

Eixo Temático: Inovação e Sustentabilidade

**ANALISE DA RELAÇÃO DOS FENÔMENOS EL NINO E LA NINA NA GÊNESE
DOS TORNADOS NO RIO GRANDE DO SUL ENTRE 2001 E 2015**

**ANALYSIS OF RELATIONSHIP PHENOMENA EL NINO AND LA NINA IN
GENESIS OF RENDERED IN RIO GRANDE DO SUL BETWEEN 2001 AND 2015**

Amanda Comassetto Iensse e Cássio Arthur Wollmann

RESUMO

O Rio Grande do Sul encontra-se na rota dos tornados, conhecido como o corredor dos tornados da América do Sul. Os tornados são eventos atmosféricos muito intensos e quando atingem alguma área com valor econômico gera muitos estragos e transtornos. No contexto da climatologia regional, esse trabalho relacionou os fenômenos de El Niño e La Niña na gênese dos tornados no Rio Grande do Sul. O fenômeno climático é constituído por um conjunto de elementos de naturezas diversas e que convivem ao mesmo tempo no mesmo espaço, em regime de trocas energéticas recíprocas e interdependentes. O Rio Grande do Sul possui em sua dinâmica climática a participação de sistemas atmosféricos de origem tropical e origem polar. Dessa forma, o choque de massas de ar com temperaturas e densidade diferentes podem eventualmente propiciar a formação de eventos tornádicos. A partir dos dados de tornados registrados e das anomalias do índice de oscilação sul, foi possível relacionar esses fenômenos contribuindo humildemente para a divulgação científica dos mesmos.

Palavras-chave: Tornados, El Niño, La Niña, Índice de Oscilação Sul.

ABSTRACT

The Rio Grande do Sul is the route of tornadoes, known as the corridor of tornadoes in South America. Tornadoes are very intense weather events and when they reach any area of economic value generates a lot of damage and disorders.. In the context of regional climatology, this work related phenomena of El Niño and La Niña in the genesis of tornadoes in Rio Grande do Sul. The climate phenomenon consists of a set of elements of diverse nature and who live at the same time in the same space, in a system of reciprocal and interdependent energy exchange. The Rio Grande do Sul has in its climate dynamic participation of atmospheric systems of tropical origin and polar origin. Thus, the shock air masses with different temperatures and density may eventually favor the formation of tornádicos events. From tornadoes recorded data and the Southern Oscillation Index anomalies, it was possible to relate these phenomena humbly contributing to the scientific dissemination.

Keywords: Tornados, El Niño, La Niña, Southern Oscillation Index.

1. INTRODUÇÃO

O Rio Grande do Sul encontra-se na rota dos tornados, conhecido como o corredor dos tornados¹ da América do Sul. Os tornados são eventos atmosféricos muito intensos e quando atingem alguma área com valor econômico gera muitos estragos e transtornos.

Nesse contexto tais fenômenos climáticos têm grandes impactos socioeconômicos, podendo ser associados às causas de desastres naturais, o que ressalta a relevância de seu estudo. Além disso, grande parte da população desconhece que o Brasil é o segundo lugar com maior incidência de tornados no mundo. (BECK; VERZENHASSI, 2008).

De acordo com Reckziegel (2007), os desastres naturais associados à dinâmica atmosférica estão relacionados com grandes amplitudes termo-barométricas, o que provocaria a intensificação do regime dos ventos. Candido (2012) avalia que os tornados surgem porque a turbulência aliada à redução da temperatura em certos pontos no interior das nuvens propicia ocorrência de ventos rotacionais que, em condições ideais, podem afunilar e, eventualmente, tocar o solo.

No contexto da climatologia regional, esse trabalho relacionou os fenômenos de El Niño e La Niña na gênese dos tornados no Rio Grande do Sul. O fenômeno climático é constituído por um conjunto de elementos de naturezas diversas e que convivem ao mesmo tempo no mesmo espaço, em regime de trocas energéticas recíprocas e interdependentes. (RIBEIRO, 1993) Dessa forma torna-se imprescindível a compreensão das variáveis atmosféricas consideradas em cada estudo, RIBEIRO (op. cit.) ainda salienta que se deve corresponder a uma abordagem específica com a coerência entre a duração e a extensão do fenômeno.

