

DESASTRES NATURAIS NO ESTADO DE SANTA CATARINA-BR ASSOCIADOS AO FENÔMENO CLIMÁTICO GLOBAL *EL NIÑO* DURANTE PERÍODO 1980 - 2000

Maria Lúcia de P. Herrmann (*)
M. Paula Marimon (*)
Paulo S. Lopes (*)
Sandra M. Machado (*)
Cinara Zobot (*)
Tânia H. Cerew (*)
Sandro S. V. de Cristo (*)

INTRODUÇÃO

O Estado de Santa Catarina, juntamente com os estados do Paraná e do Rio Grande do Sul integram a Região Sul do Brasil. Pela sua posição geográfica e características geomorfológicas esta região está sobre a influência das principais correntes circulatórias da América do Sul : massas de ar tropicais Atlântica e Continental, Polar Atlântica, Frente Polar Atlântica e Equatorial Continental.

Alem da combinação dos mecanismos dessas massas de ar no decorrer do ano que favorecem as chuvas, principalmente durante a estação de verão, a região é, também, afetada pelos episódios pluviiais irregulares do fenômeno *El Niño*, que assumem significativa importância pois, as chuvas quando em excesso, causam sérios danos ambientais, constituindo, portanto, uma das preocupações desse trabalho.

Durante o período compreendido entre 1980 a julho de 2000, de acordo com o levantamento elaborado por HERRMANN et al (2000), junto aos arquivos da Defesa Civil -SC, foram registrados no Estado de Santa Catarina 1.215 ocorrências de enchentes, 322 de enxurradas e 117 deslizamentos. Muitos dos episódios pluviiais estiveram associados às variações da circulação atmosférica em escala global, identificados como fenômeno *El Niño* - Oscilação Sul. Conjugação a que se deu o nome de ENOS, devido a ação combinada do *El Niño*, de natureza oceânica, e da Oscilação Sul, de natureza atmosférica.

O evento *El Niño* refere-se fase negativa da Oscilação Sul, enquanto que a fase positiva relaciona-se ao evento contrário, anti - *El Niño*, ou *La Niña*. De maneira geral a fase negativa (*El Niño*) está associada a períodos secos nas regiões Tropicais e quentes e úmidos nas extra - tropicais, e a fase positiva (anti - *El Niño*) pelos períodos úmidos nos trópicos e secos e frios fora deles.

O fenômeno *El Niño* esteve presente em grande intensidade em 1982-83, considerado como excepcional, Outros episódios pluviiais ocorreram novamente durante o *El Niño* dos anos de 1986-87, de menor intensidade; de 1990 a fevereiro de 1994, o mais longo evento dos últimos anos e o último do século de 1997 a 1998.

Em oposição aos meses chuvosos tem-se os fortes desvios negativos (anos secos de poucas chuvas). A inibição das chuvas no Estado de Santa Catarina durante o período demarcado para o presentes estudo esteve associada as ocorrências do fenômeno anti- *El Niño*, verificadas nos anos de 1985-86; 1988- 89; 1995-97 e 1999-00..

O FENÔMENO *EL- NIÑO* (ENOS)

Devido à sua magnitude esse fenômeno (ENOS) vem sendo constantemente monitorado, e seus resultados divulgados internacionalmente através do *Boletim ENSO Advisory do Climate Analysis Center / National Meteorological Center-USA*. No Brasil o Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), através do Centro de Previsões de Tempo e Estações Climáticas (CPTEC), vem também monitorando as variações climáticas e elaborando a previsibilidade atmosférica

As imagens de satélites, que entraram em uso a partir da década de 70, possibilitaram conhecer e estudar melhor esse fenômeno, pois através do rastreamento, metro a metro, da superfície terrestre, elas detectam o desequilíbrio na interação dos fatores que podem produzir o aquecimento., prevendo sua chegada, sua intensidade e os transtornos meteorológicos que são produzidos na sua passagem.

