado do Paraná, com 112 inundações graduais e 16 inundações bruscas. O número de inundações graduais é superado apenas pelas ocorrências do ano de 1980.

Em 1998 foram registradas 14 e 20 ocorrências de inundações graduais e inundações bruscas, respectivamente.

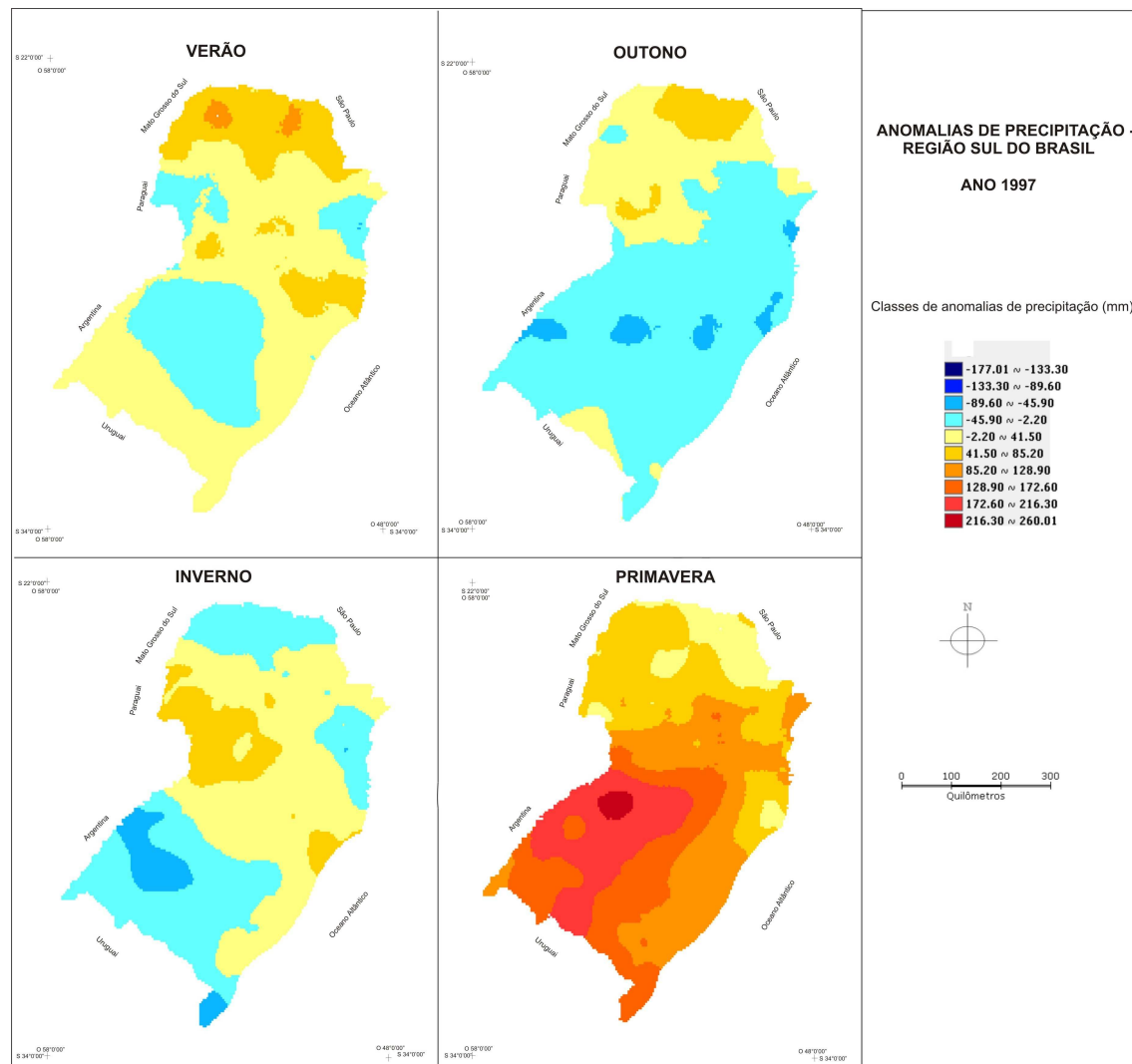


Figura 4.1.1: Mapa de anomalias de precipitação para Região Sul do Brasil – 1997

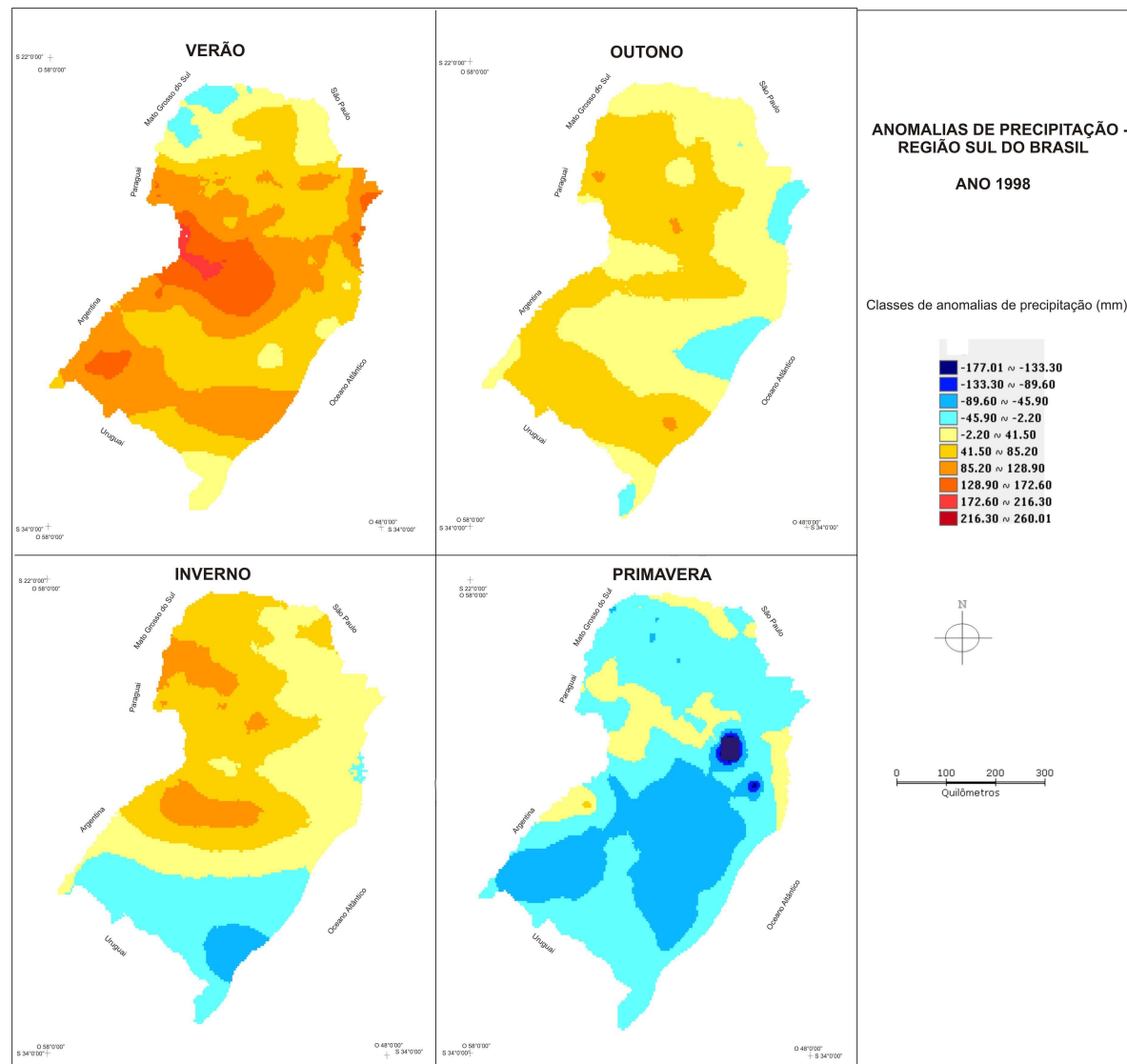


Figura 4.1.2: Mapa de anomalias de precipitação para Região Sul do Brasil – 1998

4.2 Análise das anomalias de precipitação – La Niña 1988/1989

Segundo Reckziegel (2007) entre os anos de 1980 e 2005, foram registrados 2.836 ocorrências de desastres desencadeados por estiagem. Os anos de 2004 e de 2005 foram os que registraram maior número de municípios atingidos por estiagens, com 458 e 406 ocorrências, respectivamente. Para Santa Catarina no período de 1980 a 2003, ocorreram 492 estiagens (HERRMANN, 2006).

No Estado do Paraná, para o período de 1980 a 2006, foram observadas 327 ocorrências de desastres desencadeados por estiagem (DEFESA CIVIL DO PARANÁ, 2008). O maior número de ocorrências foi observado nos anos de 1984, 2005 e 2006.

O período de 1988-1989 classifica-se como de forte atuação da fase positiva da oscilação sul no Pacífico (CPTEC, 2008) e assim, apresentou desvios negativos de precipitação na região Sul, ou seja, períodos de baixa precipitação. As anomalias negativas de precipitação são identificadas no inverno e primavera de 1988 (Figuras 4.1.1 e 4.1.2).