Dessa forma, o objetivo desse trabalho é analisar a relação dos eventos de El Niño e La Niña na gênese dos tornados no Rio Grande do Sul entre os anos de 2001 e 2015.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 El Niño, La Niña E Índice De Oscilação Sul

O El Niño Oscilação Sul (ENOS) é um fenômeno que ocorre no Oceano Pacífico Tropical e refere-se a uma combinação de dois fatores, sendo um deles oceânico e outro atmosférico. El Niño (EN) está para o componente oceânico enquanto Oscilação Sul (OS) esta para o componente atmosférico.

O El Niño em principio designava uma corrente marítima quente para o sul do pacífico, ao longo da costa do Peru e Equador. Recebeu esse nome pelos pescadores da região por o fenômeno acontecer com frequência perto do Natal (BERLATO; FONTANA, 2003). Posteriormente o fenômeno foi associado com variações na temperatura da superfície do mar e atualmente é monitorado.

O Fenômeno ENOS faz parte de uma variação irregular em torno das condições normais do oceano e da atmosfera na região do pacífico tropical. El Niño é definido quando há aquecimento das águas superficiais do Pacífico Equatorial e em simultâneo a diminuição da pressão atmosférica no Pacífico leste, essa fase do El Niño é conhecida como fase quente ou negativa.

No entanto, em condições de La Niña há um resfriamento das águas e aumento da pressão no Pacífico leste, sendo conhecida como fase fria ou positiva. A figura 01 mostra o oceano pacífico em condições de La Niña, em condições normais e em condições de El Niño, respectivamente.

¹ Nesse trabalho os tornados incluem as trombas d'água, por se tratarem de eventos com a mesma gênese, não foi feita distinção no nome.

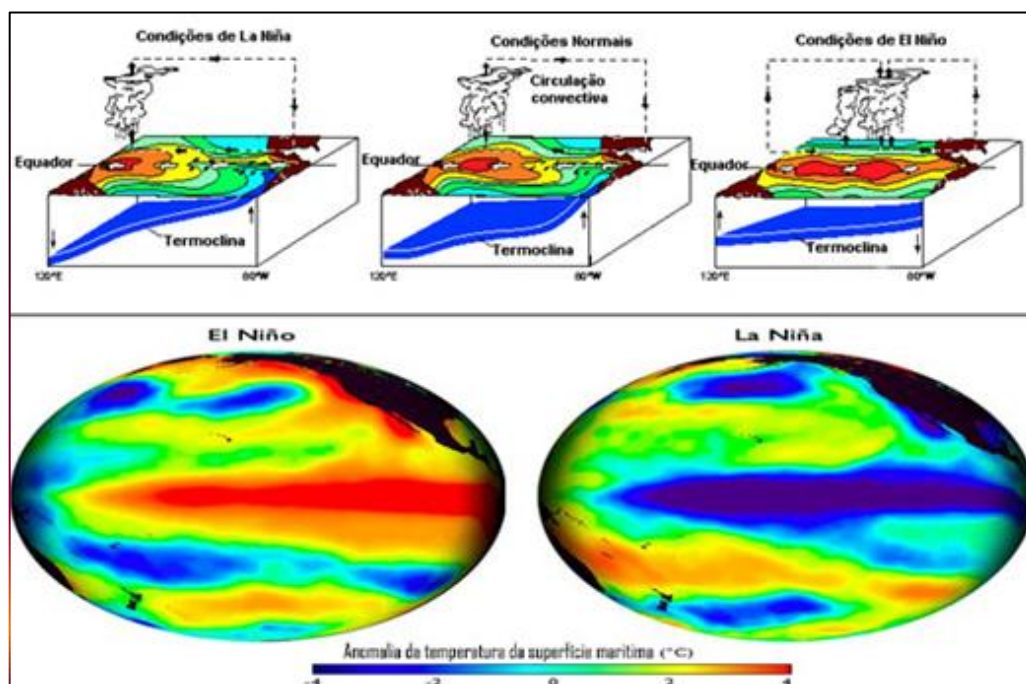


Figura 01 - Pacífico em condições de La Niña, Normal e El Niño e anomalia de temperatura da superfície marítima no Oceano Pacífico.