(*) UFSC/UEDESC

A denominação *El Niño* foi utilizada pelos pescadores peruanos para designar uma corrente de águas quentes que surgia repentinamente no Oceano Pacífico, na costa da América do Sul no final do ano, data do nascimento do menino Jesus, e indicava o final da estação da pesca, uma vez que as águas quentes significavam a atenuação da ressurgência (afloramento de águas mais frias, ricas em nutrientes, do fundo do oceano) e afastavam os peixes da região. Segundo MOLION (1989), esse efeito é tão marcado que o exame de relatórios da indústria pesqueira permitiu reconstruir uma série temporal de ocorrências de *El Niño* desde 1725, sendo que são mais confiáveis as séries que levam em conta os dados da pressão atmosférica registrados nas estações de Darwin e do Taiti, uma vez que a Oscilação Sul e *El Niño* estão correlacionados

Quanto à componente atmosférica, as primeiras observações advêm dos trabalhos do meteorologista inglês Gilbert Walker, no início do século XX, tentando correlacionar a Oscilação Sul com as monções da Índia, que demonstraram uma correlação inversa entre a pressão na superfície sobre os oceanos Pacífico e Índico, denominada de Oscilação Sul: quando a pressão é alta no Oceano Pacífico ela tende a ser baixa no oceano Índico, (CUNHA, 1995). Sobre a Oscilação Sul e suas fases a explicação a seguir foi elaborada, basicamente, segundo MOLION (1989).

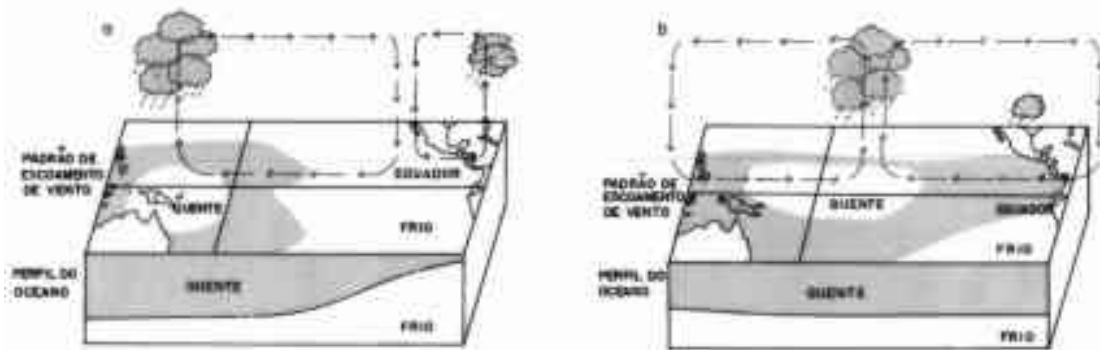
As águas do Pacífico Ocidental são normalmente mais quentes que as do Oriental, sendo comum a ocorrência de pressões atmosféricas mais baixas junto a superfície do Pacífico Ocidental e, conseqüentemente, convecções que determinam chuvas abundantes. O ar que sobe nessa região (até 10 km) tende a se deslocar, vindo a descer lentamente sobre o Pacífico Oriental. Essa subsidência (descida do ar) faz com que a pressão atmosférica junto à superfície do Pacífico Oriental se eleve. Esse movimento do ar denomina-se de Circulação de Walker, em homenagem a quem primeiro relatou essas variações.

A Oscilação Sul é uma espécie de gangorra barométrica com dois centros principais de ação: um deles se localiza no Pacífico Ocidental sobre a Indonésia e o norte da Austrália e o outro sobre o Pacífico Oriental, próximo a costa oeste da América do Sul. A sua oscilação é representada por um índice (IOS) que expressa sua intensidade e suas fases, positiva ou negativa, o qual é determinado pela diferença entre os desvios de pressão atmosférica ao nível do mar (PNM), registrados nas estações meteorológicas de Darwin, no norte da Austrália, no Pacífico Ocidental, e do Taiti, Polinésia Francesa, no Pacífico Oriental, ou seja: o (IOS) é dado pela pressão (PNM) do Taiti menos a (PNM) de Darwin.