No Rio Grande do Sul foram registrados três períodos de estiagem que afetaram extensivamente diversos municípios gaúchos. A primeira estiagem iniciou no mês de dezembro de 1987 e se estendeu até o mês de março de 1988. Segundo Reckziegel (2007) além de prejuízos relacionados com a pecuária e agricultura, vários municípios das regiões Norte, Noroeste e área central do Estado estabeleceram regime de racionamento de água. O segundo período de estiagem, mais relacionada com o fenômeno La Niña, ainda de acordo com a autora, ocorreu entre os meses de agosto/setembro e afetou diversos municípios da fronteira oeste, da Região Metropolitana, da serra e das

regiões norte, noroeste, sul e central do Rio Grande do Sul. Finalmente, o terceiro período de estiagem, iniciou em dezembro de 1988 e se estendeu até o mês de março de 1989. As regiões Sul e Oeste foram as mais atingidas e houve o registro de quebra das lavouras de verão em todo o Estado e 50 municípios foram afetados (RECKZIEGEL, op.cit).

Em Santa Catarina, no verão de 1988 as anomalias foram todas negativas e variaram na escala de -89,60 a -2,20 mm, neste período foram registrados apenas três ocorrências de estiagens. No outono, as anomalias foram positivas, variando de -2,20 a 85,20 mm, e foram registradas cinco ocorrências de inundações graduais e uma de inundações bruscas. No entanto, no inverno os índices pluviométricos foram reduzidos em grande parte do Estado de Santa Catarina, principalmente no extremo Oeste Catarinense. Essa situação se estende até a primavera, embora com menor intensidade. Assim, após o longo período com baixos valores de precipitação, 84 municípios do Oeste Catarinense e no Vale do Itajaí decretaram situação de emergência por estiagem nos meses de primavera (HERRMANN, 2006).

No período analisado, de acordo com as informações disponibilizadas no site da Defesa Civil do Estado do Paraná, não houve nenhum decreto por estiagem no Paraná, o que sugere que os efeitos do fenômeno La Niña não foram tão severos no Estado.