Fonte: adapt. de NOAA, 2015

Em condições normais, os ventos sobre o Equador sopram de Leste para oeste, sendo conhecidos como ventos alísios e carregam água quente para oeste e dessa forma aumentam o nível do mar cerca de 60 cm. Em condições El Niño os ventos alísios enfraquecem podendo até mesmo inverter o sentido soprando de oeste para leste. Já com a condição de La Niña, os ventos alísios se fortalecem e carregam mais águas quentes para oeste fazendo com que apareça o fenômeno de ressurgência² a leste. (FONTANA; BERLATO, 2003)

Voituriez; Jacques (2000) resumem El Niño como um colapso na célula de Walker³ perturbando e até invertendo as características climáticas na região, enquanto La Niña intensifica as condições normais e empurra o sistema climático para a região a seu limite.

O Fenômeno de El Niño e La Niña só é confirmado após três meses de anomalias no Índice de Oscilação Sul (IOS). Na tabela 1 é possível observar a intensidade de El Niño e La Niña.

Tabela 1 - Intensidade do El Niño e La Niña (IOS).

Intensidade/Evento	El Niño	La Niña
Fraco	0,5 a 0,9	-0,5 a -0,9
Moderado	1,0 a 1,4	-1,0 a -1,4
Forte	> 1,5	> -1,5

Fonte: NOAA, 2015

² Afloramento de águas subsuperficiais frias e profundas, ricas em nutrientes.

³ A Célula de Walker é o resultado de uma gangorra de pressão à superfície entre os setores oeste e leste ao longo do cinturão equatorial da bacia do Oceano Pacífico Tropical (Walker, 1930; Walker e Bliss, 1932, 1937).

Segundo NOAA (2015) o IOS é uma medida das flutuações de grande escala na pressão do ar que ocorrem entre o Pacífico tropical ocidental e oriental (ou seja, o Estado da Oscilação do Sul) durante os episódios de El Niño e La Niña.

A fase negativa do IOS representa a pressão do ar abaixo do normal no Tahiti e acima do normal à pressão do ar em Darwin. Períodos prolongados de valores negativos IOS coincidem com as águas do oceano anormalmente quentes em todo o leste do Pacífico tropical típico dos episódios de El Niño. Períodos prolongados de valores positivos IOS coincidem com as águas do oceano anormalmente frias em todo o leste do Pacífico tropical típico dos episódios de La Niña.

Ao tratar do fenômeno El Niño e La Niña, torna-se necessário salientar alguns impactos verificados por essas condições nas áreas afetadas. Fontana; Berlato (1997) estudaram a distribuição temporal e espacial da precipitação pluvial no Rio Grande do Sul, tendo como base séries históricas de 29 estações meteorológicas e período de 1913 a 1995. Os resultados foram comparados com a média climatológica.

Quanto à distribuição temporal, o estudo mostrou que em anos de El Niño ocorre precipitação superior a média em quase todos os meses do ano. Destaca-se dois períodos principais sendo a primavera e início do verão e com repique no final do outono e no início do inverno. Para Federova et. al. (2002) o motivo dessa precipitação superior é pela maior frequência de Frentes Frias, além do incremento da atuação de Jatos de Baixos Níveis (JBN).

Já em anos de La Niña, foram verificadas precipitações abaixo da média principalmente nos dois períodos coincidentes com os do El Niño.