A fase positiva ocorre quando o sistema de altas pressões do Pacífico Oriental e o de baixas pressões no Pacífico Ocidental se intensificam. Assim, quando a pressão do Taiti eleva-se acima da sua média ao mesmo tempo que a de Darwin reduz-se abaixo de sua média. Nessas condições de oscilação positiva os movimentos ascendentes de ar se intensificam, a atividade convectiva cresce e, conseqüentemente, aumentam as precipitações sobre a Indonésia e o norte da Austrália. Essa diferença de pressão intensifica os ventos alíseos, que acentua o transporte de água na direção Oeste, provocando a ressurgência, o afloramento de águas mais frias que a normal, desde a costa oeste da América do Sul até o Pacífico Central. Essa água é rica em *plancton* que atrai os peixes e os pássaros, portanto é uma região das mais piscosas, e desde o tempo da colonização espanhola a pesca tem sido o elemento principal da economia dos países da costa ocidental da América do Sul, bem como o guano (acumulação de fosfato de cálcio resultante do excremento de aves marinhas), matéria prima para a fabricação de pólvora e de fertilizantes, o famoso salitre do Chile, que é o nitrato de sódio, (MOLION, 1990).

Na fase negativa, tanto o sistema da baixa pressão do Pacífico Ocidental, como o de alta pressão do Pacífico Oriental enfraquecem, a diferença de pressão reduz-se e, conseqüentemente, os ventos alíseos diminuem de intensidade no Pacífico Ocidental. Com isso o transporte de água e a ressurgência diminuem, originando entre outros fenômenos as ondas de Kelvin (interna ao oceano) que deslocam-se rapidamente do Pacífico Ocidental para o Oriental (20 km em cerca de 80 dias), ocasionando brusco aquecimento na zona costeira da América do Sul, e permanecem assim por vários meses, configurando o fenômeno *El Niño*.

A convecção intensa se desloca sobre as águas anormalmente aquecidas, mudando completamente a configuração da célula de Walker: o ar descerá tanto no Pacífico Oriental quanto no Ocidental, determinando escassez de chuva. A Fig. 1 representa a Circulação de Walker para um ano normal e para um ano de *El Niño*.



Fonte HERRMANN (1999):Modificado de STEFANSKI (1994) apud CUNHA (1995)

Fig. 1- Representação esquemática da circulação De Walker a)- Para um ano normal, e b)- para o ano *El Niño*. As setas indicam movimentos de ar ascendentes que sobem até cerca de 10 km e se deslocam vindo a descer sobre os oceanos subtropicais

A causa da mudança da fase negativa para a positiva e vice-versa ainda não foi elucidada, uma das hipóteses consideradas pelos estudiosos é que seja devida a pequenas variações na rotação da terra (onde já se observou durante o ENOS, aumento de 3 milissegundos no comprimento do dia), e a outra é a de que seria consequência da liberação submarina de grandes quantidades de calor do magma ejetado por vulcões ativos no assoalho do oceano ou de outros processos relacionados à cordilheira submarina do Pacífico, que está relativamente mais próxima do continente Sul-Americano (a água aquecida levaria aproximadamente 15 dias para emergir e aumentar a temperatura das águas da superfície do oceano, cujo aquecimento atuaria sobre a atmosfera desencadeando o processo).

De maneira geral a fase negativa (*El Niño*) está associada a períodos secos nas regiões Tropicais e quentes e úmidos nas extra - tropicais, e a fase positiva (anti - *El Niño*) pelos períodos úmidos nos trópicos e secos e frios fora deles. No Brasil devido à extensão latitudinal do seu território verificam-se as duas fases do fenômeno. Com secas na Amazônia e no Nordeste e excesso de chuvas no Sul e Sudeste nos anos de *El Niño* e ao contrário nos anos de anti - *El Niño*.