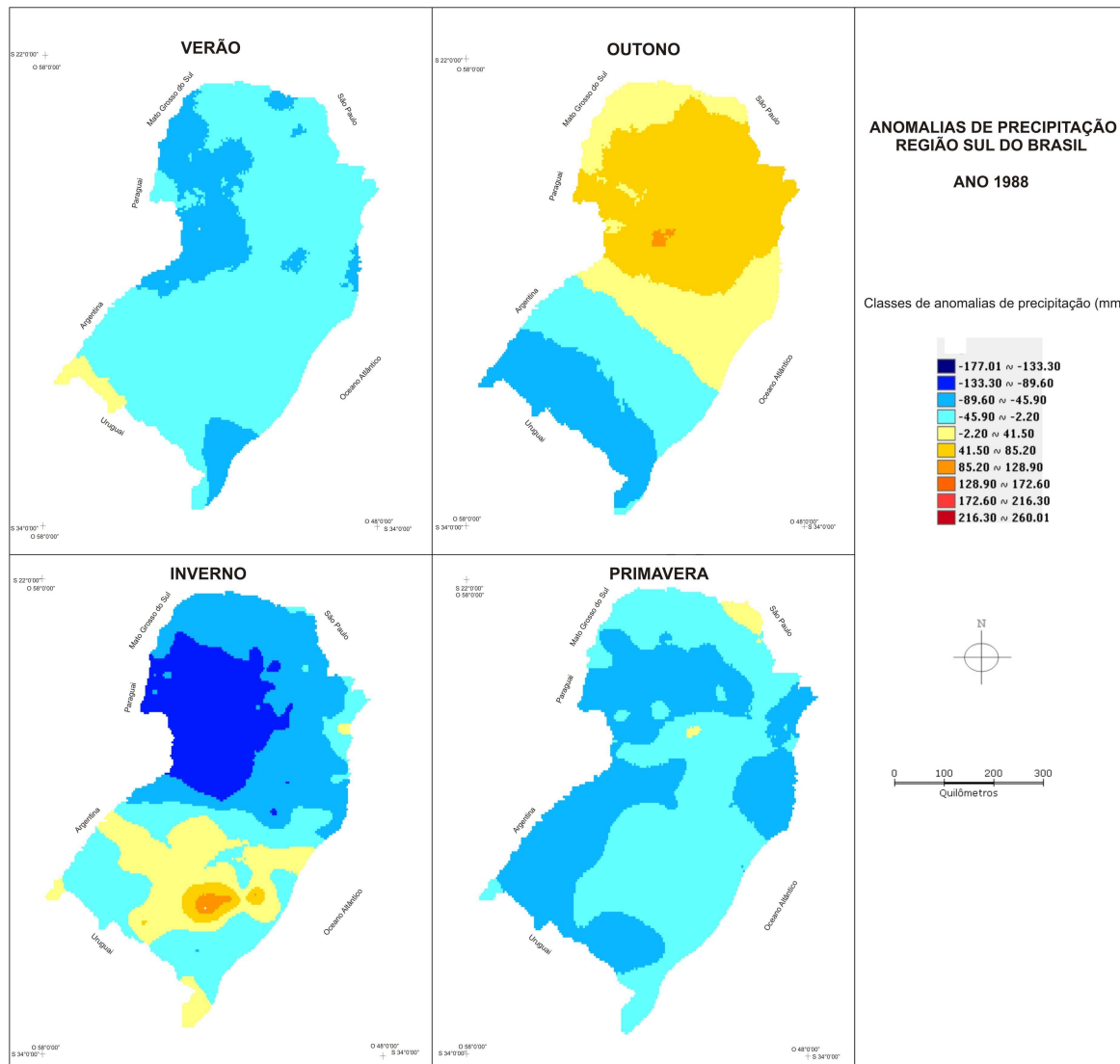


Figura 4.2.1: Mapa de anomalias de precipitação para Região Sul do Brasil - 1988

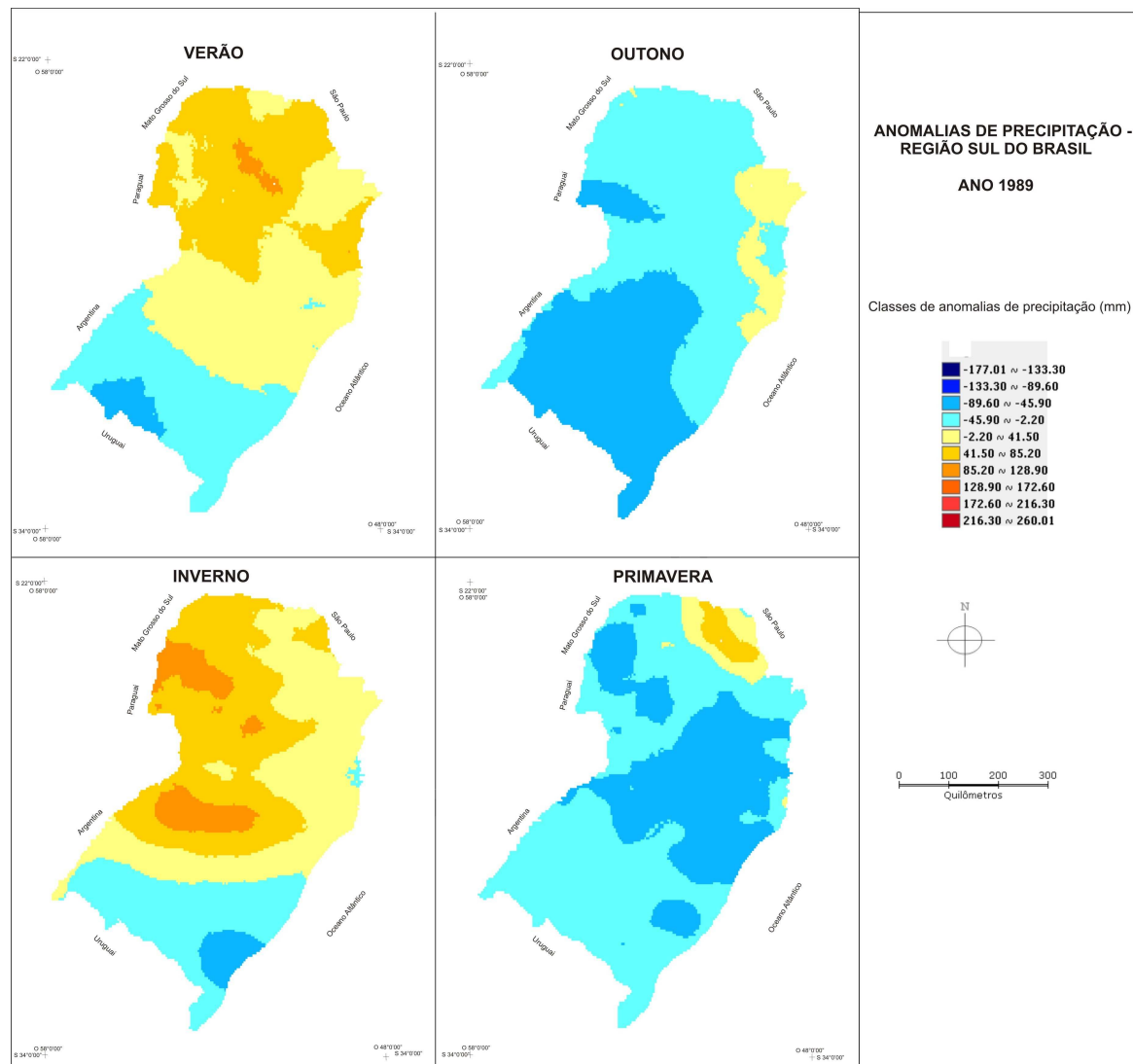


Figura 4.2.2: Mapa de anomalias de precipitação para Região Sul do Brasil - 1989

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento desta pesquisa possibilitou espacializar e relacionar os desastres naturais na região Sul, com as anomalias positivas e negativas de precipitação. A análise do período de La Niña (1988-1989) permitiu constatar a significativa relação entre as anomalias negativas e o número de ocorrências de estiagens, principalmente nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. A mesma constatação, ou seja, a forte relação entre as anomalias de precipitação e o registro de desastres naturais, foi verificada no período de El Niño. As inundações bruscas e graduais registradas em todos os Estados da região Sul durante os anos analisados (1997-1998) ocorreram principalmente por causa do incremento de precipitação, gerado pelos efeitos do El Niño.