Além disso, há também efeitos na temperatura, tanto para El Niño como La Niña os impactos tendem a ser maiores para a temperatura média mínima. Em anos de La Niña a maioria dos meses do ano apresenta anomalia negativa, ou seja, mais frio. Enquanto em anos de El Niño há uma forte tendência das temperaturas médias mínimas serem superiores as dos anos neutros dessa forma representando, possivelmente, efeito contrário em relação às geadas precoces (BERLATO; FONTANA, 2003).

2.2 Tornados

Os tornados são um dos eventos atmosféricos mais intensos e perigosos. Tem como característica principal, uma coluna de ar ascendente e em rotação extremamente rápida. Os tornados derivam de nuvens chamadas super-células, tais nuvens possuem peculiaridades capaz de provocar grande turbulência interna.

Embora ainda não exista um consenso sobre a dinâmica que leva a formação de um tornado, acredita-se que esteja ligado aos ventos ascendentes e descendentes que formam fluxos intensos no interior da nuvem de tempestade como pode ser observada na figura 2.

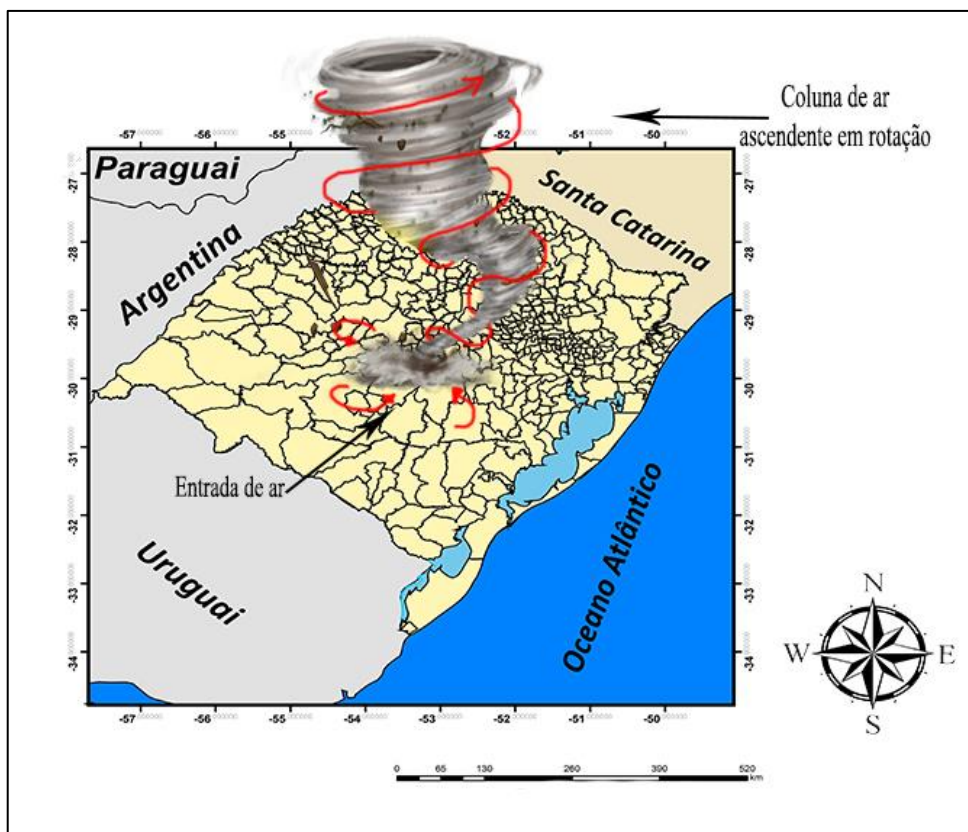


Figura 2 – Esquema da estrutura de um tornado já formado.

Org.: Amanda Comassetto Iensse.

A rajada frontal aparece como um fator importante para a formação da vorticidade horizontal que posteriormente mudará sua posição para vertical, dando origem ao tornado. Stull (2000) define tornado como um fenômeno originado a partir de uma vorticidade horizontal na baixa troposfera, próxima a superfície, ao se intensificarem inclinam-se para a posição vertical devido as correntes ascendentes de ar.

