



CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

**A INFLUÊNCIA DO FENÔMENO *EL NIÑO* OSCILAÇÃO SUL – ENOS
(*LA NIÑA* E *EL NIÑO*) NA OCORRÊNCIA DE INUNDAÇÕES NO VALE
DO TAQUARI - RS**

Micheline Finatto Salini

Lajeado, junho de 2011

Micheline Finatto Salini

**A INFLUÊNCIA DO FENÔMENO *EL NIÑO* OSCILAÇÃO SUL – ENOS
(*LA NIÑA* E *EL NIÑO*) NA OCORRÊNCIA DE INUNDAÇÕES NO VALE
DO TAQUARI – RS**

Monografia apresentada na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso, do Curso de Engenharia Ambiental, do Centro Universitário UNIVATES, como parte da exigência para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Everaldo Rigelo Ferreira
Co-Orientadora: Grasiela Cristina Both

Lajeado, junho de 2011

AGRADECIMENTOS

Agradeço antes de tudo a Deus Pai, Filho e Espírito Santo, pois em todos os momentos tive a certeza da Sua presença, podendo sempre confiar em Sua provisão e aprendendo a viver na Sua dependência.

Aos meus familiares, tios Paulo e Marcia, primos Carol, Amanda, João Pedro e Isadora, avós, em especial meus pais e irmão, Valdir, Ana e Pedro Henrique, os quais entenderam a ausência, auxiliaram com sua presença e intercederam por mim em suas orações.

Aos meus queridos pastores Simone e Armando Castoldi, e todos os irmãos em Cristo pelo carinho e inúmeras orações.

Aos professores desta universidade, em especial aos professores Everaldo R. Ferreira, Grasiela C. Both e Rafael R. Eckardt, pelas sempre bem-vindas sugestões, correções, revisões e pelo grande auxílio na realização deste trabalho de conclusão de curso.

RESUMO

A região do Vale do Taquari é fortemente atingida por inundações decorrentes de enchentes que vem causando prejuízos a diversos segmentos da economia, afetando diretamente a sociedade. Esta situação leva a necessidade de se encontrar indicadores para tais eventos, permitindo um maior preparo das autoridades diante a possível ocorrência de um novo evento. Buscou-se com o estudo, realizar o levantamento de dados de precipitação pluviométrica, períodos de atuação do fenômeno climático ENOS e eventos de inundações ocorridas na região.

A proposta deste trabalho é de verificar se existe uma correlação entre os dados estudados, sendo o fenômeno ENOS o possível influenciador dos eventos de inundações sofridos na Bacia Hidrográfica do Rio Taquari-Antas.

Palavras-Chave: Inundações. Enchentes. Fenômenos Climáticos. *El Niño*. *La Niña*.

ABSTRACT

The region of Taquari Valley/RS region is seriously affected by floods caused by overflowing that has caused damage to several segments of the economy, directly affecting the company. This situation needs to find indicators for such events, allowing a greater preparedness of authorities on the possible occurrence of new event. We sought to study, conduct the survey data of rainfall, periods of operation of the climate phenomenon ENSO events and floods in the region.

The purpose of this study is to determine whether a correlation exists between the data studied, the ENSO events influencing the possible flooding suffered in River Basin Taquari-Antas.

Keywords: Floods. Floods. Climatic events. *El Niño*. *La Niña*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fases do fenômeno ENOS, <i>El Niño</i> (fase quente) e <i>La Niña</i> (fase fria), onde as setas indicam a direção dos ventos.....	16
Figura 2 – Padrão de circulação observada em anos de <i>El Niño</i> na região equatorial do Oceano Pacífico.....	19
Figura 3 – Comportamento da Célula de Walker em condições normais (A), em condições de <i>El Niño</i> (B) e condições de <i>La Niña</i> (C).....	20
Figura 4 – Esquema das condições da atmosfera em anos de ocorrência de <i>La Niña</i>	22
Figura 5 – Esquema das condições normais de circulação dos ventos.....	25
Figura 6 – Desastres naturais na América do Sul entre os anos de 1975 e 1999.....	28
Figura 7 – Panorama dos desastres naturais no Brasil entre 2000 e 2007.....	28
Figura 8 – Situação e localização do Vale do Taquari.....	29
Figura 9 – Regiões do Oceano Pacífico onde é feito o monitoramento da temperatura da superfície do mar (TSM)	36

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Fenômeno, intensidade período de ocorrência	39
Gráfico 2 – Média mensal da precipitação ocorrida em períodos de Neutralidade Climática.....	40
Gráfico 3 – Média mensal da precipitação ocorrida em períodos de <i>La Niña</i>	40
Gráfico 4 – Média mensal da precipitação ocorrida em períodos de <i>El Niño</i>	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação do fenômeno ENOS nos últimos 32 anos usados no estudo.	37
Tabela 2 – Ocorrência temporal dos fenômenos climáticos.....	38
Tabela 3 – Critérios para classificar a intensidade do fenômeno ENOS no estudo. .	38
Tabela 4– Registro dos fenômenos, intensidade e ocorrência.....	39
Tabela 5 – Relação entre fenômeno, intensidade e inundações ocorridas	44
Tabela 6 – Magnitude de Inundações	45
Tabela 7 – Magnitude das inundações para os fenômenos de ENOS	45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA: Agencia Nacional de Água
ENOS: *El Niño* Oscilação Sul
TSM: Temperatura da Superfície do Mar
EUA: Estados Unidos da América
%: por cento
OS: Oscilação Sul
RS: Rio Grande do Sul
IOS: Índice de Oscilação Sul
CPTEC: Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
ZCIT: Zona de Convergência Intertropical
°C: Graus Celsius
m: metros
mm: milímetros
Km: Quilometro
Km²: Quilometro quadrado
Hab: Habitante
ISDR: International Strategy for Disaster Reduction
UNESP: Universidade Estadual Paulista
DGA: Departamento de Geologia Aplicada
L: Litro
s: Segundos
DRH: Departamento de Recursos Hídricos

SEMA: Secretaria do Meio Ambiente do Estado

m³: Metros Cúbicos

SEMC: Secretaria de Energia, Minas e Comunicação do Estado do Rio Grande do Sul

FEPAGRO:

CIH: Centro de Informações Hidrometeorológicas

NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration

SPAE: Sistema de Previsão e Alerta de Enchentes



SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 Objetivo Geral.....	13
1.2 Objetivos Específicos	14
2 REVISÃO LITERARIA	15
2.1 <i>El Niño</i> Oscilação Sul (ENOS).....	15
2.1.1 <i>El Niño</i>	18
2.1.2 <i>La Niña</i>	21
2.1.3 Neutralidade Climática.....	23
2.2 ENOS e os efeitos nos Recursos Hídricos.....	25
2.2.1 Enchentes e inundações	27
2.3 Vale do Taquari.....	29
2.4 Enchentes no Vale do Taquari	31
3 METODOLOGIA	33
3.1 Procedimentos metodológicos	33
3.2 Coleta de Dados	33
3.3 Tratamento de Dados.....	35
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
4.1 Análise dos Fenômenos Climáticos.....	36
4.1.1 Ocorrência do Fenômeno ENOS.....	36
4.1.2. Intensidade do Fenômeno ENOS.....	38
4.1.3. Análise da Variabilidade Pluviométrica.....	39
4.1.4. Inundações <i>versus</i> ENOS.....	44
4.1.4.1 Análise dos Eventos mais significativos.....	46
CONCLUSÃO	48
REFERÊNCIAS	49
ANEXO	56

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 do Brasil. Uma das consequências 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; SATYAMURTY, 2004).

Segundo informações obtidas na Agência Nacional das Águas (ANA, 2010), as enchentes são o tipo de desastre natural que ocorre com maior frequência e que causa os maiores prejuízos, sejam materiais ou de vidas humanas. Estas absorvem 1/3 de todos os recursos referentes à relocação humana e para a recuperação de infraestruturas destruídas.

Na década de 1990, entre as pessoas atingidas por algum tipo de desastre natural no mundo, 75% foram vítimas de inundações decorrentes de enchentes. Também, segundo relatório da Universidade das Nações Unidas, divulgado em 2004, o Brasil ocupa a sétima colocação no ranking mundial em número anual de pessoas atingidas por enchentes. Mais de 29 milhões de brasileiros correm o risco de serem vítimas de enchentes, sendo que, em média, cerca de 100 pessoas morrem anualmente vítimas de enchentes no Brasil (FERREIRA et al., 2008).

A região do Vale do Rio Taquari, situada na Bacia Hidrográfica do rio Taquari-Antas, no Rio Grande do Sul, sofre frequentemente com o fenômeno das enchentes em resposta às precipitações intensas, causando um impacto socioeconômico e ambiental nos municípios localizados às margens do Rio Taquari. A cada ocorrência

de um evento, a população ribeirinha precisa ser removida destas áreas inundáveis, onerando o poder público e retratando, assim, um problema histórico de uso inadequado do solo (FERREIRA et al., 2008).

A possibilidade dos rios serem utilizados como fontes de água para o consumo humano, agricultura, vias de transporte de cargas, fonte de energia e lazer, estimulou a instalação de aglomerados humanos fazendo com que a maioria das cidades do RS crescesse de forma espontânea a margem do rio Taquari, enfrentando assim inundações e passivos ambientais decorrentes destas. (ECKHARDT, 2008). A ocupação inadequada do solo em áreas inundáveis provoca inúmeros efeitos negativos para a população ribeirinha a cada evento de enchente. Entende-se por inundações aquelas áreas atingidas pelo extravasamento de água do leito dos cursos hídricos, em épocas de alta precipitação pluviométrica, em locais habitualmente não submersos.

Os principais impactos sobre a população consistem nos prejuízos com as perdas materiais e humanas, interrupção da atividade econômica das áreas inundadas, contaminação por doenças de veiculação hídrica e a contaminação da água pela inundação de depósito de material tóxico, estações de tratamento, entre outros (TUCCI; BERTONI, 2003).

Com referência à precipitação, vários fatores afetam a variabilidade deste fenômeno na região Sul do Brasil, 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 et al. (2005) ressaltam que esses fenômenos geram precipitação pluvial superior e inferior à média climatológica, respectivamente.

O fenômeno *El Niño* Oscilação Sul (ENOS) tem sido observado no mundo todo como possível influenciador no aumento da ocorrência de enchentes. Este é um fenômeno de grande escala, o qual afeta o tempo e o clima de diferentes locais na superfície terrestre e que tem sido bastante estudado nas últimas três décadas (PAULA, 2009).

O ENOS se caracteriza por alterações ou anomalias da temperatura da superfície do mar (TSM) na região do Pacífico Equatorial, próximo à Costa Oeste da América do Sul. A condição normal de TSM na região Central da bacia do Oceano

Pacífico é a concentração de águas quentes na parte oeste e de águas frias na região leste. A essa condição normal das águas do Oceano Pacífico denomina-se de ano Neutro ou Neutralidade Climática. Quando as águas quentes migram para a região leste da bacia do Pacífico equatorial, define-se o *El Niño*, onde a anomalia de TSM é positiva, enquanto a *La Niña* é caracterizada quando a anomalia de TSM na região é negativa (GRIMM et al., 1998; BERLATO; FONTANA, 2003).

As anomalias climáticas relacionadas ao fenômeno ENOS são persistentes e duram vários meses, principalmente na atmosfera tropical (ARAGÃO, 1986). Alguns exemplos são as secas na Indonésia, Austrália e norte do Nordeste do Brasil, e o contrário, como chuvas acima da normal ocorrendo no Peru, Equador e Ilhas do Pacífico central e leste. Existem também anomalias em latitudes extra-tropicais, como as temperaturas acima da normal no Alasca, Sudeste da Ásia, Sul e Sudeste do Brasil e chuvas acima da normal no Sudeste e Sul do Brasil, Uruguai e Norte da Argentina (CPTEC-2010, texto digital).

Em vista desta situação torna-se necessário verificar qual a influência do fenômeno ENOS sobre os eventos de enchentes na Bacia do rio Taquari-Antas. Verificada esta relação, a população ribeirinha poderá ser alertada quanto ao período de ocorrência do ENOS e conseqüentemente de eventos de inundações decorrentes das enchentes no Vale do Taquari-Antas. Muitos estudos já foram realizados visando o mapeamento e previsão de inundações no Vale do Taquari, mas nenhum trabalho buscou relacionar estes eventos com fenômenos climáticos, justificando-se assim o presente trabalho.

1.1 Objetivo Geral

O objetivo principal deste trabalho é avaliar a influência do fenômeno ENOS na ocorrência de inundações na bacia hidrográfica do Rio Taquari-Antas.

1.2 Objetivos Específicos

- Levantar os anos de ocorrência de *El Niño*, *La Niña* e neutralidade climática, e suas respectivas intensidades;
- Avaliar a precipitação pluviométrica nos anos de ENOS;
- Avaliar a ocorrência de inundações e sua intensidade em anos de ENOS, *La Niña* e neutralidade climática;
- Correlacionar os eventos de ENOS, precipitação e inundações mediante análise estatística de significância.

2 REVISÃO LITERARIA

2.1 *El Niño* Oscilação Sul (ENOS)

O *El Niño* Oscilação Sul é um fenômeno que ocorre na região do Oceano Pacífico Equatorial e que afeta o tempo e o clima em diversos locais do Globo Terrestre (CANE, 2001, texto digital). O ENOS é constituído de dois componentes, um oceânico e outro atmosférico. O componente oceânico é caracterizado por anomalias da temperatura das águas da superfície do Oceano Pacífico Equatorial junto a costa oeste da América do Sul e é atualmente monitorado através da Temperatura da Superfície do Mar (TSM). O componente atmosférico também conhecido como Oscilação Sul (OS) foi registrado na década de 20, pelo matemático Sir Walker, que expressa a correlação inversa existente entre a pressão atmosférica nos extremos leste e oeste do Oceano Pacífico. Quando a pressão é alta a leste usualmente é baixa a oeste e vice e versa. O Índice de Oscilação Sul (IOS) é utilizado no monitoramento do componente atmosférico e é caracterizado por anomalias de pressão atmosférica na região de Darwin, norte da Austrália e do Taiti, na Polinésia Francesa (PHILANDER, 1990; GLANTZ, 2001).