Durante o anti - *El Niño* a atividade convectiva sobre a Amazônia e o Nordeste aumenta e, com ela, os totais pluviométricos, e por sua vez a célula de Hadley (Componente meridional da circulação troposférica entre as regiões equatoriais e tropicais) tem seu movimento de ar descendente intensificado sobre o Sudeste e Sul do Brasil (abrangendo também o Paraguai, Uruguai e parte da Argentina), e que, associada aos bloqueios no escoamento atmosférico que ocorrem sobre o Pacífico Oriental, inibe a convecção e reduz a precipitação sobre essas regiões.

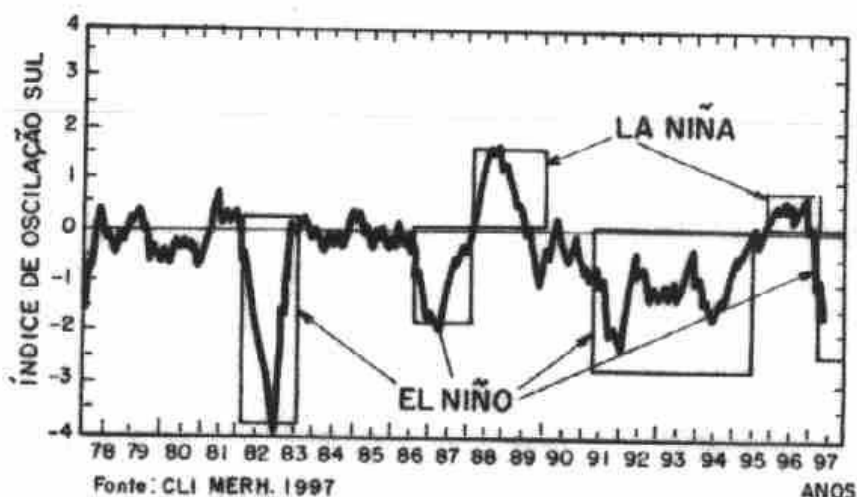
Nos anos de *El Niño*, os índices de Oscilação Sul estão associados a movimentos de ar descendentes sobre a Amazônia e o Brasil Central. As pressões atmosféricas elevadas, resultantes dessa subsidência, bloqueiam ou impedem a propagação de sistemas frontais, que permanecem estacionários sobre a Região Sul, produzindo grandes totais pluviométricos.

Normalmente os sistemas frontais que penetram na América do Sul avançam rapidamente rumo ao Equador, onde se encontra a corrente de Jato Sub -Tropical (JST), e quando essa corrente é intensificada na região do Pacífico Leste (anos *El Niño*), ela impede o deslocamento dessas frentes que permanecem estacionárias ao sul do Jato, e que associadas às frentes contribui para a precipitação excessiva sobre as regiões Sul e Sudeste do Brasil.

Ao longo dos últimos 21 anos, as ocorrências de El Niño e La Niña verificaram-se nos seguintes períodos,

El Niño	La Niña
1982-1983	1985-1986
1986-1987	1988-1989
1990-1994 e	1995 –1977 e
1997- 1998	1999- 2000

A Fig. 2 assinala os índices de Oscilação Sul de 1980 até o início de 1997.



Fonte: HERRMANN (1999) modificado de webmaster @climerh.rct-sc.br
Fig. 2- Índices de Oscilação Sul, destacando-se os anos de *El Niño* e *La Niña*, para o período de 1980 a 1997.

OS EPISÓDIOS *EL- NIÑO* E SUAS CONSEQUÊNCIAS NO ESTADO DE SANTA CATARINA

O episódio ao longo dos anos 1982-83, considerado como excepcional, afetou várias regiões do mundo, houve cheia na Florida, parte oeste dos EUA, Cuba, Equador, norte do Peru, Bolívia, e seca no sul da África, México e América Central, Sri Lanka, sul da Índia, da China, Filipinas, Indonésia e Austrália (Jornal da Tarde 10/8/83). No Brasil devido à extensão latitudinal do seu território ocorreu seca severa no Nordeste e parte da Amazônia e chuvas no sul do país com enchentes catastróficas em vários estados.