Essa coluna de ar formada pela parte inferior de um tornado é chamada de vórtice. Frequentemente é observada a cor escura por causa do pó que aspira do solo, pelos movimentos ascendentes do ar e também pode apresentar uma névoa esbranquiçada pelas gotículas de água em suspensão, mas também pode ser invisível segundo Candido (2012).

Conforme Ayoade (2003) o calor latente contido no vapor d'água é importante fonte de energia para a circulação atmosférica e para o desenvolvimento de perturbações atmosféricas. Candido (op. cit.) analisa que quanto mais úmido o local, maior a quantidade de vapor condensado, o que permite inferir que este seja um dos motivos pelos quais muitos dos tornados em território brasileiro não possam ser visualizados.

A intensidade dos tornados é medida pela Escala Fujita (EF), esta escala foi desenvolvida pelo Dr. Tetsuya Theodore Fujita, em 1971, da Universidade de Chicago do centro de previsão de tempestades severas. Ao contrário do que se pensa a escala Fujita não mede os tornados pela velocidade dos ventos nele envolvidos ou seu tamanho, mas mede de acordo com os danos que o Tornado causou. (FUJITA, 1971).

A Tabela 2 mostra a Escala Fujita, sendo a classificação F0 os tornados que provocam danos mais leves, e o F5 consideram-se os tornados que provocam incríveis danos.

Tabela 2 – Escala Fujita – Intensidade dos tornados.

Classificação	Categoria	Velocidade dos ventos (km/h)	Danos provocados
F0	Fraco	65 - 116	Leves
F1	Fraco	119 - 177	Moderados
F2	Forte	180 - 249	Consideráveis
F3	Forte	252 - 332	Severos
F4	Violento	335 - 418	Devastadores
F5	Violento	421 - 512	Incríveis

Fonte: Adaptado de Fujita (1971).

3. METODOLOGIA

A área de estudo desse trabalho, compreende o Estado do Rio Grande do Sul, que se encontra na região sul do Brasil entre as coordenadas geográficas 27° de latitude sul e 57° de longitude oeste; 34° de latitude sul e 50° de longitude oeste, fazendo limite ao norte com o Estado de Santa Catarina, ao sul com Uruguai, a oeste com a Argentina e a leste com o Oceano Atlântico e pode ser observado melhor na figura 3.