Entender a relação do excesso ou escassez de precipitação com os desastres naturais é fundamental para auxiliar o poder público, defesa civil e órgãos de planejamento na elaboração de medidas preventivas, planejamento de ações futuras e gestão dos territórios. Para tanto, é necessário a realização de estudos referentes a temática, para que seja possível compreender o comportamento e a gênese de eventos extremos que atingem a região Sul do Brasil e que resultam em vultosos prejuízos e até mesmo perdas de vidas humanas. Dessa maneira, ações preventivas poderiam ser empregadas a fim de minimizar os impactos socioeconômicos e ambientais provocados pelos desastres.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. São Paulo: DIFEL. 1986. 332p.

BARBIERI, D.W.; MARCELINO, I.P.V.O.; SAUSEN, T. M. Anomalias de precipitação para a região Sul do Brasil: análise de consistência. In: V Seminário Latino-americano e I Seminário Ibero-americano de Geografia Física. 12 a 17 de maio de 2008, Santa Maria, RS. /**Anais**/, p. 3891-3903.

BARBIERI, P. R. B. **Caracterização da estação chuvosa nas regiões sul e sudeste do Brasil associado com a circulação atmosférica**. 2005-03-31. 116 p. (INPE-14220-TDI/1121). Dissertação de Mestrado - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2005. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/jeferson/2005/06.01.19.48>>. Acesso em: 19 jun. 2008.

BERLATO, M. A. ; CORDEIRO, A. P. A. . Variabilidade climática e agricultura do Rio Grande do Sul. In: Federação dos Clubes de Integração e Troca de Experiência-FEDERACITEa. (Org.). As Estiagens e as Perdas na Agricultura: Fenômeno Natural ou Imprevidência?. 1ª ed. Porto Alegre: Ideograf Editora Gráfica, 2005, v.1, p. 43-59.

CAMARGO, E. C. G. **Desenvolvimento, implementação e teste de procedimentos geoestatísticos (Krigagem) no sistema de processamento de informações georreferenciadas (SPRING)**. 1997-06. 146 p. (INPE-6410-TDI/620). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 1997. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/iris@1912/2005/07.20.08.47.41>>. Acesso em: 03 jun. 2008.

CASTRO, A. L. C. de. **Manual de Desastres: Desastres Naturais**. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2003. p.174. Disponível em: <http://www.defesacivil.gov.br/publicacoes/publicacoes/desastres_mistos.asp> Acesso em: 26 de maio, 2008.

CAVALCANTI, I.F.A., KOUSKY, V.E. 2003. Climatology of South American cold fronts. In: **VII International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography**, Wellington, New Zealand, 2003.

CLIMANÁLISE: **Boletim de Monitoramento e Análise Climática**. São José dos Campos: INPE, Edição Comemorativa de 10 anos, Out.1996. Disponível em:<<http://www.cptec.inpe.br/products/climanalise/cliesp10a/index1.shtml>>. Acesso em 19 Jun. 2008.

CONRADO, H. **Estudo sinótico de períodos deficientes de chuvas no Rio Grande do Sul**. fev.1992. 166 p. (INPE-5456-TDI/498). - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 1992. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/MTC-m13@80/2005/08.18.18.53>>. Acesso em: 06 jun. 2008.

CPTEC-INPE. Instituto Nacional de pesquisas Espaciais. **Produtos Especiais: El Niño, La Niña**. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/products/laninha/laninha3p.html>>. Acesso em: 1 de Jun., 2008.

FOSS, M.; FERRAZ, S. E. T. Variabilidade do período chuvoso no Estado do Rio Grande do Sul. *In: II Encontro Sul Brasileiro de Meteorologia*, 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: CEFET-SC, 2007. 1 CD-ROM

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, p. 2863-2880, 1998.

HERRMANN, M. L. P. As principais conseqüências negativas provocadas pelas adversidades atmosféricas no Estado de Santa Catarina. In: HERRMANN, M. L. P. **Atlas de desastres naturais do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: IOESC, 2006. p. 67-88.

HERRMANN, M. L. P. **Levantamento dos desastres naturais causados pelas adversidades climáticas no Estado de Santa Catarina período de 1980 a 2000**. Florianópolis: IOESC, 2001. 89 p

KOBIYAMA, M.; MENDONÇA, M.; MORENO, D. A.; MARCELINO, I. P. V. O.; MARCELINO, E. V.; GONÇALVES, E. F.; BRAZETTI, L. L. P.; GOERL, R. F.; MOLLERI, G. S. F.; RUDORFF, F. M. **Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos**. Curitiba: Organic Trading, 2006.

KODAMA, Y. Large-scale common features of subtropical precipitation zones (the baiu frontal zone, the SPCZ and the SACZ) - Part I: characteristics of subtropical frontal zones. **Journal of Meteorological Society of Japan**, v. 71, n. 5, p. 581-610, 1993

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**, 36 A, p. 490-504, 1984.

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, p. 351-363, 1989.

LAING, A. G., J. M. FRITSCH, 1997: **The global population of mesoscale convective complexes**. Quart. J. Roy. Meteor. Soc., 123, 389–405.

LAMPARELLI, R.A.C; ROCHA, J.V; BORGHI,E. **Geoprocessamento e Agricultura de Precisão**. Fundamentos e Aplicação. Guaíba: Agropecuária, 2001.

LOPES, E. S. S. **Manual do Spring**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 2006. Aula 1. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/manuais.html>>. Acesso em: 23 de abril, 2008

MADDOX, R. A., 1980: **Mesoscale convective complexes**. Bull. Amer.Meteor. Soc., 61, 1374–1387.