O fenômeno ENOS tem como região de origem o Oceano Pacífico Equatorial. Nesta região do Pacífico, em função dos ventos alísios, que sopram predominantemente de sudeste no Hemisfério Sul, há um padrão de circulação oceânica tal que, na costa da América do Sul, as águas são normalmente frias (ressurgência de águas profundas) e, no extremo oposto, região da Indonésia e costa Norte da Austrália, as águas são, em geral, quentes. Essas diferenças de

temperatura das águas entre o lado leste e o oeste do Oceano Pacífico, resultam em diferenças de pressão atmosférica na superfície e em uma circulação secundária da atmosfera nesta região conhecida como célula de Walker no sentido leste-oeste, com ascensão de ar na parte oeste do Pacífico Tropical e correntes descendentes do ar. Essa circulação atmosférica faz com que a parte oeste do Oceano Pacífico seja uma região de chuvas frequentes e, de forma oposta, a parte leste, junto à costa na costa da América do Sul, seja uma região de chuvas escassas (CUNHA, 1999).

O fenômeno ENOS também apresenta duas fases (FIGURA 1), a fase quente/positiva e a fase fria/negativa. A fase quente ou fase positiva do ENOS é chamada de *El Niño* que se caracteriza por um aquecimento das águas simultaneamente com a diminuição da pressão atmosférica no Pacífico leste. A fase fria ou fase negativa, chamada de *La Niña*, é quando ocorre um resfriamento das águas e um aumento na pressão atmosférica na região leste do Pacífico (BERLATO; FONTANA, 2003; GRIMM et al., 1998).

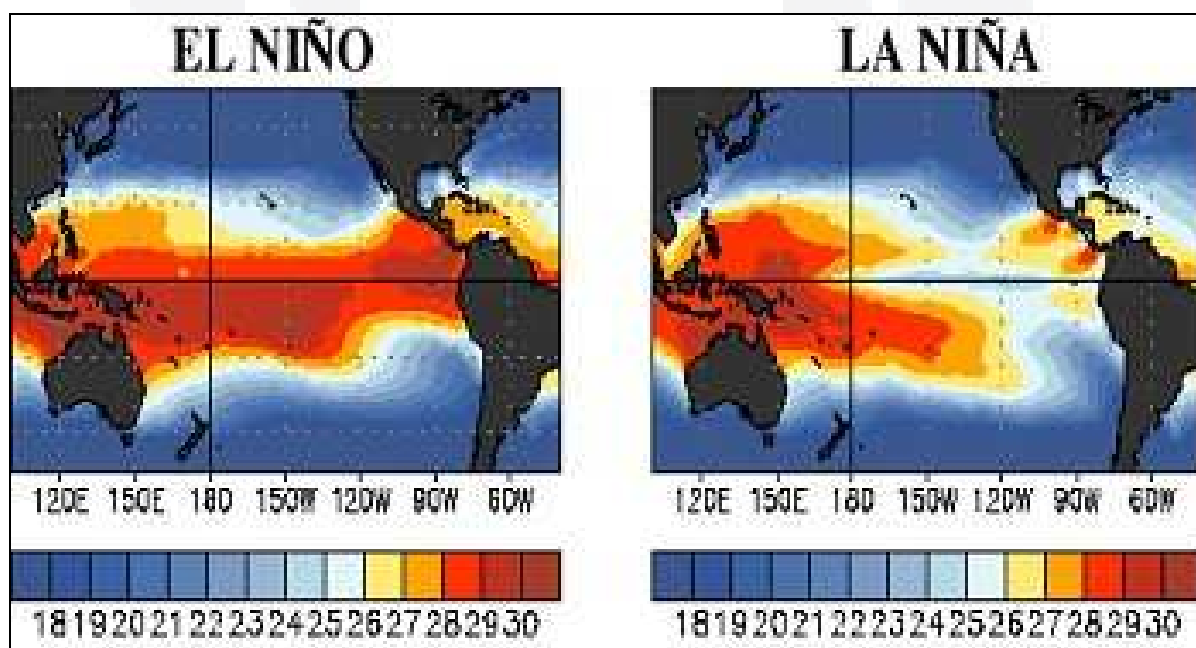


Figura 1 - Atuação do *El Niño* (fase quente) e *La Niña* (fase fria), com indicação da temperatura da superfície do mar.

Fonte: Tiberiogeio (2008, texto digital).

Em anos de *El Niño*, verifica-se, um enfraquecimento dos ventos alísios na região do Pacífico Equatorial. Com isso, há o deslocamento do ramo ascendente da célula de Walker para a parte central do Oceano Pacífico e as águas anormalmente

quentes do Oceano Pacífico Tropical chegam a atingir a costa da América do Sul, na altura do Peru e do Equador. Assim, passa a ocorrer ascensão de ar nessa região, fazendo com que a costa da América do Sul experimente chuvas acima da normalidade. Em condições de *La Niña*, há uma intensificação nas condições normais do oceano e da atmosfera na região tropical do Oceano Pacífico, a célula de Walker se intensifica, os ventos alísios sopram com mais intensidade, causando um aumento no carregamento das águas quentes para oeste, resultando em chuvas abaixo da normal na costa da América do Sul (BERLATO; FONTANA, 2003).

Vários trabalhos mostram que na Região Sudeste da América do Sul que compõe Sul do Brasil, Nordeste da Argentina, Uruguai e Sul do Paraguai o fenômeno ENOS apresenta forte sinal, especialmente em relação à precipitação pluviométrica (RAO; HADA, 1990; STUDZINSKI, 1995; DIAZ et al., 1998; GRIMM et al., 1998).

No Brasil, o impacto da fase quente e da fase fria do ENOS se dá principalmente sobre a precipitação pluviométrica das Regiões Sul e Nordeste, onde em anos de *El Niño*, a precipitação pluviométrica fica acima da normal climatológica na Região Sul, enquanto que na Região Nordeste é abaixo da normal, já para anos de *La Niña*, é o contrário (GRIMM et al., 1996; OLIVEIRA e SATYAMURTY, 1998; MARENGO; OLIVEIRA, 1998; DIAZ et al., 1998; BERLATO; FONTANA, 2003).

Os resultados da análise de impactos do ENOS para várias regiões do Globo, embora com poucos dados observados no Sul do Brasil, sugerem que em anos de *El Niño* ocorre um excesso de precipitação em relação à normal climatológica. Resultados mostraram que em anos de *La Niña*, tendem a apresentar uma queda na quantidade de precipitação, sendo esta em geral inferior à normal climatológica (ROPELEWSKI; HALPERT, 1989).

Estudos de GRIMM et al. (1996) são similares àqueles de Ropelewski e Halpert (1987, 1989), porém usando um conjunto de dados de precipitação bastante denso (250 estações) sobre a Região Sul do Brasil. Esse estudo reforçou a evidência da relação do excesso de precipitação nessa região com o fenômeno *El Niño*. Em várias localidades do Sul do Brasil os efeitos devido ao fenômeno *El Niño* já começam a ser notados em várias subregiões a partir da primavera do ano do

fenômeno e que, em geral, o Sul do Brasil apresenta um forte e consistente padrão de anomalias de precipitação associados aos extremos de ENOS, mais forte que na Argentina e Uruguai.

2.1.1 *El Niño*

O aquecimento ocasional das águas superficiais no Oceano Pacífico central e oriental é chamado de *El Niño*. Em condições normais, os ventos alísios sopram de Leste para Oeste ao longo do Equador, acumulando água quente na camada superior do Oceano Pacífico tropical perto da Austrália e da Indonésia. Nessa região de águas superficiais quentes, a atmosfera é aquecida criando condições favoráveis para a convecção e precipitação. Nos níveis superiores da atmosfera os ventos sopram de Oeste para Leste, completando a circulação atmosférica de grande escala chamada Circulação de Walker (CPTEC, 2010).

Muitas vezes o princípio de um episódio do *El Niño* é anunciado alguns meses antes do Natal pelo aparecimento de águas mais quentes do que o normal perto da costa do Peru e Equador (FERREIRA, 2005).

O nome “*El Niño*”, que vem do espanhol “o menino Jesus”, foi dado a esse fenômeno por pescadores peruanos, que observaram os aumentos sazonais da temperatura das águas superficiais do oceano na época de Natal. Em intervalos irregulares, tipicamente de 03 a 05 anos, a intensidade dos ventos alísios diminui permitindo que a camada de águas superficiais quentes do Pacífico se desloque ao longo do equador em direção à América do Sul. Como é de se esperar esse deslocamento de águas quentes tem importantes repercussões na atmosfera.

A convecção a precipitação que normalmente ocorrem no Oceano Pacífico ocidental acompanham as águas superficiais quentes em seu deslocamento em direção ao continente sul americano, causando chuvas mais abundantes do que o normal no Norte do Peru, Equador, e outras regiões tropicais da América do Sul. Enquanto isso, na parte Oeste do Oceano Pacífico o mecanismo de produção de precipitação cessa, causando secas na Austrália e Indonésia (FERREIRA, 2005).

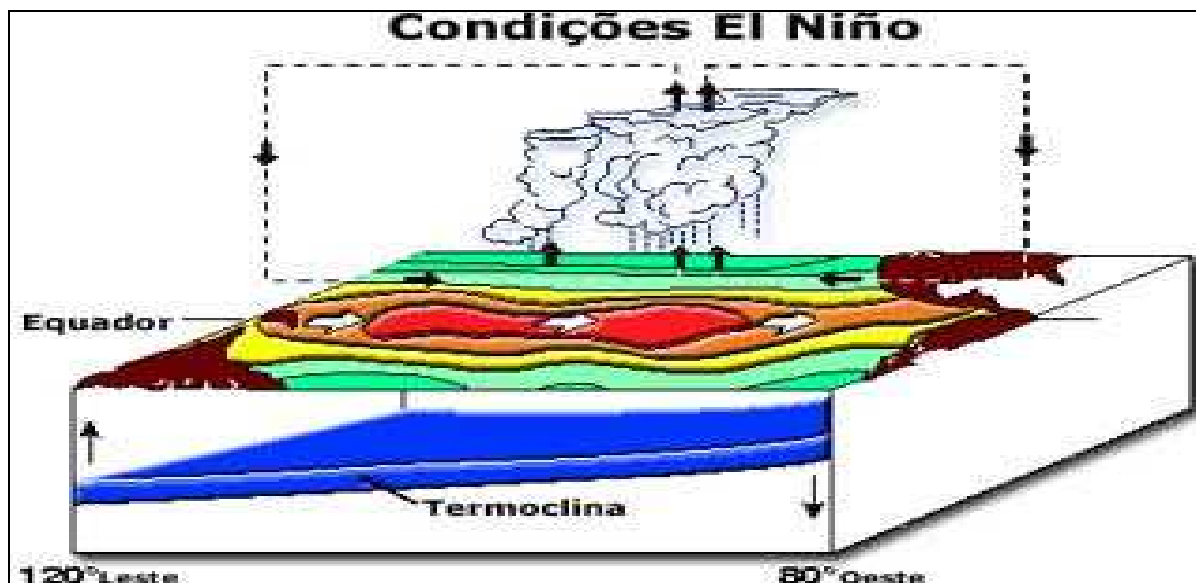


Figura 2 – Padrão de circulação observada em anos de *El Niño* na região equatorial do Oceano Pacífico.

Fonte: Pacific Marine Environmental Laboratory (PMEL/NOAA).

Observa-se que os ventos em superfície, em alguns casos, chegam a mudar de sentido, ou seja, assumem a direção de oeste para leste. Há um deslocamento da região com maior formação de nuvens e a célula de Walker fica bipartida. No Oceano Pacífico Equatorial podem ser observadas águas quentes em praticamente toda a sua extensão. A termoclina fica mais aprofundada junto à costa oeste da América do Sul, principalmente devido ao enfraquecimento dos ventos alísios.

A Figura 3 mostra a diferença entre os perfis de temperatura ao longo do Equador durante o verão de um ano normal, 1996, e o verão de 1997, um ano de ocorrência forte do fenômeno *El Niño*. Em 1996 as águas superficiais mais quentes, em torno dos 30 °C, localizavam-se no Pacífico Ocidental. Já no Pacífico Oriental, a temperatura das águas chegava a 20 graus. Durante o *El Niño* de 97, as águas superficiais mais quentes foram deslocadas para a parte central do Oceano Pacífico ao passo que as águas superficiais da parte Leste do Pacífico foram aquecidas atingindo temperaturas acima de 25 graus. Uma diferença menor na inclinação vertical das isotermas é observada durante o episódio de *El Niño* do que a inclinação vertical das isotermas durante o ano normal.

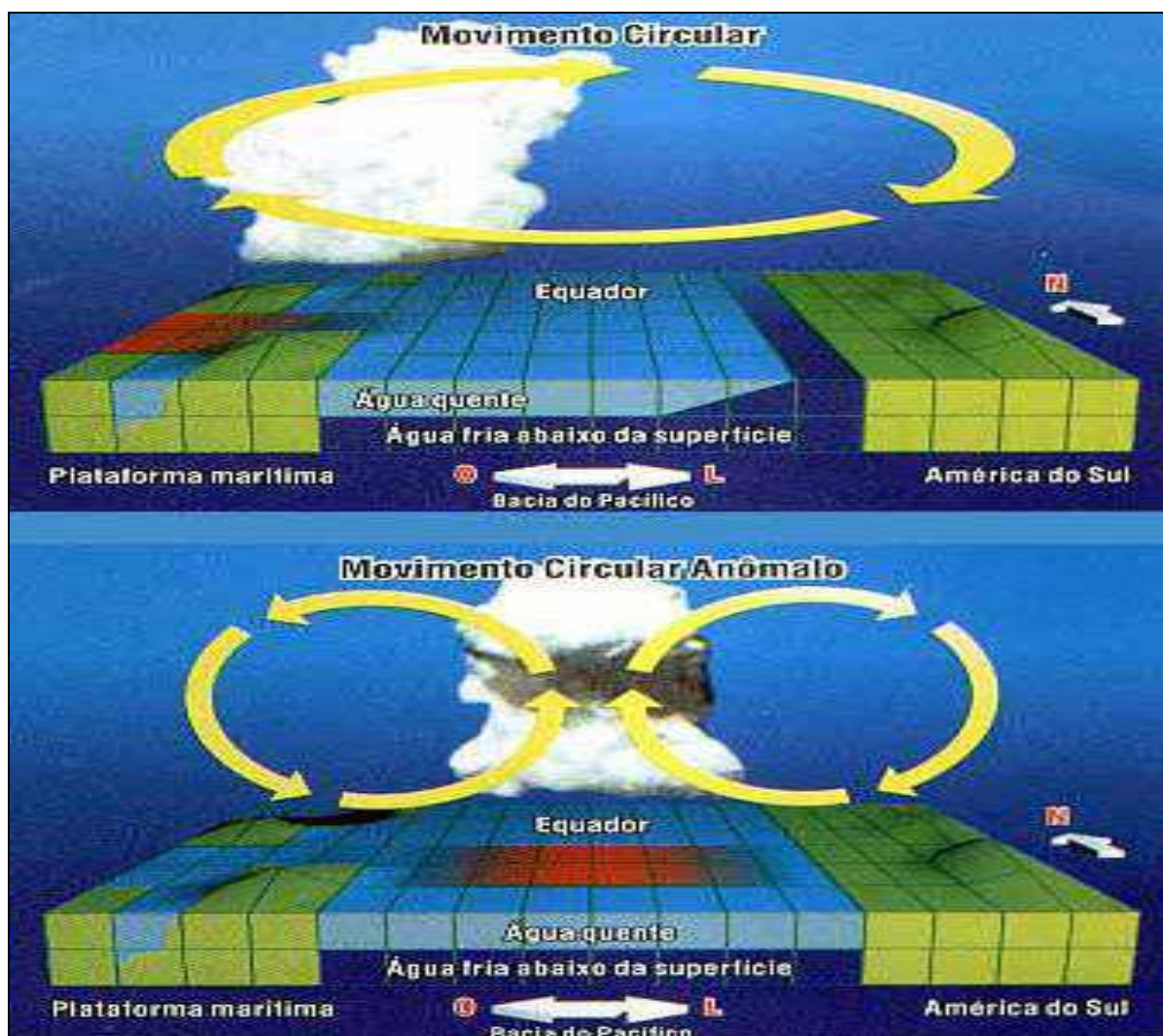


Figura 3 – Comportamento da Célula de Walker em condições normais (A), em condições de *El Niño* (B) e condições de *La Niña* (C).