No Estado de Santa Catarina, durante o ano de 1983, a maioria dos municípios foi atingida por, pelo menos, dois episódios de enchentes, as do tipo moderada verificaram-se, principalmente, nos meses de fevereiro, maio e dezembro, e as que provocaram estado de calamidade pública, ocorreram no mês de julho, conforme assinalados no mapa 1.

O número total de desabrigados no Estado durante as enchentes do mês de julho de 1983 foi de 197 770 habitantes, constando 49 mortos, conforme quadro 1, sendo que as cidades localizadas na bacia do Rio Itajaí foram as mais castigadas, destacando-se a de Blumenau, com 50 000 desabrigados e 8 mortos, representando 29,3% da população.

O total pluvial que ocorreu no ano de 1983 foi considerado excepcional. Na estação meteorológica de São José, que possui registros pluviométricos desde 1925, foi o maior índice durante os últimos 71 anos, com um total de 2 598,5 mm quando a média anual é de 1 493,18 mm, um desvio positivo de 74,02 % da normal climatológica.

De acordo com KOUSKY & CAVALCANTI (1984), as anomalias da temperatura da superfície do mar em julho de 1983 chegaram até a 5°C acima do normal no Pacífico Leste, e a precipitação excepcional que ocorreu no sul do Brasil esteve associada a sistemas frontais que permaneceram durante longo tempo e com muita atividade sobre a região Sul. Durante os meses de outono e inverno esses sistemas frontais avançaram para

o norte até atingir a latitude onde se encontrava a corrente de Jato Subtropical (JST), e devido ao *El Niño* esta corrente esteve intensificada na região do Pacífico Leste, e as frentes frias tiveram a tendência de permanecerem estacionadas um pouco ao norte da latitude do JST. Ao longo dessas frentes houve o desenvolvimento de forte atividade convectiva, que é uma característica associada aos Jatos Subtropicais, contribuindo para a excessiva precipitação no Sul e Sudeste do Brasil. A Fig.3 refere-se a uma imagem de satélite exemplificando a permanência dos sistemas frontais no sul do Brasil.

Quadro 1 - Número de municípios do Estado de Santa Catarina atingidos pelos desastres naturais no ano de 1983