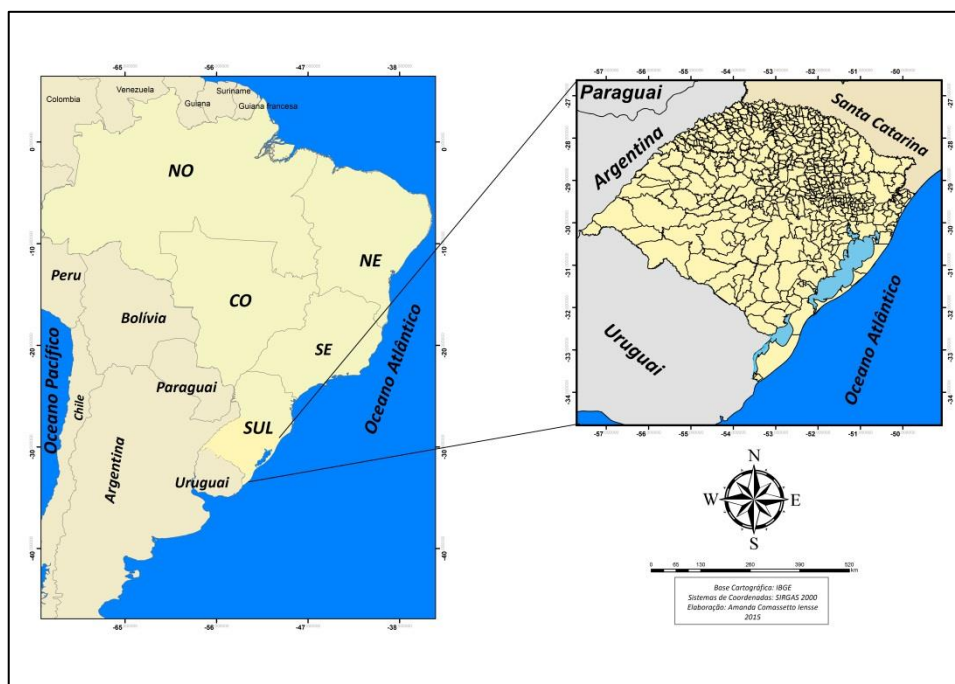


Figura 3 – Espacialização do Rio Grande do Sul em relação ao Brasil e América do Sul.
Org.: Amanda Comassetto Iense.

O Rio Grande do Sul possui em sua dinâmica climática a participação de sistemas atmosféricos intertropicais e extratropicais (WOLLMANN; GALVANI, 2012). Dessa forma, o choque de massas de ar com temperaturas e densidade diferentes podem eventualmente propiciar a formação de eventos tornádicos.

Para alcançar o objetivo proposto nesse trabalho e relacionar os eventos de tornados com os fenômenos El Niño e La Niña foram coletados do site NOAA o Índice de Oscilação Sul (IOS) que mede a intensidade de El Niño, La Niña além de mostrar os anos neutros. Construiu-se uma tabela os eventos de tornados registrados, retirados de site de meteorologia e também

dados da defesa civil. Para construir a tabela de IOS, foram utilizados valores mensais das anomalias de Oscilação Sul. Logo após a construção da tabela IOS, foram analisadas as datas em que os eventos ocorreram, dessa forma, cada evento foi adicionado em seu respectivo mês de ocorrência na tabela IOS.

Para mesclar os dados de eventos de tornados com a tabela IOS, foi usado o seguinte intervalo: de -2,0 a -0,6 os eventos aconteceram em situações de El Niño, de -0,5 a + 0,5 os eventos ocorreram em anos neutros e + 0,6 a + 2,0 para os eventos em situações de La Niña intervalos sugeridos pelo NOAA. Logo após a plotagem de cada evento, foi feito o gráfico de frequência e a porcentagem da participação de Oscilação Sul em situações de anos com El Niño, neutros e La Niña.

4. ANALISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.

Entre os anos de 2001 a 2015, foram registrados 73 tornados no Rio Grande do Sul, e estes estiveram presentes em vários municípios gaúchos.

A participação do El Niño nos eventos de tornados no Rio Grande do Sul foi a menor entre as 3 situações do IOS de acordo com a figura 4, totalizando 15 eventos sob a sua influência, isto é, 21% dos registros.

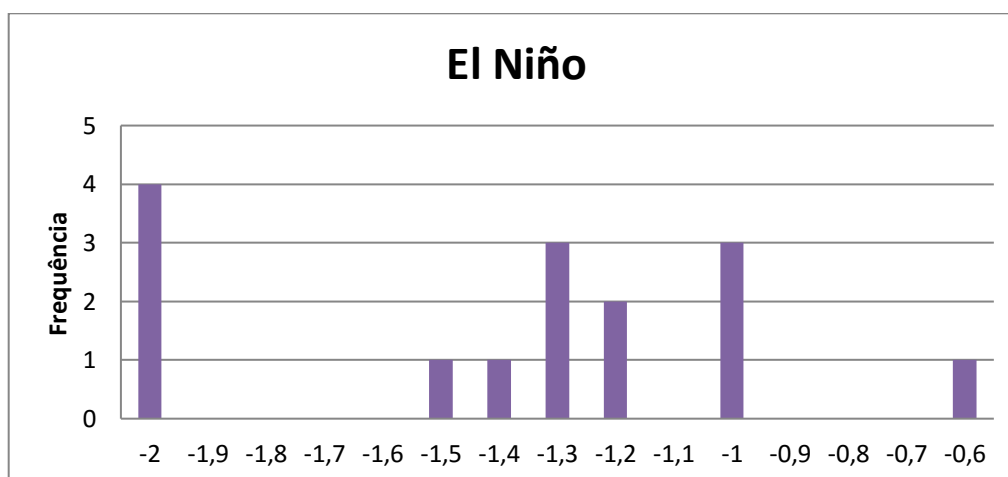


Figura 4 – Gráfico de frequência dos tornados registrados em meses de El Niño.
Org.: Amanda Comassetto Iensse.