Fonte: Ambiente Brasil.

Estudo da Nasa garante que o episódio do *El Niño* está ocorrendo mais cedo no ano do que outros episódios do *El Niño*. Exemplo disso é o *El Niño* do Século 20, em 1982/83 ocorreu mais tarde no ano com as maiores anomalias de temperaturas em fevereiro.

Durante um *El Niño*, as águas equatoriais quentes aquecem a atmosfera durante vários meses. A atmosfera responde a este aquecimento produzindo um padrão alternado de sistemas de baixa e alta pressão, os quais por sua vez afetam profundamente a direção do vento local e inclusive as condições de tempo longe do Pacífico equatorial. Na América do Norte, os centros de baixa pressão localizados ao Sudoeste do Alasca e no Sudeste dos Estados Unidos afetam o tempo no Oeste

do Canadá, e nas planícies setentrionais e região Sudeste dos EUA (FERREIRA, 2005).

Também podem ser observados diferentes impactos na América do Sul e no Brasil, causados pelo fenômeno *El Niño*. Na Colômbia e noroeste do Peru e Equador nota-se um aumento das chuvas e vazões dos rios. Já o anti-planalto do Peru-Bolívia é atingido por períodos de secas. Na região Sul do Brasil ocorrem precipitações abundantes principalmente na primavera e chuvas intensas de maio a junho, juntamente com o aumento da temperatura média. Nas regiões Norte e Nordeste há diminuição da precipitação e secas, aumentando o risco de incêndios florestais. Já nas regiões Sudeste e Centro-Oeste ocorrem um moderado aumento das temperaturas médias, porém não há padrão característico de mudanças de chuvas (FERREIRA, 2005).

2.1.2 La Niña

O uso do termo *La Niña*, também de origem espanhola, que significa “a menina”, pois este fenômeno caracteriza-se por ser o oposto do *El Niño*. Isso porque enquanto o *El Niño* é devido ao aumento da temperatura do oceano pacífico, a *La Niña* ocorre devido a diminuição da temperatura ocasionada pelo aumento da força dos ventos alísios. Podendo ainda ser chamado de episódio Frio, ou *El Viejo* (“o velho”, em espanhol).

Ao aumentar a intensidade dos ventos alísios, o fenômeno de ressurgência (aflorescimento das águas profundas do oceano – mais frias e com mais nutrientes) das águas do Pacífico tende a se intensificar e ocorre a diminuição da temperatura da superfície oceânica.

Além disso, a corrente atmosférica tende a “empurrar” as águas mais quentes com maior força, fazendo com que ela se acumule mais a oeste do que ocorreria normalmente.

Ao contrário do que seria de se esperar pela afirmativa de *La Niña* ser o oposto do *El Niño*, os efeitos causados nas correntes atmosféricas são praticamente os mesmos: a maior concentração de águas quentes a oeste do Pacífico gera uma

área onde a evaporação também é maior. Intensificando o processo da célula de circulação de Walker (o ar quente sobe na região de águas mais quentes, ao mesmo tempo em que o ar mais frio desce na região oposta, gerando um ciclo).

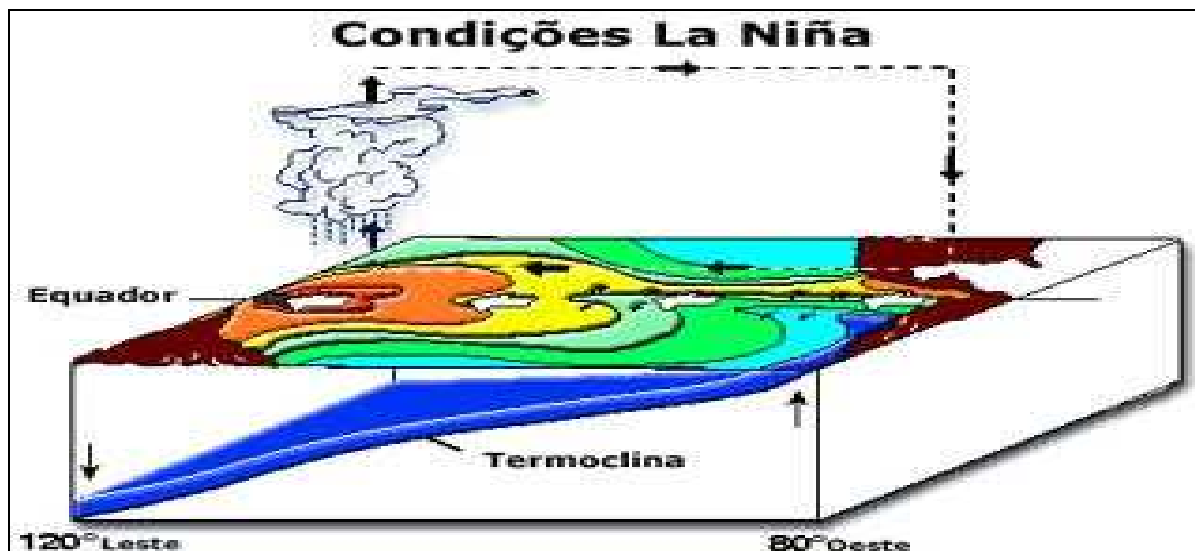


Figura 4 – Esquema das condições da atmosfera em anos de ocorrência de *La Niña*.
Fonte: CPTEC (2010, texto digital).

Outro ponto interessante é que os valores das anomalias de temperatura da superfície do mar (TSM) em anos de *La Niña* têm desvios menores que em anos de *El Niño*, ou seja, enquanto observam-se anomalias de até 4,5°C acima da média em alguns anos de *El Niño*, em anos de *La Niña* as maiores anomalias observadas não chegam a 4°C abaixo da média. Em geral, episódios *La Niña* também têm frequência de 02 a 07 anos, todavia tem ocorrido em menor quantidade que o *El Niño* durante as últimas décadas. Além do mais, os episódios *La Niña* têm períodos de aproximadamente 09 a 12 meses, e somente alguns episódios persistem por mais que 02 anos (CPTEC, 2010, texto digital).

Na América do Sul os impactos da *La Niña* também podem ser percebidos. Na Colômbia costumam ocorrer chuvas abundantes e enchentes. No oeste do Chile e da Argentina ocorre diminuição da precipitação de outubro a dezembro, e no Uruguai e no Peru a tendência é de diminuição das chuvas, ocasionando secas intensas (CPTEC, 2010, texto digital).

Seus efeitos sobre o Brasil divergem daqueles causados pelo *El Niño*. Na região Norte e Nordeste ocorrem chuvas mais abundantes e aumento da vazão dos rios, enquanto que na região Sul ocorre secas prolongadas. Nas regiões Centro-

oeste e Sudeste os efeitos são pouco previsíveis podendo variar de ocorrência para ocorrência.

A região com grande quantidade de chuvas é o nordeste do Oceano Índico à oeste do Oceano Pacífico passando pela Indonésia, e a região com movimentos descendentes da célula de Walker é no Pacífico Equatorial Central e Oriental. É importante ressaltar que tais movimentos descendentes da célula de Walker no Pacífico Equatorial Oriental ficam mais intensos que o normal o que inibe, e muito, a formação de nuvens de chuva (CPTEC, 2010, texto digital)

Segundo Reckziegel (2007), entre os anos de 1980 e 2005, foram registradas 2.836 ocorrências de desastres desencadeados por estiagens. Os anos de 2004 e de 2005 foram os que registraram os maiores números de municípios atingidos por estiagens, com 458 e 406 ocorrências, respectivamente. Para Santa Catarina, no período de 1980 a 2003 ocorrem 492 estiagens (HERRMANN, 2006). Percebe-se que os eventos de estiagens são concomitantes aos períodos de ocorrência de ENOS e a influencia que este apresenta no clima do Planeta.

De acordo com a Coordenadoria Estadual de Defesa Civil do Paraná (2008), para o período de 1980 a 2006, no Estado foram observadas 327 ocorrências de desastres desencadeados por estiagens. O maior número de ocorrências foi observado nos anos de 1984, 2005 e 2006. O período de 1988-1989 classificou-se como de forte atuação da fase negativa (*La Niña*) da oscilação Sul no Pacífico e assim, apresentou desvios negativos de precipitação na região Sul, ou seja, períodos de baixa precipitação. As anomalias negativas de precipitação foram identificadas no inverno e primavera de 1988 (CPTEC, 2010, texto digital).

2.1.3 Neutralidade Climática

A Neutralidade Climática, também chamada de Anos Neutros representam períodos de tempo, onde não há ocorrência de nenhum fenômeno climático, ou seja, nestes anos não há influencia de fenômenos como *El Niño* e *La Niña* (CPTEC/INPE,2010, texto digital).

Nos anos neutros o padrão de circulação dos ventos alísios atua nos baixos níveis da atmosfera e sopra na faixa equatorial no sentido leste-oeste. Estes ventos sopram de nordeste no Hemisfério Norte e de sudeste no Hemisfério Sul. Os alísios contribuem para a formação de uma extensa banda de nebulosidade conhecida por Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). No Pacífico Equatorial, os ventos alísios também favorecem o acúmulo de águas mais quentes próximo à Austrália e Indonésia, causando, um pequeno aumento do nível médio do mar neste setor do Pacífico (CPTEC/INPE, 2010, texto digital).

Em condições normais, no Oceano Pacífico, a Temperatura da Superfície do Mar (TSM) é mais baixa no setor leste, próximo à costa oeste da América do Sul, e mais elevada desde a parte central até o setor oeste, próximo ao continente australiano e a região da Indonésia. Por isso é comum o uso da expressão águas mais frias no Pacífico Equatorial Leste e águas mais quentes no Pacífico Equatorial Oeste (CPTEC/INPE, 2010, texto digital).

Já nas camadas sub-superficiais do Oceano Pacífico, forma-se uma zona de transição entre as águas superficiais, mais quentes, e as águas profundas, mais frias. Nesta zona, conhecida por termoclina, a temperatura é constante e igual a 20°C. Ao longo da bacia, do Oceano Pacífico Equatorial, há um aprofundamento da termoclina, cuja altura pode variar desde 50 m, próximo à costa sulamericana, até níveis da ordem de 200 m na porção ocidental desta bacia. A inclinação da termoclina pode ser explicada pela atuação dos ventos alísios que "empurram" as águas mais quentes para oeste, fazendo com que as águas mais frias aflorem próximo à costa oeste da América do Sul. Este mecanismo denomina-se ressurgência pelos oceanógrafos (CPTEC/INPE, 2010, texto digital).

Em condições normais, as águas mais quentes sobre o setor oeste do Oceano Pacífico Equatorial induz uma circulação conhecida por Célula de Walker. Esta circulação é constituída por um ramo de ar que ascende sobre a Austrália e região da Indonésia, onde ocorre a formação de nuvens de grande desenvolvimento vertical, fluindo de oeste para leste nos altos níveis da troposfera e descendo próximo à costa da América do Sul (FIGURA 5).

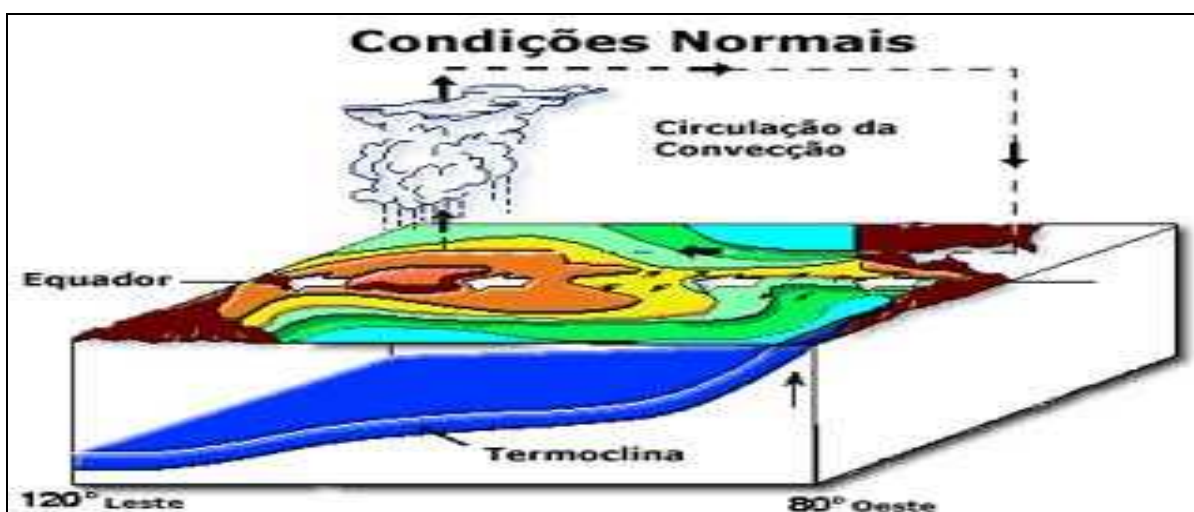


Figura 5 – Esquema das condições normais de circulação dos ventos.

Fonte: CPTEC (2010, texto digital).