MARCELINO, E. V. **Desastres naturais e geotecnologias: conceitos básicos**. Santa Maria: CRS/INPE, 2008. 38p. Disponível em: <<http://www.inpe.br/unidades/cep/atividadescep/geodesastres/desastresnaturais.php>>. Acesso em: 22 jan. 2008.

MARCELINO, E. V.; GOERL, R. F. Inundação brusca. In: HERRMANN, M. L. P. **Atlas de desastres naturais do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: IOESC, 2006c. p. 93-96.

MARCELINO, E. V.; NUNES, L. H.; KOBAYAMA, M. Banco de dados de desastres naturais: análise de dados globais e regionais. **Caminhos de Geografia**, v. 6, n. 9, p.130-149, 2006a.

MARCELINO, I. P. V. O.; MOLLERI, G. S. F.; GOERL, R. F.; MARCELINO, E. V.; MORENO, D. A.; RUDORFF, F. M.; Adversidades atmosféricas no Estado de Santa Catarina. In: HERRMANN, M. L. P. **Atlas de desastres naturais do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: IOESC, 2006b. p. 11-66.

MONTEIRO, M. A. Caracterização climática do estado de Santa Catarina: uma abordagem dos principais sistemas atmosféricos que atuam durante o ano. **Geosul**, v. 16, n. 31, p. 69-78, 2001.

NERY, J. T. Dinâmica climática da Região Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.1, n.1, p.61-75, 2005.

OLIVEIRA, E. L. de A.; ROBAINA, L. E. S.. Mapeamento das áreas de risco geomorfológico da Bacia Hidrográfica do arroio Cadena, Santa Maria, RS. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 1, p. 197-218, 2004.

OLIVEIRA A.S. **Interação entre sistemas frontais na América do Sul e a convecção da Amazônia**. INPE-4008-TDL/239. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) INPE, São José dos Campos, 1986.

PAMPUCH, L. A.; MARCELINO, I. P. V. O. Desastres naturais no município de Santa Maria - RS; análise das causas e consequências, In: Encontro Sul Brasileiro de Meteorologia, 2.; 2007, Florianópolis. **Anais** Florianópolis: CEFET-SC, 2007. 11p.

PELLERIN, J; OLIVEIRA, M. A. T. de; SCHEIBE, L. F.; BUSS, M. D.; HERRMANN, M. L. P.; PONTELLI, M. E. Les crues et laves torrentielles catastrophiques du 23 décembre 1995 dans l'État de Santa Catarina (Brésil subtropical). **Géomorphologie : relief, processus, environnement**. 2002, n° 1, p. 51-60. Disponível em: <http://www.univ-st-etienne.fr/gfg/revue/06_Pellerin_et_al.pdf>. Acesso em: 13 de jun.2008

PELLERIN, J. R. G. M; DUARTE, G. M.; SCHEIBE, L. F.; MENDONÇA, M.; MONTEIRO, M. A.; CARDOSO, C. Timbé do Sul - Jacinto Machado: avaliação preliminar da catástrofe de 23-24/12/95. **Geosul**, v. 12, n. 23, p. 71-86, 1997

RAO, V. B.;HADA, K. Annual variation of rainfall over Brazil and atmospheric Circulation over South America. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 8, 1994. **Anais...** VIII. p. 81-84.

RECKZIEGEL, B. W. **Levantamento dos desastres desencadeados por eventos naturais adversos no Estado do Rio Grande do Sul no período e 1980 a 2005**. 2007.261. Vol.I. Dissertação de mestrado em Geografia. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

RECKZIEGEL, B. W.; ROBAINA, L. E. S.. Descrição Das Situações De Risco Geológico-Geomorfológico Na Vila Laranjeiras, Porto Alegre RS. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, 2008.

ROPELEWSKI, C. F.; HALPERT, M. Global and regional scale precipitation patterns associated with the el niño / southern oscillation. **Monthly Weather Review**, v. 115, n. 8, p. 1606-1626, Aug. 1987

SANTOS, M. J. J. dos. **Caracterização e monitorização de secas**. Instituto da Água. Direção de Serviços de Recursos Hídricos. 1998 Disponível em: <http://snirh.inag.pt/snirh/estudos_proj/portugues/docs/download/CA98_SECA.pdf .> Acesso em: 13 de jun., 2008

SATYAMURTY, P.; NOBRE, C.; DIAS, P. S. South América: tropics meteorology of the southern hemisphere. **American Meteorological Society**, v. 27, n. 49, p. 119-139, 1998.

SAUSEN, T. M.; MARCELINO, E. V.; MARCELINO, I. P. V. O.; SOUSA JUNIOR, M. A.; LACRUZ, M. S. P.; Núcleo de Aplicação e Pesquisa de Geotecnologias em Desastres Naturais e Eventos Extremos no Centro Regional Sul do INPE, In: **XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**; 21-26 abril 2007, Florianópolis, Brasil. Anais INPE, p. 4401-4403. Disponível em: <<http://www.inpe.br/crs/geodesastres/publicacoes.php>>. Acesso em: 26 de maio, 2008.

SAUSEN, T. M.; PARDI LACRUZ, M.S.; SOUSA JUNIOR, M.A.; SATO, L.Y.. **Mapeamento dos municípios do Rio Grande do Sul atingidos por estiagem durante o período de 2003 a 2006**. Núcleo de Pesquisa e Aplicação de Geotecnologias em Desastres Naturais e Eventos Extremos. Centro Regional Sul-INPE. Fev. 2007 (publicação interna)

SEVERO, D. L. **Estudos de casos de chuvas intensas no Estado de Santa Catarina**. set. 1994. 118 p. (INPE-5682-TDI/568). Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 1994. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/MTC-m13@80/2005/08.26.17.51>>. Acesso em: 19 jun. 2008.

SEVERO, D. L.; GAN, M. A. Anomalias de precipitação na região sul do Brasil: resultados preliminares. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 13., , Fortaleza. **Anais...** 2004. CD-ROM, On-line. (INPE-12133-PRE/7479). Disponível em: <<http://urlib.net/cptec.inpe.br/walmeida/2004/09.20.09.09>>. Acesso em: 16 jun. 2008.

SILVA DIAS, M. A. F. Complexos convectivos de mesoescala. In: **Climanálise Especial**: edição comemorativa de 10 anos. Cachoeira Paulista: INPE/CPTEC, 1996. p.173-182.