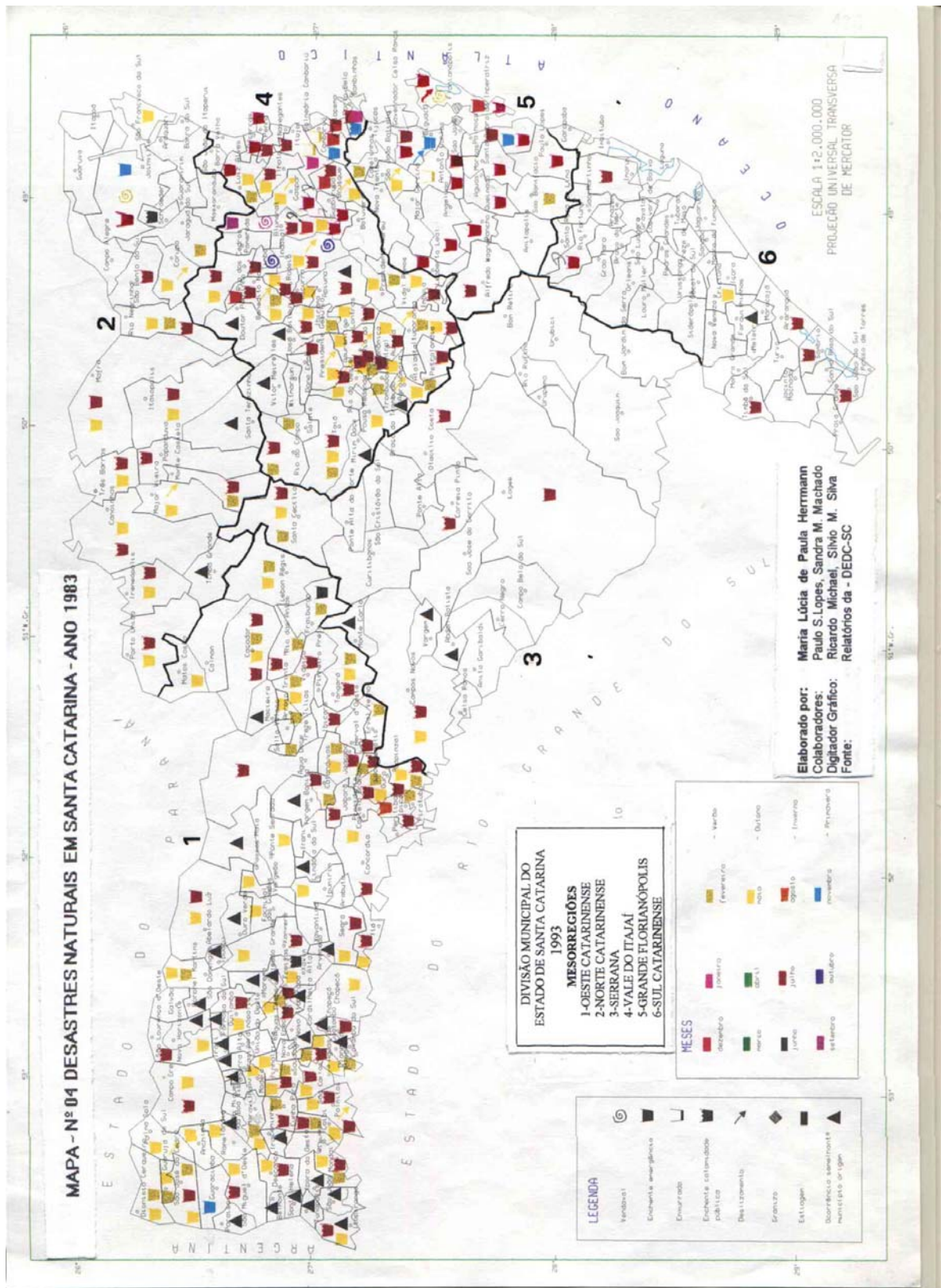
A N O	Meses	Nº de Ocorrências por Município						Nº total de:		
		☐	☒	☑	⚡	☉	■	Municípios atingidos	Desabrigados	Mortos
1	Jan		9					6	528	3
	Fev	2	47			2		31		1
	Mar									
	Abr									
9	Mai		86	1	15			87	28 200	8
	Jun					1	1	1	22	1
8	Jul		11	78	1			90	197 790	49
	Ago		1			1	1	2		
3	Set	1				1		1		
	Out					2	1	2	22	1
	Nov		5		1			5	200	
	Dez		22	2	1			23	6 251	2

☐ Enxurrada ☒ enchente moderada ☑ enchente calamidade pública
 ⚡ Deslizamento ☉ vendaval ■ granizo



Fonte: Imagem SMS/GOES 21/07/83, extraída de do Jornal da Tarde 10/8/83

FIGURA N º 3 - Nebulosidade e escoamento do vento associados a permanência dos sistemas frontais no Sul do Brasil, onde a linha -.- indica extensão do Jato Subtropical desde a região onde se encontra a atividade convectiva da parte leste do Pacífico Equatorial até o sistema frontal, e a linha __ indica a bifurcação do Jato Polar e o bloqueio no escoamento do vento.









Durante o episódio de 1986-87, de acordo com CAVALCANTI (1996), as condições clássicas do fenômeno *El Niño* iniciaram em janeiro de 1987, onde os ventos do oeste, mais fortes que o normal, se desenvolveram sobre a América do Sul subtropical durante o mês de maio. Os meses de abril, maio e junho foram bastantes chuvosos nos estados do Sul, e com menor intensidade na região sudeste, sendo que na região nordeste ficaram abaixo da média.

Durante o mês de maio 1987 as enchentes afetaram 32 municípios do Estado, localizados nas regiões Norte e Oeste Catarinense e Serrana. Esse episódio de *El Niño* foi de baixa intensidade e as enchentes foram moderadas deixando 3 356 desabrigados e 5 mortos, conforme Quadro 2.