O fenômeno de ressurgência, citado acima, garante o afloramento das águas mais profundas do oceano. Estas águas mais frias possuem mais oxigênio dissolvido e estão carregadas de nutrientes e micro-organismos vindos de maiores profundidades do mar, que vão servir de alimento para os peixes daquela região. Não é por acaso que a costa oeste da América do Sul é uma das regiões mais piscosas do mundo. O que surge também é uma cadeia alimentar, pois os pássaros que vivem naquela região se alimentam dos peixes, que por sua vez se alimentam dos microorganismos e nutrientes daquela região (CPTEC/INPE, 2010, texto digital).

2.2 ENOS e os efeitos nos Recursos Hídricos

A água, hoje já reconhecida pela humanidade como um bem limitado e tão disputado em períodos de estiagem, está merecendo a atenção de todos e em todos os aspectos. “A disponibilidade dos recursos hídricos é fator fundamental para o desenvolvimento da humanidade. Hoje se sabe que estes recursos são limitados e tem um papel significativo no desenvolvimento econômico e social” (AGUIAR, 2005).

A superabundância de água, em períodos de enchentes, ou a sua escassez, em períodos de seca, trazem preocupações e grandes prejuízos à população atingida. Alguns estudos apresentam as alterações climáticas como influenciadores

dos regimes de chuva, assim como a alteração do ciclo hidrológico. A pesquisa de MELO (1999) diz ser possível identificar, com o avanço da tecnologia, que a ocorrência de secas está ligada a fenômenos como o *El Niño* e o Dipolo do Atlântico (aquecimento/esfriamento do Atlântico Norte/ Sul).

O *El Niño* por ser um fenômeno meteorológico de escala global, resultante do aquecimento diferenciado do Oceano Pacífico, vem provocando alterações no regime de precipitações atmosféricas em várias partes da terra. No Brasil, ocorre uma redução de chuvas nas regiões Norte e Nordeste, e um aumento na região Sul, como a grande seca no Nordeste e as enchentes em Santa Catarina, em 1983. Em geral, o *El Niño*, embora fraco, em 1992-93 afetou a vida de 8 milhões e 500 mil pessoas, numa área de 800 mil quilômetros quadrados (MELO, 1999).

Alguns detalhes que formam o evento *El Niño* já haviam sido estudados desde a década de 1920, mas foi no final da década de 1960 que Jacob Bjerknes, da Universidade de Califórnia, observou uma conexão entre temperaturas quentes na superfície do mar, os fracos ventos de leste para oeste e as condições de alta precipitação. A teoria de Bjerknes associada aos estudos de Walker eram partes do mesmo fenômeno, conhecido pelo nome de ENOS (*El Niño* Oscilação Sul). Assim, este fenômeno de aquecimento das águas do Pacífico, termina por impedir que a chuva caia sobre o Nordeste (MELO, 1999).

Santos e Silva et al. no estudo de Avaliação mensal do regime térmico e hídrico do solo na região Amazônica, em anos de eventos extremos, garante que a temperatura e umidade do solo apresentaram variabilidades bem distintas em anos de ocorrência dos fenômenos *El Niño/ Neutro/ La Niña*.

Nos períodos chuvosos e menos chuvosos o comportamento destas variáveis também apresentaram comportamentos diferentes, mostrando a influência destes eventos na região Amazônica. Em geral, as temperaturas diminuem no sítio do referido estudo durante a estação chuvosa e em anos de *La Niña*. Por outro lado os valores da umidade do solo aumentam nesta mesma estação, enquanto que, nos anos de *El Niño*, estes valores apresentaram-se e menores. Desta forma, percebeu-se ainda que no ano, considerado como neutro, as médias mensais de umidade e temperatura do solo são maiores e menores, respectivamente, quando comparadas

com o ano de ocorrência de *El Niño*, em que este comportamento se apresenta de forma inversa quando comparado com o ano de *La Niña*.

Desta mesma forma, Barbieri et al (2005) estudam os fatores que alteram a variabilidade da precipitação pluviométrica no Sul do País, entre eles estão o *El Niño* e *La Niña*. Para Barbieri as enchentes bruscas e graduais registradas nos estados da região sul no período de 1997- 1998 foram causadas principalmente pelo incremento de precipitação gerado pela influência do *El Niño*.

Conforme já apresentado no trabalho de FERREIRA et al. (2007), as enchentes da Bacia Taquari-Antas são um grande problema a ser identificando e previsto. No entanto como existem confusões no emprego da terminologia, estas serão discutidas no item a seguir.

2.2.1 Enchentes e inundações

Inundações e enchentes são problemas geoambientais derivados de fenômenos ou perigos naturais de caráter hidrometeorológico ou hidrológico, aqueles de natureza atmosférica, hidrológica ou oceanográfica (ISDR, 2002).

Porém há uma grande confusão no emprego e caracterização dos termos traduzidos do inglês. Por isso este trabalho adotará os conceitos da UNESP – DGA, Departamento de Geologia Aplicada.

- **Enchente (ou cheia)** - temporária elevação do nível d'água normal da drenagem, devido a acréscimo de descarga.

- **Inundação** - tipo particular de enchente, onde a elevação do nível d'água normal atinge tal magnitude que as águas não se limitam à calha principal do rio, extravasando para áreas marginais, habitualmente não ocupadas pelas águas.

As enchentes causadoras de inundações tem sido um dos principais desastres naturais que ocorrem na América do Sul. Observando a distribuição dos principais desastres naturais que ocorreram entre 1975 - 1999, nota-se que as

inundações correspondem a cerca de 50% do total de desastres na maioria dos países (FIGURA 6). O Brasil apresenta 101 eventos de inundações neste período.

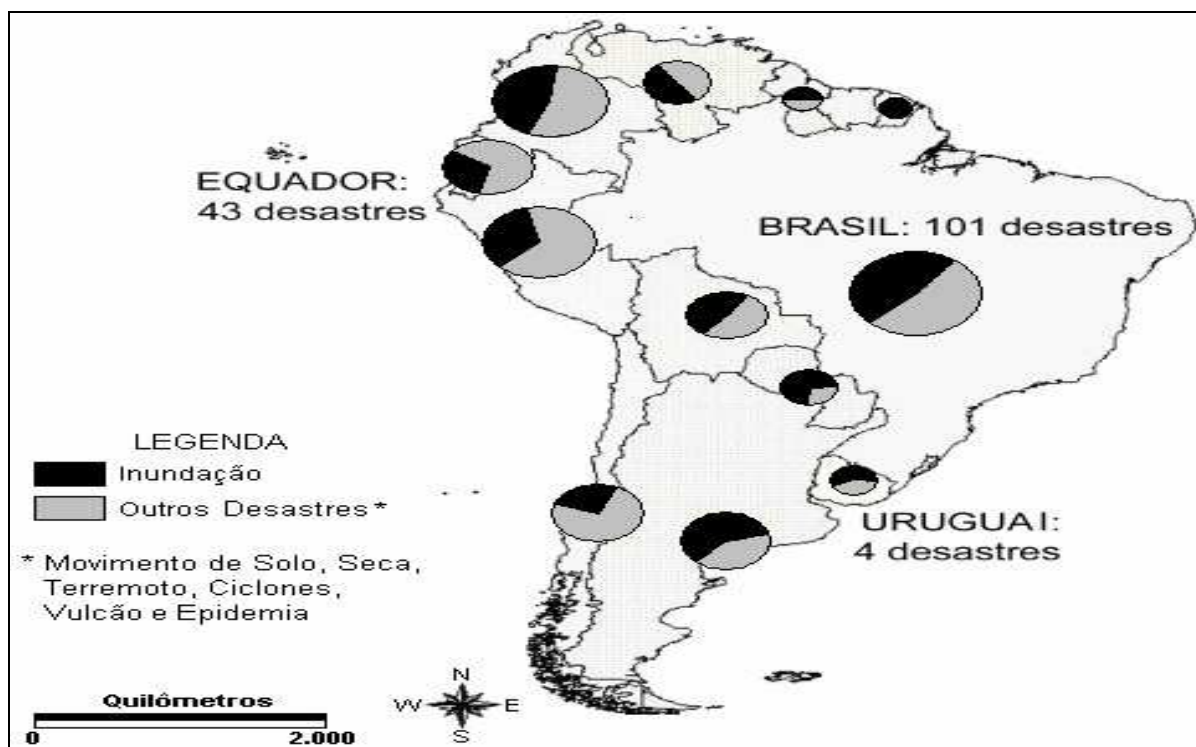


Figura 6 - Desastres naturais na América do Sul entre os anos de 1975 e 1999.

Fonte: Eckhardt (2008, texto digital).

Para os anos de 2000 a 2007 apresenta-se um gráfico onde as inundações compreendem a 58% dos desastres naturais ocorridos no Brasil (FIGURA 7). Neste período, 1,5 milhões de pessoas foram afetadas por algum tipo de desastre natural, com prejuízos da ordem de US\$ 2,5 bilhões (SANTOS, 2007).

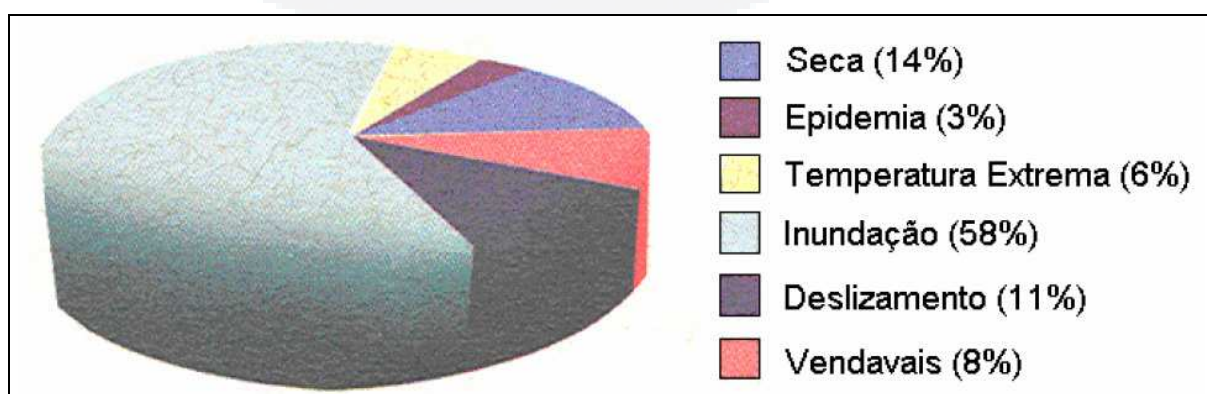


Figura 7 - Panorama dos desastres naturais no Brasil entre 2000 e 2007.

Fonte: Santos (2007).

2.3 Vale do Taquari

O local de estudo é o Vale do Taquari, localizado na região central do Rio Grande do Sul. A região do Vale do Taquari é formada por 36 municípios, que totalizam uma área de 4.821,1 Km² (1,71% do Estado). Em 2010, conforme o Censo Demográfico realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a Região contava com mais de 327.822 habitantes (3,07% da população gaúcha), a densidade demográfica era de 68 hab/km² (UNIVATES, 2011).

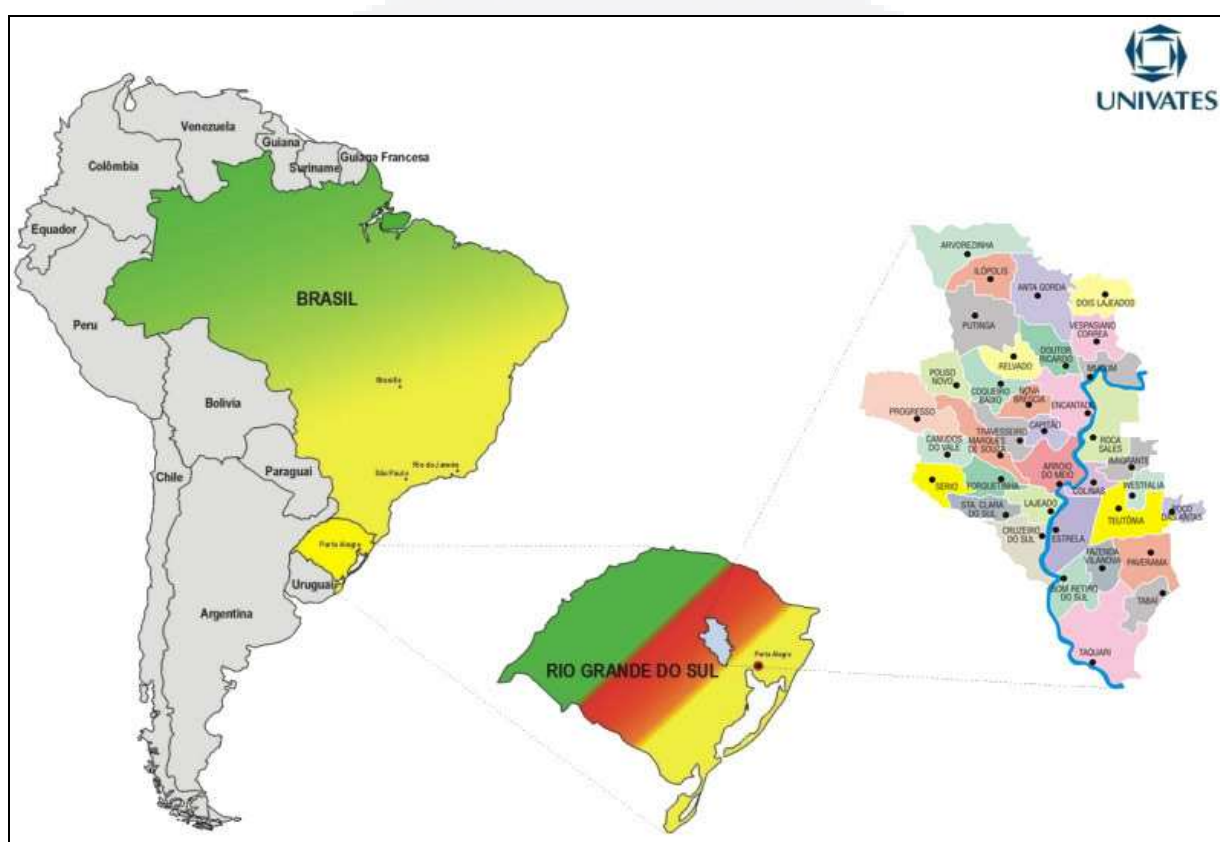


Figura 8 - Situação e localização do Vale do Taquari. Fonte: Univates (2011, texto digital).