SILVA, I. R. **Variabilidade sazonal e interanual das precipitações na região sul do Brasil associadas às temperaturas dos oceanos atlântico e pacífico**. 2001-12-10. 98 p. (INPE-11267-TDI/949). Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2001. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/jeferson/2004/06.02.15.12>>. Acesso em: 06 jun. 2008.

SILVA, V.O. Monitoramento dos focos de calor na região Sul do Brasil. In: V Seminário Latino-americano e I Seminário Ibero-americano de Geografia Física. 12 a 17 de maio de 2008, Santa Maria, RS. **/Anais/**, p. 4231-4242.

TABONY, R.C.. The estimation of missing climatological data. **International Journal of Climatology**. 1983 v.3, n.3, p. 297-314.

TEIXEIRA, M. S.; SATYAMURTY, P. Espisódios de chuvas intensas na região sul do Brasil. Parte I: configuração sinópticas associadas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 13., , Fortaleza. **Anais...** 2004. CD-ROM, On-line. (INPE-12104-PRE/7450). Disponível em: <<http://urlib.net/cptec.inpe.br/walmeida/2004/09.21.10.34>>. Acesso em: 19 jun. 2008.

TRENTIN, C.B.; PARDI LACRUZ, M.S.; SOUSA JUNIOR, M.A.; SILVA, V.O. Análise da ocorrência de enchentes na área de abrangência do rio Jacuí/RS com a utilização de imagens Modis e dados SRTM. In: V Seminário Latino-americano e I Seminário Ibero-americano de Geografia Física. 12 a 17 de maio de 2008, Santa Maria, RS. /**Anais**/, p. 3803-3815

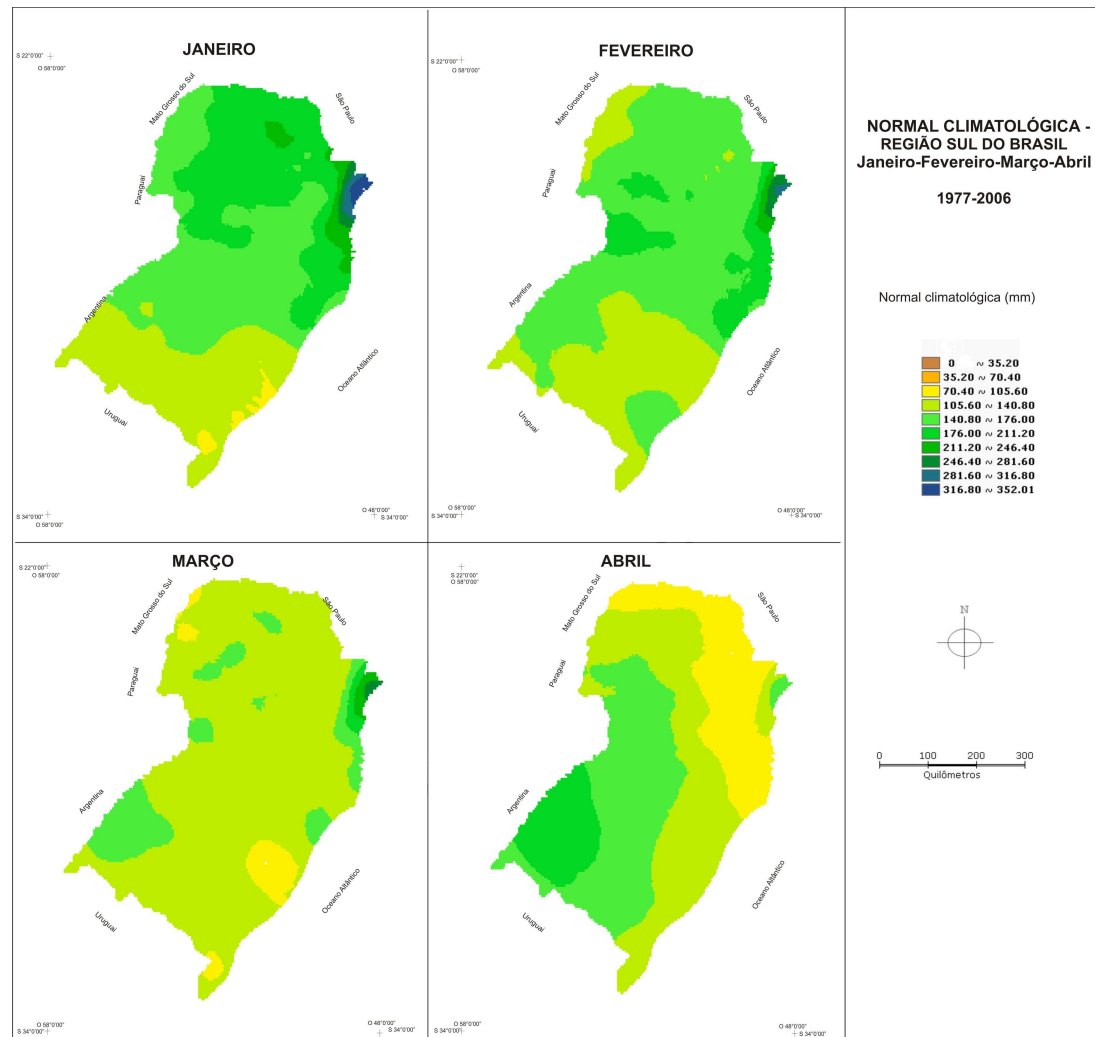
VALERIANO, M. M.; PICINI, A. G.; MELLO, M. H. A. Estratificação dos efeitos anisotrópicos do relevo na geração de mapas pluviométricos por geoprocessamento. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 10, n. 1, p.167-177, 2002.

VAREJÃO –SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. 2.ed.Brasília, INMET.Gráfica e Editora Pax, 2001.