Quadro 2 - Registro mensal do número de municípios do Estado de Santa Catarina atingidos pelas adversidades climáticas durante o ano de 1987

A N O	Meses	Nº de Ocorrências por Município						Nº total de:		
								Municípios atingidos	Desabrigados	Mortos
1 9 8 7	Jan	1	1				2	4	934	
	Fev	1	15					14	3 775	2
	Mar									
	Abr	3				4		6		
	Mai		32		2	7		35	3 356	5
	Jun					2		2	148	4
	Jul	1				6	3	7	33 767	3
	Ago	1			1	9	8	9	507	
	Set					4	2	4	120	
	Out					8	5	8	4 869	
	Nov	1				19	16	22	17 367	
	Dez	1				5	2	8	426	

 enxurrada
  enchente moderada
  enchente calamidade pública
 deslizamento
  vendaval
  granizo







fonte: HERRMANN (1999)

O episódio de *El Niño* estendido de 1990 a 1994, segundo CAVALCANTI (1996), começou apresentar anomalias positivas de (TSM) de forma mais intensa em meados de 91. No Nordeste houve um extenso período de seca, de 1990 a 1993, as precipitações nas estações chuvosas ficaram abaixo da média. Este déficit esteve associado à fraca intensidade da ZCIT, e em 1994 a estação chuvosa do NE começou a melhorar em decorrência do término do fenômeno *El Niño*, em fevereiro.

Na Região Sul houve um excesso de precipitação, sendo que no Estado de Santa Catarina este ocorreu em maio de 1992, devido à passagem de sistemas frontais sobre o Sul intensificados pelo Jato Subtropical, ocasionando enchentes em 77 municípios localizados nas regiões Oeste e Norte Catarinenses e no Vale do Itajaí, conforme no quadro 3, deixando 144 419 desabrigados e 16 mortos, onde novamente destaca-se o município de Blumenau, com 35 000 desabrigados e 2 mortes, representando 16% da população,

Quadro 3- Registro mensal do número de municípios do Estado de Santa Catarina atingidos pelas adversidades climáticas durante o *El - Niño* de 1992.

A N O	Meses	Nº de Ocorrências por Município						Nº total de:		
								Municípios atingidos	Desabrigados	Mortos
1	Jan	2	1			4	4	9	4 286	
	Fev	6	1					5		
	Mar	2		2			2	5		
	Abr									
9	Mai		48	28			2	77	144 419	16
	Jun	1	4	3		2		10	280	
9	Jul		4	2				4		
	Ago					1	1	1		
2	Set						2	2		
	Out	1				3	2	3	143	
	Nov					5	10	9		
	Dez									

 enxurrada
  enchente moderada
  enchente calamidade pública
 deslizamento
  vendaval
  granizo

Fonte: HERRMANN, (1999)

A dinâmica dos sistemas frontais que causaram essas enchentes foi a mesma do ano de 1983, com a diferença de que naquele ano alguns dos sistemas frontais ficaram estacionários sobre a região Sul, enquanto que nesse um maior número de sistemas frontais passou sobre a região e foi desintensificado sobre o Sudeste do Brasil.

O período de 1997/98 foi novamente marcado por esse fenômeno meteorológico global, afetando o Estado de Santa Catarina em distintos meses, destacando-se o mês de outubro de 1997 cujas enchentes afetaram 29 municípios e deixaram 8.777 desabrigados e causaram 2 mortes, conforme quadro 4.







Quanto aos episódios de *La Niña* vários municípios do Estado de Santa Catarina são afetados pelos consecutivos meses de estiagens, destacando-se o episódio de 1988 onde no mês de julho 71 municípios localizados principalmente as regiões Oeste Catarinense e Vale do Itajaí, decretaram estado de calamidade pública, a severa seca causou enorme prejuízo no setor agro - pecuário.