Os dados que serão levantados abrangem na sua totalidade o Vale do Taquari, dando enfoque ao município de Estrela/RS, que sofre freqüentemente com o fenômeno das inundações decorrentes de enchentes em resposta as precipitações intensas, passando o rio Taquari a ocupar seu leito maior, o qual sofre intervenção antrópica por meio dos mais diferentes usos (cultivo, moradia, instalações industriais, etc) (BOTH et al, 2008).

O Rio Taquari nasce no extremo leste do Planalto dos Campos Gerais, com a denominação de rio das Antas, até a confluência com o Rio Carreiro, nas imediações do município de São Valentim do Sul. A partir daí passa a denominar-se Taquari, desembocando no rio Jacuí, junto à cidade de Triunfo. Seus principais afluentes pela margem esquerda são os rios Camisas, Tainhas e Lajeado Grande e São Marcos, e pela margem direita, os rios Quebra-Dentes, da Prata, Carreiro, Guaporé, Forqueta e Taquari-Mirim (FEPAM, 2010, texto digital).

A vazão média do Rio Taquari, medida em Muçum (município a 52km de Estrela), durante o período de 1940 a 1982, foi de 321 m³/s. As descargas máximas observadas atingiram valores na ordem de 10.300 m³/s, enquanto as mínimas estiveram entre 10 e 20 m³/s(FEPAM, 2010, texto digital).

As grandes flutuações de vazão são subseqüentes à ocorrência de chuvas contínuas, distribuídas em áreas extensas da bacia, concentrando rapidamente grandes volumes de água, que se propagam com velocidade rio abaixo. Durante as cheias de setembro de 1967, por exemplo, os picos de inundações em dois postos distantes 380 Km um do outro, ocorreram com intervalo inferior a 24 horas (FEPAM, 2010, texto digital).

Sob o aspecto climático, a região do Vale do Taquari divide-se em duas sub-regiões climáticas que correspondem às suas grandes unidades geomorfológicas: a Depressão Central e o Planalto Basáltico Meridional. Essa correspondência pode ser explicada pelo efeito que o relevo, atuando sobre o movimento das massas de ar, desempenha na definição climática da região. A região Vale do Taquari apresenta temperaturas médias anuais, que variam de 19,5°C e 16,5°C. Os meses mais quentes são janeiro e fevereiro e os mais frios são junho e julho. As estações do ano são bem caracterizadas: verão quente, inverno frio e outono e primavera com padrões térmicos equivalentes, porém com médias mais elevadas no outono (SEMC, 2005, texto digital).

Os invernos são chuvosos, frios e com geadas intensas, em média de 05 a 10 dias por ano, e também prolongadas estiagens no verão influem nas condições das atividades agrícolas, com reflexos nas produções, principalmente na atividade leiteira. Ocorre deficiência hídrica nos meses de janeiro e fevereiro, eventualmente a

cada 02 a 03 anos. A umidade relativa do ar é considerada elevada, em torno de 70 a 80%. A concentração de chuvas ocorre nos meses de inverno e da primavera, provocando pequenas enchentes nas áreas mais baixas (SEMC, 2005, texto digital).

2.4 Enchentes no Vale do Taquari

As enchentes no Vale do Taquari vêm acontecendo com frequência e na grande maioria das vezes causando grandes impactos ao meio ambiente como um todo. A exemplo disto alguns trabalhos foram desenvolvidos com o intuito de identificar, prever e mapear a ocorrência destes eventos na região.

Em 22 de julho e 03 de outubro de 2001, o Vale do Taquari foi atingido por duas enchentes de grande magnitude. Segundo as estatísticas obtidas junto às Defesas Civas Municipais, nos 10 municípios do Vale do Taquari localizados às margens do Rio Taquari, 4.680 famílias foram atingidas por estes dois eventos, correspondendo a 16.796 pessoas que precisaram ser desalojadas. Os prejuízos ditos em função dos danos somaram um valor aproximado de R\$ 18 milhões (CIH, 2007, texto digital).

Segundo Ferreira e Both (2001) as inundações que ocorrem no Vale do Taquari são decorrência de fatores naturais existentes na Bacia do rio Taquari-Antas, tais como hidrografia, pedologia, geomorfologia, clima, vegetação, entre outros. A intensidade da água precipitada nas cabeceiras da Bacia tem contribuição fundamental para a ocorrência de inundações na região do Vale do Taquari.

Ao contrário do que se poderia pensar, as inundações que ocorrem ao longo do Rio Taquari não são geradas pelas ações antrópicas, como o desmatamento, a impermeabilização do solo, as obras do canal fluvial, entre outros, porém estas ações tendem a intensificar o alcance da cota de inundação, agravando o problema causado pelas enchentes (FERREIRA; BOTH, 2001).

Pensando nisto, Eckhardt (2008) elaborou um estudo a fim de prever e mapear as áreas atingidas pelas inundações na cidade de Estrela, situada no Vale do Taquari. O modelo matemático de previsão de cota de inundação para a cidade possibilita a implantação de um sistema de alerta. Este, por sua vez, constitui-se em

uma das principais medidas para minimizar os efeitos negativos das inundações sobre a sociedade.

No mesmo caminho Ferreira et al. (2007), apresentam o Sistema de Previsão e Alerta de Enchentes (SPAEE) implantado na região do Vale do Taquari. O SPAEE, em linhas gerais, avalia a quantidade de água precipitada na Bacia Hidrográfica do Rio Taquari-Antas, o nível da água do Rio, projetando a possibilidade e o alcance de uma determinada enchente, simulando as áreas potencialmente inundáveis e acionando os Conselhos Municipais de Defesa Civil.

A previsão e controle de eventos extremos, como as enchentes, é imprescindível, principalmente em regiões urbanas, devido a quantidade de vidas envolvidas, edificações, bens materiais, saneamento e infraestrutura. (FERREIRA et al., 2007)

O uso da modelagem matemática também foi um instrumento utilizado por Both et al. (2008) para a previsão das enchentes no Vale do Taquari. Este trabalho aborda uma das etapas deste sistema, que consiste na previsão hidrológica (método de previsão das cotas máximas de enchentes). O método de previsão foi desenvolvido através de uma série cronológica de dados de cotas máximas de enchentes, coletados e adquiridos em vários órgãos e entidades regionais e estaduais, a partir dos quais foi elaborado um modelo matemático correlacionando pontos à montante à jusante do Rio Taquari. Este modelo matemático apresentou resultados satisfatórios para a previsão de enchentes do Vale do Taquari.

Como visto, existem trabalhos focados na previsão e o mapeamento de enchentes na região do Vale do Taquari, mas nada no que se refere a relação destes eventos com o fenômeno climático ENOS, o que se pretende estudar neste trabalho.

3 METODOLOGIA

3.1 Procedimentos metodológicos

Para a elaboração deste estudo uma vasta quantidade de dados meteorológicos e hidrológicos foram levantados e avaliados. A partir destes, realizou-se uma correlação entre os dados de ocorrência de ENOS (*El Niño*, *La Niña* e Anos de Neutralidade) com a precipitação ocorrida durante cada fenômeno e a incidência de inundações nestes mesmos períodos. A seguir, encontra-se um maior detalhamento de cada etapa do trabalho:

3.2 Coleta de Dados

Os dados coletados para a realização deste trabalho foram:

- a) Dados da ocorrência do fenômeno climático ENOS;

A coleta de dados referente ao fenômeno ENOS (*El Niño*, *La Niña* e Anos de Neutralidade) foi realizada junto ao Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, através do *site* do CPTEC www.cptec.inpe.br, e através do *National Weather Service* pelo *site* www.nws.noaa.gov. Os meios de busca foram selecionados devido à confiabilidade de informações que disponibilizam em meio digital. Levantaram-se os anos de ocorrência dos eventos, sua intensidade e duração, desde 1950 até 2010.

- b) Dados da ocorrência das inundações e respectivas cotas no Vale do Taquari;

Os dados de inundações foram levantados junto ao Centro de Informações Hidrometeorológicas – CIH, localizado no Campus do Centro Universitário

UNIVATES, na cidade de Lajeado - RS. A cota de referência do Rio Taquari na cidade de Estrela- RS é de 13 metros. A partir da cota de 19 metros, em Lajeado (município vizinho de Estrela) começa a ocorrer o transbordamento das águas do canal, gerando os primeiros impactos e prejuízos em decorrências das inundações (ECKHARDT, 2008). Por este motivo, entre outros, foram considerados os eventos de inundações com cota superior a 19 metros. Como amostragens utilizaram-se as cotas de enchentes ocorridas no município de Estrela, localizado no Vale do Taquari, desde 1950 até 2010.

Os dados de ocorrência de cheias para a cidade de Estrela foram classificados dentro dos períodos de *El Niño La Niña* e Neutralidade Climatológica.

c) Dados pluviométricos em períodos de ENOS da Bacia Taquari-Antas.

A coleta de dados de precipitação foi realizada somente para os anos em que ocorreram os fenômenos climáticos e durante o período de duração de cada evento. Nesta coleta a análise da ocorrência de chuva foi mensal, verificando-se a normal climatológica de cada período para cada estação meteorológica. Para a captação destes dados utilizou-se o registro de precipitação de três estações meteorológicas pertencentes a Fepagro (Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária), localizadas nas cidades de Veranópolis (período de 1979 – 2003) , Farroupilha (1979 – 2003) e Caxias do Sul (1986 – 2005), disponibilizadas em meio digital, e também de Lajeado (período de 2003 - 2010), vinculada e disponibilizada pelo CIH.

A escolha das estações meteorológicas se deu em função de que a precipitação ocorrida nestas cidades contribui para o aumento do nível de água do Rio Taquari.

Para cada estação meteorológica foi realizado o somatório da precipitação ocorrida dentro de cada período (Neutralidade, *El Niño*, *La Niña*) e dividindo assim pelo número de meses que de duração de cada fenômeno. Com isto, pode-se obter a média climatológica mensal para cada estação a partir dos dados de precipitação no período de Neutralidade. Podendo assim realizar a comparação da quantidade de chuva ocorrida em cada fenômeno.

3.3 Tratamento de Dados

Através da coleta dos dados, citados no item 3.1.1, foi traçado um paralelo de informações na busca por parâmetros que tragam influência um sobre o outro.

O tratamento de dados tem a função de cruzar as informações obtidas a fim de verificar a possível influência entre os mesmos. Levantando as seguintes informações:

- a) Resgatou-se a Série Histórica de inundações;
- b) Enquadrou-se e correlacionou-se os eventos climáticos, sua intensidade e duração com a série histórica de inundações;
- c) Buscou-se dados de precipitação nos meses de ocorrência dos eventos climáticos analisando sua media climatológica.

A correlação entre o fenômeno ENOS com o regime hídrico da região de estudo e suas conseqüências foram analisados assim como a ocorrência de enchentes causadas por esta possível influência.

Esta etapa do trabalho previu o tratamento dos dados, através da construção de tabelas e gráficos que correlacionem as informações obtidas até então.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise dos Fenômenos Climáticos

4.1.1 Ocorrência do Fenômeno ENOS

Os anos de ocorrência e duração dos eventos *El Niño* e *La Niña*, assim como valores do Índice Oceânico do *Niño* (ION), foram retirados de NOAA (2008). O ION é um índice que identifica as anomalias de temperatura da superfície do mar (TSM) através de uma média móvel de três meses. A TSM é coleta em quatro regiões do Pacífico, onde a região mais usada para a pesquisa e monitoramento das águas do oceano, é a região chamada de *Niño* 3.4 (FIGURA 9).

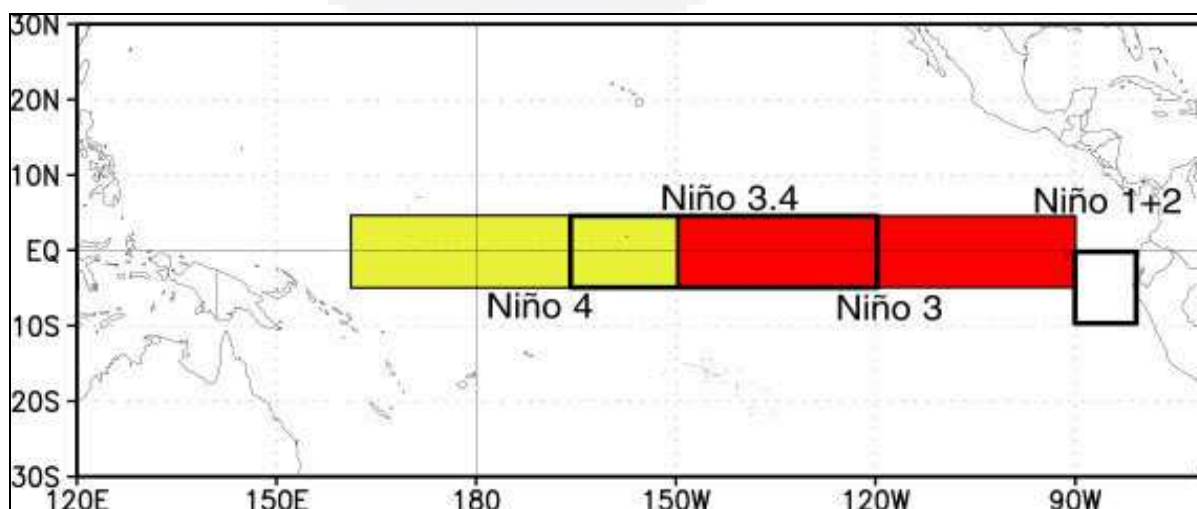


Figura 9 – Regiões do Oceano Pacífico onde é feito o monitoramento da temperatura da superfície do mar (TSM).

Fonte: Golden Gate Weather Services (2008).

As informações sobre o período de atuação de cada fenômeno foram definidas a partir dos dados disponibilizados pelo NOAA, o qual utiliza períodos trimestrais de início e fim de cada evento, classificados nas cores vermelho, azul e preto. Estas representam respectivamente, eventos de *El Niño*, *La Niña* e Neutralidade Climática (TABELA 1).

Tabela 1 - Classificação do fenômeno ENOS dos últimos 32 anos usados no estudo.

Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
1979	-0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	-0.1	0.0	0.1	0.3	0.4	0.5	0.5
1980	0.5	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	0.0	-0.1	-0.1	0.0	-0.1
1981	-0.3	-0.5	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.3	-0.2	-0.1	-0.1
1982	0.0	0.1	0.1	0.3	0.6	0.7	0.7	1.0	1.5	1.9	2.2	2.3
1983	2.3	2.0	1.5	1.2	1.0	0.6	0.2	-0.2	-0.6	-0.8	-0.9	-0.7
1984	-0.4	-0.2	-0.2	-0.3	-0.5	-0.4	-0.3	-0.2	-0.3	-0.6	-0.9	-1.1
1985	-0.9	-0.8	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.4	-0.3	-0.4
1986	-0.5	-0.4	-0.2	-0.2	-0.1	0.0	0.3	0.5	0.7	0.9	1.1	1.2
1987	1.2	1.3	1.2	1.1	1.0	1.2	1.4	1.6	1.6	1.5	1.3	1.1
1988	0.7	0.5	0.1	-0.2	-0.7	-1.2	-1.3	-1.2	-1.3	-1.6	-1.9	-1.9
1989	-1.7	-1.5	-1.1	-0.8	-0.6	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.1
1990	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4
1991	0.4	0.3	0.3	0.4	0.6	0.8	1.0	0.9	0.9	1.0	1.4	1.6
1992	1.8	1.6	1.5	1.4	1.2	0.8	0.5	0.2	0.0	-0.1	0.0	0.2
1993	0.3	0.4	0.6	0.7	0.8	0.7	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.2
1994	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.9	1.2	1.3
1995	1.2	0.9	0.7	0.4	0.3	0.2	0.0	-0.2	-0.5	-0.6	-0.7	-0.7
1996	-0.7	-0.7	-0.5	-0.3	-0.1	-0.1	0.0	-0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.4
1997	-0.4	-0.3	0.0	0.4	0.8	1.3	1.7	2.0	2.2	2.4	2.5	2.5
1998	2.3	1.9	1.5	1.0	0.5	0.0	-0.5	-0.8	-1.0	-1.1	-1.3	-1.4
1999	-1.4	-1.2	-0.9	-0.8	-0.8	-0.8	-0.9	-0.9	-1.0	-1.1	-1.3	-1.6
2000	-1.6	-1.4	-1.0	-0.8	-0.6	-0.5	-0.4	-0.4	-0.4	-0.5	-0.6	-0.7
2001	-0.6	-0.5	-0.4	-0.2	-0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.0	-0.1	-0.1
2002	-0.1	0.1	0.2	0.4	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.3	1.5	1.4
2003	1.2	0.9	0.5	0.1	-0.1	0.1	0.4	0.5	0.6	0.5	0.6	0.4
2004	0.4	0.3	0.2	0.2	0.3	0.5	0.7	0.8	0.9	0.8	0.8	0.8
2005	0.7	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.2	-0.1	-0.4	-0.7
2006	-0.7	-0.6	-0.4	-0.1	0.1	0.2	0.3	0.5	0.6	0.9	1.1	1.1
2007	0.8	0.4	0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.4	-0.7	-1.0	-1.1	-1.3
2008	-1.4	-1.4	-1.1	-0.8	-0.6	-0.4	-0.1	0.0	0.0	0.0	-0.3	-0.6
2009	-0.8	-0.7	-0.5	-0.1	0.2	0.6	0.7	0.8	0.9	1.2	1.5	1.8
2010	1.7	1.5	1.2	0.8	0.3	-0.2	-0.6	-1.0	-1.3	-1.4	-1.4	-1.4

Fonte: NOAA (2010, texto digital).

Com base nos resultados obtidos nesta análise dos dados de ENOS, durante o período de estudo (61 anos) ocorreram 349 meses de Neutralidade Climática, 182 meses de *El Niño* e 201 meses de ocorrência de *La Niña*. Isto representa a ocorrência de 15,17 anos de *El Niño*, 29,08 anos de Neutralidade Climática e 16,75 anos de *La Niña*.

Tabela 2 – Ocorrência temporal dos fenômenos climáticos

EVENTO	MESES	ANOS	(%)
<i>El Niño</i>	182	15,17	24,86
Neutralidade	349	29,08	47,67
<i>La Niña</i>	201	16,75	27,45
Total	732	61	100

4.1.2. Intensidade do Fenômeno ENOS

Quanto a intensidade do fenômeno ENOS, esta foi classificada nas classes fraca, moderada e forte usando-se a média do ION e de acordo com os critérios de classificação (TABELA 2).

Para a definição da intensidade de cada evento do fenômeno ENOS foi utilizado o critério de 5 meses de valores de ION dentro da mesma intensidade. Ou seja, durante um evento é necessário que 5 ou mais meses tenham apresentado valores de ION dentro da mesma faixa de intensidade. Quando o índice for maior que +0,5 °C por no mínimo cinco meses consecutivos é caracterizado como um evento de *El Niño* e quando o índice for menor que -0,5 °C por no mínimo cinco meses consecutivos é caracterizado como *La Niña*. Índices de valores -0,4 °C a 0,4 °C são classificados como eventos de Neutralidade Climática.

Tabela 3 – Critérios para classificar a intensidade do fenômeno ENOS no estudo.

EVENTO	VALOR DO ION ¹	INTENSIDADE
<i>El Niño</i>	0,5 a 0,9	Fraca
	1,0 a 1,4	Moderada
	≥ 1,5	Forte
<i>La Niña</i>	-0,5 a -0,9	Fraca
	-1,0 a -1,4	Moderada
	≤ -1,5	Forte

Fonte: Golden Gate Weather Service (2008).

Nota: ¹ ION é a média dos Índices Oceânico do Niño. Fonte: Golden Gate Weather Services (2008).

Incluindo a este levantamento a intensidade de cada evento obteve-se 75 meses de *El Niño* Forte, 62 meses de *El Niño* de intensidade Moderada e 45 meses de *El Niño Fraco*. Já para os meses registrados com o evento de *La Niña*, ocorreram 50 meses de Forte intensidade, 117 meses de intensidade Moderada e 34 meses

com *La Niña* de Fraca intensidade. O período de Neutralidade Climática obteve 349 meses. Totalizando assim os 732 meses de estudo (1950 a 2010).

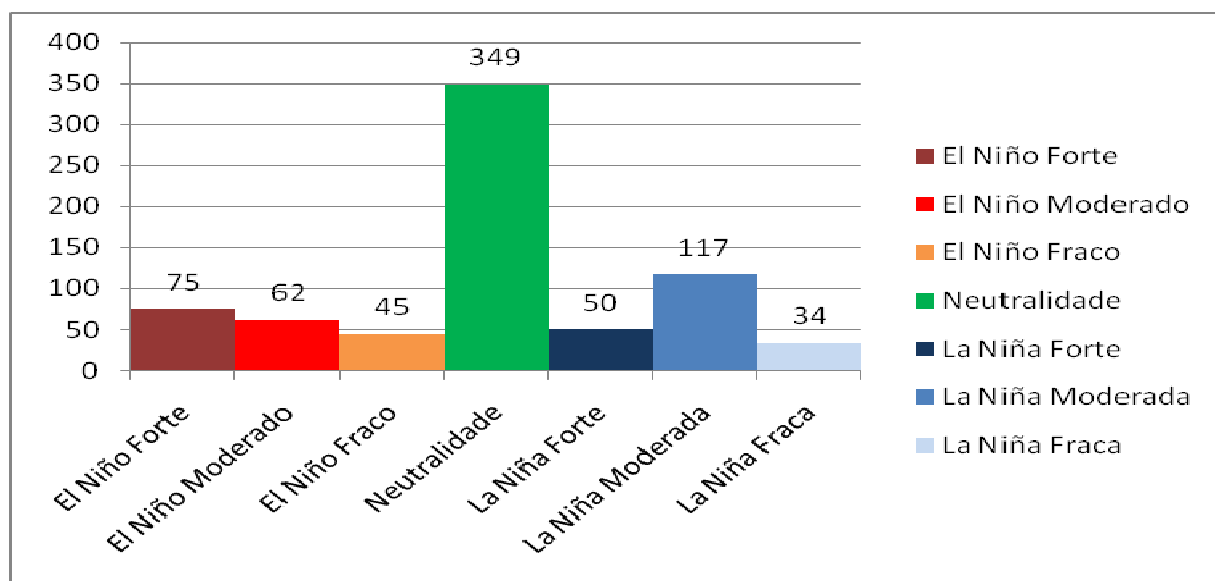


Gráfico 1 – Intensidade dos fenômenos *El Niño* e *La Niña*.

Durante os 732 meses estudados foram registrados a ocorrência 28,3% de eventos de *El Niño*, 51,8% de Neutralidade e 19,7% de *La Niña* (TABELA 4).

Tabela 4– Registro dos fenômenos, intensidade e ocorrência

EVENTO	MESES	ANOS	(%)
<i>El Niño</i> Forte	75	6,25	10,24
<i>El Niño</i> Moderada	62	5,17	8,46
<i>El Niño</i> Fraca	45	3,75	6,14
Neutralidade	349	29,08	47,67
<i>La Niña</i> Forte	50	4,17	6,83
<i>La Niña</i> Moderada	117	9,75	15,98
<i>La Niña</i> Fraca	34	2,83	4,64
TOTAL	732	61	100

4.1.3. Análise da Variabilidade Pluviométrica

Foi analisada a precipitação mensal ocorrida nas estações meteorológicas das regiões de Veranópolis, Caxias do Sul, Farroupilha e Lajeado durante o período de ocorrência de cada evento de ENOS. As precipitações ocorridas durante o período de Neutralidade serviram como base para a identificação da normal climatológica para cada estação. Assim pode se comparar a chuva ocorrida sendo ela a cima ou abaixo da normal para cada evento.

A análise dos dados pluviométricos mensais permite observar que há uma significativa diferença na distribuição das chuvas nos períodos analisados. Durante os meses em que se tem a ocorrência de Neutralidade Climática a precipitação mensal média para as estações estudadas é de 134,37 mm para o município de Veranópolis, 136,54 mm no município de Farroupilha, 125,06 mm no município de Caxias do Sul e 127,99% para o município de Lajeado. Importante considerar que cada estação apresenta um período diferente de amostragem, por este motivo optou-se por este tipo de análise de dados.

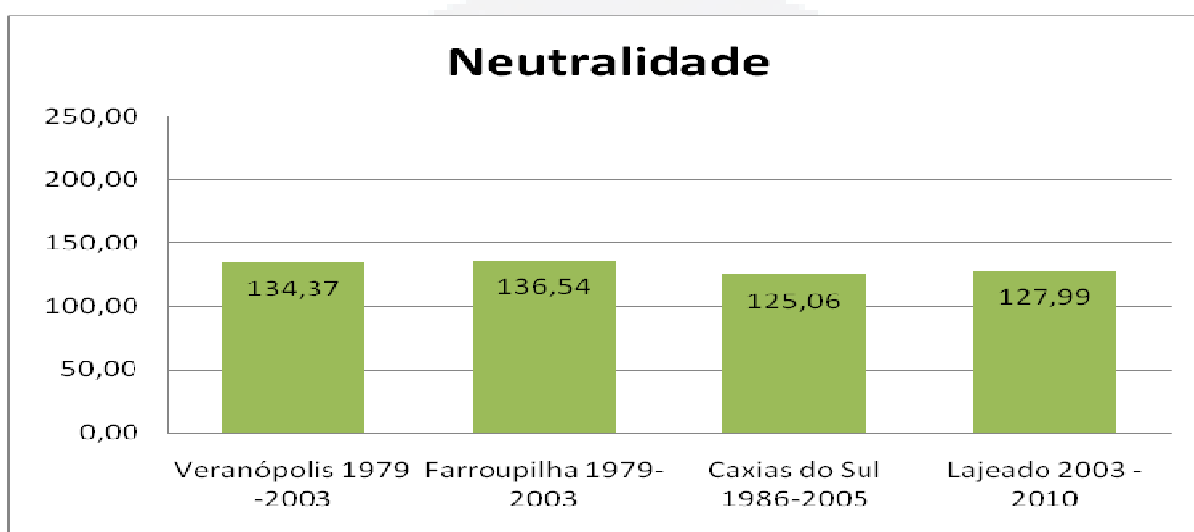


Gráfico 2 – Média mensal da precipitação ocorrida em períodos de Neutralidade Climática.

Utilizando-se da mesma metodologia, foram gerados outros dois gráficos que apresentam a precipitação média mensal para os fenômenos *El Niño* e *La Niña*.

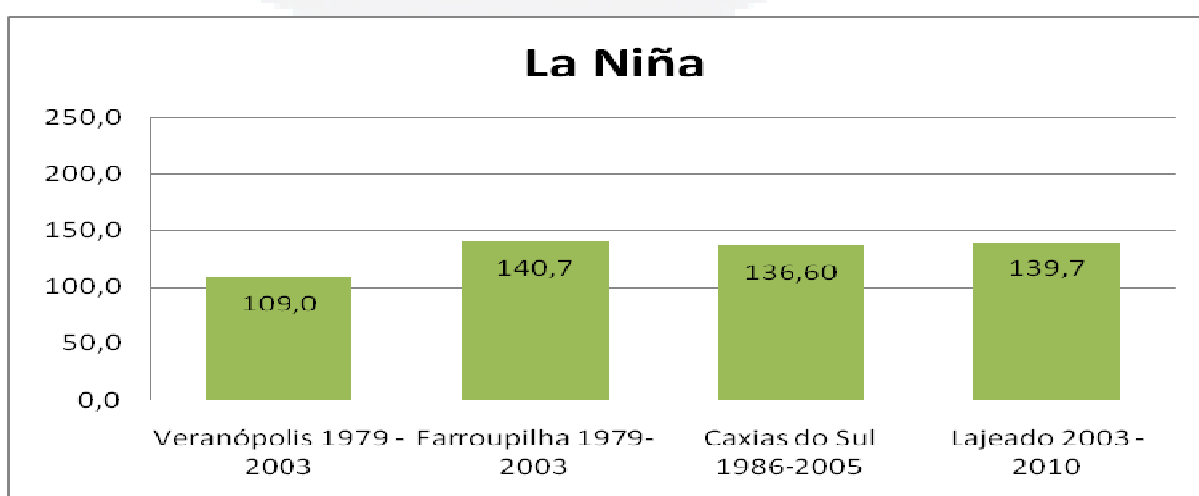


Gráfico 3 – Média mensal da precipitação ocorrida em períodos de *La Niña*.