A maioria dos registros foi em El Niño moderado, mas também houve registros em fraco e forte. Apesar de o El Niño ser conhecido por provocar grandes volumes de chuva para o Estado, não se pode afirmar que ele possa ter influência na formação de tornados.

Em situações neutras, as quais não se tem influência de El Niño e La Niña, registraram-se 25 eventos de acordo com a figura 5.

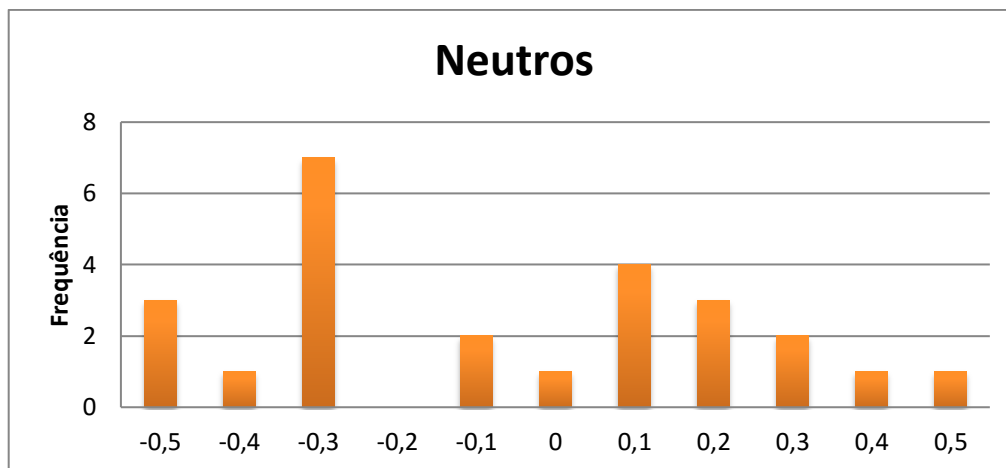


Figura 5 – Gráfico de frequência dos tornados registrados em meses Neutros.
Org.: Amanda Comassetto Iensse.

Ao observar esse dado, nota-se que nos anos dessa pesquisa, 34% dos eventos foram registrados sob a influência da circulação atmosférica padrão do Estado, ficando somente atrás dos registros de La Niña.

Para as situações de IOS caracterizado como La Niña, foram registrados 33 eventos de tornados sendo 16 sob La Niña forte, totalizando 45% das participações como mostra a figura 6.

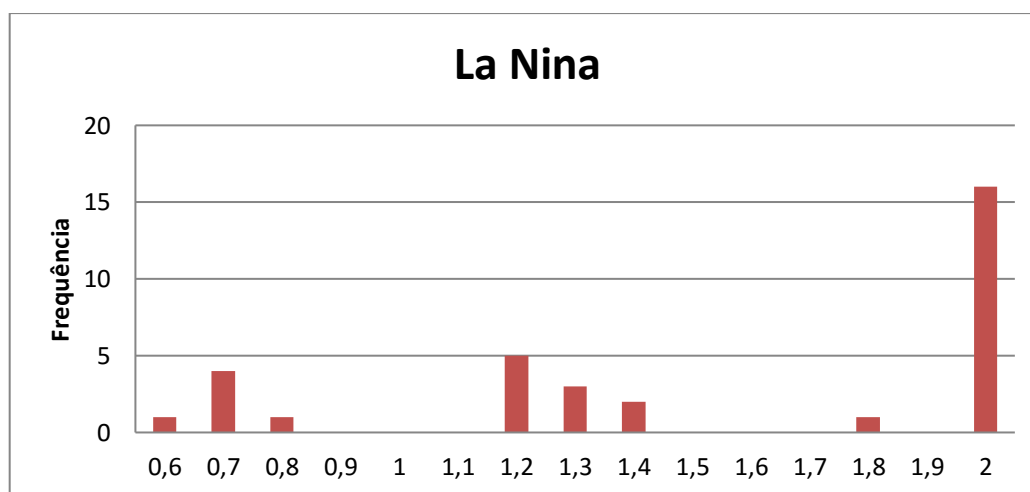


Figura 6 – Gráfico de frequência dos tornados registrados em meses de La Niña.
Org.: Amanda Comassetto Iensse.