Os baixos índices pluviométricos verificados na área de estudo, durante os anos identificados como *La Niña*, corroboram a explicação de que o ar descendente sobre as regiões Sul e Sudeste do Brasil associado aos bloqueios no escoamento atmosférico sobre o Oceano Pacífico Oriental inibe a convecção e as chuvas sobre essas regiões

Considerando os períodos em que se verificaram esse fenômeno, percebe-se que os intervalos não são regulares, segundo Carlos Nobre (comunicação verbal), o *El Niño* ocorre, em média, três vezes a cada dez anos, situando-se portanto o período selecionado para esse estudo (21 anos), dentro dessa estimativa recorrente de probabilidade do evento.

As influências do *El-Niño* constituem ainda um campo de pesquisa que necessita de contínuas análises e de previsibilidades mais confiáveis. As precipitadas estimativas de intensidade desse fenômeno, embora favoreçam, nas áreas urbanas, a tomada de medidas preventivas para amenizarem as enchentes (tais como limpezas dos bueiros e das margens dos rios); nas áreas rurais elas podem prejudicar os produtores agrícolas, que evitam o cultivo durante essa temporada para não perderem, com as supostas enchentes, ou secas as safras dos seus produtos.

Quadro 4 - Registro mensal do número de municípios do Estado de Santa Catarina atingidos pelas adversidades climáticas durante o ano de 1987

A N O	Meses	Número de Ocorrências por Município						Nº total de		
								Municípios atingidos	Desabrigados.	Mortos
1 9 9 7	Jan.	10	25	1	1			35	14.267	7
	Fev.	14	11					25	1.127	
	Mar.						1	1		
	Abr.									
	Maio									
	Jun.					1		1	110	
	Jul.									
	Ago.	1						1		
	Set.	2	1			1	6	10	41	
	Out.	7	28	2		6	7	47	8.777	2
	Nov.	3	9			3	3	18	2.606	
	Dez.					1		1	2.550	

 enxurrada
  enchente moderada
  enchente calamidade pública
 deslizamento
  vendaval
  granizo

Fonte: HERRMANN, (2000)

BIBLIOGRAFIA

- CAVALCANTI, I.F.A. Episódios El Niño/oscilação sul durante a década de 1986 a 1996 e suas influências sobre o Brasil. *Climanalise*, Cachoeira Paulista, Especial, 1996. Endereço eletrônico: <http://www.cptec.inpe.br/products/climanalise/cliesp10a/nino.html>.
- CUNHA, G.R. *El Niño* oscilação sul: um fenômeno que influencia o clima e a agricultura de diferentes partes do mundo. *Revista Plantio Direto*, n.29, p.4-8, set./out. 1995.
- DIRETORIA ESTADUAL DE DEFESA CIVIL (DEDC-SC) Relatório dos Eventos Adversos, v. 1 de 1978 a 1983 e v.2 de 1984 a 1994. Florianópolis, (Relatório Interno).
- EL NIÑO e o Brasil. *Jornal da Tarde*, São Paulo, 4ª feira, 10 ago. 1983. p.26.
- HERRMANN, M. LÚCIA DE P. Aspectos geo ambientais da faixa central do litoral catarinenses, tese de Doutorado, CFLCH/UFSC, São Paulo 1999, 307p il.
- _____. Levantamento dos desastres naturais causados pelas adversidades climáticas no estado de Santa Catarina período 1980 a 2000. Florianópolis: UFSC/DEDC-SC, 2000. 94p. IL. datil.
- KOUSKY, V. E.; CAVALCANTI, I.F.A. Eventos oscilação do sul - El Niño: características e evolução e anomalias de precipitação. *Ciência e Cultura*, São Paulo, v.36, n.11, p.1888-1899, nov. 1984.
- MOLION, L.C. B. Enos e o clima no Brasil. *Ciência Hoje*. Rio de Janeiro, v.10, n.58, p.22-29, out. 1989.
- _____. A Amazônia e o clima da terra. In: BRITO, S.de S. (ed.) *Desafio amazônico o futuro da civilização dos trópicos*. Brasília: UnB; CNPq, 1990. 247p., p.107-134.