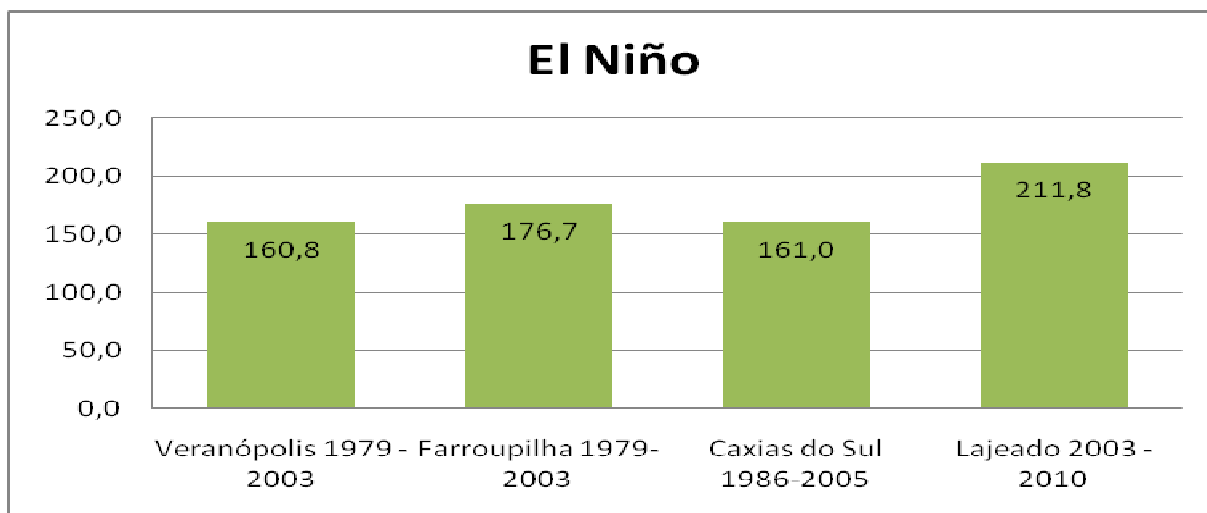


Gráfico 4 – Média mensal da precipitação ocorrida em períodos de *El Niño*.

Com estes resultados podemos observar nas quatro estações analisadas, que nos fenômenos de *El Niño* e *La Niña*, a precipitação ficou a cima da média climatológica - definida a partir da chuva analisada nos períodos de Neutralidade.

Já, durante a ocorrência do fenômeno *La Niña* a estação de Veranópolis foi a única que apresentou precipitação média mensal abaixo da normal climatológica. As demais estações demonstraram chuva acima da normal climatológica tanto em períodos de *La Niña* quanto em períodos de *El Niño*. Verifica-se em todas as estações que a precipitação em períodos de *La niña* é menor que a precipitação ocorrida em períodos de *El Niño*.

Vejamos o caso do município de Farroupilha onde foram analisadas as chuvas de 1979 a 2003. A média mensal climatológica para este município foi de 136,54 mm. Nos períodos de *El Niño* a média passou a ser de 176,7 mm e nos eventos de *La Niña* foi de 140,7mm. Um aumento de precipitação de 29,4 % para períodos de *El Niño* e de 3,0% para períodos de *La Niña*.

Para a estação de Veranópolis entre os anos de 1979 a 2003, houve um aumento de precipitação para os anos de *El Niño* de 19,6% e um decréscimo de 18,8% nos anos de *La Niña*.

Na estação meteorológica de Caxias do Sul observa-se um acréscimo de 28,7% para anos de *El Niño* e 9,2% para anos de *La Niña*, em comparação a precipitação média mensal para anos de Neutralidade Climática.

Já na estação de Lajeado nos anos de 2003 a 2010, registrou-se um aumento de 65,4% na precipitação para anos de *El Niño* e 9,1% para anos de *La Niña*.

Percebe-se que nos eventos de *La Niña* ocorre uma distribuição irregular das chuvas, podendo gerar em algumas regiões precipitação acima da média, como foi verificado. Os resultados encontrados na elaboração deste trabalho mostram-se em parte, contrários ao que tem-se registrado em outros estudos.

O estudo de DE PAULA (2009) aponta que “O padrão das chuvas é alterado em anos de anomalia da TSM no sentido de que nos anos *El Niño*, há acréscimo nas chuvas de padrão avançado e em anos *La Niña* há um decréscimo nas chuvas de padrão atrasado, enquanto que no padrão intermediário, decrescem o número de chuvas em anos de *El Niño* e *La Niña* comparado com anos Neutros”.

O LabNet – Laboratório de Meteorologia da USP - apresenta estudos onde em cada episódio do “*El Niño*” é observado na região sul do país um grande aumento no volume de chuvas, principalmente, nos meses de primavera, fim do outono e começo de inverno. Pode-se observar acréscimo de até 150% na precipitação em relação ao seu índice médio. Para os períodos de *La Niña* o LabNet garante que um dos principais efeitos observados sobre o Brasil é a passagem rápida de frentes frias sobre a Região Sul, com tendência de diminuição da precipitação nos meses de setembro a fevereiro, principalmente no Rio Grande do Sul, além do centro-nordeste da Argentina e Uruguai.

De acordo com a caracterização encontrada no CPTEC eventos de *El Niño* trariam precipitações abundantes para a região do Sul do Brasil e América do Sul e anos de *La Niña* ocasionariam severas secas para a região Sul do País. A análise feita neste trabalho assemelha-se ao DE PAULA, concordando que há aumento de precipitação em períodos de *El Niño*, porém pode-se perceber que em anos de *La Niña* também há aumento da precipitação em relação a média dos anos de Neutralidade.

A afirmação generalizada que eventos *El Niño* produzem anos chuvosos e *La Niña* anos secos no RS, deve ser tomada com cautela. Preliminarmente, pode-se observar neste trabalho que esta tendência não vale para todas as regiões do Rio Grande do Sul, como é o caso da Bacia Hidrográfica do Rio Taquari-Antas. Percebe-

se que nos municípios estudados (Veranópolis, Farroupilha, Caxias do Sul, Lajeado) todos apresentaram aumento na precipitação tanto em anos de *El Niño*, quanto em anos de *La Niña*.

De acordo com Grimm e Sant'Anna (2000), a primavera é a estação de maior impacto médio de eventos *El Niño* e *La Niña* sobre a precipitação pluvial no Sul do Brasil. Durante eventos de *El Niño*, tanto o aumento da precipitação pluvial média em dias chuvosos quanto o aumento do número de dias chuvosos parece contribuir ao aumento da precipitação pluvial sazonal. O primeiro fator parece predominar no oeste e o segundo no leste, especialmente no litoral de Santa Catarina e Rio Grande do Sul e sobre os planaltos paranaenses e região serrana. Durante eventos *La Niña*, predomina a influencia da diminuição do número de dias chuvosos, exceto no litoral. No verão, a variação da precipitação pluvial durante eventos *El Niño* e *La Niña* ocorre principalmente no sudoeste do RGS, e deve-se principalmente a variação da quantidade de precipitação pluvial média nos dias chuvosos.

Fontana e Berlato (1997) mostram que no norte e oeste do Rio Grande do Sul, durante o *El Niño* há um aumento de 40 a 70 mm na precipitação pluvial de outubro e novembro, sendo que durante a *La Niña*, a parte oeste do Estado sofre uma redução superior a 80mm, em outubro e novembro.

Existe também influência do fenômeno *El Niño/ La Niña* no número de dias de precipitação pluvial do Estado do Rio Grande do Sul. A influência é maior na região nordeste do Estado, onde em anos de *El Niño* verifica-se um maior número de dias precipitação pluvial, enquanto em anos de *La Niña* o número de dias de precipitação pluvial é reduzido (Almeida e Fontana, 2000).

Pisnitchenko et al. (2000) confirmaram a ligação das anomalias regionais pluvial com os padrões sinótico mais ou menos estáveis sobre o Sul do Brasil e mostraram que a evolução dos parâmetros (velocidade vertical média, carga de vortacidade, divergência dos fluxos de umidade, pressão de superfície média) que caracterizam a circulação regional, está ligada firmemente com a precipitação pluvial e os coeficientes de correlação entre eles e a precipitação pluvial são sensíveis à fase do ciclo *El Niño* Oscilação Sul. Geralmente a precipitação pluvial anômala forte durante os anos de *El Niño* no Sul do Brasil é resultado de interação de ar frio do

ciclone no Atlântico Sul com o ar quente e úmido, quando este ciclone atinge a costa Sul do Brasil e Uruguai.

4.1.4. Inundações *versus* ENOS

A análise dos eventos de enchentes e sua correlação com os índices pluviométricos permitem estabelecer uma discussão sobre o papel do fenômeno ENOS – *El Niño*. Sabe-se que o fenômeno *El Niño* não possui atuação durante todo o decorrer de um ano, mas sim, em alguns meses, que comumente não são os mesmos meses a cada manifestação do fenômeno.

Os dados obtidos com a análise da precipitação nos períodos de ENOS foram correlacionados com os eventos de enchentes ocorridas na Bacia Hidrográfica do Rio Taquari Antas, mais precisamente no município de Estrela que se localiza no centro do Vale do Taquari.

Tabela 5 – Relação entre fenômeno, intensidade e inundações ocorridas

Fenômeno	Intensidade	Meses com Eventos	Número de Inundações	(%)
<i>El Niño</i>	Forte	75	9	29,03
	Moderada	62	1	3,22
	Fraca	45	0	0
Neutralidade	-	349	15	48,38
<i>La Niña</i>	Forte	50	1	3,22
	Moderada	117	4	12,90
	Fraca	34	1	3,22
Total	-	732	31	100

Durante os 61 anos de levantamento estatístico ocorreram 31 inundações – cota do nível do rio acima de 19 metros - na cidade de Estrela. Com este levantamento pode-se observar, durante período estudado, a ocorrência de 182 meses do fenômeno *El Niño*, onde, nestes, ocorreram 10 inundações, o que representa 32,25% das inundações ocorridas no município. A maior ocorrência de inundações se deu em períodos de *El Niño* Forte, sendo registradas 9 eventos em 75 meses.

Nos 349 meses de Neutralidade climática registraram-se 15 inundações, representando apenas 48,38% do total de eventos.

Durante o fenômeno *La Niña*, registram-se 6 inundações, em 201 meses, sendo representados por 19,35% da ocorrência de enchentes na região.

Nota-se que, mesmo o evento de El Niño ter menor duração que os demais o índice de ocorrência de inundações é maior que nos eventos de *La Niña* e Neutralidade.

Também, com relação as inundações, estas foram classificadas em três níveis: alta, média e baixa magnitude. Este critério foi estabelecido com base na cota inicial de inundação (19 m) e a mais alta cota já registrada durante inundações (28,86m) na cidade de Estrela.

Tabela 6 – Magnitude de Inundações

Inundação	Quantidade	Valor de Magnitude (m)
Alta	13	≥ 25,1
Média	6	23,1 a 25,0
Baixa	12	19,0 a 23,0

Dentro do período analisado, foram registradas 13 inundações de alta magnitude, sendo 4 em *El Niño*, 6 em Neutralidade Climática e 3 em *La Niña*. Também ocorreram 6 inundações de média magnitude, e 12 inundações de baixa magnitude.

Tabela 7 – Magnitude das inundações para os fenômenos de ENOS

Magnitude da Inundação	Eventos em <i>El Niño</i>	Eventos em Neutralidade	Eventos em <i>La Niña</i>	Total
Alta	4	6	3	13
Média	2	2	2	6
Baixa	4	7	1	12
Total	10	15	6	31

O levantamento mostra que das 10 inundações ocorridas durante os fenômenos de *El Niño*, 4 foram de alta magnitude, 2 de magnitude média e 4 de baixa magnitude. Para os anos de *La Niña* registrou-se 3 inundações de alta magnitude, 2 de média e 1 de baixa magnitude. Para os anos de Neutralidade, sem

a influência do ENOS, houve 6 inundações de alta magnitude, 2 de média magnitude e 7 inundações de magnitude baixa.

Este levantamento em relação a magnitude de cada cheia não pode ser correlacionado com os fenômenos analisados, pois este índice é definido pela disponibilidade de água ocorrida. Ou seja, em um curto período de tempo pode ter havido uma precipitação a cima do normal, ou mesmo chuvas que ficaram pressas sobre a bacia ocasionando uma grande elevação do nível do rio. Isto explica o fato de que grandes inundações registradas na Bacia Hidrográfica do Rio Taquari-Antas tenham ocorrido durante o período de Neutralidade Climática, como pode-se verificar logo abaixo.

4.1.4.1 Análise dos Eventos mais significativos

Os eventos mais significativos, entre os anos de análise, ocorreram em junho de 1990, julho e outubro de 2001 e outubro de 2008.

- Enchente de Junho de 1990:

Esta enchente ocorreu no dia 2 de junho de 1990 e atingiu fortemente a cidade de Estrela e os municípios as margens do rio Taquari. A cota do rio atingiu 26,64 metros por ocasião das chuvas ocorridas acima da normal climatológica em toda a extensão da bacia. A precipitação registrada nas estações de Caxias do Sul, Farroupilha, Veranópolis e Soledade no mês de maio foi de 170,10 mm; 181,1 mm; 201,2 mm e 224,4 mm; respectivamente. Esta inundação se deu em período de Neutralidade Climática.

- Enchentes de Julho e Outubro de 2001:

Duas grandes enchentes foram registradas no ano de 2001. A primeira ocorreu em 22 de julho, com cota de 26,3 m do nível do rio. Em 3 de outubro outra grande enchente assustou os moradores do município que alcançou 26,95 m. Estas duas enchentes se deram em dentro de um mesmo período de Neutralidade Climática. A precipitação registrada para estas enchentes foram acima na normal climatológica.

- Enchente de Outubro de 2008:

A enchente de 27 de outubro de 2008 atingiu a cota de 26,65 m do nível do rio, sendo considerada de alta magnitude, ocorrida em período de Neutralidade Climática.

Segundo a Defesa Civil de Estrela-RS (2008) o mês de outubro teve a maior precipitação pluviométrica dos últimos cinco anos, em um único mês, provocando a quinta maior cheia da história desde 1941.

Os dados obtidos através da estação meteorológica do CIH – UNIVATES apresentaram precipitação de 327,7 mm no mês de outubro. Duzentas famílias ficaram flageladas, e foram socorridas pela Defesa Civil de Estrela-RS. O mesmo ocorreu em outros municípios do Vale do Taquari.

CONCLUSÃO

Com este trabalho pode-se concluir que na região estudada o fenômeno *El Niño* gerou um aumento na precipitação mensal, sendo que o maior número de inundações também foi registrado dentro deste mesmo fenômeno; este comparado aos eventos de *La Niña*.

O fenômeno *La Niña* também apresentou em 3 das 4 estações analisadas um aumento de precipitação acima da normal climatológica mensal - resultado este, contrário a vários trabalhos científicos desenvolvidos até o momento. Pode-se inferir com isto que em eventos de *La Niña* há uma distribuição irregular das chuvas ocasionando, como verificado, chuvas a cima da normal climatológica para determinadas regiões. Uma das hipóteses para o fato é de que as estações analisadas se encontram na região centro-norte do estado, região esta onde não percebeu-se diminuição da precipitação em eventos de *La Niña*.