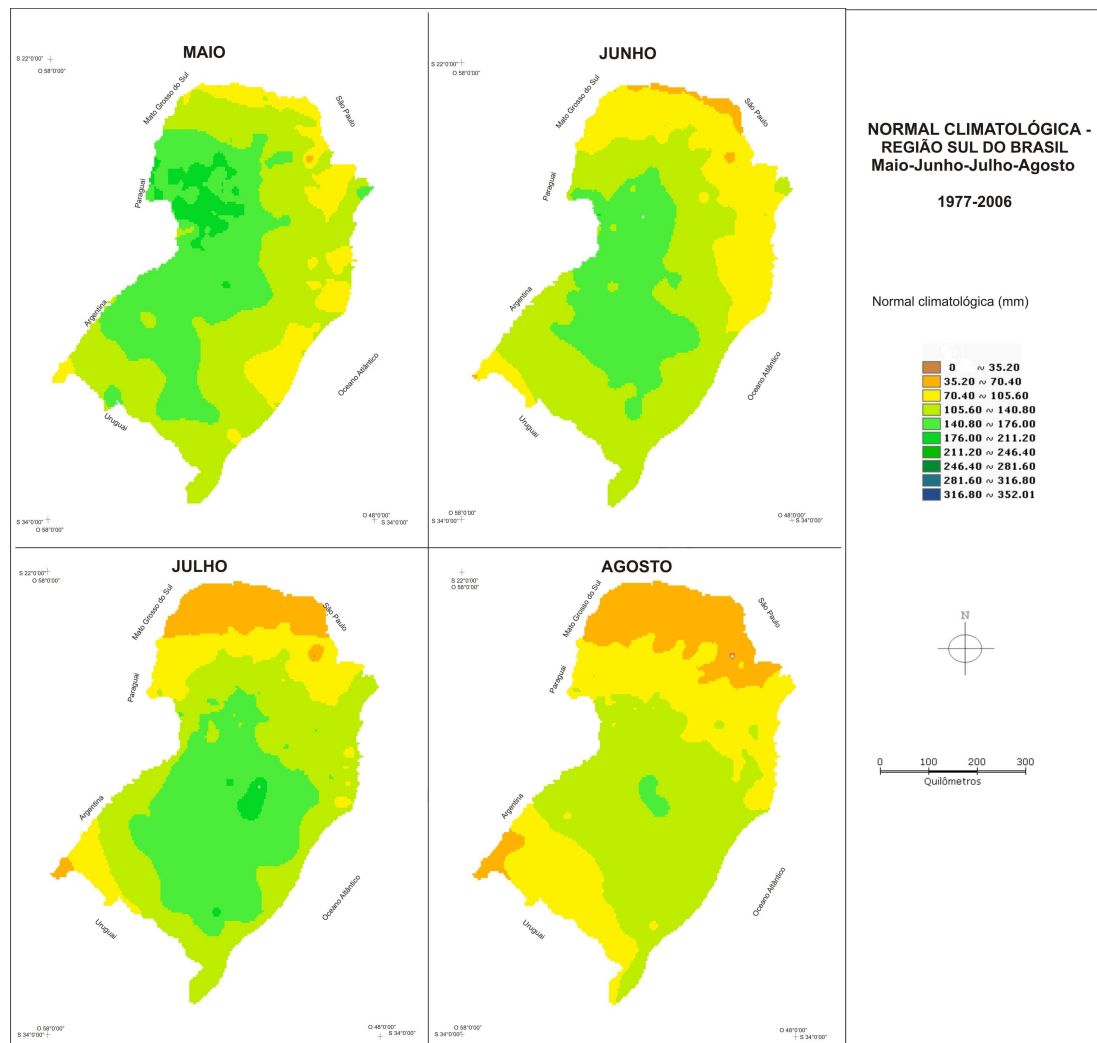
VIANA, D. R; AQUINO, F. E; FERREIRA, N.J. Desastres Naturais Associados a Complexos Convectivos de Mesoescala no Rio Grande do Sul em Dezembro de 2003. **Geografia Ensino e Pesquisa**. Edição especial. 1556-1569. 2008. CD-ROM.

VOITURIEZ, B; JACQUES, G. **El Niño**: fact and fiction. Paris: IOC Ocean Forum Series/ UNESCO Publishing, 2000. 128 p.