A La Niña, em geral provoca diminuição do volume padrão de pluviosidade no Rio Grande do Sul, em virtude das passagens rápidas das frentes frias. Nesse sentido, o número de registros de eventos estarem associados em grande parte ao fenômeno La Niña, pode estar ligado ao aquecimento da atmosfera regional, entre uma rápida passagem da frente fria e outra. Para a ocorrência de um tornado, é necessária a redução súbita na pressão em alguns pontos do sistema convectivo, como salientou Candido (2012), nesse sentido, é possível que a dinâmica de situações de El Niño, não favoreça essa situação.

5. CONCLUSÃO

Ao associar o Índice de Oscilação Sul à pesquisa, notou-se uma grande tendência dos eventos acontecerem em situações de La Niña e posteriormente em anos neutros. Infere-se que essa situação seja causada pela diminuição da dinâmica das correntes perturbadas causadas em

situações de La Niña, promovendo maior aquecimento no Rio Grande do Sul. O aquecimento da atmosfera causado pela La Niña pode vir a se associar a uma corrente perturbada, o que pode ser um critério para a formação de tornados.

Em situações de El Niño, o estado tem um grande aumento na pluviosidade, provocada pela perturbação da circulação atmosférica padrão, que em função de uma dinâmica de massas de ar e correntes perturbadas frequentes pode dificultar a formação de tornados. Por fim, esse trabalho teve o intuito de contribuir para os estudos e divulgação científica desses eventos atmosféricos.

6. REFERÊNCIAS

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. São Paulo: DIFEL. 3. Ed. 2003.

BECK, A. T.; VERZENHASSI, C.C.: Reliability Based Risk Optimization. In: **4th International ASRANet Colloquium**, Atenas, Grecia: ASRANet Ltd., 2008.

BERLATO, M..A. **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: UFRGS, 2003.

CANDIDO, D. H. **Tornados e Trombas D'água no Brasil: Desenvolvimento de um modelo e proposta de escala de avaliação de danos**. 2012. 230 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Universidade Estadual de Campinas. 2012.

FUJITA, T. T. Proposed Characterization of Tornadoes and Hurricanes by Area and Intensity. **Satellite and Mesometeorology Research Paper 91**, Department of Geophysical Sciences, University of Chicago, Chicago, Il. 1971.

NOAA/NCEP. **Climate Diagnostics Bulletin**. Mariland, 1995-1995.

RECKZIEGEL, B.W. **LEVANTAMENTO DOS DESASTRES DESENCADEADOS POR EVENTOS NATURAIS ADVERSOS NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL NO PERÍODO DE 1980 A 2005**. (Dissertação de Mestrado):UFSM.2007.

RENNÓ, N. O.; BLUESTEIN, H. B. A simple theory for waterspouts. **Journal of Atmospheric Sciences**. v.58, p.927-932, 2001.

SLEIMAN, J. **Veranicos ocorridos na porção noroeste do estado do Rio Grande do Sul entre 1978 e 2005 e sua associação às condições climáticas da atmosfera**. 164p Dissertação (Mestre em Geografia) - Universidade de São Paulo. 2008.

WOLLMANN, C.A.; GALVANI, Emerson. Caracterização Climática Regional Do Rio Grande Do Sul: Dos Estudos Estáticos Ao Entendimento Da Gênese. **Revista Brasileira de Climatologia**. Ano 8 - Vol 11 Jul/Dez . 2012.