Esta hipótese pôde ser demonstrada no decorrer do ano de 2011, classificado como ano de ocorrência do fenômeno *La Niña*. Neste ano já foram registrados 2 eventos de enchentes no início do ano no Vale do Taquari. Apesar de que, no município de Bagé, localizado na região sudoeste do Estado, estar registrando um período de seca intensa (DIÁRIO POPULAR, 2011).

Analisados os eventos de inundações no Vale do Taquari, concluiu-se que nos anos com a influência do Fenômeno ENOS ocorreram 16 enchentes sendo elas

10 na fase quente – El Niño – e 6 inundações na fase Fria – *La Niña*- do fenômeno, já durante a ocorrência de Anos Neutros foram registradas 15 inundações. Inferindo com isto que inundações foram registradas tanto em períodos com a influência do ENOS, quanto em Anos Neutros. Verificou-se também que as inundações registradas no fenômeno *El Niño* ocorreram na sua grande maioria (9) durante a intensidade Forte do fenômeno. Já para o fenômeno *La Niña* o maior número de inundações (4) se deu durante a intensidade Moderada do evento.

O que podemos avaliar com isto é que a presença do fenômeno climático ENOS, apresentou um acréscimo tanto nas precipitações quanto nas inundações causadas na região do Vale do Taquari. Um estudo mais abrangente, englobando dados de outras estações meteorológicas do estado poderia avaliar se o fenômeno ENOS apresenta efeitos diferenciados para cada região do RGS.

Entender a relação dos fenômenos climáticos e 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.

Dessa maneira, ações preventivas poderiam ser empregadas a fim de minimizar os impactos socioeconômicos e ambientais provocados pelos desastres.

Sugere-se para próximos trabalhos que a análise da precipitação seja feita de forma sazonal, podendo avaliar os resultados de maneira mais significativa.

Recomenda-se também que se amplie esta análise para outras regiões do Estado do Rio Grande do Sul, de maneira que se possa observar o comportamento da chuva para estes locais.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, R. **Estiagem**: como conviver com esse fenômeno? Disponível em: <<http://www.emater.tche.br/site/br/arquivos/servicos/biblioteca/publicacoes/vol1/n4/03-Reportagem.pdf>> Acesso em: 23 out. 2010.
- ALMEIDA, T. S.; FONTANA, D.C. **El Niño/La Niña e o Número de Dias de Chuva no Estado do Rio Grande do Sul**. In SALAO DE INICIAÇÃO CIENTIFICA, 12;2000, PORTO ALEGRE; UFRGS,2000.
- AMBIENTE BRASIL. **Mudanças Climáticas**: o que é o *El Niño*. Disponível em: <http://ambientes.ambientebrasil.com.br/mudancas_climaticas/artigos/o_que_e_o_el_ni%C3%B1o.html>. Acesso em: 23 dez. 2010.
- ANA. **Agência Nacional das Águas**. Disponível em: <www.ana.gov.br/>. Acesso em: 12 out. 2010.
- ARAGÃO, J. O. R., 1990, 'Fatos sobre o fenômeno de *El Niño* e sua relação com as secas no Nordeste do Brasil' **Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia**. 14(1), março 1990. p. 2-8.
- _____. 1986, 'A general circulation model investigation of the atmospheric response to *El Niño*', *NCAR/CT-100*. p. 144.
- BARBIERI, D. W.; FERREIRA, C. C.; SAITO, S. M.; SAUSEN, T. M, HANSEN, M.A.F. Relação entre os desastres naturais e as anomalias de precipitação para a região Sul do Brasil. **Anais**, XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2005, INPE, p. 3527-3534.
- BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. **El Niño e La Niña**: Impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul; aplicações de previsões climáticas na agricultura. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2003. 110 p.

BERLATO, M. A.; FARENZENA, H.; FONTANA, D. C. **Associação entre *El Niño* Oscilação Sul e a produtividade do milho no Estado do Rio Grande do Sul.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 40, n. 5, maio/2005. p. 423-432.

BOTH, G. C.; HAETINGUER, C.; FERREIRA, E. R.; DIEDRICH, V. L.; AZAMBUJA, J.L. **Uso da modelagem matemática para a previsão de enchentes no Vale do Taquari – RS** VI SIMPÓSIO DE ENGENHARIA AMBIENTAL. Serra Negra, SP, 2008.

BRANDÃO, A. M. P. M. Clima Urbano e Enchentes na Cidade do Rio de Janeiro. In GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. (org) **Impactos Ambientais Urbanos no Brasil**. 2. ed., Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. p. 416.

CANE, M. A. **Understanding and predicting the world's climate system.** In: Impacts of El Niño and climate variability on Agriculture. ASA Special Publication, Madison, 2001, p. 1-20.

CPTEC - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, Disponível em <www.cptec.inpe.br>. Acesso em: 07 ago. 2010.

CPTEC/INPE - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, Disponível em <<http://enos.cptec.inpe.br/>>. Acesso em: 07 ago. 2010.

CIH – Centro de Informações Hidrometeorológicas. Dados sobre Enchentes no Vale do Taquari (informações não publicadas) – Lajeado: UNIVATES, 2007.

COORDENADORIA ESTADUAL DE DEFESA CIVIL DO PARANÁ. Disponível em <<http://www.defesacivil.pr.gov.br>>. Acesso em: 02 out. 2010.

CUNHA, G. R. *El Niño* Oscilação Sul e perspectivas climáticas aplicadas no manejo de culturas no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 7, n.2, Jul – Dez, 1999. p. 277-284.

DEFESA CIVIL DO RIO GRANDE DO SUL. **Índices pluviométricos.** Disponível em: <www.defesacivil.rs.gov.br/>. Acesso em: 14 set. 2010.

DIÁRIO POPULAR. **Notícias:** Bagé continua sofrendo com o problema da seca. Disponível em: <<http://www.diariopopular.com.br/site/content/noticias/detalhe.php?id=6¬icia=37987>>. Acesso em: 11 jun. 2011.

DRH/SEMA 2002. **Relatório Anual Sobre a Situação dos Recursos Hídricos no Estado do Rio Grande do Sul.** Secretaria Estadual do Meio Ambiente, RS. Disponível em: <www.sema.rs.gov.br>. Acesso em: 01 nov. 2010.

DIAZ, A. F.; STUDZINSKI, C. D.; MECHOSO, R. C. Relationship between precipitation anomalies in Uruguay and southern Brazil and sea surface temperature in the Pacific and Atlantic Oceans. **Journal of Climate**, Boston, v.11, fev, 1998. p. 251-271.

ECKHARDT, R. R. **Geração de modelo cartográfico aplicado ao mapeamento das áreas sujeitas às inundações urbanas na cidade de Lajeado/ RS.**

Dissertação de Mestrado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2008.

FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler - RS
Disponível em:

<http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/qualidade_taquari_antas/taquariantas.asp>
Acesso em: 23 set. 2010

FERREIRA; R. N. O que é o *El niño*. **Revista Eco 21**, ano XV, n. 1, 101 abril/2005.
Disponível em:

<http://ambientes.ambientebrasil.com.br/mudancas_climaticas/artigos/o_que_e_o_el_ni%C3%B1o.html> Acesso em: 12 ago. 2010.

FERREIRA, E. R.; BOTH, G. C. Estudo das enchentes no Vale do Taquari: causas e propostas de controle. In: MEEP, 4. Lajeado. **Anais**. Lajeado: UNIVATES, 2001.

FERREIRA, E. R.; ECKHARDT, R. R.; HAETINGUER, C.; BOTH, G.C; FAVA E SILVA, J.; DIETRICH, V. L.; AZAMBUJA, J.L. Sistema de previsão e alerta de enchentes no Vale do Taquari – RS – BRASIL. In: Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais e Tecnológicos (SIMBRADEN), 2, 2007, Santos. **Anais**. São Paulo: ABGE, 2007. Artigos, p. 85. CR-ROM.

FONTANA, D. C.; BERLATO, M. A. Influência do *El Niño* Oscilação Sul sobre a precipitação pluvial no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.5, n.1, p.127-132, Jan – Jun, 1997.

GLANDZ, M.H. **Currents of Change: Impacts of *El Niño* and *La Niña* on climate and society**. Second Edition. Cambridge, University Press, 2001. 252p.

GRIMM, A. M. et al. Anomalias de precipitação no sul do Brasil em eventos *El Niño*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 9., 1996. Campos do Jordão, SP. **Anais**. Campos do Jordão: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1996. v. 2, p.1098-1102.

GRIMM, A.; FERRAZ, S. E. T.; GOMES, J. Precipitation anomalies in southern Brazil associated with *El Niño* and *La Niña* events. **Journal of Climate**, Boston, v.11, p.2863-2880, NOV., 1998.

GRIMM, A. M. Universidade Federal do Paraná. Disponível em
<<http://fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteo>>. Acesso em: 02 ago. 2010.

GRIMM, A.M.; SANT'ANNA, C.L. Da Influencia de Fases Extremas da Oscilação Sul sobre a Intensidade e Freqüência das Chuvas no Sul do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 11, 2000, Rio de Janeiro, **Anais**. Rio de Janeiro: SBMet, 200. 1 CD-ROM.

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.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <www.inmet.gov.br>. Acesso em: 28 ago 2010.

ISDR - International Strategy for Disaster Reduction – Living with Risk. A Global Review Of Disaster Reduction Initiatives. United Nation, Inter Agency Secretariat. Geneva, Switzerland, 2002, 384p.

LABNET - Laboratório de Meteorologia da Universidade de São Paulo. Disponível em: <http://www.geografia.fflch.usp.br/graduacao/apoio/Apoio/Apoio_Felicio/climaII/05B-EINino-LaNina.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2011.

MARENGO, J. A.; OLIVEIRA, G. S. Impactos do fenômeno *La Niña* no tempo e clima do Brasil: desenvolvimento e intensificação do *La Niña* 1998/1999. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10, 1998. Brasília, DF. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1998. 1 CD-ROM.

MELO, J. C. O fenômeno *El Niño* e as secas no Nordeste do Brasil. **Revista Raízes**, Ano XVIII, Nº 20, novembro/1999. p 13-21.

MONTEIRO, C.A. F. **Clima e Expcionalismo. Conjecturas Sobre o Desempenho da Atmosfera como Fenômeno Geográfico.** Florianópolis: UFSC – SC, 1991. p. 233.

NOAA. **ENSO:** Cold and warm episodes by season. Disponível em: <www.cpc.noaa.gov/products/analysis_monitoring/insostuff/ensoyears.shtml>. Acesso em: 21 ago. 2010.

OLIVEIRA, G. S.; SATYAMURTY, P. O El Niño de 1997/98: Evolução e impactos no Brasil. In: X CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10, 1998, Brasília, DF. **Anais.** Brasília: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1998. 1 CD-ROM.

PAULA, G., M. **O Fenômeno *El Niño* Oscilação Sul e a Erosividade das Chuvas em Santa Maria – RS.** Dissertação de Mestrado- UFSM, 2008.

PHILANDER, S.G. ***El Niño, La Niña, and the Southern Oscillation.*** New York, Academic Press, 1990. p. 293.

PISNITCHENKO, I. A.; GRIMM, A. M.; OLIVEIRA, F.M.; NATORI, A.A. Relações Entre os Processos ENOS de Grande escala e Peculiaridade do Clima Regional no Sul do Brasil. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 11, 2000, Rio de Janeiro, **Anais.** Rio de Janeiro: SBMet, 200. 1 CD-ROM.

RAO, V. B., HADA, K. Characteristics of rainfall over Brazil, annual variations and connections with the southern oscillation. **Theoretical and Applied Climatology**, Wien, v. 2, p. 81-91. jun, 1990.

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.** 261p. v. I. Dissertação de mestrado em Geografia. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

ROPELEWISKY, C. F.; HALPERT, M. S. Global and regional scale precipitation patterns associated with the *El Niño*/ Southern Oscillation. **Monthly Weather Reviews**, Washington DC, v. 115, p. 1606-1626. ago, 1987.

_____. Precipitation patterns associated with the high index phase of the southern oscillation. **Journal of Climate**, Boston, v. 2, p. 268-284. 1989.

SANTOS, S. R. Q.; SILVA, R. B. C.; BARRETO, P. N.; SÁ, L. D. A.; NUNES, G. G. C.; RODRIGUES, R. S.; SANTOS, A. P. P. - **Avaliação mensal do regime térmico e hídrico do solo em anos de eventos extremos.** Disponível em: <http://www.cbmet2010.com/anais/artigos/55_94178.pdf>. Acesso em: 10 out. 2010.

SANTOS, C. N.; LAGO, J. C. MOREIRA, A. C. *El Niño, La Niña e a Erosividade das Chuvas do Município de Jaguarão-RS.* In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS, 15, Ciências Agrárias - **Resumos**, 2006. Disponível em: <http://www.ufpel.edu.br/cic/2006/arquivos/conteudo_CA.html>. Acesso em: 10 out. 2010.

SANTOS R. F. (ORG). **Vulnerabilidade Ambiental- Desastres Naturais ou Fenômenos Induzidos?** Brasília: MMA, 2007. p. 192.

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: 11 out. 2010.

SANTOS, C.A.M.: **Pythonissa: uma linguagem visual para elaboração da previsão do tempo**, 2001, 89p, Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil, 2001.

SEMC - Secretaria de Minas, Energia e Comunicação do Estado do Rio Grande do Sul - Atlas Eólico do Rio Grande do Sul. Disponível em: <<http://www.semc.rs.gov.br/atlas>>. Acesso em 28 out. 2010.

STUDZINSKI, C. D. **Um estudo da precipitação na região sul do Brasil e sua relação com os oceanos Pacífico e Atlântico tropical e sul. 1995.** 79 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.

TEIXEIRA, M. S.; SATYAMURTY, P. Episódios 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: 10 out. 2010.

TIBERIOGEO – **A geografia levada a sério - Climas do Brasil**. Disponível em: <<http://www.tiberiogeo.com.br/index.php?id=12>>. Acesso em: 12 jun 2011.

TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J.C. (ORG). **Inundações Urbanas na América do Sul**. Porto Alegre. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003. p. 471.

UNESP – DGA Geologia Ambiental: Definições. Disponível em: <<http://cuencas.fcien.edu.uy/cursos/materiales/Inundac2.pdf>> Acesso em: 18 set. 2010.

UNIVATES – **Perfil Socioeconômico do Vale do Taquari**. Disponível em: <http://www.univates.br/files/files/univates/valoresdovale/Valores_do_vale3.pdf> Acesso em 06 jul. 2011.

ANEXO: CD com dados utilizados na execução do trabalho.