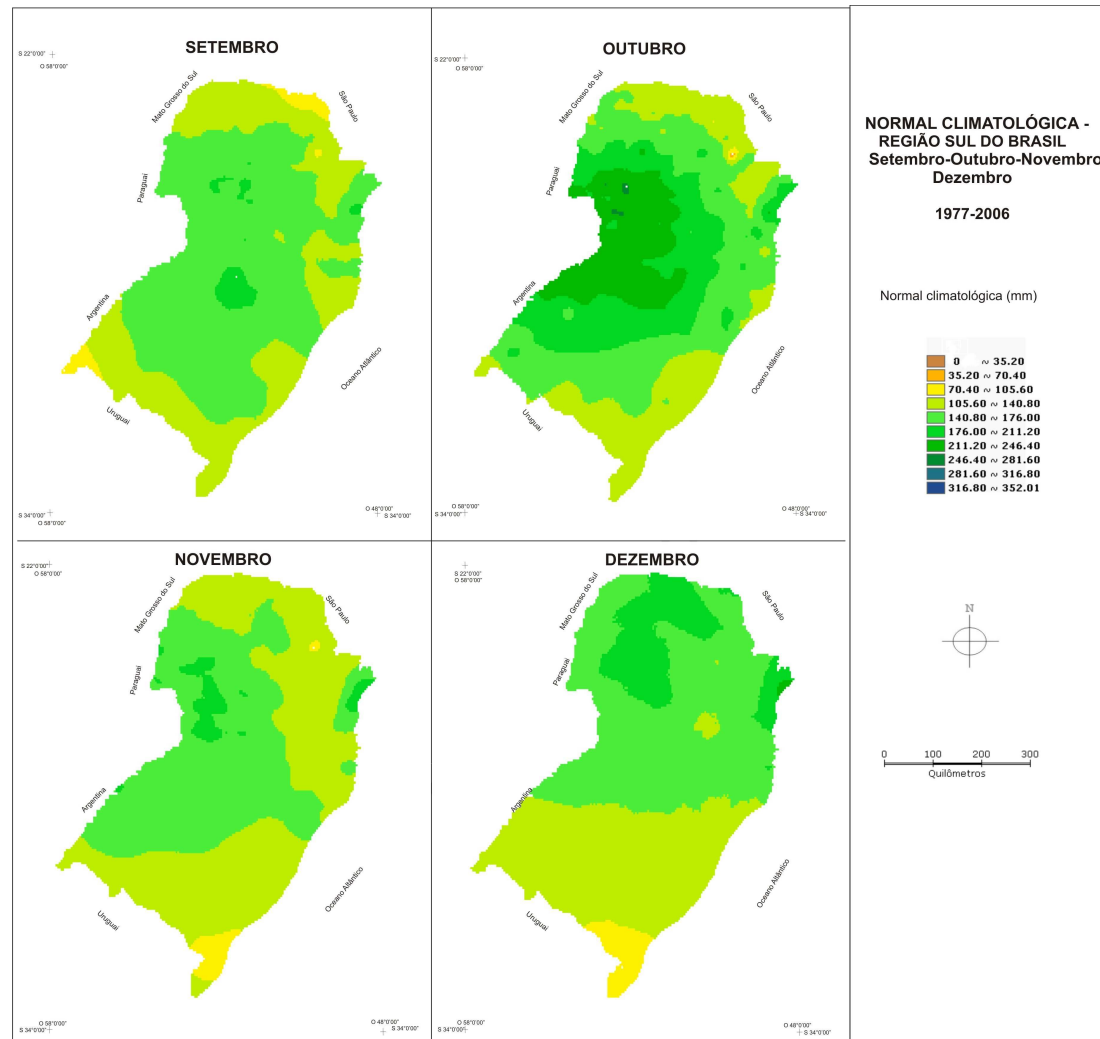
ANEXO 1



A.1.1: Mapa da normal climatológica dos meses de janeiro, fevereiro, março, abril



A.1.2: Mapa da normal climatológica dos meses de maio; junho; julho; agosto



A.1.3: Mapa da normal climatológica dos meses de setembro; outubro; novembro e dezembro

ANEXO 2



ANOMALIAS DE PRECIPITAÇÃO PARA A REGIÃO SUL DO BRASIL- ANÁLISE DE CONSISTÊNCIA

¹Daniela Wancura Barbieri, Isabela P. V. O. Marcelino, Tania Maria Sausen

¹ Bolsista de Iniciação Científica- daniela.barbieri@crs.inpe.br



Núcleo de Aplicação e Pesquisa de Geotecnologias em Desastres Naturais e Eventos Extremos (Geodesastres-Sul)

INTRODUÇÃO

Anomalias de precipitação, sejam elas positivas e/ou negativas, são responsáveis por desencadear e/ou potencializar os desastres naturais na Região Sul do Brasil. Compreender o comportamento da chuva irá auxiliar diretamente no diagnóstico da gênese desses eventos extremos, como também servir de instrumento na previsão e prevenção dos desastres. A análise do comportamento da precipitação auxilia diretamente no diagnóstico da gênese desses eventos extremos, como também serve de instrumento na prevenção de desastres. Para isso, é necessário aplicar técnicas de interpolação espacial para conhecer e visualizar a distribuição espaço-temporal das precipitações pluviométricas. Os mapeamentos gerados num ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG) são fundamentais para efetuar qualquer tipo de plano preventivo e de mitigação a desastres naturais.

OBJETIVO GERAL

- Objetivo do presente trabalho consiste em aplicar análise de consistência nos dados das estações pluviométricas disponíveis na Região Sul para que posteriormente sejam gerados mapas de anomalias de precipitação. Essa análise de consistência divide-se em duas etapas: análise de dados duvidosos e análise de dados faltantes.

METODOLOGIA

O método para a elaboração dos mapas de desvios de precipitação para a Região Sul do Brasil seguirá as seguintes etapas mostradas na Figura 1.

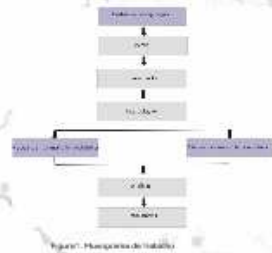


Figura 1 - Metodologia de trabalho

Foi feita a coleta nas estações da Agência Nacional de Águas. Uma primeira análise foi realizada em cada estação para selecionar as que possuam um período de série histórica maior que 30 anos com pequenos períodos de falhas. Desta análise seletiva foram separadas um total de 716 estações para toda a Região Sul, sendo que 414 estações no Paraná, 215 em Santa Catarina e 87 no Rio Grande do Sul.

A fase de tratamento consistiu em fazer uma análise dos dados duvidosos e posteriormente realizar o preenchimento das ausências de dados (falhas). Para a análise dos dados duvidosos foi utilizado o método Tukey, para esta aplicação utilizou-se o programa na linguagem FORTRAN, que gerou relatório como apresentado na Figura 2.

Figura 2 - Relatório com dados duvidosos

No passo seguinte foi realizada a análise de preenchimento de dados faltantes, utilizando o método Tabony, que utiliza no mínimo 3 estações vizinhas para calcular o dado faltante através da média ponderada. A Figura 3 mostra o relatório dos resultados da análise de dados faltantes.

Figura 3 - Relatório de análise de dados faltantes

RESULTADOS

Toda a coleta de dados pluviométricos pertencentes à ANA foi concluída, apresentando um total de mais de 1.700 estações armazenadas da Região Sul. Esses dados foram armazenados na extensão ".xls" como pode ser verificado na Figura 4.

Figura 4 - Dados obtidos da ANA armazenados no formato ".xls"

Para a realização da etapa de análise dos dados duvidosos, os dados tiveram que ser transformados para que pudessem ser lidos e analisados pelo programa utilizado. Dessa forma, da planilha original (Figura 4) foram criados arquivos na extensão ".pm" que posteriormente foram transformados para a extensão ".chu" (Figura 5), a qual obteve a formatação final para realizar a análise de consistência de dados. Além disso, foi inserido o valor -999.0 para os meses que não tiveram registros de dados, ou seja, em todos os espaços vazios.

Figura 5 - Arquivos ".chu"

Com os relatórios em mãos, foi analisado cada caso, dispensando o que se tratava de episódios com chuva intensa (Figura 6). Nesses casos, foram apontados como dados duvidosos episódios de precipitações intensas, que é comum ocorrerem na Região Sul.

Figura 6 - Dados de precipitações intensas

CONCLUSÃO

Para trabalhar com dados de precipitação, é necessária a realização de análise de consistência dos dados. Devido a grande quantidade de dados registrados erroneamente e ausências de registros, verificou-se que tanto a análise de dados duvidosos, quanto o preenchimento de dados faltantes são fundamentais para alcançar resultados mais precisos e próximos da realidade, tornando-se uma das etapas mais importantes para se trabalhar com séries de dados.



A.2: Painel apresentado em congresso